

Ciencias de la Economía y Agronomía

Handbook T-II

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

Directores

La producción agrícola en México

ECORFAN®

Volumen II

Para futuros volúmenes:
<http://www.ecorfan.org/handbooks/>

ECORFAN Ciencias de la Economía y Agronomía

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad Autónoma Chapingo en su área de investigación en Ciencias de la Economía y Agronomía. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad Autónoma Chapingo se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RENIECYT-LATINDEX-UNIVERSIA- DIALNET- ResearchGate- DOI- REBID- ScholarGoogle- DULCINEA CLASE- Sudoc-HISPANA- SHERPA- eREVISTAS- Mendeley), el Handbook propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en Ciencias de la Economía y Agronomía.

Pérez-Soto, Francisco · Figueroa-Hernández, Esther · Godínez-Montoya, Lucila · García-Núñez, Rosa María

Editores

Ciencias de la Economía y Agronomía

Universidad Autónoma Chapingo. Julio, 2017.

ECORFAN®

Editores

Pérez-Soto, Francisco
Figueroa-Hernández, Esther
Godínez-Montoya, Lucila
García-Núñez, Rosa María

Universidad Autónoma Chapingo

ISBN- 978-607-8534-33-3
Sello Editorial ECORFAN: 607-8324
Número de Control HCEA: 2017-02
Clasificación HCEA (2017): 210717-0109

©ECORFAN-México, S.C.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos ,de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. HCEA es parte de los medios de ECORFAN (www.ecorfan.org)

Prefacio

Una de las líneas estratégicas de la misión y visión universitaria ha sido la de impulsar una política de ciencia, tecnología e innovación que contribuya al crecimiento económico, a la competitividad, al desarrollo sustentable y al bienestar de la población, así como impulsar una mayor divulgación en beneficio del índice de desarrollo humano, a través de distintos medios y espacios, así como la consolidación de redes de innovación de la investigación, ciencia y tecnología en México.

La Universidad Autónoma Chapingo visualiza la necesidad de promover el proceso de la investigación, proporcionando un espacio de discusión y análisis de los trabajos realizados fomentado el conocimiento entre ellos y la formación y consolidación de redes que permitan una labor investigativa más eficaz y un incremento sustancial en la difusión de los nuevos conocimientos. Este volumen II contiene 10 capítulos arbitrados que se ocupan de estos asuntos en Tópicos Selectos de Ciencias de la Economía y Agronomía, elegidos de entre las contribuciones, reunimos algunos investigadores y estudiantes de posgrado, a partir de cinco estados de México.

Sánchez, Escalante y Rodríguez abren la obra analizan el área y ángulo foliar, coeficiente de extinción de luz y su relación con la biomasa y rendimiento en genotipos de maíz. *López, Fitz, Salazar, Ruiz y Rojano* realizan una estimación de parámetros frecuentista y bayesiana en modelos dinámicos de crecimiento de cultivos en invernadero y su programación en Matlab y R. *Pérez & Cruz* analizan la productividad del maíz y la política agrícola en el Estado de México, 2015.

Guadarrama & Tavera analizan el negocio inclusivo en perspectiva al sector agropecuario en México. *De La Rosa, Cruz y Narváez* estudian la producción de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en la región de Apan, Hidalgo, 2016. *Rojas, Escalante y Rodríguez* estudian el rendimiento de ayocote en espaldera de maíz con suministro de Nitrógeno.

Ladewig, Gómez, Servín y Trejo estudian la salinidad afecta diferencialmente crecimiento y rendimiento de cuatro genotipos de tomate nativos de México. *García & Uribe* presentan la aplicación foliar de silicio y calcio modifica diferencialmente color y firmeza de frutos de pepino crecido en suelo sódico. *Esquivel & Castellanos* demuestran preferencias, servicios ambientales y aptitud urbana de especies arbóreas. *García, Trejo y Gómez* estudian el Aluminio promueve el crecimiento e incrementa el contenido de macronutrientes en cultivares mexicanos de arroz.

Quisiéramos agradecer a los revisores anónimos por sus informes y muchos otros que contribuyeron enormemente para la publicación en éstos procedimientos repasando los manuscritos que fueron sometidos. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Universidad Autónoma Chapingo en el proceso de preparar esta edición del volumen.

Texcoco de Mora, México. Julio, 2017

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María

Contenido	Pág.
1 Área y ángulo foliar, coeficiente de extinción de luz y su relación con la biomasa y rendimiento en genotipos de maíz SÁNCHEZ-MENDOZA, Selene Mariana, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador y RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa	1-15
2 Estimación de parámetros frecuentista y bayesiana en modelos dinámicos de crecimiento de cultivos en invernadero y su programación en Matlab y R LÓPEZ-CRUZ, Irineo Lorenzo, FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén, SALAZAR-MORENO, Raquel, RUIZ-GARCÍA, Agustín y ROJANO-AGUILAR, Abraham	16-31
3 La productividad del maíz y la política agrícola en el Estado de México, 2015 PÉREZ-SOTO, Francisco	32-39
4 Negocio inclusivo en perspectiva al sector agropecuario en México GUADARRAMA, Yolanda & TAVERA, María	40-54
5 La producción de cebada maltera (<i>Hordeum vulgare</i> L.) en la región de Apan, Hidalgo, 2016 DE LA ROSA-ZAMORA, Alejandro, CRUZ-CRUZ, Nancy Vianey y NARVÁEZ, Alberto Ulises	55-65
6 Rendimiento de ayocote en espaldera de maíz con suministro de Nitrógeno ROJAS-VICTORIA, Néstor Jorge, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador y RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa	66-70
7 La salinidad afecta diferencialmente crecimiento y rendimiento de cuatro genotipos de tomate nativos de México LADEWIG, Peter, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, SERVÍN-JUÁREZ, Roselia y TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris	71-77
8 La aplicación foliar de silicio y calcio modifica diferencialmente color y firmeza de frutos de pepino crecido en suelo sódico GONZÁLEZ-TERÁN, Gustavo E., TREJO-TELLEZ, Libia Iris, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, GARCÍA-MORALES, Soledad, RUÍZ-BELLO, Alejandrina, COTLAME-GONZÁLEZ, Gloria y LADEWIG, Peter	78-86
9 Preferencias, servicios ambientales y aptitud urbana de especies arbóreas GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María & URIBE-BERNAL, Johena	87-104

10 El Aluminio promueve el crecimiento e incrementa el contenido de macronutrientos en cultivares mexicanos de arroz 105-115
GARCÍA-MORALES, Soledad, TREJO-TÉLLEZ, Libia I. y GÓMEZ-MERINO, Fernando C.

Apéndice A. Consejo Editor ECORFAN 116-118

Apéndice B. Comité Arbitral ECORFAN 119

Área y ángulo foliar, coeficiente de extinción de luz y su relación con la biomasa y rendimiento en genotipos de maíz

SÁNCHEZ-MENDOZA, Selene Mariana, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador y RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa

S. Sánchez, J. Escalante y M. Rodríguez

Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco, 56230. Teléfono 01(595) 952 02 00 Ext. 1330. Montecillo, Texcoco, Estado de México
selene.sanchez@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

The extinction of light between maize cultivars canopy is influenced by the structure, defined in terms of size, shape and orientation of the components of aerial part of the plant. The objectives of this study were: i) characterize three maize genotypes of highlands based on morphological and physiological canopy attributes, as well as by the attenuation profile or light extinction coefficient, and ii) determine the influence of canopy architecture on total biomass accumulation and grain yield of the studied genotypes. Statistically significant differences in the canopy composition among genotypes were found. Native blue showed a different behavior in comparison with hybrids in canopy characteristics such as greater plant height and average area per leaf. Also the leaf area per plant, green leaves number above the ear and foliar area on which ear is inserted were smaller than hybrids, but the insertion angle of leaves on stem was higher, indicating that the native has a semi-horizontal canopy. H-48 and H-50 hybrids showed the highest light extinction coefficient and intercepted radiation. Canopy structure had influence on grain yield. The size of leaf that subtends the ear, leaf area index, semi-erect canopy and a vertical distribution of leaf area, suitable for filtration and interception of solar radiation were the most important morphological variables.

1 Introducción

La fotosíntesis de los cultivos está determinada por la captura y utilización de la energía solar, y debido a que la luz no puede ser almacenada como tal, la competencia por este recurso dentro de una población vegetal (cultivos) es un proceso que ocurre de manera instantánea (Williams II *et al.*, 2006). Por lo que la distribución de la radiación solar es considerada como el elemento microclimático más importante en una comunidad vegetal y es determinada por la estructura del dosel, el cual es el arreglo espacial de los órganos aéreos de la planta en una comunidad. Las hojas y otros órganos fotosintéticos funcionan como colectores de energía solar, así también como intercambiadores de gases (Russell *et al.*, 1990), por lo que su magnitud y disposición en la planta determinan la producción de biomasa y rendimiento de grano (Valentinuz y Tollenaar, 2006). El rendimiento del maíz es función del patrimonio genético del cultivar, cuya expresión depende de varios factores ambientales y fisiológicos propios de la planta, que generalmente están interrelacionados. Algunos de ellos como la distribución vertical del área foliar y la radiación transmitida dentro del dosel se relacionan estrechamente con el proceso fotosintético. Así, la parte del dosel de las plantas que reciben la mayor proporción de energía radiante incidente incrementará su eficiencia fotosintética (Wall y Kanemasu, 1990; Camacho *et al.*, 1995). Se ha señalado que las diferencias en la atenuación (extinción) de luz entre cultivares de maíz está determinada por la estructura del dosel (Boote y Loomis, 1991), definida en términos de la magnitud, la forma y la orientación de los componentes de la parte aérea de la planta. El coeficiente de extinción de luz del dosel (k) es un factor importante en la ley de Lambert-Beer, ya que su valor está determinado por la estructura del dosel, la especie y el patrón de plantación (Zarea *et al.*, 2005). Puede ser calculado con la ecuación:

$$k = \frac{-\ln(RFAt/RFAi)}{IAF} \quad (1)$$

Donde: RFAt y RFAi son la radiación fotosintéticamente activa transmitida e incidente, respectivamente (Flénet *et al.*, 1996) e IAF es el índice de área foliar. De acuerdo con Madonni y Otegui (1996), la estructura del dosel difiere entre los híbridos de maíz con sus respectivos efectos sobre el coeficiente de extinción de luz. Las propiedades estructurales del dosel que determinan la intercepción de la luz por especie son el índice de área foliar (IAF), la altura de planta (ALT), la distribución vertical del área foliar y el ángulo de inserción foliar.

Se ha demostrado que los híbridos de maíz varían en altura, número de hojas, área foliar individual, ángulo de inserción de las hojas y la distribución del área foliar a lo largo del tallo (Edmeades y Lafitte, 1993; Madonni y Otegui, 1996). Otros autores (Begna *et al.*, 2001) han detectado diferencias en la arquitectura del dosel entre genotipos de maíz, mismas que por ser determinantes en la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada, tienen impacto sobre el rendimiento de grano y la supresión de la maleza. En los Valles Altos del centro de México se utiliza una amplia gama de materiales genéticos para la producción de maíz (tanto poblaciones nativas (criollos) como mejorados); no obstante, las características estructurales del dosel de éstos, han sido escasamente descritas y estudiadas, por lo tanto se desconoce su efecto sobre el rendimiento de grano, por lo que los objetivos del presente estudio fueron: a) Caracterizar tres genotipos de maíz de Valles Altos con respecto a los atributos morfológicos y fisiológicos del dosel, así como por el perfil de atenuación o coeficiente de extinción de luz, y b) Determinar cómo influye la estructura del dosel en la acumulación total de biomasa y el rendimiento de grano de los genotipos estudiados.

1.1 Materiales y métodos

1.1.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el ciclo primavera-otoño de 2012 en un lote experimental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoo, Estado de México (19° 29' N, 98° 54' O, 2250 m de altitud), bajo condiciones de lluvia estacional a una altitud de 2250 m. El clima es del tipo BS1 que corresponde al menos seco de lo áridos con lluvias en verano, una temperatura median anual de 14.6°C y precipitación media anual de 558.5 mm (García, 2005).

1.1.2 Diseño de tratamientos, diseño experimental, manejo y análisis estadístico

El 8 de mayo de 2012 se sembraron de manera manual dos híbridos generados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para la región de Valles Altos: H-48, H-50, además de una población nativa de maíz de grano azul (criollo) cv. San Miguelito perteneciente a la raza Chalqueño (Wellhausen *et al.*, 1971) originario de San Andrés Tocuila, Texcoco, Estado de México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en donde los tratamientos fueron los tres genotipos de maíz. La unidad experimental estuvo compuesta por tres surcos de 5 m de longitud y 0.8 m de ancho, se consideró como parcela útil el surco central. La densidad de población fue de 6.25 plantas m⁻² (patrón de siembra 80 x 20 cm, aproximadamente). No se registraron problemas importantes de plagas o enfermedades durante el desarrollo del experimento. La maleza se manejó de manera manual durante todo el ciclo.

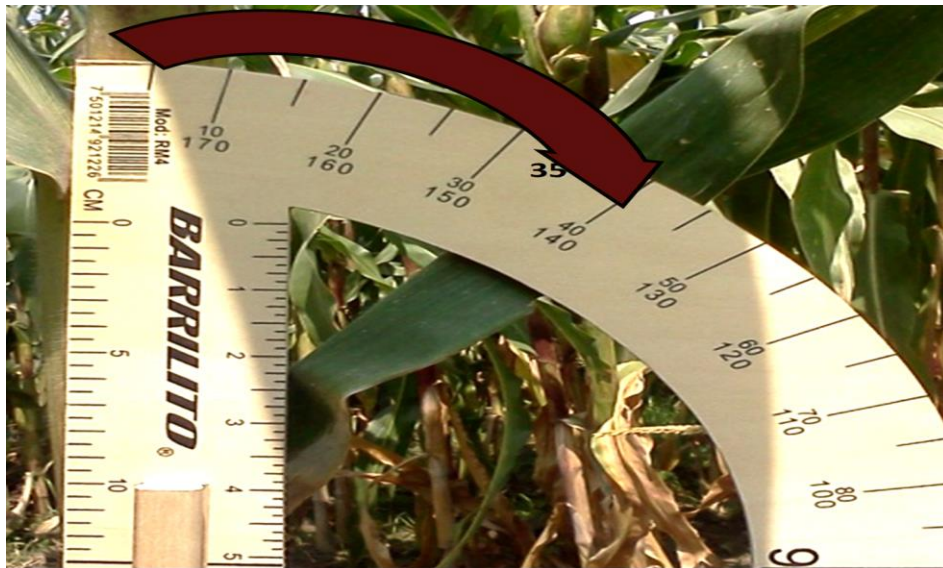
1.1.3 Variables meteorológicas y fenología

Los datos de temperatura máxima (T_{máx}), mínima (T_{mín}) y precipitación pluvial diarias, fueron proporcionados por la estación Agrometeorológica del Colegio de Postgraduados. Con ellos se calcularon promedios decenales para las T_{máx} y T_{mín} y la suma decenal de la precipitación (Ppt, mm) y evaporación (Evp, mm) durante el desarrollo del estudio. Se registró la ocurrencia de las fases fenológicas: días a emergencia (VE), floración femenina (R1) y madurez fisiológica (R6), con base en el criterio presentado en Ritchie y Hanway (1982). A los 100dds, una vez que todos los cultivares habían alcanzado R1, se determinaron las variables fisiológicas y morfológicas.

1.1.4 Variables morfológicas

En dos plantas de la parcela útil se tomaron las siguientes: altura de planta desde el suelo hasta la lígula de la hoja bandera (Pepper *et al.*, 1977), número de hojas verdes presentes en R1 y ángulo de inserción foliar medido desde el tallo hasta la nervadura central de cada hoja en el sentido de las manecillas del reloj con un transportador de madera de 40 cm de longitud (Winter y Ohlrogge, 1973; Figura 1).

Figura 1 Medición del ángulo de inserción foliar con respecto al tallo (vertical) por medio de un transportador de madera



1.1.5 Variables fisiológicas

Se registró la longitud (L) y el ancho máximo (A) de la lámina de cada hoja verde presente en R1, y con estos datos se calculó el área foliar por hoja (AF) mediante el modelo propuesto por Montgomery (1911): $AF = 0.75 * L * A$. La suma de las AF permitió conocer el área foliar total por planta (AFP) y con ella se calculó el IAF con la ecuación $IAF = (AFP/NP) * DP / 100 \text{ dm}^2$; donde AFP = área foliar por planta (dm^2), NP = número de plantas muestreadas y DP = número de plantas m^{-2} . Las lecturas de luz se realizaron a medio día (± 0.5 hrs) utilizando un sensor lineal de quanta (Quantum Line 6 sensor Bar, Spectrum Technologies, Inc.) que mide la radiación fotosintéticamente activa (400-700 nm, RFA). El sensor se colocó perpendicular a las hileras del cultivo (Egli, 1994) y lo más horizontalmente posible. Se tomaron dos lecturas por estrato de 30 cm partiendo desde el suelo (tRFA) y hasta la hoja bandera; además se hicieron dos lecturas por encima de la inflorescencia masculina para conocer la RFA incidente (iRFA). Con los datos relativos de estas observaciones, se determinó el perfil de atenuación de luz de cada cultivar.

Los coeficientes de extinción de luz (k) se calcularon de acuerdo con la fórmula $k = -\ln(tRFA/iRFA)/IAF$ (Pepper, 1977; Flénet *et al.*, 1996). Para determinar la radiación interceptada por el dosel de los cultivares se utilizó el modelo $RI = (iRFA - tRFA)/iRFA$ (Flénet *et al.*, 1996; Awal *et al.*, 2005). A las variables en estudio les fue aplicado un análisis de varianza (ANDEVA), y a las que resultaron con diferencias estadísticas significativas la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), mediante el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2003).

1.2 Resultados y discusión

1.2.1 Variables meteorológicas y fenología de los cultivares

La Ppt acumulada durante la estación de crecimiento fue de 356 mm, que sumada a los 100mm aproximados, suministrados en los riegos, da un total de 456 mm, de los cuales el 66% se presentó en el periodo vegetativo y el 34% en el reproductivo (Tabla 1).

En promedio, la Tmáx osciló entre 22.5 y 34.1°C y la Tmín entre -2.2 y 12.6 °C. La temperatura más alta se registró en la decena en la que se realizó la siembra (1era decena de mayo) y las más bajas en el mes de noviembre, cuando los cultivares ya habían alcanzado la madurez fisiológica (R6).

Tabla 1 Precipitación pluvial (Ppt, suma decenal), precipitación pluvial acumulada (Ppt_{ac}, suma acumulativa por decenas), temperaturas máximas (Tmáx, promedio decenal) y mínimas (Tmín, promedio decenal) durante el desarrollo de cinco genotipos de maíz. Montecillo, México. Mayo- Noviembre, 2012

Mes	Decena	Tmáx.(°C)	Tmín.(°C)	Ppt. (mm)	Ppt _{ac} (mm)
Mayo	1	34.10	6.20	16.24	16.24
	2	28.50	7.88	16.18	32.42
	3	30.93	3.00	1.25	33.67
Junio	1	31.90	6.50	3.99	37.66
	2	31.00	6.30	31.42	69.08
	3	25.50	9.79	26.23	95.31
Julio	1	25.00	4.50	16.89	112.20
	2	25.25	8.17	54.21	166.41
	3	26.00	8.40	33.09	199.50
Agosto	1	24.70	8.79	35.91	235.41
	2	22.46	12.60	63.56	298.97
	3	25.44	8.93	14.37	313.34
Septiembre	1	28.13	4.80	3.61	316.95
	2	26.21	8.67	18.21	335.16
	3	25.90	7.00	14.90	350.06
Octubre	1	26.92	0.80	6.20	356.26
	2	29.25	0.58	0.00	356.26
	3	28.67	1.40	0.00	356.26

La ocurrencia de las etapas y fases fue variable entre cultivares. H-48 fue el más precoz. Así, la emergencia (VE) se presentó a los 6 dds, la floración femenina (R1) a los 84 dds y la madurez fisiológica (R6) a los 155 dds. H-50 mostró un comportamiento fenológico similar a H-48, aunque requirió 86 y 158 d para alcanzar R1 y R6, respectivamente. Espinosa *et al.* (2003) indican que H-48 presenta sincronía en la floración masculina y femenina a los 82 dds, en promedio, y madurez fisiológica entre 150 y 155 dds, por lo que el comportamiento observado en este estudio coincide con lo descrito. Caso similar es el de H-50, cuya descripción indica que R1 ocurre a los 84 dds y R6 a los 155 dds, dos y tres días antes de lo ocurrido en este estudio. El criollo Azul fue el más tardío, con 9, 96 y 176 d para alcanzar VE, R1 y R6, respectivamente.

1.2.2 Número de hojas verdes (NHV), área foliar por hoja (AFH), área foliar por planta (AFP) e índice de área foliar (IAF)

El número de hojas verdes por planta (NHV), el área foliar promedio por hoja (AFH), el área foliar por planta (AFP), el índice de área foliar (IAF) y la altura de planta hasta la hoja bandera (ALThb) a los 100 dds (11 días después de R1, en promedio), mostraron diferencias significativas entre genotipos (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Número de hojas verdes por planta (NHV), área foliar promedio por hoja (AFH, dm²), área foliar total por planta (AFP, dm²), índice de área foliar (IAF) y altura de planta hasta la hoja bandera (ALThb, cm) a los 100 dds de cinco genotipos de maíz de Valles Altos. Montecillo, México. Primavera-otoño, 2012

Genotipo	NHV	AFH (dm ²)	AFP (dm ²)	IAF	ALThb (cm)
H-48	12.3 a	4.42 b	57.46 b	3.6 b	249.0 b
H-50	11.33 b	4.46 b	62.90 ab	3.9 ab	253.0 b
Azul	11.33 b	5.51 a	71.32 a	4.5 a	298.0 a
Prob. F	**	*	*	*	*
DMS	1	0.53	9.16	0.57	34.4
C.V.	0.05	3.7	4.9	4.9	4.4

En cada columna medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

*: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$; NS = no significativo. DMS = diferencia mínima significativa (Tukey $P \leq 0.05$). C.V. = Coeficiente de variación

El mayor NHV a los 100 dds fue presentado por H-48 (12.3). Sin embargo el tamaño promedio de hoja fue mayor en el criollo Azul (5.52 dm²). Estos datos contrastan con lo encontrado por Camacho *et al.* (1995), quienes al caracterizar nueve genotipos de maíz en Venezuela no observaron diferencias estadísticas significativas para el área promedio por hoja, lo cual indica que la variabilidad en esta característica del dosel en los genotipos del presente estudio es mayor a la de otros. Los valores más altos de área foliar por planta e IAF se encontraron en el nativo Azul (71.3 dm² y 4.5, respectivamente). H-48 mostró el menor tamaño de hoja (AFH) y AFP (4,4 y 57,5 cm²), lo cual dio lugar al IAF más bajo entre los cultivares estudiados (3.6). Los datos del IAF se encuentran en el rango reportado por Maddonni y Otegui (1996) para dos híbridos argentinos (3.6 a 4.7) cuando fueron sembrados a una densidad de 7 plantas m⁻²; y son mayores a lo indicado por Stewart *et al.* (2003), quienes al analizar híbridos convencionales y de altura reducida en Canadá, sembrados a 8 plantas m⁻², encontraron IAF en el rango de 1.53 a 4.65.

1.2.3 Altura de planta

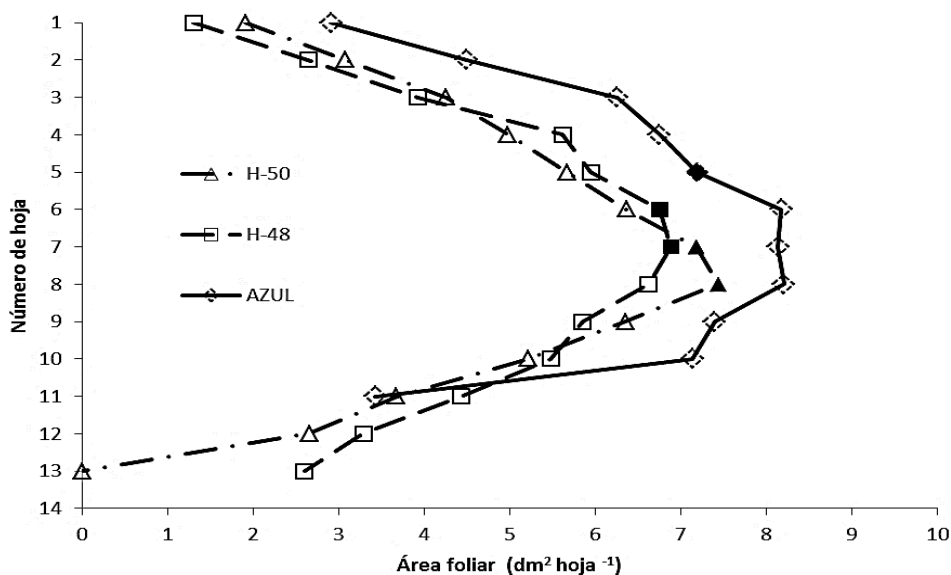
El nativo Azul fue el de mayor altura con 2.98 m hasta la hoja bandera, lo cual indica que podría ser más propenso al acame con los vientos presentes en los Valles Altos de México. Lo anterior concuerda con lo apuntado por Reyes (1990), quien menciona que algunos genotipos criollos pueden alcanzar una altura de hasta 8 m. También coincide con los descriptores para la raza Chalqueño realizados por Hernández X. (1987), donde se indica que los cultivares de esta raza son de mayor altura. De entre los híbridos, H-50 fue el de mayor altura (2.53 m) aunque sólo superó a H-48 por cuatro centímetros, estos datos se encuentran dentro del rango de altura para sus descripciones varietales (Espinosa *et al.*, 2003; INIFAP, 2011).

1.2.4 Perfil vertical del área foliar

Tanto el área foliar promedio por hoja (AFH), como el área de cada hoja en una misma posición, mostraron variación entre genotipos. Las diferencias en el AFH con respecto a su posición en el tallo se presentan en el Gráfico 1.

Se observa que el AFH aumenta progresivamente desde la base de la planta hasta llegar al nudo en el que se insertan la o las mazorcas, punto a partir del cual el AFH tiende a disminuir hasta llegar a la hoja bandera. Es decir, la distribución del área foliar, una vez que todas las hojas están expandidas, puede ser representada con una curva en forma de campana en función del número de hoja, lo cual coincide con estudios como los Dwyer y Stewart (1986), Maddonni y Otegui (1996), Elings (2000) y Valentinuz y Tollenaar (2006), quienes en diferentes condiciones geográficas, climáticas y variando las prácticas agronómicas, encontraron una distribución semejante en el perfil vertical del área foliar en híbridos de maíz, que incluso pudieron ser predichas por medio de modelos matemáticos.

Gráfico 1 Distribución del área foliar individual de cinco genotipos de maíz de Valles Altos (La hoja 1 representa la hoja bandera). Primavera-otoño, 2012. Los marcadores con relleno en negro indican el nudo en el que se insertan la o las mazorcas



Ha sido señalado que el perfil vertical del área foliar tiene influencia sobre la intercepción y utilización de la radiación solar por el dosel, y en consecuencia sobre la acumulación de materia seca y el rendimiento de grano, por lo que su descripción y estudio podrían contribuir y ser considerados como uno de los atributos deseables a considerar en un proceso de mejoramiento genético (Valentinuz y Tollenaar, 2006).

1.2.5 Posición de la mazorca en el tallo

Los híbridos produjeron dos mazorcas, a diferencia del nativo que produjo una. El nudo en el cual se insertaron las mazorcas fue variable entre los genotipos, sin embargo coincidió con la o las hojas con mayor AFH, a excepción del nativo azul.

En el caso de los híbridos, las mazorcas se insertaron entre los nudos 6 y 9 (considerando a la hoja bandera como el nudo 1), los cuales coincidieron con las hojas de mayor magnitud, lo que sugiere una traslocación de fotoasimilados mayor y más directa hacia los frutos en formación. En el nativo Azul, la mazorca se encontró en el nudo 5, que además de ser una posición alta (2.1 m aproximadamente), no coincide con una de las hojas más grandes, lo cual podría limitar el suministro de fotoasimilados para el llenado de grano. La posición del nudo en el que se inserta la mazorca en los genotipos estudiados coincide con el intervalo descrito por Stewart *et al.* (2003) para híbridos de características morfológicas contrastantes en Canadá (5.7-9.7).

1.2.6 Área foliar de la hoja en que se inserta la mazorca

En lo relativo al AF de la hoja en la que se inserta la mazorca o mazorcas, los tres genotipos mostraron hojas de entre 6.5 y 7.5 dm², lo cual se encuentra en el rango registrado por Maddonni y Otegui (1996), Maddonni *et al.* (2001) y Lambert *et al.* (2014), quienes encontraron un tamaño máximo de hoja de la mazorca de aproximadamente 7.5 dm². Lo anterior indica que los cultivares de maíz de Valles Altos cuentan con hojas de tamaño similar a las de otros híbridos de alto rendimiento lo cual podría ser un factor que optimice el proceso de translocación hacia el grano y, conlleve a aumentar el rendimiento ya que ha sido señalado que las hojas que se encuentran próximas a la mazorca (generalmente en la parte media del dosel) tienen la capacidad inherente de aportar mayor cantidad de fotosintatos a la mazorca y con esto ser determinantes en el incremento del rendimiento de grano (Pendleton, *et al.*, 1968).

1.2.7 Ángulo de inserción foliar

El ángulo de inserción foliar en conjunto con el índice de área foliar ejercen influencia sobre la eficiencia fotosintética del dosel. Así, para IAF altos la eficiencia es mayor con hojas erectas (Pendleton *et al.*, 1968; Duncan, 1971; Pepper *et al.*, 1977). En el caso de los genotipos estudiados, se encontraron diferencias estadísticas significativas tanto para el ángulo foliar promedio como para el ángulo foliar por estrato del dosel (Tabla 1.1). En general, el mayor ángulo promedio (61.7) fue mostrado por el nativo Azul, lo cual indica que posee un dosel más planófilo, que aunque podría captar mayor radiación que un dosel erecto también implica un mayor sombreado a las hojas de los estratos bajos, lo que conlleva a la senescencia acelerada de éstas, así como a la reducción de la eficiencia fotosintética de las mismas (Rajcan y Swanton, 2001; Subedi y Ma, 2005).

Tabla 1.1 Ángulo de inserción (° de inclinación con respecto al tallo) de las hojas por abajo, alrededor, por arriba de la mazorca y promedio de todas las hojas verdes a los 100 dds de cinco genotipos de maíz de Valles Altos. Primavera-otoño, 2012

Genotipo	Por abajo	Alrededor	Por arriba	Promedio
H-48	37.0 b	59.0 ab	44.0 b	46.7
H-50	35.7 b	49.2 b	64.2 a	49.7
Azul	45.3 a	73.7 a	66.0 a	61.7
Media	39.3	60.6	58.1	52.7
Prob. F	**	**	**	
DMS	6.1	20.9	10.24	
C.V.	5.7	13.75	7.26	

En cada columna medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

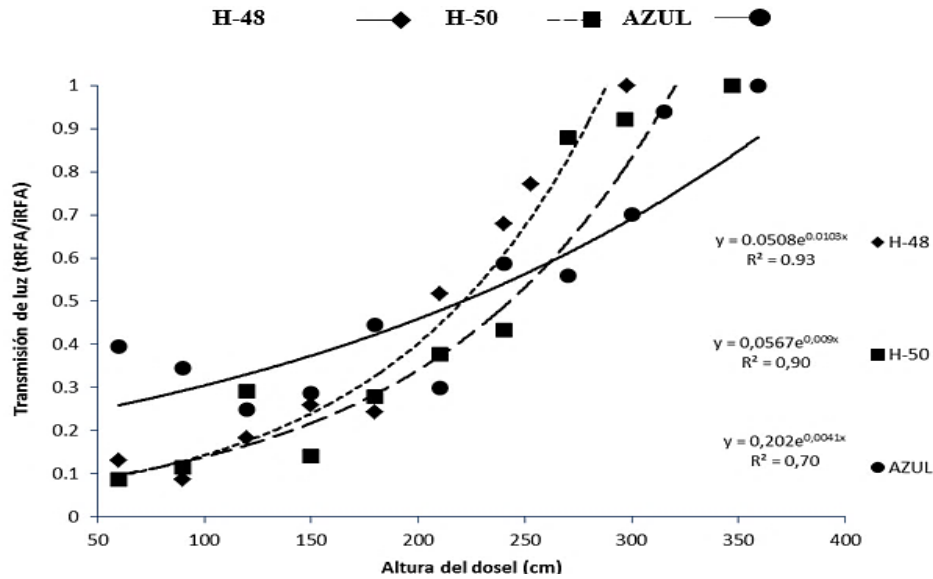
** : $P \leq 0.01$, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$). C.V.: Coeficiente de variación

Respecto al ángulo foliar por estratos del dosel, se encontró que el menor ángulo promedio de todos los genotipos se ubicó en las hojas que se encuentran por debajo de la mazorca (39.3°), seguidas por las ubicadas por arriba de la mazorca (58.1°). El mayor ángulo promedio se registró para las hojas en las que se inserta la mazorca y las adyacentes (60.6°), lo cual se espera, debido a que el ángulo aumenta conforme crece la mazorca. Estos resultados se encuentran en concordancia con lo propuesto por Mock y Pearce (1975) para el ideotipo de la planta de maíz, que es el término acuñado por Donald (1968) para describir a las plantas con características modelo cuya arquitectura influye de mejor manera sobre la fotosíntesis, el crecimiento y el rendimiento de grano. Al analizar el ángulo foliar por estrato y genotipo, se encontró que en todos los casos el nativo Azul mostró los mayores ángulos en los tres estratos del dosel, lo cual indica que es un dosel planófilo. Para los híbridos, las hojas por abajo de la mazorca mostraron un ángulo foliar estadísticamente similar (37 y 35.7 para H-48 y H-50, respectivamente). En lo que corresponde a las hojas alrededor de la mazorca, H-48 presentó el mayor ángulo foliar (59°), en comparación con H-50 cuyo ángulo promedio de las hojas alrededor de la mazorca fue de 49.2°. Las hojas por arriba de la mazorca de los híbridos H-48 fueron las más erectas. En contraste, las hojas de H-50 y el nativo Azul que presentaron los mayores ángulos con 64° y 66°, respectivamente, por lo que tienden a ser más horizontales. Pendleton *et al.* (1968) señaló que el maíz con las hojas superiores a la mazorca con un ángulo de inclinación cercano a 10° (con respecto al tallo lo cual da lugar a una hoja erecta) posee ventajas en el rendimiento de grano cuando se encuentra acompañado de un índice de área foliar mayor a cuatro. Además, hojas erectas en la parte superior del dosel generan coeficientes de extinción de luz (k) más bajos, debido a que menos luz es interceptada por unidad de IAF (Duncan, 1971; Pepper *et al.*, 1977), por lo que mayor cantidad de área foliar por unidad de superficie es necesaria para una mayor cantidad de radiación interceptada (Monteith, 1969; Saeki, 1960; Pepper *et al.*, 1977). Es importante destacar que la verticalidad de las hojas por arriba de la mazorca permite una transmisión más uniforme de la luz a lo largo de todo el dosel, y de esta manera contribuye a que las hojas en las que se inserta la mazorca y las que se encuentran debajo de ésta, reciban energía solar y continúen el proceso de fotosíntesis, además de retrasar la senescencia de las mismas.

1.2.8 Coeficiente de extinción de luz

Las características del dosel, tales como el ángulo de inserción e índice de área foliar ejercen influencia sobre la cantidad de radiación interceptada por la planta (RI), así como sobre la manera en que ésta se extingue o atenúa a través del dosel del maíz (Boote y Loomis, 1991; Maddonni, *et al.*, 2001). Debido a que los cultivares estudiados mostraron diferencias notables en la estructura del dosel, se infiere que el perfil de atenuación de luz sea diferente para cada genotipo. En el Gráfico 1.1 se muestran los perfiles de atenuación de los genotipos estudiados y se observan claras diferencias genotípicas. En todos los casos la extinción de luz se ajustó a un modelo exponencial, el cual indica que la transmisión de luz decrece de manera proporcional con el descenso en el perfil del dosel; los coeficientes de determinación (R^2) fueron superiores al 70%. Los genotipos H-48 y H-50 fueron los que capturaron la mayor proporción de la radiación incidente, y H-48 presenta el mayor valor de la pendiente, que indica una velocidad de extinción de luz más alta. H-50 muestra un comportamiento similar, aunque la luz decrece a través del dosel de manera más paulatina. El criollo Azul permite mayor transmisión de radiación hacia el suelo y muestra menor velocidad de atenuación de luz, lo cual indica una menor cobertura del suelo en comparación con el resto de los genotipos estudiados, por lo que se esperaría que la maleza en este genotipo tuviera un mayor desarrollo. La atenuación de la luz a través del dosel del maíz, puede ser descrita mediante modelos exponenciales que relacionan la altura de la planta con la radiación solar transmitida a estratos inferiores del dosel.

Gráfico 1.1 Perfil de transmisión de luz de cinco genotipos de maíz de Valles Altos. Datos a los 100 dds. Montecillo, Estado de México. Primavera-otoño, 2012



En la Tabla 1.2 se presentan los valores del coeficiente de extinción de luz (k) de los genotipos estudiados a los 60 cm de altura. El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre los materiales genéticos Sin embargo, en todos se observaron bajos valores de k en la parte superior del dosel, que se incrementaron a medida que se desciende en el perfil, lo cual es razonable debido a que el coeficiente de atenuación es una medida indirecta de la luz que es capaz de transmitirse por el dosel. Estos resultados concuerdan con los reportados por Scarsbrook y Doss (1973) y Camacho *et al.*, (1995), quienes al caracterizar nueve genotipos de maíz en Venezuela encontraron que a 2.5 m de altura el k promedio fue de 0.2, y que aumentó conforme se disminuyó la altura, hasta llegar a 0.52 a los 0.5 m de altura de planta.

Tabla 1.2 Coeficiente de extinción de luz (k) a 60 cm de altura y radiación solar interceptada (RI, en la base de la planta) de cinco genotipos de maíz de Valles Altos a los 100 dds. Montecillo, Estado de México. Primavera-otoño, 2012

Genotipo	k	RI
H-48	0.62 a	0.89 a
H-50	0.54 a	0.88 a
Azul	0.35 b	0.57 b
Media	0.52	0.79
Prob. F	**	**
Tukey 0.05	0,17	0,21
C.V.	11,6	9,7

En cada columna medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

*: $P \leq 0.05$; **: $P \leq 0.01$, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$). C.V.: Coeficiente de variación

H-48 mostró el k más alto (0.63) no obstante tener bajo IAF y altura total de planta, sin embargo mostró el mayor NHV, mismas que en los estratos de abajo y arriba de la mazorca mantuvieron ángulos de inserción menores a 45° . Esto contribuyó a una distribución apropiada para alcanzar una RI más alta, ya que esta variable fue máxima en este genotipo (89%). H-50 mostró un comportamiento estadísticamente comparable a H-48.

El nativo Azul mostró el k más bajo, lo cual explica la menor RI (57%). Estos resultados contrastan con lo esperado para un material criollo con hojas generalmente planófilas, lo cual se registró en el estrato superior del dosel donde el ángulo de inserción promedio fue de 66° ; esto implicaría una mayor RI en comparación con los materiales con un dosel más erecto. Sin embargo, las hojas por debajo de la mazorca mostraron un ángulo de inserción promedio de 45.3° , el cual, si bien es mayor al de las hojas de los híbridos, se podría catalogar como un dosel semierecto.

Una planta de maíz con hojas erectas por debajo de la mazorca y más planófilas en la parte superior, se contraponen al ideotipo para este cultivo propuesto por Mock y Pearce (1975), que establece que las hojas del estrato inferior deben tener ángulos foliares amplios, que generen hojas planófilas, para lograr la mayor RI posible y evitar que ésta llegue al suelo; mientras que las hojas superiores del dosel deben tener ángulos más cerrados, los cuales dan lugar a hojas más erectas que permitan que la radiación penetre hacia el estrato inferior del dosel. Las características anteriores, de acuerdo con Fakorede y Mock (1978), resultarían en una alta eficiencia fotosintética y translocación de fotosintatos hacia el grano.

1.2.9 Biomasa y rendimiento de grano

La modificación de las características del dosel con el propósito de aumentar el rendimiento de grano en maíz ha sido tema de estudio desde hace décadas (Ford *et al.*, 2008), ya que aunque se cuente con una planta con la arquitectura perfecta para la cosecha de energía solar y una alta capacidad fotosintética, si el proceso de translocación de los fotoasimilados hacia el grano y el llenado de éstos, no se lleva a cabo de manera apropiada, estas características ideales no serían determinantes para el rendimiento de grano.

La acumulación de biomasa está estrechamente relacionada con la capacidad fotosintética de la planta, mientras el rendimiento de grano con la translocación de fotoasimilados. En la Tabla 1.3 se presentan la biomasa total (BT) y el rendimiento de grano (RG) de los genotipos estudiados, que mostraron cambios estadísticos significativos en función del cultivar. H-50 acumuló la mayor BT (1612 g m^{-2}) y fue estadísticamente similar al nativo. La BT más baja correspondió a H-48 con 1388 g m^{-2} , pero también el rendimiento más alto (605 g m^{-2}), lo cual sugiere un índice de cosecha alto (43%). En contraste, el RG más bajo fue encontrado en el nativo (501 g m^{-2}).

Tabla 1.3 Biomasa total (BT, g m^{-2}) y rendimiento de grano (RG, g m^{-2}) a madurez fisiológica de cinco genotipos de maíz de Valles Altos. Montecillo, Estado de México. Primavera-otoño, 2012

Gen	BT (g m^{-2})	RG (g m^{-2})
H-50	1612.6 a	568.3 ab
Azul	1572.6 a	500.9 b
H-48	1388.1 b	604.9 a
Prob. F	*	*
DMS 0.05	461.8	46.7

En cada columna medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$)

*: $P \leq 0.05$; **: $P \leq 0.01$, DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$). C.V.: Coeficiente de variación

La baja acumulación de BT de H-48 podría explicarse, en parte, a la duración de su ciclo, ya que fue el cultivar más precoz (155 días a madurez fisiológica), lo cual aunado al IAF más bajo entre los cvs. estudiados, podría limitar su capacidad para producir materia seca, no así para generar RG, ya que este híbrido mostró algunas características decisivas para la generación del RG, entre ellas: a) un AIF promedio de 49.6° que se categoriza como semierecto (SNICS, 2009), pero que tiene la particularidad de contar con hojas más erectas por debajo de la mazorca que por arriba de ella, lo cual contrasta con las características del ideotipo de este cultivo (Mock y Pearce, 1975); b) un alto número de hojas por planta pero con la menor AFH y que cuentan con una distribución vertical del área foliar que permite la penetración uniforme de la luz, c) las hojas en las que se insertan las mazorcas son considerablemente más grandes que las encontradas en otras posiciones en este genotipo lo cual es importante ya que ha sido demostrado que las hojas que más contribuyen al establecimiento y llenado de los granos son las que están alrededor de la mazorca, por lo que se busca que ésta, se inserte en las hojas más grandes para que pueda tener un suministro mayor de fotoasimilados (Rajcan *et al.*, 1999; Subedi y Ma, 2005). Los asimilados producidos después de la floración son la fuente más importante en el llenado de grano y, en general, no provienen del tallo, debido a que no pueden ser removilizados desde éste para cubrir los requerimientos de los frutos en crecimiento (Tollenaar, 1977; Lizaso, 2003; Subedi y Ma, 2005). Las características anteriores dan lugar al coeficiente de extinción de luz y radiación interceptada más altos de los cultivares estudiados ($k = 0.39$ y $RI = 89\%$). Esto sugiere que una gran cantidad de radiación es captada y que se distribuye uniformemente a lo largo de todo el perfil vertical del área foliar, permitiendo así a las hojas de los estratos medio y bajo realizar el proceso fotosintético de manera apropiada, al retrasar la senescencia y promover la translocación de los productos hacia el grano (Chen *et al.*, 2014; Tollenaar y Lee, 2006).

El nativo Azul mostró un comportamiento diferente a los híbridos en varias características del dosel, tales como mayor altura de planta y de mazorca así como de área foliar promedio. El área foliar total, el número de hojas por arriba de la mazorca y el área de la hoja en la que se inserta la mazorca fueron de menor magnitud que en los híbridos, pero el ángulo de inserción foliar promedio fue mayor, lo que provocó un coeficiente de extinción de luz y radiación interceptada bajos.

1.3 Conclusiones

Existen diferencias en la estructura del dosel entre los híbridos y el cultivar nativo estudiado. H-48 presentó el coeficiente de extinción de luz y radiación interceptada más altos además del rendimiento de grano más alto del estudio.

La estructura del dosel mostró tener influencia sobre la acumulación de biomasa y el rendimiento de grano. Las variables morfológicas más importantes fueron la magnitud de la hoja en que se inserta la mazorca, el índice de área foliar, la posición semierecta de las hojas y una distribución vertical del área foliar apropiada para una mayor transmisión e intercepción de la radiación solar.

1.4 Referencias

- Awal, M. A.; W. I. W. Ismail; M. H. Harun and J. Endan. 2005. Methodology and measurement of radiation interception by quantum sensor of the oil palm plantation. *Journal of Science and Technology* 27: 1083-1093.
- Begna, S.H.; R.I. Hamilton; L.M. Dwyer; D.W. Stewart; D. Cloutier; L. Assemat; K. Foroutan-pour and D.L. Smith. 2001. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. *European Journal of Agronomy* 14: 293–302.

- Boote, K. J. y R. S. Loomis. 1991. The Prediction of Canopy Assimilation. In Modeling Crop Photosynthesis – from Biochemistry to Canopy. American Society of Agronomy Journal and Crop Science Society of America. CSSA Special Publication, 19.
- Camacho, R.; O. Garrido y M. Lima. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Sci. Agric.*, Piracicaba 52 (2): 294-298.
- Donald, C. M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17: 385-403.
- Duncan, W. G. 1971. Leaf angles, leaf area, and canopy photosynthesis. *Crop Science* 11: 482-485.
- Dwyer, L.M. and D.W. Stewart. 1986. Effects of leaf age and position on net photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.) *Agric. For. Meteorol.* 37:29–46.
- Edmeades, G. O. and H. R. Lafitte. 1993. Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. *Agronomy Journal* 85:850-857.
- Egli, D. B. 1994. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns. *Agronomy Journal* 86: 1046-1049.
- Elings A. 2000. Estimation of leaf area in tropical maize. *Agronomy Journal* 92(3): 436-444.
- Espinosa, A.; M. Tadeo; J. Lothrop; S. Azpiroz; R. Martínez; J. Pérez; C. Tut; J. Bonilla; A. María y Y. Salinas. 2003. H-48, nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del Centro de México. *Agricultura Técnica en México* 29(01): 85-87
- Fakorede, M.A. and J. J. Mock. 1978. Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. *Euphytica* 27: 397–409.
- Flénet, F.; J. E. Kiniry; J. E. Board; M. E. Westgate and D. C. Reicosky. 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. *Agronomy Journal* 88: 185-190.
- Ford, E. D.; A. Cocke; L. Horton; M. Fellner and E. Van Volkenburgh. 2008. Estimation, variation and importance of leaf curvature in *Zea mays* hybrids. *Agricultural and Forest Meteorology* 148:1598-1610.
- García E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Hernández X., E. 1987. Xolocotzia. Tomo II. *Revista de Geografía Agrícola*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 356p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2011. Día de Campo CEVAMEX 2011. Campo Experimental Valle de México. Memoria Técnica # 12. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. pp. 306.
- Lambert, R. J.; B. D. Mansfield and R. H. Mumm. 2014. Effect of leaf area on maize productivity. *Maydica* 59:58-64.
- Lizaso, J.I.; W.D. Batchelor and M.E. Westgate. 2003. A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *Field Crops Research* 80:1–17.

- Maddonni, G. A. and M. E. Otegui. 1996. Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Research* 48: 81-87.
- Maddonni G. A.; M. E. Otegui y A. G. Cirilo. 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Research* 71: 183-193.
- Monteith, J. L. 1969. Light interception and radiative exchange in crop stands. J. D. Eastin, F.A. Haskins, C. Y. Sullivan y C. H. M. Van Bavel (Ed.). *Physiological aspects of crop yield*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wis.
- Mock, J. and R. Pearce. 1975. An ideotype of maize. *Euphytica* 24: 613-623.
- Montgomery, E. C. 1911. Correlation studies in corn. In: *Nebraska Agric. Exp. Stn. Annu. Rep.* Lincoln, NE. pp. 108-159.
- Pendleton, J. W.; G. E. Smith; S. R. Winter and T. J. Johnston. 1968. Field investigations of the relationships of leaf angle in corn to grain yield and apparent photosynthesis. *Agronomy Journal* 60: 422-424.
- Pepper, G. E.; R. B. Pearce and J. J. Mock. 1977. Leaf orientation and yield of maize. *Crop Science* 17: 883-886.
- Rajcan, I. and C. Swanton. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition light quality and the whole plant. *Field Crops Research* 71: 139-150
- Reyes C., P. 1990. *El Maíz y su Cultivo*. AGT-EDITOR S.A. México. 460 pp.
- Ritchie, S. W. and J. J. Hanway. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Special report No. 48. Ames Iowa, EEUU. 21 p.
- Russell, G.; B. Marshall and P. G. Jarvis. 1990. *Plant Canopies: Their Growth, Form And Function*. Cambridge University Press.
- Saeki, T. 1960. Interrelationships between leaf amount, light distribution and total photosynthesis in a plant community. *Bot. Mag. Tokyo* 73:55-63.
- SAS Institute. 2003. *SAS/STAT user's guide Release 9.1*. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2009. *Manual Gráfico para la Descripción Varietal del Maíz (Zea mays L.)*. SNICS-CP.
- Scarsbrook, C. E. and B. D. Doss. 1973. Leaf area index and radiation as related to corn yield. *Agronomy Journal* 15: 459-461.
- Stewart, D. W.; C. Costa; L. M. Dwyer; D. L. Smith; R. I. Hamilton and B. L. Ma. 2003. Canopy Structure, Light Interception, and Photosynthesis in Maize. *Agronomy Journal* 95: 1465-1474.
- Subedi, K. D. and B. L. Ma. 2005. Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Science* 45: 2246-2257.

- Tollenaar, M. 1977. Sink source relationships during reproductive development in maize: A review. *Maydica* 22:49–75.
- Tollenaar, M. and E. A. Lee. 2006. Dissection of physiological processes underlying grain yield in maize by examining genetic improvement and heterosis. *Maydica* 51: 399–408.
- Valentinuz, O. R. and M. Tollenaar. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98: 94-99.
- Wall, G. W. and E. T. Kanemasu. 1990. Carbon dioxide exchange rates in wheat canopies II. Photosynthetic and phytomass production efficiencies. *Agricultural and Forest Meteorology* 49: 103-122.
- Wellhausen, E. J.; L. M. Roberts; X. E. Hernández y P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México. Su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. D.F., México. Folleto Técnico No. 5. 236 p.
- Winter S.R. and A. J. Ohlrogge. 1973. Leaf angle, leaf area, and corn (*Zea mays* L.) yield. *Agronomy Journal* 65(3): 396-397.
- Williams, M. M. II; R. Boydston and A. Davis. 2006. Canopy variation among three sweet corn hybrids and implications for light competition. *HortScience* 41: 1–6.
- Zarea, M. J.; A. Ghalavand and J. Daneshian. 2005. Effect of planting patterns of sunflower on yield and extinction coefficient. *Agron. Sustain. Dev.* 25:513-518.

Estimación de parámetros frecuentista y bayesiana en modelos dinámicos de crecimiento de cultivos en invernadero y su programación en Matlab y R

LÓPEZ-CRUZ, Irineo Lorenzo, FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén, SALAZAR-MORENO, Raquel, RUIZ-GARCÍA, Agustín y ROJANO-AGUILAR, Abraham

I. López, E. Fitz, R. Salazar, A. Ruiz y A. Rojano

Postgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo Estado de México
ilopez@correo.chapingo.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

Matlab is a programming environment used in teaching and researching for dynamic simulation of systems. R is a programming language originally used to data Statistical Analysis, but nowadays also it is applied to simulation of dynamical systems. In the current work a comparison of a parameter estimation by classical and Bayesian methods and their programming in Matlab and R language is carried out. A lettuce crop growth dynamic model was programmed first. Then the dynamic model was solved using the numerical methods available in both environments. Next, two models parameters were estimated using the nonlinear least squares method accessible in Matlab and R. Finally, the Bayesian method known as Monte Carlo Markov Chains was programmed. Differences and similarities between advantages and disadvantages of both programming environments are emphasized.

2 Introducción

La estimación de parámetros de un modelo matemático dinámico consiste en la determinación de valores para los parámetros inciertos incorporando mediciones de algunas variables de salida del modelo, de tal forma que las predicciones del modelo se ajusten lo más posible a las observaciones (Wallach, 2011). Este proceso también conocido como calibración es una etapa crucial y necesaria en el desarrollo del modelo dinámico de un sistema ya que podría mejorar la calidad predictiva del modelo matemático. El problema de estimación de parámetros (Ioslovich et al., 2002) consiste en encontrar el conjunto de valores para los parámetros (θ) del modelo dinámico, de tal forma que minimice un criterio ($V(\theta)$). Normalmente el cuadrado medio del error entre mediciones obtenidas del sistema real ($z(k)$) y las predicciones del modelo ($y(k | \theta)$).

$$V(\theta) = e^T(k)e(k) = \sum_{k=1}^N (z(k) - y(k | \theta))^2 \quad (2)$$

La estimación de parámetros en un modelo implica la realización de experimentos para poder disponer de mediciones del sistema real. Y posteriormente el planteamiento y solución de un problema de optimización. En general, el problema de estimación de parámetros en modelos dinámicos puede abordarse mediante dos enfoques: el frecuentista y el Bayesiano (Makowski et al., 2006). Hasta ahora el primer enfoque es más común en ambientes de agricultura controlada. El primer enfoque usa mínimos cuadrados o máxima verosimilitud y el segundo el teorema de Bayes. En el paradigma clásico los parámetros son estimados solamente usando las mediciones y no son considerados como variables aleatorias. En contraste, en el paradigma Bayesiano, los parámetros del modelo son considerados explícitamente como variables aleatorias y tanto el conocimiento a priori como los datos son usados para calcular una distribución a posteriori. Los métodos basados en este paradigma son los denominados muestreos basados en importancia como la Estimación de Incertidumbre con Verosimilitud Generalizada (GLUE por sus siglas en inglés) y las Cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC) como el método de Metropolis-Hastings (Makowski et al., 2002; Wallach et al, 2014). Tanto el paradigma clásico de estimación de parámetros como el Bayesiano son motivo de investigación en la actualidad ya que existen varias preguntas abiertas tanto teóricas como prácticas por ser respondidas (Wallach et al., 2014). Aunque el procedimiento de estimación de parámetros basado el métodos clásicos está bien y mejor establecido es también bien conocido que estos métodos permiten estimar con precisión un limitado número de parámetros (menos de 10). Por su parte, aunque el enfoque Bayesiano es atractivo un procedimiento bien establecido no existe todavía debido a su alto costo computacional. A pesar de sus ventajas aparentes los métodos Bayesianos se ha usado poco para estimar parámetros en modelos dinámicos para crecimiento de cultivos (Makowski et al., 2002; Iisumi et al., 2009; Ceglar et al., 2011; Dzotsi, et al., 2015).

Matlab (The MathWorks, Inc, 2012) es un ambiente de programación comercial ampliamente usado en enseñanza e investigación. Su gran atractivo es que presenta herramientas altamente especializadas y confiables para resolver problemas, tales como Simulink y el ODE suite, para simulación dinámica y el Optimization Toolbox para resolver problemas de optimización. R es un entorno de programación libre para cómputo estadístico y gráfico (<https://www.r-project.org/>). Sin embargo, cada día tiene disponibles nuevas librerías disponibles incluyendo aquellas para simular modelos dinámicos y resolver problemas de optimización. Recientemente R ha sido usado para simular y analizar modelos de crecimiento de cultivos (Wallach et al., 2014). Por lo anterior, en el presente trabajo se presenta una comparación de la programación en Matlab-Simulink y R de la estimación de parámetros clásica y Bayesiana de un modelo dinámico para un cultivo de lechugas.

2.1 Materiales y métodos

2.1.1 El modelo dinámico para crecimiento de lechugas bajo invernadero y su programación en Matlab y R

Un modelo dinámico de dos estados, para crecimiento de lechugas, fue propuesto en el pasado (van Henten, 1994; van Henten and van Straten, 1994). El primer estado es el peso seco estructural X_s (gm^{-2}) como la que constituye paredes celulares y citoplasma. La segunda variable de estado es la biomasa no estructural X_{ns} (gm^{-2}) cuyos principales componentes son la glucosa, sucrosa y almidón. La tasa de cambio de las variables predichas por el modelo está dada por dos ecuaciones diferenciales no lineales:

$$\frac{dX_{ns}}{dt} = c_\alpha f_{phot} - r_{gr} X_s - f_{resp} - \frac{1 - c_\beta}{c_\beta} X_s \quad (2.1)$$

$$\frac{dX_s}{dt} = r_{gr} X_s \quad (2.2)$$

Donde f_{phot} ($gm^{-2}s^{-1}$) es la fotosíntesis bruta, f_{resp} ($gm^{-2}s^{-1}$) es la respiración de mantenimiento r_{gr} (s^{-1}) es la tasa de crecimiento específica y c_α y c_β (adimensional) son parámetros. La descripción completa del modelo puede encontrarse en otros artículos (van Henten, 1994; van Henten and van Straten, 1994). La descripción de los parámetros del modelo se presenta en la Tabla 2. Las variables de entrada del modelo (variables conductoras) son la radiación fotosintéticamente activa (Wm^{-2}), la temperatura del aire ($^{\circ}C$) y la concentración de dióxido de carbono (ppm).

Tabla 2 Parámetros del modelo para lechugas de dos variables de estado de van Henten

Descripción	Valor	Unidades	Referencia
Factor de conversión de CO_2 asimilado a azúcares (c_α)	0.68	-	Calculado
Factor de rendimiento (c_β)	0.80	-	Sweeny et al., 1981
Tasa de crecimiento a saturación ($c_{gr,max}$)	5.00×10^{-6}	(s^{-1})	Sweeny et al., 1981
Factor de crecimiento Q_{10} ($c_{Q_{10},gr}$)	1.60	-	Sweeny et al., 1981
Coefficiente de respiración de mantenimiento de brotes a $25^{\circ}C$ ($c_{resp,sh}$)	4.47×10^{-7}	(s^{-1})	van Keulen et al., 1982

Coefficiente de respiración de mantenimiento de las raíces a 25°C ($c_{resp,shl}$)	1.16×10^{-7}	(s^{-1})	van Keulen et al., 1982
Factor Q_{10} de tasa de respiración de mantenimiento ($c_{Q_{10},resp}$)	2.00	-	van Keulen et al., 1982
Razón de biomasa de raíces y biomasa total (c_{μ})	0.15	-	Medición
Coefficiente de extinción de la radiación (c_k)	0.90	-	Goudriaan and van Laar, 1994
Relación de area foliar (c_{lar})	75.00×10^{-3}	$m^2 g^{-1}$	van Henten, 1994
Eficiencia de uso de la luz a altos niveles (c_{ϵ})	17.00×10^{-6}	gJ^{-1}	Goudriaan et al., 1985
Efecto de la temperatura sobre la conductancia de carboxilación ($c_{car,1}$)	-1.32×10^{-5}	$ms^{-1}C^{-2}$	van Henten, 1994
Efecto de la temperatura sobre la conductancia de carboxilación ($c_{car,2}$)	5.94×10^{-4}	$ms^{-1}C^{-2}$	van Henten, 1994
Efecto de la temperatura sobre la conductancia de carboxilación ($c_{car,3}$)	-2.64×10^{-3}	ms^{-1}	van Henten, 1994
Conductancia estomática (c_{stm})	0.007	ms^{-1}	Stanghellini, 1987
Conductancia de la capa límite (c_{bnd})	0.004	ms^{-1}	Stanghellini, 1987
Punto de compensación de CO_2 a 20°C (c_{Γ})	7.32×10^{-5}	gm^{-3}	Goudriaan et al., 1985
Factor Q_{10} del punto de compensación de CO_2 ($c_{Q_{10},\Gamma}$)	2.00	-	Goudriaan et al., 1985
Densidad del dióxido de carbono (c_w)	1.83×10^{-3}	gm^{-3}	Constante física

El modelo matemático fue programado en el ambiente Matlab-Simulink mediante una subrutina compilada en lenguaje C con la finalidad de reducir el tiempo de simulación. Para llevar a cabo la integración numérica se usó el método de Dormand-Prince (función ode45.m de Matlab) de cuarto orden con tamaño de paso variable, una tolerancia relativa de 1.0×10^{-12} y una tolerancia absoluta de 1.0×10^{-14} . Para todas las simulaciones y estimación de parámetros se usaron los datos de un experimento llevado a cabo en Chapingo, México durante 2001 (Ramírez et al., 2001). En el caso de lenguaje R, el modelo dinámico fue programado como una subrutina. Para la integración numérica se usó el General Solver for Ordinary Differential Equations de la biblioteca *deSolve*. Se usó el método de integración de Dormand-Prince contenido en la función “ode45”, con las mismas precisiones relativas y absolutas especificadas en el caso de Matlab. Se verificó que los dos programas produjeran los mismos valores de las variables de estado. De esta forma se comprobó que en ambos casos el modelo matemático y el modelo computacional eran los mismos.

2.1.2 Estimación frecuentista de parámetros y su programación en Matlab y R

En un primer momento fueron estimados solo dos de los parámetros para los que el modelo es más sensible (van Henten and van Straten 2004). Así, el factor de rendimiento (c_{β}) y la razón de área foliar (c_{lar}) fueron calibrados. Dado el vector de parámetros $\hat{\theta} = [c_{lar} \quad c_{\beta}]$ a ser estimados. Mediante mínimos cuadrados no lineales el siguiente problema de optimización fué planteado y resuelto:

$$\arg \min V(\theta) \quad (2.3)$$

Donde $\arg \min V(\theta)$ significa el argumento de la función V que la minimiza.

$$V(\boldsymbol{\theta}) = \sum_{k=1}^N [z(k) - y(k | \boldsymbol{\theta})]^2 = \sum_{k=1}^N e(k | \boldsymbol{\theta})^2 \quad (2.4)$$

Donde $z(k)$ y $y(k | \boldsymbol{\theta})$ representan el peso seco de un cultivo de lechugas medido y predicho, respectivamente, en los instantes discretos k . Con la rutina mínimos cuadrados no lineales (`lsqnonlin.m`) que forma parte del Optimization Toolbox de Matlab es posible calcular no solamente los parámetros sino también su asociada matriz Jacobiana matrix (Φ) y los residuales ($e(k | \boldsymbol{\theta})$). La matriz de covarianzas $\text{cov}(\hat{\boldsymbol{\theta}})$ correspondiente a los parámetros estimados puede ser calculada como sigue:

$$\text{cov}(\hat{\boldsymbol{\theta}}) = \sigma_\varepsilon^2 (\Phi^T \Phi)^{-1} \quad (2.5)$$

Con la varianza σ_ε^2 del error de medición ε estimada mediante:

$$s^2 = \frac{V(\hat{\boldsymbol{\theta}})}{N - N_p} \quad (2.6)$$

Donde N es el número de datos (mediciones) y N_p es el número de parámetros estimados. A partir de estos cálculos se puede tener una idea del nivel de precisión con que se estiman los parámetros.

El problema anterior fue resuelto en Matlab usando la función `lsqnonlin`, la cual permute resolver problemas de mínimos cuadrados. Para esto es necesario escribir una subrutina que devuelva un vector diferencia entre las predicciones y mediciones. Solo se usó la diferencia entre las predicciones y mediciones de la variable biomasa total. Pero es posible usar otras variables medidas. Se especificó el mismo intervalo de incertidumbre tanto en Matlab como en R como sigue: $0.001 \leq c_{lar} \leq 0.1$ y $0.4 \leq c_\beta \leq 0.9$. En el caso de lenguaje R se usó el procedimiento Nonlinear Least Squares que se encuentra en la función `nls`. En forma similar a Matlab para usar la función `nls` en R se requiere programar una función que devuelva el valor de la variable predicha correspondiente a cada iteración con los valores probados de los parámetros que están siendo estimados. Tanto en Matlab como en R estas subrutinas llevan a cabo una integración numérica (simulación) del modelo dinámico en cada iteración de proceso de búsqueda. La función `lsqnonlin` de Matlab permite calcular no solo el vector de parámetros estimados sino también su residuales y matriz Jacobiana correspondientes. La función `nls` de R permite calcular los coeficientes estimados, varias estadísticas asociadas a la estimación así como el comportamiento del modelo ajustado. La función `nls` de R es mucho más completa que `lsqnonlin` de Matlab.

2.1.3 Estimación Bayesiana de parámetros y su programación en Matlab y R

El enfoque Bayesiano para estimación de parámetros consta de dos etapas (Wallach et al., 2014). Primeramente se requiere definir una distribución de parámetros *a priori* cuya densidad se denota como $P(\theta)$. Esta resume el estado del conocimiento sobre los valores de los parámetros. Generalmente se usa una distribución uniforme o Gausiana. También se necesita especificar una distribución de probabilidades de los errores del modelo. El segundo paso consiste en calcular una distribución de probabilidades nueva llamada distribución *a posteriori* cuya densidad es $P(\theta | Y)$. Esta permite actualizar nuestra creencia en los valores de los parámetros θ incorporando las mediciones Y . La distribución a posteriori es calculada usando el teorema de Bayes.

$$P(\theta|Y) = \frac{P(Y|\theta)P(\theta)}{P(Y)} \quad (2.7)$$

Donde $P(Y|\theta)$ es una función de verosimilitud, la cual proporciona la probabilidad de las mediciones para valores dados de los parámetros del modelo. $P(Y)$ es la distribución de las observaciones independientemente de los parámetros. Desafortunadamente, la complejidad de los modelos dinámicos de cultivos hace que $P(Y)$ no pueda ser determinada, por lo tanto se requiere del uso de algoritmos numéricos para aproximar la distribución a posteriori. La principal idea es usar métodos iterativos para generar una muestra grande de valores de los parámetros estimados cuya distribución de probabilidades aproxime la distribución a posteriori. Actualmente existen dos métodos genéricos (Wallach et al., 2014) conocidos como muestreo de importancia y el procedimiento Cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). Un ejemplo de los primeros métodos es el análisis de incertidumbre Bayesiano conocido como Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE). En el caso de MCMC el algoritmo de Metropolis-Hastings es conocido desde hace algún tiempo (Gelman et al., 2014;). En el presente trabajo se programó tanto en Matlab como en lenguaje R el algoritmo de Metropolis-Hastings tal como se describe en Wallach et al (2104).

Primeramente, se abordó el problema de estimar simultáneamente dos parámetros; el cociente de área foliar (c_{lar}) y la desviación estándar de los residuales del error del modelo (σ). La distribución anterior de c_{lar} se definió como una distribución normal con media 0.02 y desviación estándar 0.01. La distribución anterior de σ fue definida como una distribución uniforme con límites inferior y superior como 0 y 10. Después de varias pruebas, las distribuciones correspondientes para las Cadenas de Markov Monte Carlo fueron especificadas como $c_{lar}(i) \sim N(c_{lar}(i-1), 0.02^2)$ y $\log(\sigma(i)) \sim N(\log(\sigma(i-1)), 0.8^2)$, respectivamente. Se generaron cadenas de 10000 iteraciones que necesitaron 3.5 horas de tiempo de computación en el caso de Matlab y aproximadamente 8 horas en el caso del lenguaje R. Se usó una computadora con procesador Intel Core i7-4500U CPU@1.80GHz 2.40 GHz con sistema operativo Windows.

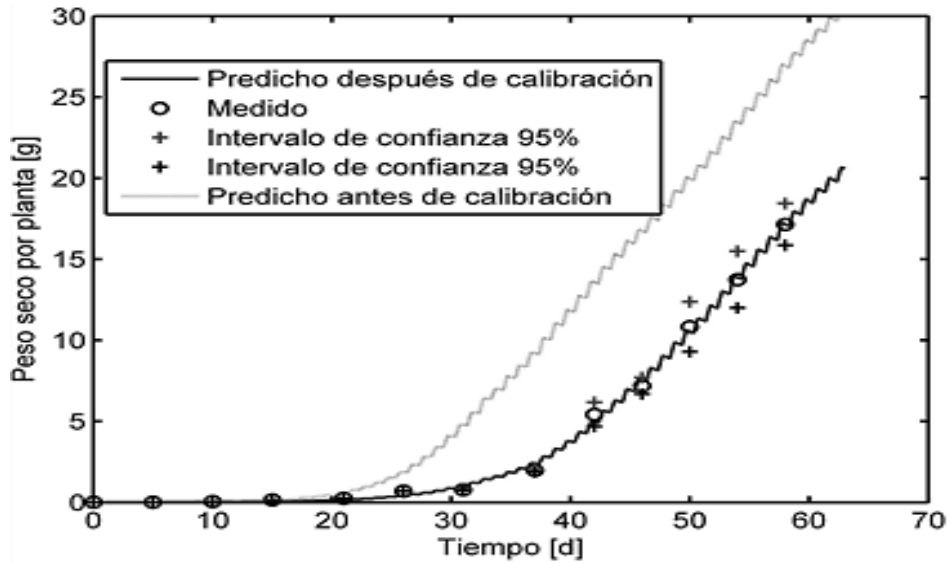
2.2 Resultados

2.2.1 Estimación de parámetros frecuentista

Los parámetros estimados en el caso de Matlab fueron $\hat{\theta} = [0.0471 \ 0.6712]$ con una matriz de covarianzas $\text{cov}(\hat{\theta}) = \begin{bmatrix} 0.0000021943 & -0.000029986 \\ -0.000029986 & 0.00043253 \end{bmatrix}$. Esto arroja una desviación estándar para c_{lar} de 0.0015 (mg^{-1}) y un coeficiente de variación de 3.1%. En el caso de c_{β} estos valores fueron 0.0208 y 3.0%, respectivamente. En caso de R los parámetros estimados fueron $\hat{\theta} = [0.0471 \ 0.6718]$ y las desviaciones estándar $STD_{c_{\beta}} = 0.0206$ y $STD_{c_{lar}} = 0.0013$. Las diferencias fueron pequeñas tanto en los valores estimados como en la precisión de la estimación. R no devuelve la matriz de covarianzas asociada a los parámetros, pero si las estadísticas coeficiente de correlación, desviaciones estándar y la significancia estadística de los parámetros. En este caso se encontró un alto valor de correlación para el parámetro c_{lar} (-0.97) debido a que este aparece en la función de intercepción de la radiación solar $1 - \exp(-c_k \times c_{lar} (1 - c_{\mu}) x_s)$ donde se aprecia la interacción del parámetro relación de área foliar (c_{lar}) con el coeficiente de extinción de la radiación (c_k).

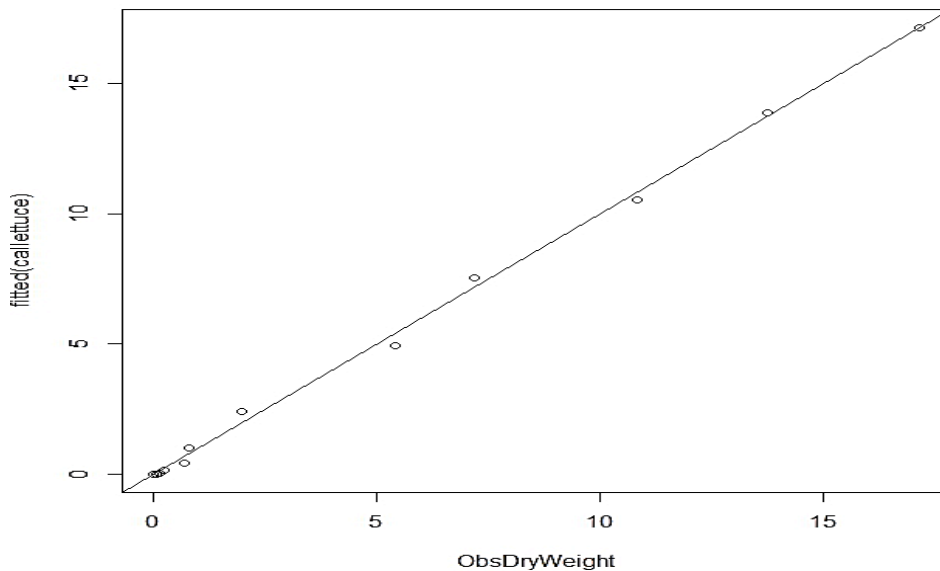
El Gráfico 2 muestra el comportamiento del modelo antes y después de la calibración de los dos parámetros. Después de la calibración el modelo sigue el comportamiento de las mediciones pues sus predicciones están dentro de intervalo de confianza del 95%.

Gráfico 2 Comportamiento del modelo antes y después de la estimación de dos de sus parámetros



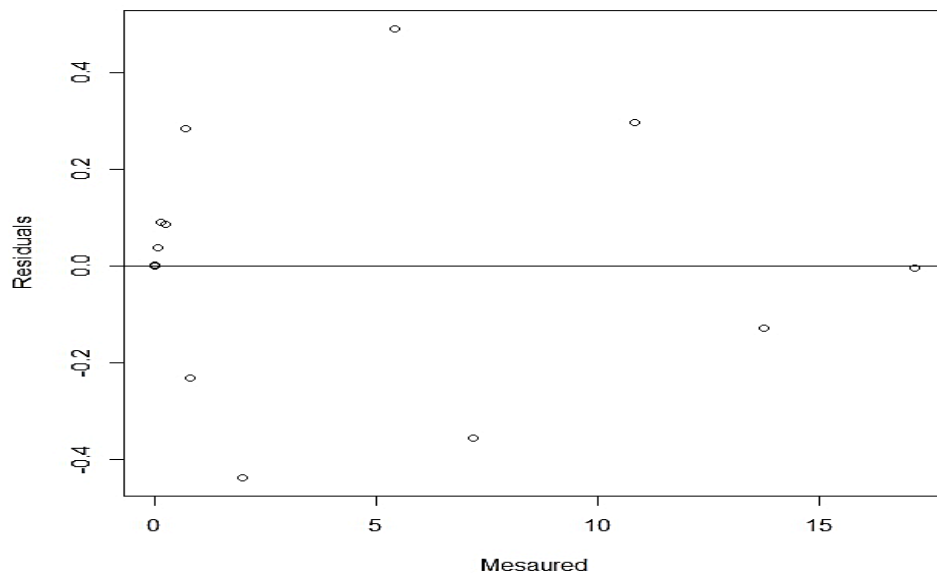
El Gráfico 2.1 muestra el ajuste del modelo, después de la calibración, usando la función *fitted* disponible en lenguaje R.

Gráfico 2.1 Biomasa total medida y estimada por el modelo calibrado



El Gráfico 2.2 muestra el comportamiento de las mediciones contra los residuales del modelo calculados con la función residuals disponible en R.

Gráfico 2.2 Comportamiento de los residuales comparados con las mediciones de la biomasa total



2.2.2 Estimación de parámetros Bayesianana

Gráfico 2.3 Resultados de 200 (A, C) y de 10000 (B, D) del algoritmo de Metropolis-Hastings programado en Matlab

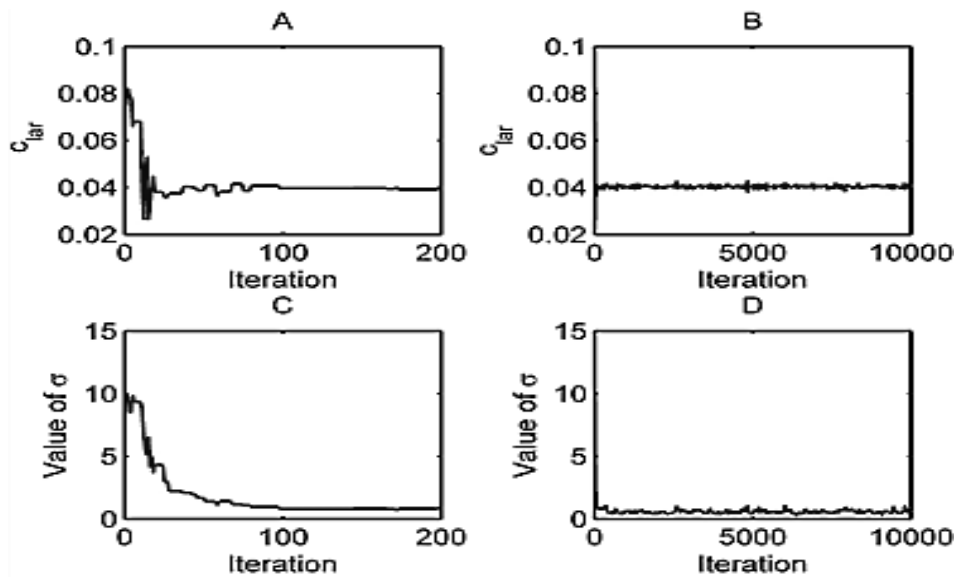
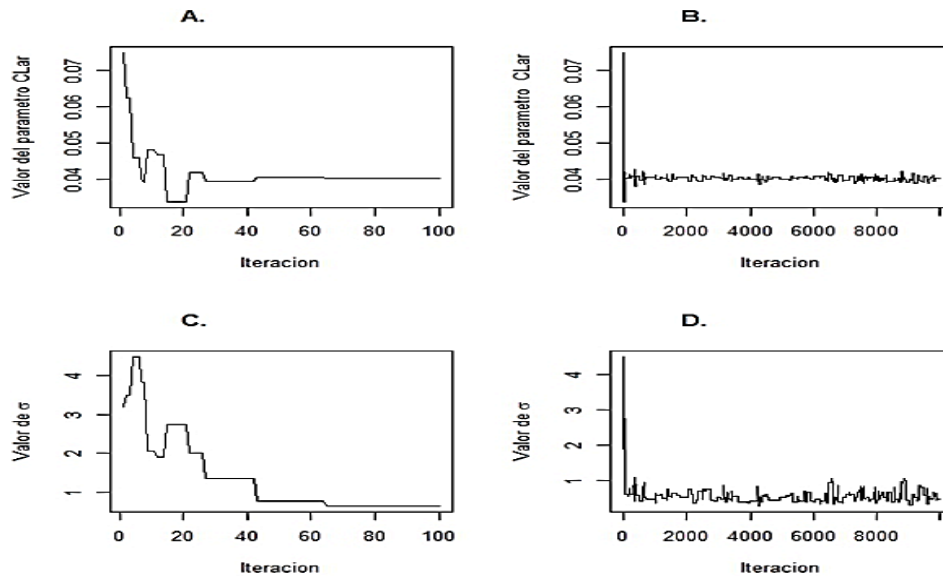


Gráfico 2.4 Resultados de 100 (A, C) y de 10000 (B, D) del algoritmo de Metropolis-Hastings programado en lenguaje R



El Gráfico 2.3 muestra el comportamiento de los parámetros estimados mediante el algoritmo Metropolis-Hastings, programado en Matlab, para diferentes iteraciones que indican la convergencia del algoritmo. El Gráfico 2.4 muestra el comportamiento del mismo algoritmo programado en lenguaje R. Puede observarse que después de 100 iteraciones el algoritmo empieza a oscilar alrededor de la media de ambos parámetros.

Gráfico 2.5 Auto correlaciones de los parámetros c_{lar} y de σ calculados por el algoritmo de Metropolis-Hastings programado en Matlab usando 10000 iteraciones

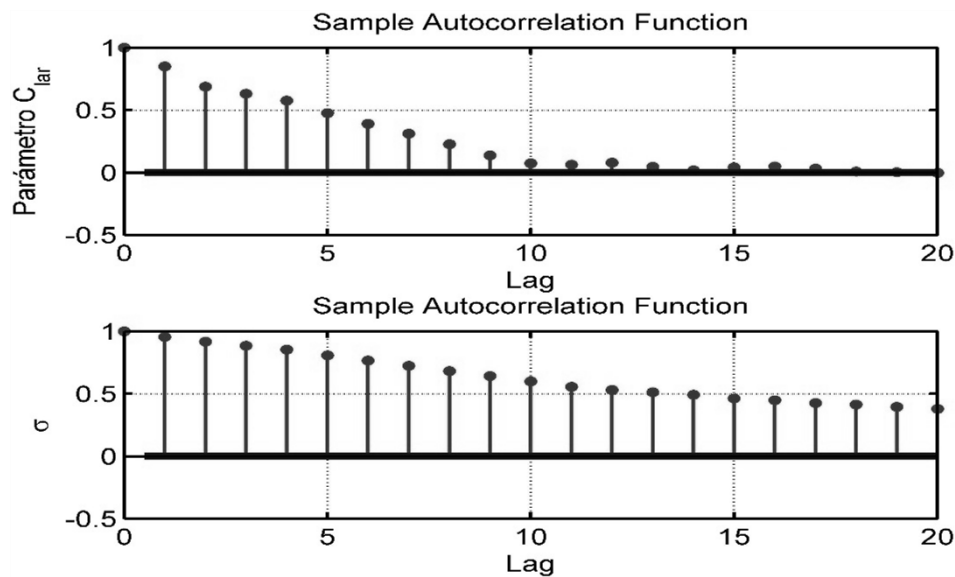
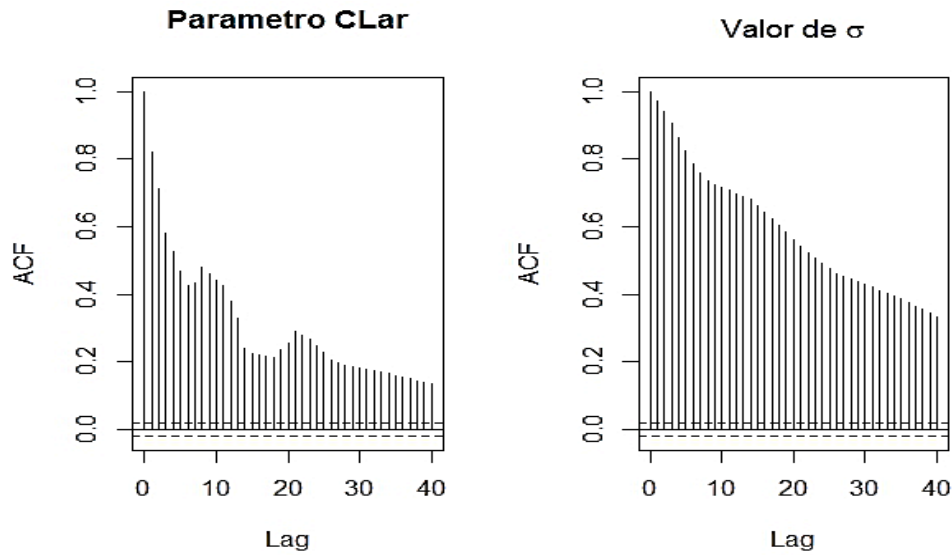


Gráfico 2.6 Auto correlaciones de los parámetros c_{lar} y de σ calculados por el algoritmo de Metropolis-Hastings programado en lenguaje R usando 10000 iteraciones

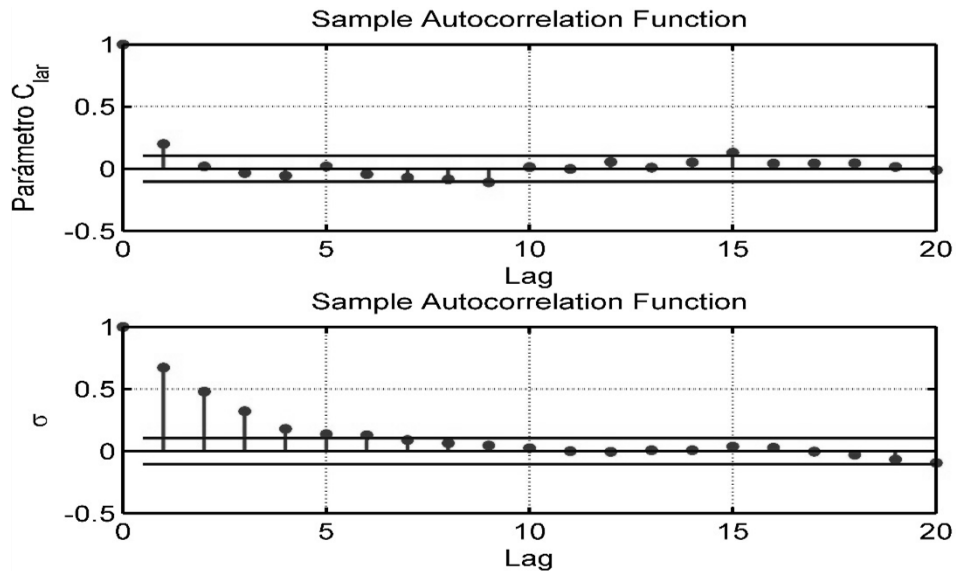


Es conocido que los valores de los parámetros estimados mediante el algoritmo Metropolis-Hastings estén generalmente altamente correlacionados debido a que la estimación del parámetro en una iteración actual depende de su valor en la iteración anterior (Gelman et al., 2014; Wallach et al., 2014). En nuestro caso al calcular las funciones de auto correlación se obtuvieron los resultados mostrados en el Gráfico 2.5 para el caso del algoritmo programado en Matlab y el Gráfico 2.6 para el caso del algoritmo programado en lenguaje R.

Las diferencias pueden deberse a los generadores de números pseudo-aleatorios y funciones generadoras de números pseudoaleatorios con una distribución normal (*randn* en Matlab y *rnorm* en R), funciones generadoras de números pseudoaleatorios con una distribución uniforme (*rand* en Matlab y *runif* en R), las funciones de densidad de probabilidades normal (*normpdf* en Matlab y *dnorm* en R) y uniforme (*unifpdf* en Matlab y *dunif* en R) usadas en ambos ambientes de programación. Pero es claro que las auto correlaciones deben ser eliminadas para no subestimar las varianzas posteriores (Wallach et al., 2014).

Para obtener series que sean casi sin correlaciones se considera un valor de una serie de 10 o más valores.

Gráfico 2.7 Auto correlaciones de los parámetros c_{lar} y de σ calculados por el algoritmo de Metropolis-Hastings programado en Matlab considerando uno de 20 valores generados por la MCMC



El Gráfico 2.7 muestra las auto-correlaciones de los parámetros estimados considerando uno de 20 valores de los últimos 7500 valores generados por el algoritmo Metropolis-Hastings programado en Matlab. Puede observarse que las auto correlaciones fueron prácticamente eliminadas especialmente en el caso del parámetro c_{lar} .

El Gráfico 2.8 muestra las auto-correlaciones de los parámetros estimados considerando uno de 20 valores de los últimos 7500 valores generados por el algoritmo Metropolis-Hastings programado en Lenguaje R. De manera similar a lo obtenido en Matlab, las auto correlaciones fueron prácticamente eliminadas.

Los Gráficos 2.9 y 2.10 muestran los histogramas correspondientes a 376 valores de los parámetros calculados por el algoritmo Metropolis-Hastings programado en Matlab y en lenguaje R, respectivamente.

Gráfico 2.8 Auto correlaciones de los parámetros c_{lar} y de σ calculados por el algoritmo de Metropolis-Hastings programado en lenguaje R, considerando uno de 20 valores generados por la MCMC

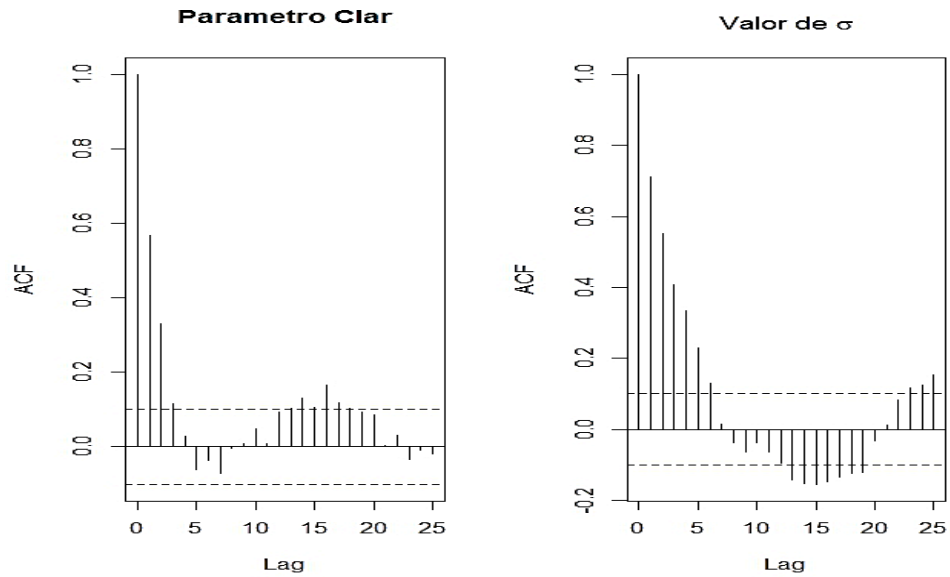


Gráfico 2.9 Histogramas de los parámetros c_{lar} y σ calculados por el algoritmo de Metropolis-Hastings programado en Matlab

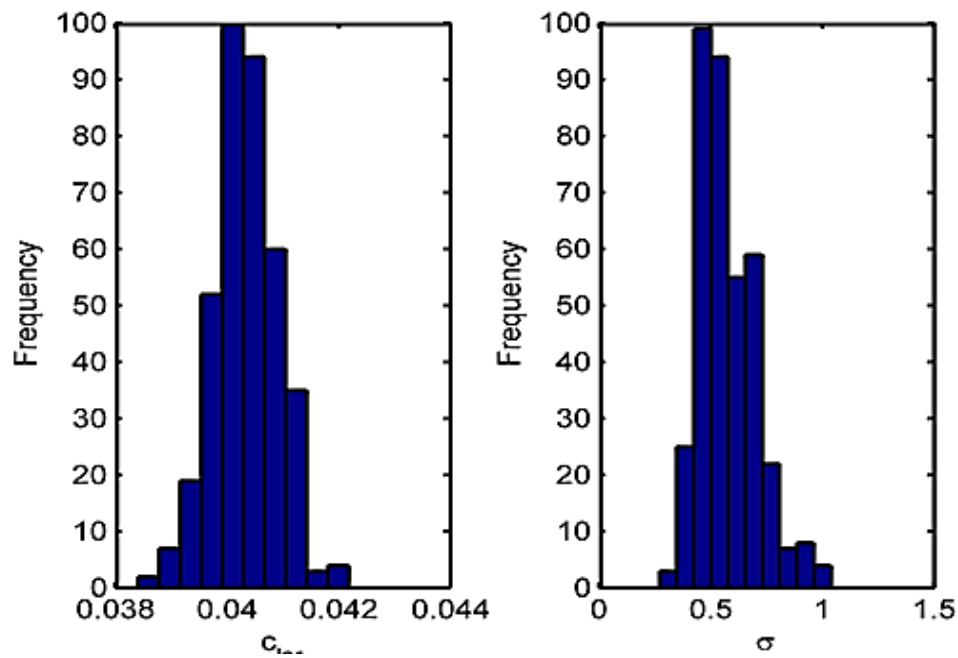
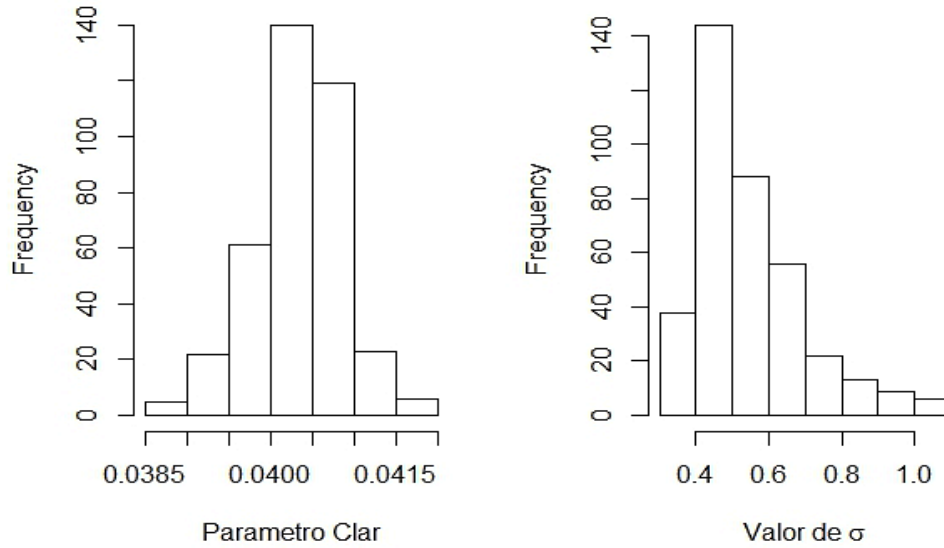


Gráfico 2.10 Histogramas de los parámetros c_{lar} y σ calculados por el algoritmo de Metropolis-Hastings programado en lenguaje R



En la Tabla 2.1 se presenta una comparación de los parámetros estimados mediante el algoritmo Metropolis-Hastings programado en Matlab y R. Se observan algunas diferencias, especialmente en la estimación del parámetro (σ) la desviación estándar de los residuales del error del modelo.

Tabla 2.1 Estadísticas asociadas a parámetros mediante el algoritmo de Metropolis-Hastings

Estadística	Programa en Matlab		Programa en R	
	c_{lar}	$\exp(\sigma)$	c_{lar}	$\exp(\sigma)$
Mínimo	0.0384	0.2710	0.0388	0.3157
Máximo	0.0422	1.0384	0.0418	1.0690
Media	0.0404	0.5756	0.0403	0.5467
Mediana	0.0403	0.5546	0.0403	0.5232
Desviación estándar	5.6783×10^{-4}	0.1303	5.4671×10^{-4}	0.1500
Coefficiente de variación	1.40%	22.63%	1.35%	27.44%

Las diferencias se pueden atribuir a las diferentes funciones generadoras de números pseudoaleatorios y funciones de densidad de probabilidades que se usaron para programar el algoritmo de Metropolis-Hastings en Matlab y en R. Sin embargo, en ambos casos se logró una estimación más precisa del parámetro relación de área foliar (c_{lar}) usando el método Bayesiano que con el método frecuentista. Con el método clásico de mínimos cuadrados el coeficiente de variación fue de 3.1% y con el método Bayesiano el coeficiente de variación fue de 1.40%. Esto muestra las ventajas potenciales del paradigma Bayesiano.

2.3 Discusión

2.3.1 Programación de modelos dinámicos

Tanto Matlab como R permiten resolver numéricamente sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales. En ambos ambientes están disponibles los métodos numéricos más usados. Sin embargo, Matlab permite programar los modelos dinámicos de manera más versátil: mediante subrutinas o funciones (*function*) de Matlab y usar directamente métodos de integración numérica, mediante la herramienta de programación de alto nivel Simulink y mediante Simulink combinado con subrutinas en lenguaje C (C-MEX s-functions) compiladas. Esto último es especialmente útil en el caso de modelos de biosistemas que son complejos: contienen muchas variables de estado y son altamente no lineales, ya que permite reducir considerablemente el tiempo de computación.

Por el contrario, el lenguaje R solo permite programar el modelo matemático en una subrutina o función (*function*). Por supuesto que en Matlab se necesita mayor conocimiento de programación para poder usar todas sus ventajas potenciales.

En R es más simple la programación de la subrutina conteniendo el modelo matemático. En Matlab es muy simple e intuitivo programar el modelo matemático en el ambiente de simulación Simulink. El tiempo de computación requerido para simular un modelo dinámico puede ser muy muy costoso en R ya que no es posible compilar el modelo matemático pues esencialmente se interpreta el código.

El tiempo de computación puede ser considerablemente reducido en Matlab mediante la programación del modelo matemático dinámico (ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales) en lenguaje C y el uso de la herramienta Matlab Executable (C-MEX s-functions).

2.3.2 Estimación de parámetros frecuentista

Matlab cuenta con la una función *lsqnonlin* para resolver problemas de mínimos cuadrados como parte del Optimization Toolbox. El lenguaje R la función *nls* determina estimadores de mínimos cuadrados no lineales de parámetros de un modelo no lineal.

En contraste el lenguaje R permite llevar a cabo análisis estadístico más completos de la estimación de parámetros frecuentista. En Matlab se requiere de mayor conocimiento de programación para determinar la precisión de la estimación.

2.3.3 Estimación de parámetros Bayesiana

Ni Matlab ni R cuentan todavía mcon algoritmos para estimación de parámetros Bayesiana. En ambos ambientes de programación se requiere programar los algoritmos deseados ya sean Muestreo de importancia o Cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). Por esto, el uso de funciones generadoras de números pseudoaleatorios con una distribución normal, funciones generadoras de números pseudoaleatorios con una distribución uniforme, las funciones de densidad de probabilidades normal y uniforme usadas en ambos ambientes de programación pueden generar diferencias en los algoritmos que se programen como sucedió en el presente trabajo, en el caso del algoritmo Metropolis-Hastings.

2.4 Conclusiones

Se programaron en el ambiente Matlab y en lenguaje R el método frecuentista de mínimos cuadrados y el algoritmo Bayesiano Metropolis-Hastings para estimación de parámetros de un modelo dinámico de crecimiento de un cultivo de lechugas en invernadero.

Las librerías para integración numérica disponibles en ambos ambientes (*ode suite* en Matlab y *deSolve* en lenguaje R) permitieron obtener soluciones semejantes de las ecuaciones diferenciales ordinarias. La programación en ambos ambientes de la integración del modelo matemático y los métodos de estimación de parámetros, permitieron verificar el código computacional.

El modelo matemático para crecimiento de lechugas se programó correctamente como modelo computacional ya que los programas tanto en Matlab como en lenguaje R permitieron obtener los mismos resultados. Se encontró también que Matlab y R presentan tanto ventajas como desventajas de programación para resolver el problema de estimación de parámetros usando ya sea un método frecuentista o Bayesiano. Por lo tanto, es recomendable aprovechar las bondades que ambos ambientes presentan.

2.5 Referencias

- Ceglar, A., Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L., and Pogačar, T. (2011). The simulation of phenological development in dynamic crop model: the Bayesian comparison of different methods. *Agricultural and Forest Meteorology* 151: 101-115.
- Dzotsi, K.A., Basso, B. and Jones, J.W. (2015). Parameter and uncertainty estimation for maize, peanut and cotton using the SALUS crop model. *Agricultural Systems* 135: 31-47.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S., Dunson, D.B., Vehtari, A. and Rubin, D.B. (2014). *Bayesian Data Analysis*. Third Edition.
- Iizumi, T., Yokozawa, M., and Nishimori, M. (2009). Parameter estimation and uncertainty analysis of a large-scale crop model for paddy rice: application of a Bayesian approach. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 333-348.
- Ioslovich, I., Seginer, I. and Baskin, A. 2002. Fitting the NICOLET lettuce growth model to plant-spacing experimental data. *Biosystems Engineering* 83(3): 361-371.
- Makowski, D., Wallach, D., and Tremblay, M. (2002). Using Bayesian approach to parameter estimation; comparison of the GLUE and MCMC methods. *Agronomie* 22: 191-203.
- Makowski, D., Hillier, J., Wallach, D., Andrieu, B. and Jeuffroy, M.H. 2006. Parameter estimation for crop models. En: Wallach, D.; Makowski, D. and Jones, J.W. (Editors). *Working with dynamic crop models. Evaluation, analysis, parameterization and applications*. Elsevier, Amsterdam, pp: 101-149.
- Ramírez, A.A., López, C.I.L., and Rojano, A.A. (2001). Calibration of a dynamic lettuce growth model for a soilless system in a mild climate. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Mathematical Modeling and Simulation in Agricultural and Bio-Industries (M²SABI'01)*, 12-14 June. Haifa, Israel.

van Henten. E. (1994). Validation of a dynamic lettuce growth model for greenhouse climate control. *Agricultural Systems* 45: 55-72.

van Henten E. and van Straten G. (1994). *Sensitivity analysis of a dynamic growth model of lettuce*. J. Agric. Engng. Res. 59: 19-31.

Wallach, D. 2011. Crop model calibration: a statistical perspective. *Agronomy Journal* 103(4): 1144-1151.

Wallach, D.; Makowski, D. and Jones, J.W. (Editors). 2006. *Working with dynamic crop models. Evaluation, analysis, parameterization and applications*. Elsevier, Amsterdam.

Wallach, D., Makowski, D., Jones, J.W., and Brun, F. 2014. *Working with Dynamic Crop Models. Methods, Tools and Examples for Agriculture and Environment*. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands

La productividad del maíz y la política agrícola en el Estado de México, 2015

PÉREZ-SOTO, Francisco

F. Pérez

División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Carretera México-Texcoco, Km 38.5, Chapingo, Texcoco, México.
perezsotofco@gmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

A socioeconomic diagnosis was made to producers and a profitability study, spring-summer agricultural cycle of 2015, in Amecameca, State of Mexico. The results show that the crop is profitable; the income exceeds the costs of production. The main source of obtaining income is the sale of grain, although other activities are carried out, such as the sale of the husks and the production of hay bales. The Amecameca corn producer is mature with low schooling, the small size of the planted area does not allow the producer to create economies of scale to reduce the cost per input. The main problems that manifest the crop are the lack of market, good prices and the lack of technical training.

3 Introducción

Al ser el maíz un cultivo básico muy importante en la dieta de las familias mexicanas, la producción se realiza en todos los estados de la república, algunos como los estados de norte se caracterizan por la presencia de grandes productores por sus altos volúmenes de producción además las condiciones culturales y tecnológicas favorecen dicha producción, también hay estados donde existen medianos productores con una división muy importante hacia los pequeños productores en donde se encuentran la mayoría de los productores de maíz.

El municipio de Amecameca se caracteriza por contar con pequeños productores de maíz grano, su importancia radica en generar ingresos a las familias como principal actividad, por lo que es necesario la implementación y seguimiento de políticas agrícolas encaminadas al desarrollo de pequeños productores.

El cultivo de maíz grano de origen criollo predomina en la región, en virtud de los gustos y preferencias de su población, el grano se consume principalmente como elote, tortilla, tamales, tlacoyos, atoles, entre otros. y poco producto ponen a la venta en los mercados de la región o bien recurren al intermediarismo para obtener un ingreso y con ello recuperar parte de los costos de producción. También, el cultivo tiene otros usos que le generan ingreso al productor como la venta de las hojas que se utiliza para elaborar tamales.

Ante un sector agrícola inmerso en un mundo globalizado y con los problemas que enfrenta el sector agroalimentario se hace necesario realizar un diagnóstico socioeconómico a productores de maíz y un estudio de rentabilidad del cultivo, del municipio de Amecameca, Estado de México, con el propósito de justificar su producción, indentificar los costos que conlleva, analizar las políticas agrícolas que le afectan y, generar las recomendaciones que permitan mejorar las condiciones del sistema actual.

3.0.1 Conceptos de sistemas de producción, la política agrícola

La Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO] (2001) remarca la importancia de analizar los sistemas agrícolas, sobretudo los sistemas utilizados por los pequeños productores que son aquellos que alimentan a los países en desarrollo y que aun son más pobres que estos y mas pobres que aquellos localizados en zonas urbanas. La FAO relaciona al tipo de sistema de producción utilizado por los productores y el medio en el que viven con su localización en la línea de pobreza. De esto surge la importancia de diagnosticar a los sistemas de producción existentes, el tipo de productores y las condiciones socioeconómicas en las que se desenvuelven de tal forma que se aborden problemas de pobreza y de subsistencia. A continuación se exponen los conceptos teóricos y técnicos que facilitan la comprensión del sistema de producción de maíz de Amecameca, Estado de México.

3.0.2 Sistema de producción

Jouve (1988) define a los sistemas de producción agropecuarios como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y/o pecuarios (citado por Instituto Nacional de Ecología [INE], 2006).

Dixon et al. (2001) describe a los sistemas de producción como complejos y dinámicos y que están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo el mercado, la infraestructura y los programas, por lo que facilitan la evaluación ex ante de inversiones y políticas concernientes con la población rural (citado por INE, 2006).

3.0.3 Política agrícola

FAO (1995) define a la agricultura como el arte y actividad económica dedicada al cultivo de la tierra enfocada a la obtención de productos alimenticios o de otro tipo. Mientras que Política procede del griego politiké que define el arte de gobernar la polis o ciudad. Entonces la política agrícola se puede definir como un conjunto de medidas e intervenciones del estado, sobre el sector agropecuario que afectan las decisiones de los productores, a los agentes de comercialización y a los consumidores de los bienes agrícolas.

Los efectos de las políticas agrícolas incluyen el mercado externo, internacional, y depende del fin para el que fueron producidos los bienes que pueden ser para consumo nacional o para exportación. Los objetivos de la política agrícola se pueden establecer a corto, mediano y largo plazo. Los objetivos a corto plazo pretenden la estabilización de los precios de los principales alimentos y la defensa y el mejoramiento de los ingresos rurales; los objetivos de mediano plazo buscan la protección de ciertas producciones y de determinadas regiones y la racionalización de la comercialización, y los objetivos de largo plazo buscan el estímulo a la producción y a la mejora de la productividad y la disminución de la dependencia alimentaria externa.

3.0.4 Instrumentos de la política agrícola

FAO (1995) sugiere que los sistemas de producción se ven afectados por el tipo de instrumentos que los gobiernos utilizan. Clasifica a los instrumentos de política agrícola como instrumentos macroeconómicos, sectoriales nominales y sectoriales reales.

Los instrumentos macroeconómicos se refieren a la política monetaria, la política fiscal, la política cambiaria y la política comercial. Los instrumentos sectoriales nominales incluyen la interferencia en los precios de productos, las subvenciones a los insumos, y el crédito. Finalmente, los instrumentos sectoriales reales influyen en la comercialización, el comercio exterior, el gasto público y las inversiones.

3.0.5 Ingresos y costos en la producción agrícola

Se considera como ingresos a todo percepción monetaria que el productor recibe por la venta de su producto. Por el contrario; los costos son los recursos que destina el productor, en la compra de insumos y servicios necesarios tales como la contratación de jornales, uso del crédito, entre otros, para la obtención del mismo.

La Matriz de Análisis de Política (MAP) es la metodología que Monke & Pearson (1989) propusieron para medir el impacto de la política gubernamental en un sistema de producción. Consta de dos identidades contables en la que establece a la rentabilidad como la diferencia entre ingresos y costos y la otra mide los efectos de las divergencias (distorsiones de políticas y fallas de mercado) como la diferencia entre los parámetros observados y los parámetros que podrían existir si las divergencias fueran removidas. Para esta investigación solo se utiliza la parte privada de la MAP, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Estructura de ingresos y costos de producción

Precios Privados	Ingresos totales	Costos de producción		Ganancias (utilidad neta)
		Insumos comerciales	Factores internos (actividades culturales)	
	A	B	C	D

Fuente: Elaboración propia en base a Monke & Pearson, 1989

De la Tabla anterior se derivan las siguientes fórmulas:

Costo de Producción a Precios de Mercado (CP) = B + C.

Ganancia a Precios de Mercado (D) = A - (B + C).

3.1 Metodología

Se realiza una investigación de tipo descriptiva y cuantitativa cuando se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernandez et al., 1991). En este caso se hace una descripción del perfil del productor de maíz de Amecameca. Para obtener la información del diagnóstico se elaboraron y aplicaron 307 encuestas a productores de maíz del ciclo agrícola P-V. 2015, los datos de las encuestas se utilizaron para la estimación del costo de producción y elaboración los presupuestos privados basados en la metodología de la MAP.

Se aplicó el muestreo aleatorio simple (MAS) usando la fórmula adaptada de la Universidad Tecnológica (2012), para una población de 2200 productores de maíz del Municipio de Amecameca según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática [INEGI] (2007). Se realizó un premuestreo, como prueba piloto, con el que se obtuvo la varianza muestral para la determinación de la muestra final utilizando la formula siguiente:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2 x}{N \varepsilon^2 + Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2 x} ,$$

$$n = \frac{(2200) (1.96^2) (5.3344828)}{(2200)(0.24)^2 + (1.96^2) (5.3344828)} ,$$

$$n = \frac{45084.48807}{147.2129491} = 307.$$

Esta fórmula se aplica para poblaciones finitas a poblaciones grandes; donde n es el tamaño de muestra, N es la población, Z es la distribución normal a un 95 % de confiabilidad, varianza (σ^2) de 5.3 y una cota de error de 0.24.

3.2 Resultados

3.2.1 Edad de los productores encuestados

La Tabla 3.1 muestra los resultados para la edad de los productores, se arroja una media de 49 lo cual indica que la mitad de las personas que se encuentran por debajo de 49 años y el resto por arriba de los 49 años. La moda corresponde a 56, es decir que de las personas encuestadas abundan los que tienen 56 años. El productor más joven es de 19 años y el más grande de 85 años.

Tabla 3.1 Edad de los productores

Indicador	Valor
Media	49
Mediana	48
Moda	56
Desviación estándar	16
Varianza	254
Mínimo	19
Máximo	85

Fuente: Elaboración propia en SPSS, con datos de encuestas

3.2.2 Nivel de escolaridad de los productores

La Tabla 3.2 señala el nivel de escolaridad de los productores, este parte desde los que no tienen ningún tipo de estudios hasta los que cuentan con licenciatura. La mayor frecuencia es el nivel secundaria donde se registra a 121 productores que representa el 40 % del total, seguido de los que tienen el nivel primaria con 109 productores representando el 36 %, por lo que el 76 % de los productores tiene algún nivel de escolaridad, aunque muy bajo.

Tabla 3.2 Escolaridad de los productores

Escolaridad	Frecuencia	Porcentaje
Ninguno	27	9
Primaria	109	36
Secundaria	121	40
Preparatoria	46	15
Licenciatura	4	1
Total	307	100

Fuente: Elaboración propia en SPSS, con datos de encuestas

3.2.3 Superficie sembrada propia

En la Tabla 3.3 se observa que la mayoría de los productores de maíz no cuentan con superficie propia para sembrar con el 43 %, optando por la renta de la tierra, el 33 % de productores son dueños del terreno y poseen menos de 3 hectáreas (ha) en promedio, el 18 % de los productores que poseen de 4 a 6 ha en promedio y el resto de los productores cuenta con superficies arriba de las 7 ha. El precio de la tierra, el precio de renta, oscila desde \$1500 hasta \$5000 la renta más cara, en promedio el productor paga en la región \$3000 por ha.

Tabla 3.3 Superficie sembrada propia

Ha	Frecuencia	Porcentaje
Sin terreno	133	43
1-3	102	33
4-6	55	18
7-9	9	3
10-12	6	2
13-15	1	0.3
No contestó	1	0.3
Total	307	100

Fuente: Elaboración propia en SPSS, con datos de encuestas

3.2.4 Tipo de semilla

En cuanto al tipo de semilla, Tabla 3.4, el 80 % de los productores siembran maíz criollo, el 14 % cultivan con semilla híbrida y el 5 % de los productores siembran de los dos tipos de semillas. De acuerdo a los productores, las razones por las que no usa las semillas híbridas; es porque son caras, no saben cual es el manejo de las semillas, en algunos casos el terreno no presenta las condiciones para el desarrollo y una razón muy importante es que de la semilla híbrida no se puede aprovechar el subproducto hoja que se vende para la elaboración de tamales, además el utilizar la semilla híbrida implica el uso de riego de lo cual no se dispone.

Tabla 3.4 Tipo de Semilla

Semilla	Frecuencia	Porcentaje
Criolla	248	81
Hibrida	44	14
Ambas	15	5
Total	307	100

Fuente: Elaboración propia en SPSS, con datos de encuestas

3.2.5 Problemas principales en la agricultura de la región

El Cuadro 6 expone los problemas principales que enfrentan los productores; la comercialización del producto, plagas y enfermedades, falta de asesoría técnica, falta de agua para riego, costos en maquinaria.

El 55 % de los productores dijo tener problemas para la comercialización del producto, no hay un mercado que pague el producto a un precio justo, la mayoría acude a los intermediarios para efectuar la venta y algunos van al mercado más grande, el de Ozumba, o al mercado municipal, el 16 % tienen el problema de plagas y enfermedades que atacan sus cultivos; el 13 % dijo tener el problema del agua para riego pues les impide cambiar a una variedad de mayor rendimiento. Al 9 % el problema que más les afecta son los costos de maquinaria, ya que con la venta del producto aun no pueden absorber dichos costos.

Tabla 3.5 Problemas en la agricultura de la región

Situación	Frecuencia	Porcentaje
Comercialización del producto	169	55
Plagas y enfermedades	50	16
Asesoría técnica	15	5
Agua para riego	42	14
Costos de maquinaria	27	9
No contestó	4	1
Total	307	100

Fuente: Elaboración propia en SPSS, con datos de encuestas

3.2.6 Subproductos del maíz

El concepto principal de obtención de ingresos es la venta del grano, aunado a esta actividad, los productores realizan otras actividades para aumentar sus ingresos, venden las hojas que son utilizadas para la elaboración de tamales, también aprovechar el rastrojo para la elaboración de pacas y venderlas como alimento de ganado.

3.2.7 Estructura de costos de producción de maíz grano (modalidad de temporal)

El cultivo de maíz grano en la modalidad temporal con el uso de la semilla criolla en el ciclo Primavera-Verano 2015 resultó rentable en el municipio de Amecameca, puesto que se obtiene un ingreso total de \$21,000 pesos, el cual incluye la transferencia de procampo que fue \$1,300 pesos por hectárea, la venta de los subproductos hoja de maíz para tamales y rastrojo con ingresos de \$6,000 pesos y \$800 pesos respectivamente; el costo total que se estimó es de \$14,301 pesos excluyendo la renta de la tierra, y la ganancia estimada es \$6,699 pesos por hectárea.

En los costos de producción, los insumos comerciables (fertilizantes, semilla, entre otros) representan el 24 % que son \$4,151 pesos, los factores internos (costo de las labores culturales) el 38.1 % que son \$6,600 pesos, los insumos indirectamente comerciables (tractor e implementos) el 35.3 % que son \$6,100 pesos, y, administración y servicios que representa el 2.3 % que son \$450 pesos. Los factores internos son los más significativos al tener el mayor porcentaje dentro de los costos de producción.

3.3 Conclusiones

El productor de maíz de Amecameca es un productor maduro y con baja escolaridad lo que merma las oportunidades como el acceso a capacitaciones y el estar informado de programas de apoyo del gobierno u de otras instituciones del ámbito agrícola.

El tamaño de la propiedad le da una ventaja en los costos de producción, no le permite al productor crear economías de escala para disminuir el costo por insumos. A pesar de que el maíz sembrado en Amecameca es de tipo temporal principalmente, el cultivo es rentable aunque existe la posibilidad de que el productor experimente con la modalidad híbrida si se dispone de riego y de esta manera sus ingresos incrementarían.

Se propone crear una organización de productores bajo la forma jurídica de Asociación Civil, que agrupe a pequeñas organizaciones con el propósito de gestionar apoyos de los programas a pequeños productores cumpliendo con los lineamientos que se requieren. Asimismo, gestionar a través del municipio apoyos económicos para la creación de un centro de acopio, administrado por los productores que beneficie a los mismos, con el fin de que puedan colocar sus productos a un mejor precio en los mercados locales y con ello mejorar sus ingresos. La creación de esta Asociación permitirá al productor recibir capacitación técnica que le ayudará a mejorar el manejo del cultivo.

Para resolver el problema de la falta de agua se requiere, que a través del municipio o de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), gestionar apoyo para la perforación de pozos, ollas captadoras de agua u otras obras con el mismo fin, que beneficien a las parcelas de los productores y les permita cultivar maíz en modalidad híbrida y otros cultivos como hortalizas.

3.4 Referencias

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1995). *Macroeconomía y políticas agrícolas: una guía metodológica*. Italia: FAO-ONU.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). Sistemas de producción agropecuaria y pobreza. Recuperado el 10 de enero de 2015, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/y1860s/y1860s.pdf>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (1991). *Metodología de la investigación*. (4ª ed.). México: McGraw-Hill.

Instituto Nacional de Ecología. (2006). Atlas de la cuenca Lerma-Chapala: construyendo una visión conjunta. Recuperado el 10 de enero de 2015, de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/09/AtlasCuencaLermaChapala.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2007). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, 2007. Recuperado el 10 de enero de 2015, de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx

Monke, E. A., & Pearson, S. R. (1989). The policy analysis matrix for agricultural development. Recuperado el 10 de enero de 2015, de <http://web.stanford.edu/group/FRI/indonesia/documents/pambook/pambook.pdf>

Universidad Técnica del Norte (2012). Interaprendizaje de Estadística básica. Ibarra, Ecuador. Recuperado el 10 de enero de 2015, de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2341>

Negocio inclusivo en perspectiva al sector agropecuario en México

GUADARRAMA, Yolanda & TAVERA, María

Y. Guadarrama & M. Tavera

UPIICSA, Instituto Politécnico Nacional
mtavera@ipn.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

Much is speculation the end of globalization, given the changes and results of historical development. But more to the recurring crises and macro-microeconomic instability of this universe of study. The Agricultural Sector, requires technological applications, intelligence, productivity and competitiveness, to reach indicative of high performance, competitive advantage, and maximum productivity to the rescue of the sector, with form of inclusive business, economic activities where interact people having less in value chains, improving their living conditions. Today the trends of the study of the problems of this sector, directly impacts on the supply, marketing and distribution of Mexican products, it provides analysis of agri-food systems, sustainability and sustainability of rural spaces in all their human and environmental dimensions.

4 Introducción

En las últimas décadas se ha observado la gran caída de lo que significa la producción agropecuaria en México, tanto por falta de incentivos, como de inversión, migración, poco conocimiento, escasez de oportunidades laborales, etc.

De acuerdo a lo que establece el periódico, El economista en su noticia del 19 de noviembre de 2012, el sector agropecuario se describe como: rezagado, incompetente y con gran desequilibrio. Lo que implica un gran riesgo a la soberanía alimentaria de los mexicanos.

Hace ya muchos años, los múltiples problemas en el campo de México se han venido agudizando, por lo que es necesario estar preparados ante los, grandes problemas económicos, políticos y sociales que vienen en cascada. ¡Urge estar alerta!

Considerando que existe una dimensión económica, política y social, con 26 millones de personas dedicadas a este sector, de donde un 80% es pobre y 16 millones más viven en pobreza extrema, en 33% de los hogares, los jefes de familia son analfabetas y la juventud se encuentra en disyuntiva ante un futuro incierto, por lo que buscan oportunidades emigrando a las grandes ciudades, acentuando aún más el abandono al campo o caer en la economía informal.

En la actualidad la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), dicta un escenario desalentador para México respecto al Sector Agropecuario con un 32% del PIB total por lo que sería ideal que al menos se lograra un 10% del PIB nacional.

Económicamente, el escenario es desolador, presenta tal degradación que nos hunde al subdesarrollo por ejemplo de las unidades de producción rural 72% se dedica al campo, se trabaja por indígenas y pequeños productores con superficie menores a cinco hectáreas produciendo solo para el autoconsumo; el 22% es por pequeños productores con superficies de 4 a 20 hectáreas produciendo para el consumo y algo para el mercado local, solo el 6% de los productores son empresarios que canalizan sus mercancías al mercado nacional e internacional.

Las últimas tendencias de estudio referentes a la problemática actual que presenta el sector agropecuario e impactan directamente en la alimentación, producción, comercialización y distribución, de los productos mexicanos, con precios mediocres y altos costes de producción, generando muy poco ingreso para la comunidad rural. Motivo por el que urge la necesidad de abrir barreras mediante el análisis de las cuestiones estrictamente agrarias hacia el estudio de los sistemas agroalimentarios: sostenibilidad y sustentabilidad de los espacios rurales en sus diversas dimensiones humanas y medioambientales.

Mucho se ha especulado con el término de Globalización, sobre todo a resultas de los cambios y resultados del devenir histórico. Pero aún más respecto de las recurrentes crisis e inestabilidad con marcada incertidumbre macro-microeconómica, en diversos lugares de nuestro universo de estudio. El Sector agropecuario, requiere de aplicaciones tecnológicas, inteligencia, productividad y competitividad, con el objeto de producir más y alcanzar indicativos de alta ventaja competitiva, máxima productividad para un rescate del sector promisorio mediante las características de negocios inclusivos (NI), nuevos emprendimientos, otras tecnologías, donde se establezca la innovación aplicada al sector, pero una innovación a detalle que permita el cambio de estrategias que coadyuven en bien de la comunidad, reactivando de esta manera las diversas actividades económicas que permiten lograr la participación de las personas que menos tienen, en cadenas de generación de valor, de la forma en que logren capturar valores para sí mismos mejorando sus condiciones de vida.

Como una alternativa de promoción hacia el apoyo a este sector es precisamente establecer alianzas, métodos y estrategias congruentes a las necesidades de la sociedad analizando de antemano las actividades que se pretenden actualizar para poder prevenir y alentar a los que menos tienen y de acuerdo a ya experiencias observadas se pretende dar a conocer la caracterización de lo que ofrecen los Negocios Inclusivos, sus ventajas y beneficios, los cuales promueven cadenas de valor, preferencias en los mercados costes y precios a favor de todos los involucrados generando de esta manera ganancias realmente consideradas.

4.1 Metodología

La instrumentación metodológica, descriptiva y sus respectivas observaciones desde diferentes comportamientos, proponen utilizar para el estudio el manejo de Escenarios presentes, pasados y futuros. Con base a datos que ofrece la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO, este estudio se basó en un enfoque deductivo y se utilizaron herramientas cualitativas y cuantitativas para el análisis de los datos. La información indirecta se obtuvo de las bases de datos de Banco Mundial y del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) de la SAGARPA.

La investigación se refiere a un proceso basado en observaciones dirigidas a escenarios económicos caóticos que se reflejan en nuestro país, en de la actualidad sustentados en el método científico, se intenta adquirir, aplicar y crear conocimientos para tener la posibilidad de generar propuestas y seguimientos. Como paradigmas, métodos, técnicas, instrumentos, además de su importancia, significado y alcances, para lograr un resultado objetivo generando dimensiones cualitativas de alto rango buscando análisis más profundos.

Para realizar la prospectiva correspondiente se cuenta con los escenarios exploratorios que parten de situaciones pasadas y se nutren del presente, rumbo a un futuro verosímil de Inducción prospección dimensión, entre otros aspectos, no menos importantes, que resultan de la simulación de los engranes lógico matemáticos de representación e imágenes de muy alta resolución que habrán de reflejar varias dimensiones, cambios lentos y acelerados del progreso, prototipos de ideas en proyectos previamente conceptualizados.

Las herramientas adicionales en que se apoyó este estudio para llevar a cabo la realización de la investigación serán: documentales, revistas especializadas, noticias históricas y actuales, estudios sobre los temas tratados, con sus socios comerciales, otros países.

4.2 Antecedentes

Las últimas décadas se han caracterizado por cambios dramáticos y profundos del Sector agropecuario como ha decaído afectando en sí mismo, otros sectores y ramas de la producción que abarca numerosas actividades de la sociedad. Aun cuando las aportaciones de Sector Agropecuario son positivas, es menester considerar siempre la capacidad tecnológica e innovadora de conocimientos por lo que ya algunos países de Latino América participan en el mundo de los negocios inclusivos. Sobre todo, en la producción y comercialización de los productos agropecuarios, motivando e incentivando a la población.

Las empresas atienden a una mínima parte de la población mundial y compiten ferozmente en los mercados saturados, el posicionamiento en países en vías de desarrollo será crucial para su sostenibilidad y la competitividad será un factor que garantice éxitos a largo plazo. Es evidente que los negocios no pueden ser exitosos en sociedades que fracasan y que es necesario que las empresas participen en la creación de sociedades pacíficas, estables y prosperas.

Existen reportes de mercados inclusivos, que han demostrado en los últimos 5 años que es posible utilizar estos mecanismos para generar valor social e inclusión.

El objetivo principal parte del punto de vista de la empresa, que es generar valor, muchas veces en términos de ganancias, pero también en cuanto a mitigación de riesgos o mejoramiento de su posicionamiento en el mercado.

Para una empresa, contribuir a la reducción de la pobreza mediante la inclusión de las comunidades de bajos ingresos es su cadena de valor.

La creación del valor es una fuerza motivadora que impulsa el seguimiento de un negocio inclusivo mediante la demanda del cliente final que a su vez genera valor económico fortaleciendo la cadena productiva.

Reintje van Haeringen y W. Robert de Jongh en su Artículo de la Revista Estudios Agrarios “Los negocios inclusivos en el sector agropecuario: práctica y desafíos”, detallan algunos ejemplos sobre este modelo los cuales ya están a la práctica, dando resultados positivos, generando con ello beneficios para la sociedad involucrada.

Tal es el caso de CISA-Exportadora (Nicaragua) y CIGRAH (Honduras), empresas del Mercon Coffee Group, los que aprovecharon la demanda mundial creciente de café certificado, aumentando así su oferta en el mercado internacional y diferenciándola con el distintivo Utz Certified, sello internacional que se basa en un código de conducta para la producción social y ambientalmente sostenible que permite obtener mejores precios de venta. Incorporaron a pequeños productores en la producción de café certificado y con base a una relación comercial de largo plazo ofrecieron servicios de asistencia técnica, mejoramiento de prácticas agrícolas, asistencia administrativa, soporte en procesamiento del café y servicios de financiamiento y comercialización.

Las empresas lograron obtener mayor utilidad al aumentar la calidad de su café y la productividad de sus fincas proveedoras, mientras los pequeños productores aumentaron sus ingresos y eficiencia productiva. Otro incentivo son las condiciones políticas y legales de los países, que pueden motivar a que las empresas se involucren con los pequeños productores para obtener su materia prima.

El caso de Ecuador, el Estado protege a los productores de diferentes rubros agrícolas mediante un sistema de franja de precios, que consiste en aplicar un arancel a las importaciones el cual fluctúa de acuerdo con los precios internacionales. Así mismo, por medio del Programa de Absorción de Cosecha obliga a los importadores industriales a comprar 100% de la producción nacional para poder acceder a los cupos de importación. Es en este contexto que la Procesadora Nacional de Alimentos (Pronaca), líder en producción y comercialización de alimentos en Ecuador, aumentó su abastecimiento local de maíz amarillo.

Pronaca, utilizando su experiencia previa de trabajo con pequeños productores, desarrolló un modelo que incluye acceso a capacitación, crédito para insumos (pagado contra la entrega de la cosecha) y nuevas tecnologías probadas en las parcelas de ensayo de la misma empresa. Los productores aumentaron su productividad e ingresos, mientras lograron acceso a servicios bancarios y créditos con apoyo de la empresa, la cual incrementó la compra de maíz a pequeños productores en 300%. El manejo de riesgo del negocio principal de una empresa también puede ser otra motivación para el involucramiento del segmento de bajos ingresos.

En México la empresa CEMEX desarrolla una oferta integral que da paso a la población de bajos recursos, tener acceso a la inclusión financiera, vivienda servicios básicos, empleo, asistencia técnica y diversas alternativas de prosperidad, con gobiernos y universidades. De esta manera buscaron la alternativa de negocios inclusivos y sociales (NIS) como iniciativas del sector de la construcción para incorporar a la población de bajos ingresos como clientes y proveedores. Y tienen como propósito mejorar la calidad de vida de las familias con ingresos menores a \$ 5 USD por día.

4.3 Antecedentes Históricos

La problemática económica, política y social, de ya hace muchas décadas, que el Sector Agropecuario viene arrastrando, converge en la búsqueda necesaria de aplicar nuevas alternativas de solución a la productividad, de nuevas formas de producción, nuevas formas de pensar, de cambiar, las que vendrían representando un papel generador de beneficios mutuos desplazando hábitos y mitos, costes divisiones o desplazamientos de las clases sociales de los que más a los que menos tienen, y es con esta problemática de antaño por lo que precisamente el Sector Agrícola debe ser sustentado cambiado, modificado con innovación y nuevos paradigmas de ser, de producir, distribuir, comercializar, a manera de sostenerlo e impulsarlo a mercados íntegros, formales, internos y externos, con bajos costes y altos índices de productividad y competitividad.

Es posible que mediante nuevas estrategias de planeación como son los negocios inclusivos, aplicadas detalladamente al sector agropecuario y los mercados correspondientes, se escale social y económicamente de manera significativa, en el comportamiento de actores clave de la cadena de valor y por consiguiente el desarrollo de mercados inclusivos., siendo factible lograr una mejor productividad y competitividad que permita un buen desarrollo a este sector con sus diferentes particularidades y características que impacten directamente en el al nivel de vida de la sociedad.

De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, el segundo eje “Economía Competitiva y Generadora de Empleos” el crecimiento promedio de la economía mexicana en los últimos años ha sido insuficiente para hacer frente a los rezagos económicos y sociales. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 Eje 2, (Hinojosa, 2007 - 2012)

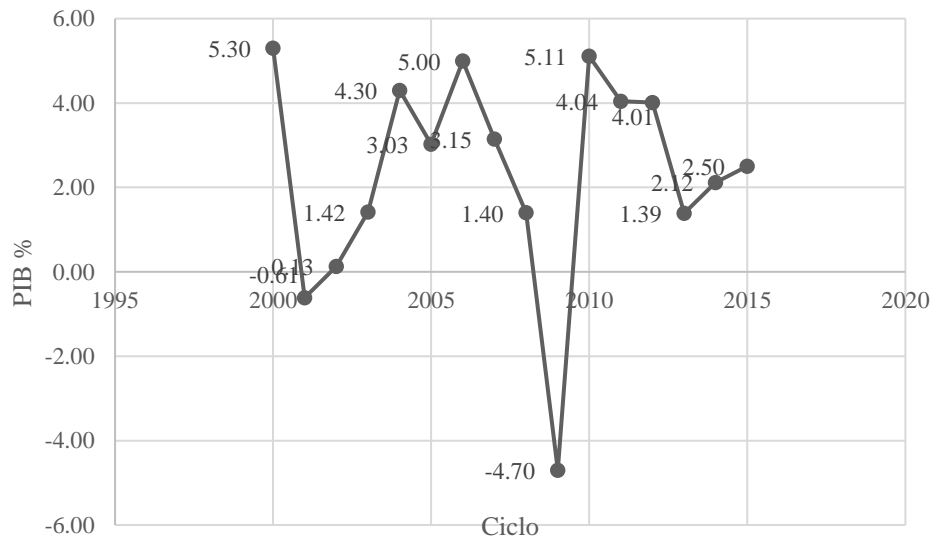
El modelo económico de corte neoliberal implementado en México, a partir del gobierno del presidente Miguel de la Madrid (1982-1988), sigue vigente con ciertas modificaciones, ampliaciones y nuevas propuestas hasta llegar al actual presidente Enrique Peña Nieto (2013-2018), que al igual que su antecesor C. Calderón Hinojosa, promete y se caracteriza por alcanzar un mejor nivel de vida de la población mexicana, mediante la creación continua de empleos bien remunerados.

No obstante, la economía mexicana, como la Norteamérica, presentan una crisis financiera, paritaria, económica y social, con impactos de alto riesgo, como se reflejan en el desempleo, inseguridad, narcotráfico, crimen organizado, desigualdad social acompañada de marginación, altos índices de pobreza y, sobre todo, un débil sistema institucional pese a las Reformas Constitucionales¹.

Los ingresos de México (medidos en millones de pesos reales), vía exportaciones petroleras, pasaron de \$410 382.50 en 2006 a \$436 291.43 en 2007, y \$503 822.77 en 2008. El tipo de cambio, por su parte se mantiene en promedio (2006 y 2007), a 10.9 pesos para pasar a 13.13 en 2008 y alcanzar hasta un \$17.20 pesos por dólar consecutivos (2015). Es decir, proyectan una devaluación potencial del 12%. El desempleo por su parte, muestra una tendencia alcista (cifras del cuarto trimestre) de 1, 600,891 desempleados que se asemeja a los del año 2006: 1, 922. 596.

Como se observa en el Gráfico 4, en comparación al sexenio del Presidente Felipe Calderón se observa una disminución en el ritmo de crecimiento del PIB al pasar de 1.4% en 2007 a 1.39% en 2012 y un decrecimiento del -4.7% en 2009 en el nivel más bajo del sexenio, haciendo evidente la crisis de la economía mexicana.

Gráfico 4 Comportamiento del PIB (porcentual) en México (2000 – 2015)



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de Información Económica del INEGI Año 2015. Nota: PIB base 2015.

¹ Las reformas institucionales que manifestó el Presidente Enrique Peña Nieto son (2012-2018) son: Reforma Energética, en materia de Telecomunicaciones, Competencia Económica, Financiera, Hacendaria, Laboral, Educativa, Código Nacional de Procedimientos Penales, Ley de Amparo, Política-Electoral y en materia de Transparencia.

Durante el periodo de 2008 a 2015, el crecimiento promedio anual del Producto Interno Bruto Total (PIB) fue de 1.7%. En el mismo periodo, el PIB primario registró una tasa promedio de 1%, el secundario de 1.2% y, el terciario creció a un promedio anual de 2.3%. Es destacable el importante crecimiento de 6.7 que presenta el PIB primario a 2015.

4.4 Sector Agropecuario

Aguilar Valdés, Alfredo; Arras V, Ana Ma.; Alvarado M, Tomás E 2012, consideran que es de gran importancia el análisis del sector Agropecuario, por su naturaleza y valor que representa para surtir de alimentos a las poblaciones de cualquier nación del mundo, que la de ahí dependemos por lo que a través de la historia y en la actualidad todo ser humano lucha y luchara por este vital sector.

Este estudio surge debido al escenario que tiene el sector agropecuario en México, a sabiendas de la gran aportación al PIB se observa un panorama desalentador en cuanto a su producción y distribución.

En décadas recientes, las tasas de crecimiento de la producción agropecuaria mundial y sus rendimientos se encuentran en declive, lo que representa un marcado temor por no ser capaces de poder incrementar la suficiente producción de alimentos y otros productos que satisfagan la alimentación adecuada de las poblaciones futuras. La demanda de productos agropecuarios ha disminuido debido a que las tasas de crecimiento de la población se encuentran a la baja, desde finales de los años sesentas, encontrando que en muchos países se están alcanzando niveles bastante altos de consumo de alimentos per cápita, por encima de los cuales los incrementos adicionales serán limitados. Aunado a ello que la mayoría de la población mundial sigue sumida en una pobreza absoluta y carece de los ingresos necesarios para transformar sus necesidades en una demanda efectiva.

Gráfico 4.1 Sector agropecuario, valor agregado (% del PIB) México



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial y OCDE México. 2015

Nota: PIB base 2015

Macroeconómicamente hablando, la inversión es insignificante menor al 15% del PIB y la producción total agropecuaria solo representa el 3% del PIB. Lo que conlleva buscar soluciones de prevención, como manejar estas actividades económicas, mediante estrategias y métodos o bien escenarios donde se permita observar desde un ámbito general hacia cada uno en forma transversal. De esta manera se plantea el método de Negocio Inclusivo como una alternativa de solución a los problemas suscitados dentro del marco de lo que representa el sector agropecuario, esto no quiere decir que sea la única estrategia pero si una manera de ofrecer alternativas de solución y rescate a este sector.

De acuerdo a testimonios y base de datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), establece que a consecuencia de esto, se espera que la demanda mundial de productos agropecuarios descienda de una media del 2.2 % anual durante los últimos treinta años al 1.5% anual para los próximos treinta años. Siendo más asentado en los países en desarrollo de 3.7% al 2% anual, como consecuencia a que China ha pasado una fase de crecimiento rápido en su demanda de alimentos.

Pero no todo es desalentador, la producción agropecuaria mundial puede crecer ahora en línea con la demanda, siempre que se apliquen las políticas nacionales e internacionales necesarias para fomentar el Sector Agropecuario. Es poco probable que se produzcan situaciones de escasez a nivel mundial, pero siguen existiendo problemas graves a nivel nacional y local como la falta de oportunidades que implican abandono al campo que por ende incrementa la migración y que pueden empeorar a menos que se hagan esfuerzos bien dirigidos.

Actualmente la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), dicta un escenario desalentador para México respecto al Sector Agropecuario con un 32% del PIB total, por lo que sería ideal que al menos se lograra un 10% del PIB nacional.

Económicamente, el escenario es desolador, presenta tal degradación que nos hunde al subdesarrollo por ejemplo de las unidades de producción rural 72% se dedica al campo, se trabaja por indígenas y pequeños productores con superficie menores a cinco hectáreas produciendo solo para el autoconsumo; el 22% es por pequeños productores con superficies de 4 a 20 hectáreas produciendo para el consumo y algo para el mercado local, solo el 6% de los productores son empresarios que canalizan sus mercancías al mercado nacional e internacional.

Las últimas tendencias de estudio referentes a la problemática actual que presenta el sector agropecuario e impactan directamente en la alimentación, producción, comercialización y distribución, de los productos mexicanos, con precios mediocres y altos costes de producción, generando muy poco ingreso para la comunidad rural. Motivo por el que urge la necesidad de abrir barreras mediante el análisis de las cuestiones estrictamente agrarias hacia el estudio de los sistemas agroalimentarios: sostenibilidad y sustentabilidad de los espacios rurales en sus diversas dimensiones humanas y medioambientales.

De acuerdo a la base de datos de la FAO se considera que en México existen cerca de 200 productos agrícolas y un alto número de productos pecuarios, tan solo de ganado vacuno se producen en la actualidad 665 mil toneladas anuales, 500 mil toneladas de ganado porcino destacando entre otros a ovejas y cabras con una producción de 17 mil a 20 mil toneladas por año además de considerar la producción de aves de corral que representa una de las más tecnificadas del país y una gran demanda del consumidor por ser parte de la canasta básica de todos los mexicanos.

Esto converge en que es necesario incentivar y optimizar este sector por lo que el objetivo del estudio se centra en buscar y ofrecer alternativas de mejora, estrategias que permitan generar valores, ganancias que activen un desarrollo agropecuario digno sobre todo para los que menos tienen y su lucha por continuar, asimismo valorar a los productores pequeños y grandes que de alguna manera han sabido mantener y dar fuerza económica en contribución a la reducción de la pobreza.

Es por ello que han surgido soluciones comerciales viables que apalancan de manera financiera lo que ha dado lugar a fortalecer el desarrollo del sector agropecuario mediante diversos sistemas productivos como alternativas de impulso hacia este sector, se han manejado modelos, alianzas, métodos, tecnologías y estrategias varias, con el solo objeto de producir más y alcanzar indicativos de alta ventaja competitiva, máxima productividad para un rescate del sector, mediante las características de negocios inclusivos, nuevos emprendimientos, otras tecnologías, donde se establezca la innovación aplicada al sector, pero una innovación a detalle que permita el cambio de estrategias que coadyuven en bien de la comunidad, reactivando de esta manera las diversas actividades económicas.

Como ya se comentó, una de estas propuestas son precisamente los Negocios Inclusivos los que se podrían representar como iniciativas empresariales económicamente rentables sostenibles, sustentables y socialmente responsables, que con una misión de mutuo beneficio, contribuirían a mejorar la calidad de vida de los que menos tienen y fortalecer a los que ya de alguna manera contribuyen al sector empresarial a través de sus diversas participaciones en la cadena de valor de un determinado negocio.

Los negocios inclusivos buscan principalmente la integración de personas en situación de pobreza en cadenas de valor, es decir, según Michael E. Porter de la Harvard Business School, de su libro *Competitive Advantage* (Ventaja Competitiva). Se refiere, a identificar dos grandes fuentes de ventaja competitiva: Liderazgo en costes de producción y diferenciación, por lo que también define respecto al valor como la suma de beneficios percibidos que el cliente recibe, menos los costes percibidos por él al adquirir y usar un bien o servicio.

Como las cadenas de valor se enfocan a establecer una producción menos costosa y mejor diferenciada de sus rivales en competencia, se convierten inmediatamente en líderes de producción y comercialización, vinculando a la comunidad de bajos ingresos a mercados formales al tiempo de transformar sus condiciones de vida, no dudando en realizar negocios con los que menos tienen.

4.5 Negocios Inclusivos Objetivo principal de un negocio inclusivo

Aguilar Valdés, Alfredo; Arras V, Ana Ma.; Alvarado M, Tomás E.; Denogean B., Francisco G.; Cabral M, Agustín; Alvarado M, Felipe; Moreno M., Salomón; (2012). Plantean que las necesidades básicas se pueden suplir a partir de modelos de negocio innovadores que hacen un uso más eficiente de los recursos existentes para generar impacto social. En este tipo de negocios el objetivo principal es mejorar la calidad de vida de los sectores con ingresos bajos a partir del acceso a servicios básicos esenciales de mejor calidad o a un menor precio y usar más eficientemente los recursos comunitarios existentes para suplir sus necesidades básicas de manera sostenible y efectiva.

El concepto “negocios inclusivos”, poco a poco se ha dado a conocer, pero no muchos lo entienden. Son iniciativas económicamente rentables, socialmente responsables, que utilizan los mecanismos del mercado para mejorar la calidad de vida de personas de bajos ingresos al permitir:

- La empresa incorpora a personas de bajos ingresos la participación en la cadena de valor como proveedores de materia prima, agentes que agregan valor a bienes o servicios, o vendedores y distribuidores.
- Su acceso a servicios básicos esenciales de mejor calidad a menor precio.
- Su acceso a productos o servicios que les permita entrar en un círculo virtuoso de oportunidades de hacer negocios o mejorar su situación socio-económica.
- Cuando las firmas ponen en el mercado productos y servicios que satisfacen las necesidades de las personas de bajos ingresos en condiciones accesibles para ellas, actuando como consumidores.

De hecho los negocios inclusivos se caracterizan como una pirámide y se definen por ser actividades económicas rentables que permiten lograr la participación de los más pobres en cadenas de generación de valor e empresas, de manera tal que los de más abajo de la pirámide logren capturar valor por sí mismos y, en consecuencia, mejorar sus condiciones de vida.

Este tipo de negocios parte de una innovación al sector agropecuario, involucra a la población rural económicamente más débil, como proveedores de materia prima a empresas procesadoras, empacadoras, comercializadoras o exportadoras de la producción agropecuaria. Siendo el sector uno de los más importantes en términos tanto en la participación de comunidades de bajos ingresos como en las exportaciones de diversos países, representando un gran potencial para el desarrollo de negocios inclusivos como para un desarrollo inclusivo.

Al incluir en los negocios a comunidades de bajos recursos surgen grandes oportunidades de crecimiento e innovación, tanto por el lado de la demanda como por el de la oferta, dando acceso a bienes básicos, servicios, empleo e ingresos. Las grandes empresas apoyan a las pequeñas a mejorar su situación económica, se fomenta la productividad entre los trabajadores y empleados y se desarrolla una base de clientes leales que irán ascendiendo en la escala de ingresos, las empresas pueden generar importantes beneficios a través del aumento de la eficiencia operativa, la identificación de nuevas fuentes de innovación y oportunidades de internacionalización de sus productos y servicios.

Características:

- **Generan rentabilidad.** Como modelos de negocios rentables: Las empresas incorporan en sus cadenas de valor a pequeñas empresas y a comunidades de bajos ingresos, en sus proyectos donde todos se benefician mejorando su calidad de vida. Las empresas grandes se asocian con pequeñas, generando un modelo empresarial competitivo y sustentable en el que todos ganan. La motivación de generar un impacto positivo en la reducción de la pobreza y en la sociedad, es compatible con la rentabilidad económica. Por lo que este tipo de negocios será considerado como una actividad empresarial y no como una ayuda o programa social o filantrópico.
- **Competitividad.** a manera de combinar creación de valor financiero y social, sinergias entre desempeño eficiente y un bien común, existe la lógica de mutuo beneficio.
- **Acción.** Los que menos tienen se encuentran al centro de la cadena de valor, No se le subestima sino por el contrario se convierten en aliados de negocio, socios y que aportan un valor superior a lo largo de esta cadena de valor.

- Se caracterizan como modelos que abren alianzas estratégicas, reconociendo a la empresa como catalizador indiscutible, sin embargo también se abren a otros actores que en conjunto pudieran ser igual de eficientes que una empresa, como son los expertos, aportes de recursos financieros, etc.
- En lo general son sostenibles, se basan en soluciones sustentables para las comunidades por este motivo generarían altas ganancias para el Sector Agropecuario
- Impulsan la innovación. Mediante estos negocios, las comunidades de bajos ingresos pueden generar acceso a nuevos bienes y servicios de alta calidad y bajo coste, no solo como clientes sino también por su incorporación en la cadena productiva como proveedores y distribuidores, lo que genera mejores oportunidades para el logro de su bienestar.
- Mercado. Las empresas estarían expuestas a nuevos mercados en crecimiento dando oportunidad a pequeños agropecuarios a impulsar sus productos con mejores precios y menores costes para obtener además de mayores ingresos, ganancias en competitividad e innovación.
- Visión y propósitos. Existen controversias sobre estos negocios, no todas las organizaciones están preparadas para establecer un negocio inclusivo que sea efectivo. Es imperativo identificar una visión, una nueva mentalidad y la actitud de quien lo lleve a cabo.

La modalidad hacia negocios inclusivos proviene de muy adentro de las convicciones personales de dueños, emprendedores, productores micro, medianos y grandes, de directivos, etc. A quienes les llevaría una verdadera pasión por crear y compartir, aprovechar oportunidades no exploradas y entrar a nichos de negocio nunca antes vistos por su empresa.

Beneficios:

- Este modelo se basa en la teoría de gestión de sistemas parecidas al Modelo en espiral Win Win donde el proyecto solo es exitoso si y solo si todos los implicados resultan ganadores.
- Creación de empleo y contribución a la reducción de la pobreza.
- Beneficios indirectos para las comunidades (emprendimientos locales, desarrollo de capacidades diversas, desarrollo local, educación o salud).
- Transferencia de conocimiento y tecnología.
- Efectos positivos en ambiente empresarial, en torno de inversiones y a nivel institucional.
- Creación de fuentes de innovación.
- Mejorar la competitividad de la cadena productiva.
- Aumento de la reputación corporativa de una empresa.
- Como puente a nuevos mercados.
- A las compañías se les permite acercarse a las comunidades locales y al conocimiento de estas.

- Para las comunidades, estas iniciativas les permiten acceder a financiamiento, capacitación y a precios y condiciones justas.

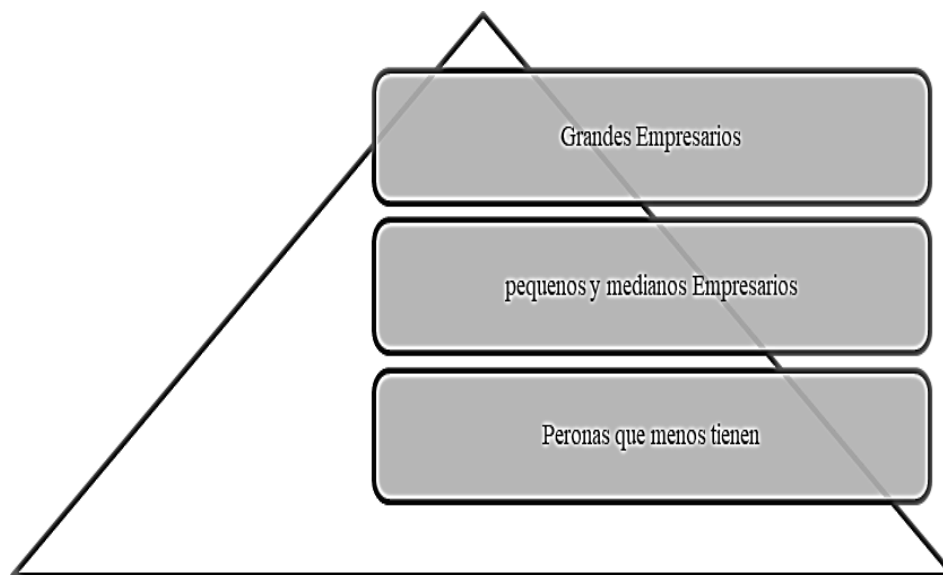
Frente a la magnitud del problema de desigualdad y pobreza, se plantean para fortalecer al Sector Agropecuario, impulsar especialmente iniciativas con capacidad de crecer y escalar para tener impacto en un gran número de personas.

Los Negocios Inclusivos como se observa en la figura 1, además de dar valor económico, tienen la intención de mejorar la calidad de las personas de bajos ingresos, no se trata meramente de emplear con bajos ingresos o que sean vistas por las empresas solo como consumidores no aprovechados. Es necesario vincular todas las iniciativas propuestas por cada uno de los actores involucrados. De tal manera, se considera un negocio como inclusivo, si no ayuda a generar condiciones en que los involucrados con menores recursos puedan ejercer más efectivamente sus derechos.

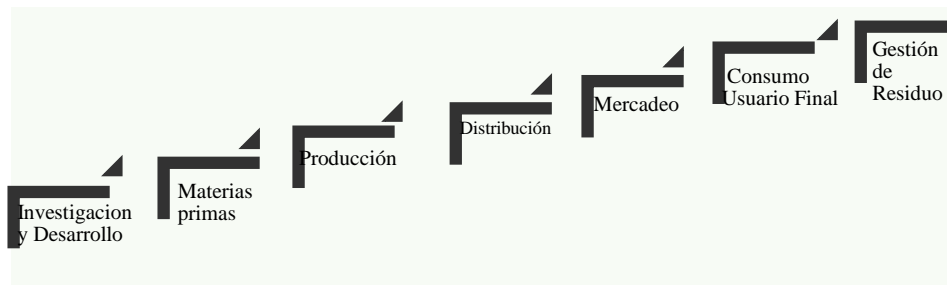
Estos negocios buscan aprovechar las fortalezas del mercado y su funcionamiento para integrar a personas de bajos ingresos en las cadenas de valor. Algunas cadenas tienen intermediarios que abusan de los proveedores o distribuidores, creando y manteniendo barreras para que estos no puedan capturar más valor, en este caso un negocio será inclusivo cuando un grupo o comunidad de bajos ingresos pueda participar de la cadena directamente o logre una intermediación justa.

Otras cadenas son más democráticas e inclusivas al permitir una participación abierta y libre en el mercado. Los negocios inclusivos pueden incluirse en cadenas existentes u originarse para crear cadenas de negocios completamente nuevas.

Figura 4 Modelo de negocio Inclusivo



Fuente: Elaboración en base a Alice Ishikawa Lariú Lena Strandberg 2009.

Figura 4.1 Cadena de valor

Fuente: Elaboración propia con base a la cadena de valor de Michael Porter

Como se muestra en la figura 4.1, la cadena de valor permite transformar el residuo en un producto valorizable en el mercado, lo que significa que los negocios inclusivos son una oportunidad para generar productos que pueden ser comercializados por empresas sociales.

4.6 Conclusiones

Los elementos que conforman los negocios inclusivos son:

- El establecer Visión y propósito. No todas las organizaciones están preparadas para llevar a cabo un negocio inclusivo que sea efectivo. Por lo que se debe tener visión, mentalidad y actitud de quien aplique un negocio inclusivo sobre todo en el sector agropecuario dada sus características de incertidumbre
- El cambio a negocios inclusivo proviene de muy adentro de las convicciones personales de la sociedad para crear, compartir, aprovechar oportunidades no exploradas y entrar a nichos de negocios inclusivos agropecuarios fuera de sus hábitos y conocimientos.
- Pasar de la creación a la innovación. El conocimiento y experiencias de todos genera creación de valor y soluciones desconocidas.
- La innovación lleva a los negocios inclusivos hacia nuevos niveles de acción desconocidas.
- Si se aplican negocios inclusivos en el sector agropecuario y son exitosos, existe la posibilidad de incorporar a ecosistemas de innovación proveedoras de tecnologías potenciales, grandes cadenas de valor, desarrolladores de capacidades, instituciones generadoras e impulsoras de conocimiento, soluciones dentro y fuera de la producción, comercialización, exportación, etc.
- Incorporar alianzas, en negocios inclusivos para generar una red de participantes con diferentes características que no necesariamente son con los que realizan negocios como expertos, académicos, profesionales, etc. Como aliados del conocimiento.
- Transitar de la pobreza al desarrollo sostenible. El resultado más inmediato de los negocios inclusivos se enfoca en servir a poblaciones de bajos ingresos generando bienestar. Que aunque su propósito es de rentabilidad, desarrollo social y medio ambiente, estos negocios están destinados al desarrollo sostenible.

El modelo de los negocios inclusivos considera transformar todo el ecosistema socioeconómico en el que se encuentran inmersos la población que menos tiene. Estos negocios representan un enorme potencial del sector privado como corresponsable del desarrollo y aplicados al sector agropecuario, los Negocios Inclusivos permiten involucrar a la población rural pobre como proveedores de materia prima a empresas procesadoras, emparadoras, comercializadoras o exportadoras de la producción agropecuaria. Siendo el sector uno de los más importantes en términos tanto en la participación de comunidades de bajos ingresos como en las exportaciones.

En América Latina se han desarrollado una creciente cantidad de Negocios Inclusivos que presentan oportunidades de aprendizaje sobre los modelos que funcionan y cuáles son las barreras y desafíos a enfrentar, para que tanto las empresas como las comunidades de bajos ingresos se beneficien. Como fuerza motivadora, innovadora e impulsora de los negocios inclusivos es la demanda del cliente final quien puede generar la creación del valor económico recompensando cada eslabón de la cadena productiva.

Un gran porcentaje de la población vive de la producción agropecuaria y contribuye de una manera muy importante en el Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Por consiguiente México es un país que cuenta con grandes oportunidades de exportación, pues está situado junto a la nación con mayor número de consumidores con alto ingreso, que es Estados Unidos, entonces es conveniente analizar qué porcentaje de exportación nos corresponde. Por tanto como lo planteado Michael Porter y Mark Kramer 2012 “La eficiencia en la economía y el proceso social no son opuestos, de modo que el crear valor económico debe también crear valor para la sociedad, ya que la creación de valor compartido que encaja perfectamente en el concepto de negocios inclusivos. Pasamos de la filantropía a la Responsabilidad Social Empresarial y a la sustentabilidad y ahora hay que pasar a la creación de valor compartido

4.7 Referencias

Aguilar Valdés, Alfredo; Arras V, Ana Ma.; Alvarado M, Tomás E.; Denogean B., Francisco G.; Cabral M, Agustín; Alvarado M, Felipe; Moreno M., Salomón; (2012). "La técnica de la administración estratégica, adoptada y adaptada a la actividad agroalimentaria -antecedentes históricos-". *Revista Mexicana de Agronegocios*, Enero-Junio, 930-938.

Arias Arciniegas, C. M., Marín Piedrahíta, S. M., Giraldo Bedoya, D. P., & Melo, J. M. (2014). Tendencias del Management: la innovación en el quehacer del administrador. *Revista Reflexiones y Saberes*, 1(1), 89-106.

Cruz Mújica, L. (2015). Flexibilidad, Outsourcing y Tensegrity en una Institución del Sector Bancario en México.

<https://www.oecd.org/centrodemexico/estadisticas>

<https://www.oecd.org/latin-america/fomentando-un-crecimiento-inclusivo-de-la-productividad-en-america-latina.pdf>

<http://www.fao.org/economic/ess/ess-wca/es/>

Author: Sergio Mota

Publicado por: El Economista (México)

Enlace: <http://eleconomista.com.mx/foro-economico/2012/11/19/mexico-agropecuario>

CEMEX. (n.d.). CEMEX. Retrieved from
<http://www.cemexmexico.com/DesarrolloSustentable/NegociosSocialeseInclusivos.aspx>

http://www.iese.edu/en/files/Cuaderno%20No%205_tcm4-39620.pdf.... Elaboración en base a Alice Ishikawa Lariú Lena Strandberg 2009.

Kramer and Porter, M. E. (2006). Estrategia y sociedad: el vínculo entre ventaja competitiva y responsabilidad social corporativa. Harvard Business Review.

Porter Michael, (1987). Ventaja competitiva. México. Ed. CECSA

Porter and Kramer 2012, The competitive advantage of corporate philanthropy, Harvard Business Review.

Van Haeringen, R., & de Jongh, W. R. (2010). Los negocios inclusivos en el sector agropecuario: práctica y desafíos. Revista estudios agrarios, (44).

La producción de cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.) en la región de Apan, Hidalgo, 2016

DE LA ROSA-ZAMORA, Alejandro, CRUZ-CRUZ, Nancy Vianey y NARVÁEZ, Alberto Ulises

A. De la Rosa, N. Cruz y A. Narváez

´División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Carretera México-Texcoco, Km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel 01 595 952 1668. E-mail:

´LICEO Universidad Pedro de Gante (LICEO-UPG), Texcoco, Estado de México

´´´Colegio de Postgraduados. aunarvaez@hotmail.com

adelarosa630710@yahoo.com.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

The profitability, efficiency and policy effects of rainfed malted barley production in the region of Apan in the State of Hidalgo, traditional systems of high production and medium production, and the system of furrows suggested by the Trust Funds for Rural Development, were estimated. Production costs were used under the methodology of the Policy Analysis Matrix. The results indicate that the three modalities are profitable and with comparative advantage. The highest production costs in traditional systems are the indirectly tradable inputs, in the system of furrows are the marketable inputs. Income to the producer is punished. It is recommended that government programs increase the amount of credit for implements and the creation of producer organizations.

5 Introducción

El cultivo de la cebada se conoce desde tiempos remotos y se cree procede de dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional. Es una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura pues se ha encontrado en excavaciones arqueológicas en el valle del Nilo, en torno a los 15.000 años de antigüedad, los descubrimientos también indican que ya se usaba el grano de cebada molido (InfoAgro.com, 2015).

La cebada se cultiva principalmente en climas templados como cosecha de primavera-verano y su distribución es similar a la del trigo. La cebada crece bien en suelos drenados, que no necesitan ser tan fértiles como los dedicados al trigo.

La planta de cebada pertenece a la familia de las gramíneas. Suele tener un color verde más claro que el del trigo. Sus hojas son estrechas, de color verde claro. En el punto en que el limbo se separa del tallo se desarrollan dos estípulas que se cruzan por delante del tallo. Es autógama. Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Las espiguillas se encuentran unidas directamente al raquis, cubriéndose unas a otras. Las glumas son alargadas y agudas en su vértice, y las glumillas están adheridas al grano. Es poco exigente en cuanto al clima; gracias a ello su cultivo se encuentra muy extendido. Crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. Requiere poca acumulación de calor para madurar, y por ello puede sembrarse bien a diferentes altitudes y zonas geográficas; está adaptada a muchas condiciones ambientales. En las zonas templadas y frías alcanza entre setenta centímetros hasta más de un metro de altura (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2015a).

La cebada está representada principalmente por dos especies cultivadas: *Hordeum distichon* L., que se emplea para la elaboración de la cerveza, y *Hordeum hexastichon* L., que se usa como forraje para alimentación animal; ambas especies se pueden agrupar bajo el nombre de *Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare* (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], s.f.).

En México para 2015 se obtuvieron 734,831.7 toneladas (t) de cebada grano, de una superficie sembrada de 323,594.08 hectárea (ha). Los rendimientos medios nacionales ascienden a 2.34 t por hectárea (t/ha). El Estado de Hidalgo participo con el 29.1 por ciento (%) de la producción nacional, con una producción de 213,858.70 t en una superficie de 94,782.80 ha cosechadas.

El precio medio rural nacional registrado por SAGARPA, se ubica en \$3,736.49 / t. En tanto que en Hidalgo se ubicó en \$3,711.23 / t (SIAP, 2015b).

Los precios de la cebada grano en México han mostrado una fuerte tendencia a la alza. Durante el periodo 2005-2014, la tasa anual de crecimiento del precio nacional fue de 7.73 por ciento (%). Esta evolución se explica por la creciente demanda de la industria cervecera. Mientras en el año 2006 el precio de la cebada se pagó en \$1,912.08 /t, en el 2015 el precio medio rural nacional se ubicó en \$3,736.49 /t. Para el primer semestre de 2017, el estado de Hidalgo, la red cebada generó un valor de 318 millones de pesos donde participan en la producción primaria alrededor de 20,000 productores, con cerca de 120 mil ha de cultivo. Los productores practican una agricultura de temporal, que se ha visto afectada en los tres últimos años por la presencia recurrente de heladas y sequías, lo que han provocado una caída en la producción.

La producción de cebada maltera está ligada al comportamiento de la industria cervecera nacional, ya que México es el quinto productor mundial de cerveza. A nivel nacional, la producción y la comercialización de cebada está dominada por una sola entidad; Impulsora Agrícola, SA. de C.V. (IASA). IASA es el regulador de las compras de las industrias malteras propiedad de los corporativos de Cervecería Modelo y Cervecería Cuauhtémoc–Moctezuma. IASA es también el principal distribuidor de semillas y agroquímicos afectando así al precio al productor primario a través de contratos de abastecimiento con los proveedores registrados previamente.

Alrededor del 70 % de la cebada que se produce en México se utiliza en la industria maltera, mercado dominado por Cervecería Modelo y Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma, quienes han generado un esquema de integración vertical hacia la línea de aprovisionamiento de malta, teniendo sus propias empresas productoras del extracto, que es empleado como base del proceso de fermentación para producir cerveza. El 30 % de la cebada restante es de variedades que se utilizan principalmente para alimentación del ganado.

La demanda anual de cebada maltera es de alrededor de 750 mil t, misma que se completa con los principales estados productores, Hidalgo ocupa el segundo lugar. En los últimos años la oferta nacional se ha reducido derivado de problemas climáticos. El volumen que no se cubre con la producción nacional se importa en forma de malta. Se calcula un déficit de 135 mil t de malta que equivale a 168,750 t de cebada que no se produce (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura [FIRA], 2017).

El propósito de esta investigación es estimar la rentabilidad, la eficiencia y los efectos de políticas macroeconómicas y sectoriales de la producción de cebada maltera de temporal, en las modalidades tradicionales de alta producción, media producción, y la modalidad en surcos sugerida por FIRA, en la región de Apan en el Estado de Hidalgo. Está investigación contempla a los municipios de Almoloya; Apan, Emiliano Zapata, Tepeapulco y Tlanalapa.

5.1 Marco teórico y metodológico

Esta investigación se basó en la metodología de la Matriz de Análisis de Política (MAP) propuesta por Monke & Pearson (1989) la cual permite identificar si un sistema de producción predominante en una región es eficiente a nivel nacional e internacional y proporciona las fallas en las políticas actuales de dicho cultivo.

Para la construcción de la MAP se utilizaron los datos proporcionados por FIRA y los recopilados a los productores de los municipios de Almoloya; Apan, Emiliano Zapata, Tepeapulco y Tlanalapa. La información constó de los costos de producción de cebada maltera de temporal ciclo primavera verano 2015, para las modalidades tradicionales de alta producción y media producción, y la modalidad de alta producción en surcos sugerida por FIRA.

También se obtuvo información de índole internacional al recopilar el precio de los insumos y maquinaria utilizados, de los existentes a nivel internacional. Se elaboraron los presupuestos privados y económicos que se registraron en hojas de cálculo de Excel donde se calcularon los elementos considerados en la estructura de la MAP. Posteriormente se analizaron los resultados y se elaboraron las conclusiones y recomendaciones correspondientes. A continuación se presentan los conceptos teóricos y técnicos que soportan a la MAP y que fueron aplicados en esta investigación.

5.2 Metodología de la Matriz de Análisis de Política

La MAP es una herramienta pragmática para identificar la problemática de los sistemas de producción y tomar decisiones de política agrícola. Permite a los responsables del diseño de la política agropecuaria en el ámbito central como a los responsables de su ejecución, analizar las políticas en términos de su impacto en los sistemas de producción actuales, y en función de ello identificar la estrategia de reconversión productiva, inversión en infraestructura productiva, de investigación y de transferencia tecnológica.

El trabajo principal de la MAP, es construir las matrices de ingresos, costos y ganancias (a precios privados y económicos) en los sistemas de producción regionales, de los cultivos predominantes, con base a la información obtenida directamente en el proceso productivo. El método permite obtener los niveles actuales de ingresos, costos y ganancias que los productores de una región están obteniendo en los sistemas de producción (patrón de cultivos actual), y aquellos que obtendrían si ellos recibieran ingresos por ventas y pagos de costos de producción basados en precios que asignan los recursos de manera eficiente (o sea eliminando subsidios e impuestos).

Los precios de eficiencia económica, también llamados sociales, son aquellos que reflejan valores de escasez o costos de oportunidad económica. Y se estimarían usando el precio paritario de importación tanto de insumos como del producto, ajustado por un tipo de cambio de equilibrio (en base a la teoría de la paridad cambiaria).

La ventaja fundamental de la MAP, es que permite cuantificar los efectos de las diferentes políticas macroeconómicas y sectoriales, incluyendo los precios, sobre los sistemas de producción regionales, así como la eficiencia económica de los mismos.

Su limitación radica en que los resultados son para un año base, por lo que se requiere modificar, fácilmente vía electrónica, sus principales parámetros en el transcurso del tiempo así como los precios internacionales de productos e insumos, salarios, tasas de interés, tecnologías, etc.

La MAP se ordena como en la Tabla 5.

Tabla 5 Matriz de Análisis de Política

Concepto	Ingresos Totales	Costos de producción		Ganancias (utilidad neta)
		Insumos comerciáveis	Factores Internos	
Precios Privados	A	B	C	D
Precios Económicos	E	F	G	H
Efectos de política	I	J	K	L

Fuente: Elaboración propia con datos de Monke & Pearson (1989)

A partir de la cual se forman las siguientes ecuaciones:

Costo de Producción a Precios Privadas	$CP = B + C.$
Costo de Producción a Precios Económicos	$CE = F + G.$
Ganancia a Precios Privados	$D = A - (B+C).$
Ganancia a Precios Económicos	$H = E - (F+G).$
Transferencia por Precio del Producto	$Y = A - E.$
Transferencia por Precio de los Insumos	$J = B - F.$
Transferencia por Precio de Factores Internos	$K = C - G.$
Transferencia Total	$L = D - H.$

5.2.1 Insumos comerciables

Dentro de los insumos comerciables se consideran los insumos o parte de ellos, que se pueden adquirir en los mercados, tanto nacional como internacional, por ejemplo, fertilizantes, insecticidas, herbicidas, fungicidas, diésel y partes de maquinaria. Los insumos indirectamente comerciables incluyen insumos o parte de ellos que no son comercializados internacionalmente, como son partes del tractor, los implementos y partes de alguna máquina como por ejemplo una trilladora.

5.2.2 Factores internos

Los factores internos son los que no tiene cotización internacional como la mano de obra tierra agua, capital, además, no se comercializan internacionalmente, y su precio se fija internamente.

5.2.3 Rentabilidad de la producción

El término privado se refiere a los ingresos y los costos observados que reflejan los precios de mercado reales recibidos o pagados por los agricultores, comerciantes o procesadores en el sistema agrícola, por lo tanto, los precios privados o reales del mercado incorporan los costos y las valoraciones económicas subyacentes, además de los efectos de todas las políticas y los fallos del mercado. En la Tabla 5 las ganancias privadas D , son la diferencia entre ingresos (A) y costos ($B + C$). Es decir, la ganancia se define como la diferencia entre los ingresos totales de ventas (o por unidad) y los costos de mercado de los insumos comerciables y factores internos. Los cálculos de rentabilidad privadas muestran la competitividad del sistema agrícola, dadas las tecnologías actuales, los valores de salida, los costos de los insumos, y las transferencias de política.

5.2.4 Rentabilidad Económica

La segunda hilera de la matriz de contabilidad, en Cuadro 1, las ganancias económicas, es la diferencia entre ingresos y costos, evaluados a precios económicos; esto es, $H = E - F - G$. Estas evaluaciones miden la ventaja comparativa o la eficiencia en el sistema de producción. La eficiencia se alcanza cuando los recursos de una economía son usados en actividades que propician los mayores niveles de producción y, por ende, de ingreso.

Para los ingresos (E) y los costos de los insumos (F) que son comercializados internacionalmente, las evaluaciones económicas apropiadas están dadas por los precios mundiales (tanto de importación, como de exportación), ajustados por costos de cruce de frontera y transporte, y estimados por un tipo de cambio de equilibrio. Los precios mundiales representan la opción gubernamental de permitir importar, exportar o producir bienes y servicios internamente.

En cuanto a los factores internos de la producción, como mano de obra, capital y tierra, no representan cotización mundial ya que se considera que los mercados para estos servicios son nacionales. La valuación económica de cada uno de estos conceptos es equivalente a su “costo de oportunidad”, que también es el ingreso neto perdido debido a que el factor r no está orientado a su mejor uso alternativo.

5.2.5 Efectos de política

La segunda identidad de la matriz de contabilidad, se refiere a las diferencias entre valuaciones privadas y económicas de ingresos costos y ganancias, (I), (J), (K), (L). Cualquier divergencia entre el precio privado y el observado (actual de mercado) y el precio económico estimado (eficiencia), debe ser explicada por los efectos de distorsiones de política o por la existencia de mercados imperfectos.

5.2.6 Relaciones de eficiencia

La Relación de Costo Privado (RCP) es el cociente de dividir el costo de los factores internos de la producción entre el valor agregado, ambos valorados a precios de mercado. Si la RCP es menor a uno o igual a la unidad, el productor es competitivo. Si la RCP es menor a la unidad, el productor está recibiendo ganancias extraordinarias, dado que después de remunerar a los factores de la producción, tanto propios como contratados, queda un residuo en el valor agregado que es la redistribución a la gestión del productor. Si la RCP es igual a la unidad, no se generan ganancias extraordinarias, el productor solo paga los factores de la producción, incluyendo su mano de obra y capital.

5.2.7 Coeficiente de protección nominal

Esta relación mide el grado de transferencia al producto ocasionada por la política comercial y de tipo de cambio. Si el CPNP es menor a la unidad existe un impuesto implícito al precio interno del producto; si es mayor a la unidad existe un subsidio.

El Coeficiente de Protección Nominal del Insumo (CPNI) es una simple relación que contrasta el precio de mercado o precio privado de un producto o insumo, con su correspondiente precio de eficiencia económica. Las políticas de precios incentivan o desincentivan la producción interna.

Así; $CPNI > 1$: Indica protección, $CPNI < 1$: Indica desprotección.

5.2.8 Coeficiente de Protección Efectiva

Otro indicador de incentivos es el Coeficiente de Protección Efectiva (CPE), el cual es la relación entre el valor agregado a precios de mercado entre el valor agregado a precios económicos (sin subsidios). Este coeficiente mide el grado de y transferencia a producto e insumos derivados de las políticas comercial y de tipo de cambio.

Así; $CPE > 1$: Indica protección, $CPE < 1$: Indica desprotección.

Si el CPE es menor a la unidad existe una desprotección del cultivo, el valor agregado privado (A-B) es menor al valor agregado económico (E-F). Si el CPE es mayor a la unidad, los productores están recibiendo una mayor remuneración a sus factores de la producción a precios privados debido a las intervenciones de política.

5.2.9 Ventaja Comparativa

La teoría de la ventaja comparativa es atribuida a David Ricardo (1817), quien introdujo por primera vez el principio de optimización en el comercio internacional y que en la actualidad las empresas lo emplean para elegir lo que producirán. La intención de Ricardo fue mostrar que un país puede lograr ganancias netas en bienestar concentrando su capacidad productiva en aquellos bienes y servicios que produce con relativa eficiencia e importar el resto (Morris, 1990).

El análisis empírico de la ventaja comparativa requiere eliminar los efectos de política y calcular la rentabilidad que para el país significa una actividad productiva. En esencia, la finalidad del análisis de la ventaja comparativa es dar respuesta a la interrogante de qué resulta más económico para el país, importar un bien o producirlo internamente. Si el importarlo resulta más caro, el país tiene ventaja comparativa en la producción de ese bien y deberá producirlo internamente para ahorrar divisas.

La ventaja comparativa depende de tres factores: La tecnología, disponibilidad de recursos internos, y los precios internacionales. Otros factores importantes son el medio ambiente y el factor económico, el tipo de suelo, los mercados, la estructura de la tenencia de la tierra, la tecnología y otros elementos sociales.

Los registros de la MAP permiten hacer comparaciones entre sistemas agrícolas que producen bienes idénticos, ya que todos los registros están hechos como unidades monetarias por unidad física de alguien bien, y hacen uso de una serie de relaciones.

En este caso, para evaluar las ventajas comparativas se utiliza el indicador de la Relación de Costo de los Recursos Internos (RCR), que es el cociente de dividir el costo de los factores internos valuado a precios de eficiencia (sin subsidios) y el valor agregado económico (valor de la producción con precio internacional del producto menos consumo intermedio a precios internacionales de los insumos). Una RCP positiva de 0 a 1 indica que el valor de los recursos internos usados en la producción de un bien es inferior al valor de las divisas ganadas o ahorradas; por lo que, el país tendrá ventajas comparativas en la producción de un bien, ya que gana o ahorra divisas con su producción interna. Una RCP superior a 1 indica que el valor de los recursos internos usado en la producción supera el valor de las divisas ganadas o ahorradas, y el país no tienen ventajas comparativas en la producción. Una RCR negativa indica que se desperdician divisas, es decir, se utilizan más divisas en la producción de un bien de lo que vale ese bien.

5.2.10 Subsidios

Se consideran a las transferencias que se derivan por diferenciales de precios internos con respecto a los precios internacionales tanto de productos como de insumos equivalentes en centros de consumo, así como transferencias vía gasto público a la tasa de interés, agua y electricidad principalmente, que son los programas de gobierno como el Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO).

5.2.11 Equivalente de subsidio al productor

El Equivalente de Subsidio al Productor (ESP) es la transferencia neta de política como una proporción de los ingresos brutos totales a precios privados, esto es:

$$\begin{aligned} \text{ESP} &= (D - H) / A, \\ \text{ESP} &= L / A. \end{aligned}$$

5.3 Análisis de resultados

5.3.1 Cebada maltera modalidad alta producción

La cebada maltera de temporal modalidad alta producción es rentable para la región de Apan, con un ingreso total de \$14,163 el cual incluye la venta de subproductos como pacas de cebada y la transferencia del PROCAMPO de \$963/ha, un costo total de \$9,735 y una ganancia de \$4,428/ha.

Dentro de los costos de producción, los insumos comerciables representan 36.4 %, los factores internos el 19.6 %, los insumos indirectamente comerciables (tractor e implementos) el 41.6 % y la administración y servicios el 2.5 %.

En cuanto a la rentabilidad económica o eficiencia, se obtiene un ingreso total de \$21,810 por ha, un costo de \$15,746 y una ganancia neta de \$6,064, considerando un pago a la tierra de \$2,000 por ha. El ingreso se obtiene multiplicando el rendimiento por el precio paritario de importación de la cebada, estimado con tipo de cambio de equilibrio, el cual es de \$6,870 por 3 t de rendimiento obteniendo \$20,610. El costo incluye el precio paritario de importación de algunos insumos agrícolas.

En los efectos de políticas macroeconómicas y sectoriales, los indicadores de transferencias castigan el ingreso del productor en -\$7,647/ha. El precio que recibe por tonelada de cebada maltera se ubica en \$4,000 en tanto si recibiera el precio económico sería de \$6,870.

Con relación a los insumos, el productor recibe una transferencia de \$3,770.51, es decir, paga menos por los insumos utilizados en el mercado que si pagara su precio económico (precio paritario de importación).

El efecto total de políticas indica que el productor es castigado en -\$3,636.49 /ha sembrada y cosechada.

Los indicadores de protección muestran que el ingreso del productor se encuentra desprotegido en 35 %, los insumos agrícolas protegidos en 33 % y el cultivo desprotegido en 38 % de su valor agregado, por efecto de políticas macro y sectoriales.

Las relaciones de eficiencia indican que el cultivo es competitivo en el mercado regional con una RCRI de 0.30, y una RCRI a nivel internacional de 0.21. Finalmente, el ESP indica que el cultivo se encuentra castigado en 26 % del ingreso que percibe por la venta de su producto.

5.3.2 Cebada maltera modalidad producción media

La cebada maltera de temporal modalidad de rendimiento es rentable para la región de Apan, con un ingreso total de \$11,563 el cual incluye la venta de subproductos y la transferencia del PROCAMPO de \$963/ha, un costo total de \$7,713 y una ganancia de \$3,850/ha.

Dentro de los costos de producción, los insumos comerciables representan 30.8 %, los factores internos el 19.9 %, los insumos indirectamente comerciables (tractor e implementos) el 46.7 % y la administración y servicios el 2.6 %.

En cuanto a la rentabilidad económica o eficiencia, se obtiene un ingreso total de \$17,775/ha, un costo de \$12,541.68 y una ganancia neta de \$5,233.32, considerando un pago a la tierra de \$2,000 por ha. El ingreso se obtiene multiplicando el rendimiento por el precio paritario de importación de la cebada, estimado con tipo de cambio de equilibrio, el cual es de \$6,870 por 2.5 t de rendimiento promedio obteniendo \$17,175. El costo incluye el precio paritario de importación de algunos insumos agrícolas.

En los efectos de política macroeconómicos y sectoriales, los indicadores de transferencias castigan el ingreso del productor en -\$6,212/ha. Esto debido a que el precio que recibe por tonelada de cebada maltera se ubica en \$4,000 en tanto si recibiera el precio económico sería de \$6,870.

Con relación a los insumos, el productor recibe una transferencia de \$2,668.68, es decir, paga menos por los insumos utilizados en el mercado que si pagara su precio económico.

El efecto total de políticas indica que el productor es castigado en -\$3,383.32/ha sembrada y cosechada. Los indicadores de protección muestran que el ingreso del productor se encuentra desprotegido en 35 %, los insumos agrícolas protegidos en 30 % y el cultivo desprotegido en 40 % de su valor agregado, por efecto de políticas macro y sectoriales. Las relaciones de eficiencia indican que el cultivo es competitivo en el mercado regional con una RCRI de 0.28, y una RCRI internacional de 0.19. Finalmente, el ESP indica que el cultivo se encuentra castigado en 29 % del ingreso que percibe por la venta de su producto.

5.3.3 Cebada maltera modalidad alta producción en surcos de FIRA

La cebada maltera de temporal modalidad de alta producción en surcos de FIRA es rentable para la región de Apan, con un ingreso total de \$18,883 el cual incluye la venta de subproductos y la transferencia del PROCAMPO de \$963/ha, un costo total de \$14,274 y una ganancia de \$4,608.91/ha.

Dentro de los costos de producción, los insumos comerciables representan 49.2 %, los factores internos el 17.0 %, los insumos indirectamente comerciables el 30.1 % y la administración y servicios el 3.7 %. En cuanto a la rentabilidad económica o eficiencia, se obtiene un ingreso total de \$29,280/ha, un costo de \$19,262.12 y una ganancia neta de \$10,017.88, considerando un pago a la tierra de \$2,000 por ha. El ingreso se obtiene multiplicando el rendimiento por el precio paritario de importación de la cebada, estimado con tipo de cambio de equilibrio, el cual es de \$6,870 por 4 t de rendimiento promedio obteniendo \$27,480. El costo incluye el precio paritario de importación de algunos insumos agrícolas.

En los efectos de política macroeconómicos y sectoriales, los indicadores de transferencias castigan el ingreso del productor en -\$10,397.00/ha. Esto debido a que el precio que recibe por tonelada de cebada maltera se ubica en \$4,030 en tanto si recibiera el precio económico sería de \$6,870. El productor recibe una transferencia de \$2,838.03 por los insumos, es decir, paga menos por los insumos utilizados en el mercado que si pagara su precio económico.

El efecto total de políticas indica que el productor es castigado en -\$7,408.97/ha sembrada y cosechada. Los indicadores de protección muestran que el ingreso del productor se encuentra desprotegido en 36 %, los insumos agrícolas protegidos en 19 % y el cultivo desprotegido en 52 % de su valor agregado, por efecto de políticas macro y sectoriales. Las relaciones de eficiencia indican que el cultivo es competitivo en el mercado regional con una RCRI 0.34, y una RCRI internacional de 0.18. Finalmente, el ESP indica que el cultivo se encuentra castigado en 39 % del ingreso que percibe por la venta de su producto.

5.4 Conclusiones

5.4.1 Cebada maltera modalidad alta producción

El cultivo de cebada maltera de temporal modalidad de alta producción es rentable, los ingresos superan a los costos.

Los insumos indirectamente comerciables representan el porcentaje mayor de costos de producción.

El cultivo presenta ventaja comparativa tanto en el mercado regional como en el mercado internacional.

El cultivo se encuentra castigado en el ingreso que percibe el productor por la venta de su producto.

5.4.2 Cebada maltera modalidad producción media

El cultivo de cebada maltera de temporal modalidad producción media es rentable, los ingresos superan a los costos.

Los insumos indirectamente comerciables representan el porcentaje mayor de costos de producción.

El cultivo presenta ventaja comparativa tanto en el mercado regional como en el mercado internacional.

El cultivo se encuentra castigado en el ingreso que percibe el productor por la venta de su producto.

5.4.3 Cebada maltera modalidad alta producción en surcos de FIRA

El cultivo de cebada maltera de temporal modalidad alta producción en surcos de FIRA es rentable, los ingresos superan a los costos.

Los insumos comerciables representan el porcentaje mayor de costos de producción.

El cultivo presenta ventaja comparativa tanto en el mercado regional como en el mercado internacional.

El cultivo se encuentra castigado en el ingreso que percibe el productor por la venta de su producto.

5.5 Recomendaciones

En virtud de que para dos de los paquetes tecnológicos los insumos no comercializables representan aproximadamente gran porcentaje de sus costos, es aconsejable que los programas de gobierno incrementen los montos de las líneas de crédito refaccionario, a menores tasas de interés, con el propósito de financiar a menor costo la adquisición de maquinaria y equipos.

Se recomienda que los productores se organicen para llevar a cabo la compra de insumos en volumen que les permitan disminuir sus costos de producción, mediante economías de escala. Dado que los fertilizantes representan un gran porcentaje de los costos por insumos comercializables se recomienda gestionar subsidios al gobierno estatal para la compra de estos. Gran parte de la superficie sembrada del cultivo de cebada maltera en el estado de Hidalgo es bajo la modalidad de temporal, una opción viable para disminuir el riesgo en la producción es gestionar un fondo de auto aseguramiento por parte de los productores. Es importante se considere la creación de organizaciones de productores que opten por la opción de darle un valor agregado a la cebada, como es la producción de malta, ya que existe gran demanda en México por esta materia prima. De esta manera, incrementa el mercado y no se condiciona el precio del grano a una sola entidad. Es recomendable que se amplíen los esquemas de las instituciones financieras como FIRA o la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario Rural, Forestal y Pesquero (FND) para la adquisición de créditos por pequeños, medianos y grandes productores.

5.6 Referencias

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (S.f.). Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de <http://bios.conabio.gob.mx/especies/6043163.pdf>

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2017). Rede de valor: Cebada maltera del Estado de Hidalgo. Recuperado el 6 de junio de 2017, de <https://www.fira.gob.mx/OportunidadNeg/DetalleOportunida.jsp?Detalle=33>

Infoagro.com. (2015). El cultivo de la cebada. Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>

Monke, E. A., & Pearson, S. R. (1989). The Policy Analysis Matrix for agricultural development. Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de <http://web.stanford.edu/group/FRI/indonesia/documents/pambook/pambook.pdf>

Morris, M.L. (1990). *Determinación de la ventaja comparativa mediante el análisis del CRI: Pautas establecida a partir de la experiencia del CIMMYT*. Monografías en Economía del CIMMYT No. 1. México, D.F.: CIMMYT. Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de <http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/25021.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015a). Cultivos de interés: Cebada grano. Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de http://encuestascontinuas.siap.gob.mx/edu_siap/segunda.php?cv_cultivo=7300&cv_ciclo=1

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015b). Superficie sembrada, rendimiento y precio de cebada grano a nivel nacional y del Estado de Hidalgo. Recuperado el 10 de diciembre de 2014, de <http://www.gob.mx/siap/>

Rendimiento de ayocote en espaldera de maíz con suministro de Nitrógeno

ROJAS-VICTORIA, Néstor Jorge, ESCALANTE-ESTRADA, José Alberto Salvador y RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, María Teresa

N. Rojas, J. Escalante y M. Rodríguez

Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, 56230. Teléfono 01(595) 952 02 00 ext. 1330. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México
nerovic@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

To increase Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) yield it has been used to nitrogen fertilization. The aim of the research was to determine the effect of nitrogen supply on biomass (BT), grain yield (RG) and its components climber Ayocote (runner bean) with trellis of corn. The study was conducted at the Graduate College, Montecillo, Edo. of Mexico, the biological material was a native cultivar Ayocote of Tlaxcala with native blue corn totor. BT and RG and its components were evaluated with three levels of nitrogen fertilization (0, 75 and 150 kg N ha⁻¹). The highest RG and BT were of 806 g m⁻² and 2110 g m⁻², respectively. With 150 kg of N ha⁻¹ is achieved the highest biomass and grain yield.

6 Introducción

El Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) es una leguminosa que tiene su origen en México y es de importancia económica, por el aporte de proteína y minerales que contiene su semilla. El ayocote al presentar diversos tipos de crecimiento (de tipo arbustivo o de hábito tipo trepador), requieren de un tutor o espaldera para dar soporte a la planta de ayocote, estas espaldera pueden ser postes de madera o de metal con mallas de plástico, o al utilizar especies vegetales como el maíz (espalderas vivas) (Rojas *et al* 2015). Por otra parte, para incrementar el rendimiento de grano se ha recurrido a prácticas agrícolas como la fertilización, la cual se considera de importancia para incrementar el rendimiento de grano. La aplicación de N contribuye en gran medida al crecimiento de la parte vegetativa (hojas y tallo) esto se ve reflejado en la parte reproductiva (vainas y granos) (Fageria y Baligar, 2005). Diversos estudios en leguminosas muestran que hay un incremento con la aplicación de nitrógeno (N) al suelo, por aumento en número de granos y vainas (Escalante *et al.*, 2006), además de una mayor acumulación de N y contenido de proteína en el grano. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del suministro de nitrógeno sobre la biomasa, rendimiento de grano y sus componentes en ayocote de hábito indeterminado trepador en espaldera de maíz.

6.1 Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México (19° 28' 4" N, 98° 53' 42" O, a 2250 m de altitud), bajo condiciones de lluvia estacional, el clima de la región es templado (García, 2014), con periodo libre de heladas de 170 días, el suelo es de textura arcillo-limosa, con pH de 7.8, conductividad eléctrica de 1.7 dSm⁻¹, contenido de materia orgánica de 3.4% y N total de 4 %, con un contenido de N inorgánico en el suelo de 25.3 (mg Kg⁻¹). El material biológico fue un cultivar (CV) de Ayocote de grano color violeta, hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV) procedente de Tlaxcala y como tutor el cultivar de maíz Azul criollo raza chalqueño. La siembra de 2 plantas de ayocote y 2 de maíz por mata a 0.30 m entre matas y 0.80 m entre hileras generó una densidad de 5 plantas m⁻² fue el 5 de mayo de 2014. Los tratamientos de nitrógeno fueron: 0 (NO), 75 (N75) y 150 (N150) kg de N ha⁻¹. La unidad experimental consistió de tres surcos de 5 m de longitud, tomando en cuenta el surco central como parcela útil. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura (°C) máxima (T_{máx}) y mínima (T_{mín}), promedio decenal, la suma de la precipitación (PP); además los días a ocurrencia de las fases fenológicas como: emergencia (E), floración (R6) y madurez fisiológica (R9) bajo los criterios presentados en Escalante y Kohashi (2015). A la cosecha de Ayocote se registró el rendimiento de grano (RG, g m⁻²), y sus componentes como: número de vainas m⁻² (NV); número de granos por vaina (GV); peso de 100 granos (PCG); número de granos m⁻² (NG), biomasa (MS total; g m⁻², BT); índice de cosecha (IC) con la relación IC= RG/BT. A los datos de las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey $\alpha=0.05$.

6.2 Resultados y discusión

6.2.1 Fenología y elementos del clima

Los días de la ocurrencia de las fases fenológicas del Ayocote fueron similares entre los tratamientos. La emergencia fue a los 13 días después de la siembra (dds), la R6 a los 67 dds y R9 a los 118 dds. La precipitación (PP) estacional fue de 532 mm, de la cual el 56% (298 mm) ocurrió en la etapa vegetativa (EV) y el 45 % (240 mm) en la etapa reproductiva (ER) (Gráfico 6). Los días a ocurrencia de las fases fenológicas del presente estudio son semejantes a los reportados por Zavala *et al.* (2000); Escalante *et al.* (2005) y Ayala *et al.* (2006) quienes trabajaron con distintas variedades de ayocote en la misma región. Por otra parte, se observó que, durante las etapas vegetativa y reproductiva, la Tmáx y Tmín promedio fue de 36°C y 6°C y 27°C y 2°C, respectivamente. La Tmáx fue superior a la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de ayocote (25°C a 28°C) reportada por Barrios-Gómez y López-Castañeda (2009). Por lo anterior se puede señalar que la temperatura más alta en promedio fue de 36 °C, la cual favorece el desarrollo del ayocote, esto indica que el periodo de déficit hídrico fue mayor durante al principio y parte final del ciclo de cultivo debido a las temperaturas altas y escasa precipitación, la cual probablemente pudo afectar el llenado de grano por la vaina y posteriormente el rendimiento de grano del cultivo.

6.2.2 Biomasa, Rendimiento y sus componentes

El rendimiento de grano (RG), biomasa (BT), número de granos (NG) y número de vainas (NV), mostraron cambios significativos debido a la fertilización nitrogenada (Tabla 6). Con N150 se registró los más altos de RG, BT, NV y NG (806 gm², 2110 gm², 448 m², 457 gm², respectivamente). Resultados similares son reportados por Delgado *et al.* (2015), Escalante *et al.*, (2014) y Apáez *et al.*, (2013). El RG, NG y NV mostraron incrementos (9%, 10% 17% respectivamente) con respecto al testigo sin fertilización. En contraste, el GV no fue afectado por los tratamientos.

Gráfico 6 Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de ayocote. Montecillo, Méx., México. Ciclo 2014. E=Emergencia, Ev=Etapa vegetativa, R6= Floración y R9 = Madurez fisiológica

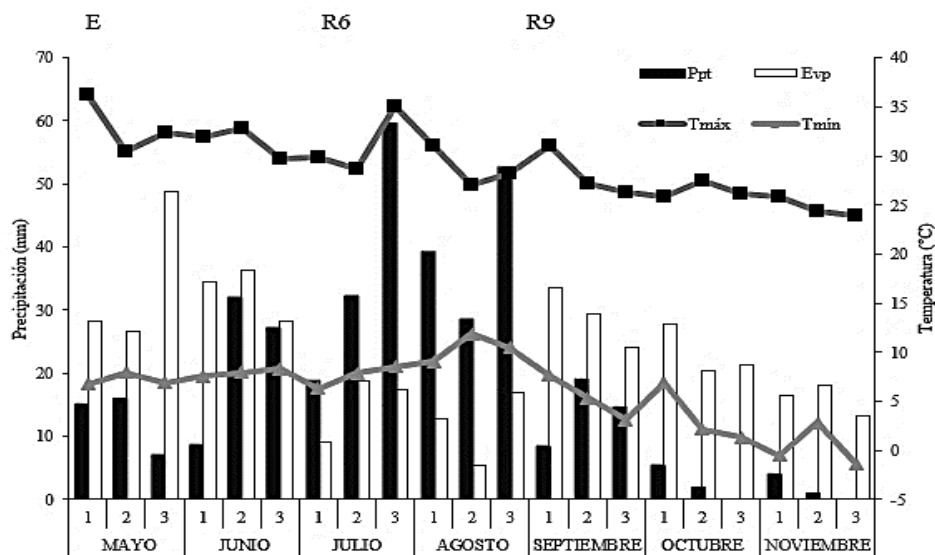
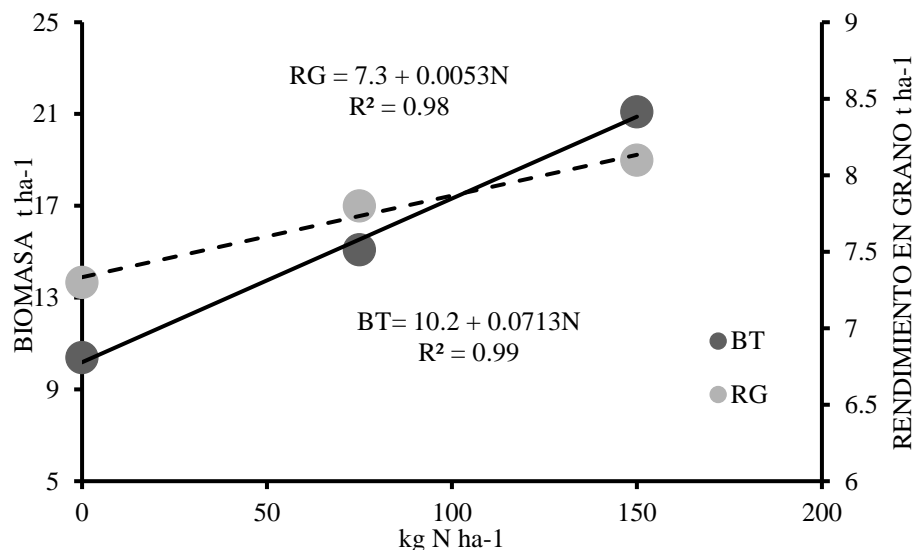


Tabla 6 Biomasa total, índice de cosecha, componentes de rendimiento del Ayocote asociado con fertilización nitrogenada, Montecillo Méx. México. Verano 2014

N Kg ha ⁻¹	BT (gm ²)	RG (gm ²)	NV (m ²)	NG (m ²)	GV
N 150	2110a	806a	448a	1457a	3a
N 75	1512b	781b	426b	1280ab	3a
N 0	1043c	734c	403c	1208b	3a
MG	1555	774	426	1315	3
Tukey 0.05	34.7	17	21	198	0.39

Rendimiento en grano (RG, gm²), No de vainas m² (NV), No de grano m² (NG), Granos por vaina (GV,) de Ayocote en función de la fertilización nitrogenada. MG: Media General; letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según (Tukey $\alpha=0.05$), ** P <.0001, indican efecto significativo.

Gráfico 6.1 Dinámica de la producción de la biomasa total y rendimiento en grano del cultivo de ayocote en espaldera viva de maíz en función de fertilización nitrogenada, Montecillo, Edo de Méx. México, verano 2014



En el Gráfico 6.1, se puede observar que la producción de BT y de RG, se incrementan al aumentar el nivel de nitrógeno. Dicha respuesta es del tipo lineal bajo el modelo $Y = A + BX$. La pendiente (B) más alta en la ecuación BT en función del nitrógeno, sugiere que con la fertilización se estimula el tamaño del dosel vegetal, aumenta de radiación solar interceptada y en consecuencia se logra mayor producción de materia seca (Escalante *et al.*, 2013). Por otra parte, la pendiente más baja en la relación RG y nitrógeno, indica la existencia de algún otro factor que limita una mayor respuesta en RG a dicho nutrimento.

6.3 Conclusiones

La producción de biomasa, rendimiento de grano y sus componentes del cultivo de ayocote se incrementan con la aplicación de fertilización nitrogenada. Con N150 kg de N ha⁻¹, se logra la máxima producción de biomasa y rendimiento de ayocote sembrado con tutor de maíz.

6.4 Referencias

- Apáez Barrios P.; Escalante Estrada J.A.S.; Ramírez Vallejo P.; Koch Olt S. D.; Sosa Montes E.; Olalde Gutiérrez V. M. (2013). Eficiencia agronómica de nitrógeno y fósforo en la producción de frijol chino en espaldera de maíz. *Terra Latinoamericana Volumen 31 número 4*: 285-293
- Ayala-Garay O. J., Pichardo-González J.M., Estrada-Gómez J. A., Carrillo-Salazar j. A., Hernández-Livera A. (2006). Rendimiento y calidad de semilla de frijol ayocote en el Valle de México. *Agric. Téc. Méx.* 32:313-321.
- Barrios-Gómez, E. J.; C. López-Castañeda (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia* 43: 29-35.
- Delgado M.R., Escalante E. J.A.S., Díaz R. R., Trinidad Santos A.; Morales R. E., Sosa M. E. (2014). Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 5 núm. 6*:1015-1027.
- Escalante-E. J. A. S., Rodríguez González M. T., Gutiérrez-Rodríguez M. (2005). Growth analysis of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus coccineus* L. in a saline soil. *Bean Improv. Coop.* 48: 26-27
- Escalante-E. J. A. S., M. T. Rodríguez G. y L.E. Escalante-E. (2006). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield in relation to growth habit, plant density and nitrogen fertilization. *Ann. Rep. Bean. Improv. Coop.* 253-254.
- Escalante-Estrada JA; Rodríguez González MT; Escalante Estrada Y.I. (2014). Aplicación dividida de nitrógeno, su efecto sobre la eficiencia agronómica, rendimiento y componentes en frijol. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México* 1:52-55
- Escalante Estrada J. Alberto y J. Kohashi Shibata. (2015). El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mpio. De Texcoco Méx. 84 pág.
- Fageria, N. K. and V. C. Baligar (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv. Agron.* 88: 97-185.
- García E. L. (2004). Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª ed. UNAM, D.F. México 217 p.
- Rojas Victoria N.J.; Escalante Estrada J.A.S.; Rodríguez González M.T. (2015). Biomass and yield of runner vean (*Phaseolus coccineus* L.) in association with maize. *Ann. Rep. Bean. Improv. Coop. No.* 58:129-130.
- Zavala Olalde J.A., Vargas Vázquez P., Muruaga Martínez J.S. (2000). Comparación del desarrollo de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y una de frijol ayocote (*P. coccineus*). *Agricultura Técnica en México Vol. 26 Núm. 2 Julio-Diciembre* p. 173-181.

La salinidad afecta diferencialmente crecimiento y rendimiento de cuatro genotipos de tomate nativos de México

LADEWIG, Peter, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, SERVÍN-JUÁREZ, Roselia y TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris

P. Ladewig´, F. Gómez´, R. Servín´ y L. Trejo´´

´Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
C. P. 94961

´´Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México.
C. P. 56230

fernandg@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is moderately sensitive to salinity, and there may be differential responses between genotypes. We evaluated the effect of four salinity levels (0, 30, 60 and 90 mM NaCl) applied to the nutrient solution on plant height, number of clusters, number of leaves and yield per plant of four tomato genotypes native to Mexico, from Campeche, Oaxaca, Puebla and Veracruz. The highest salinity level negatively affected growth in all genotypes, and the number of clusters per plant, except for the Veracruz genotype. The number of leaves and yield decreased as the NaCl level in the nutrient solution increased. Campeche showed the highest yield decline and Veracruz the lowest.

7 Introducción

La salinidad es una de las causas más comunes de degradación de los suelos y una fuerte limitante de la productividad de cultivos (Ladeira, 2012; Munns y Tester, 2008). Se estima que alrededor de 780 millones de hectáreas son afectadas por la salinidad en el mundo, lo que representa alrededor del 6% de la superficie terrestre global, siendo el cloruro de sodio (NaCl) la sal soluble más común (Munns y Tester, 2008).

En México, para 2014 se habían identificado 46 acuíferos con problemas de salinidad, que representan el 7% del total (CONAGUA, 2015). Acuíferos con presencia de suelos salinos y agua salobre predominan en las cuencas centrales del norte y espacialmente en la del Río Bravo, por baja precipitación pluvial y alta evaporación en combinación con aguas congénitas y minerales evaporíticos de fácil disolución. En la Península de Baja California y en la región noroeste los acuíferos presentan intrusiones marinas en la zona costera (CONAGUA, 2014). Los suelos enfrentan procesos de salinización cuando el manejo de éstos y del agua no es adecuado, lo cual ha ocasionado que el 13% de la tierra irrigada en México esté afectada por este factor (Flowers, 1999; SEMARNAT *et al.*, 2010).

Una parte importante de la producción de hortalizas de exportación como el tomate se lleva a cabo precisamente en varias zonas del norte del país. El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los productos agrícolas mexicanos más importante y el 85% de su producción tiene origen en sistemas con irrigación (SIAP, 2016). El tomate es considerado como planta moderadamente sensible a salinidad y sus rendimientos disminuyen a valores de CE altos (Maas y Hoffman, 1977). Lara *et al.* (2015) reporta que la salinidad (CE 6 a 12 dS m⁻¹) afecta de manera negativa el crecimiento de plántulas de líneas de tomate nativas en Puebla, aunque se distinguieron respuestas diferenciales entre genotipos.

Los ancestros de la tomate están ubicados en la región Andina y su domesticación ocurrió en México (Blanca *et al.*, 2012). Por eso México tiene una gran diversidad de recursos genéticos del tomate, criollo y silvestre, que permite la posibilidad de encontrar caracteres que ofrecen resistencia a factores abióticos como la salinidad (Lobato-Ortiz *et al.*, 2012). En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar indicadores de crecimiento en genotipos nativos de tomate colectados en cuatro estados de México en respuesta a la salinidad ocasionada por NaCl.

7.1 Materiales y métodos

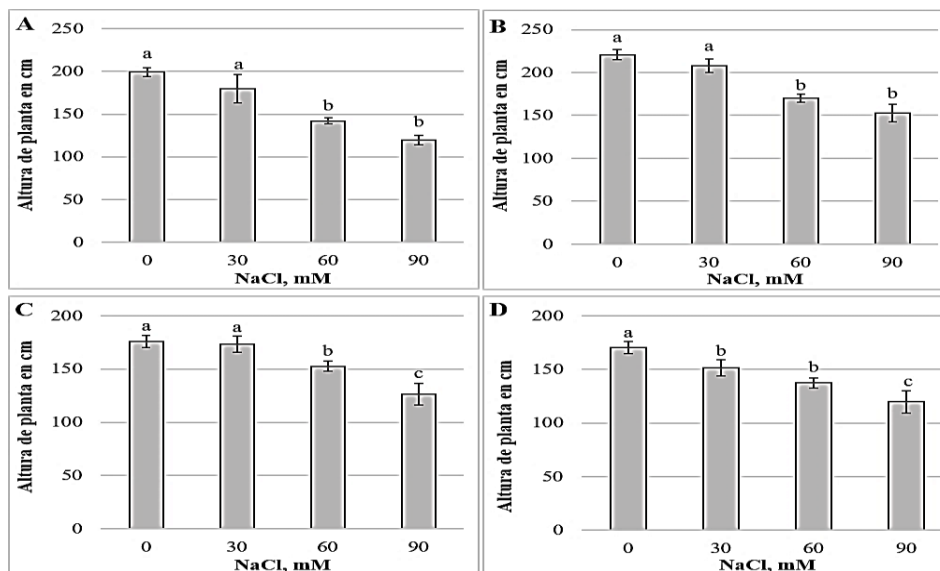
Esta investigación se desarrolló bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México, con cuatro genotipos nativos de tomate colectado en los estados de Oaxaca, Puebla, Veracruz y Campeche (México), clasificados por sus frutas según Lobato-Ortiz *et al.* (2012) en tipos arriñonado/acostillado, chino criollo, citlale y riñón, respectivamente. Las plantas de éstos fueron obtenidas a partir de la germinación de las semillas en almácigo con turba como sustrato.

Se evaluaron cuatro concentraciones de NaCl en la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984): 0, 30, 60 y 90 mM, mismas que fueron suministradas mediante riego por goteo. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones y fueron distribuidas en un diseño completamente al azar bajo condiciones de invernadero. Cada unidad experimental consistió en una planta de aproximadamente 40 días de edad trasplantada en una bolsa de polietileno negro de 10 L de capacidad, y como sustrato se utilizó tezontle con un tamaño de partícula entre 1 y 20 mm. Después de 17 semanas de cultivo, se determinó la altura de planta, el número de racimos por planta, el número de hojas por planta y el rendimiento de frutos. Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante Tukey ($\alpha=0.05$) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2009).

7.2 Resultados

En ausencia de NaCl en la solución nutritiva se observa la mayor altura de la planta en todos los genotipos evaluados (Gráfico 7). En el tratamiento testigo, los genotipos Oaxaca y Veracruz (Gráficos 7 A y 7 B) mostraron el mayor crecimiento, con alturas medias de 200 y 220 cm, respectivamente. Por el contrario los genotipos de Campeche y Puebla (Gráficos 7 C y 7 D), también en el tratamiento testigo, mostraron menor crecimiento con alturas promedio de 176 y 170 cm, respectivamente. Se registraron disminuciones en la altura de planta en todos los genotipos evaluados, con niveles crecientes de NaCl. Los genotipos Oaxaca, Veracruz y Campeche mostraron reducción de altura significativa con niveles de NaCl de 60 y 90 mM. Por su parte, el genotipo Puebla mostró una reducción significativa en la altura de planta a partir de 30 mM NaCl (Gráfico 7). Con el nivel más alto de NaCl adicionado a la solución nutritiva (90 mM) se observaron reducciones en la altura del orden de 28, 30, 31 y 40% en los genotipos Campeche, Puebla, Veracruz y Oaxaca, respectivamente, en comparación con el tratamiento sin NaCl en cada genotipo (Gráfico 7). Los genotipos Campeche y Puebla mostraron mayor susceptibilidad a la presencia de NaCl en la solución nutritiva, dado que con la concentración de NaCl de 90 mM, el crecimiento fue afectado significativamente en forma negativa comparado con el resto de los tratamientos (Gráficos 7C y 7D).

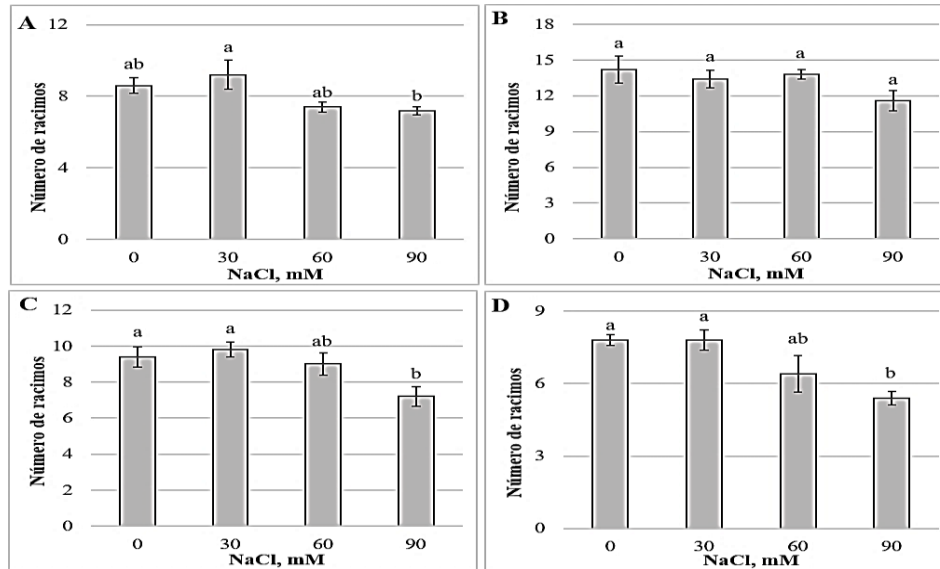
Gráfico 7 Altura de planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva



Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

El número de racimos es la variable que de manera general fue afectada en menor magnitud por los niveles de salinidad. En el genotipo Veracruz, los niveles de salinidad no mostraron efecto significativo en el número de hojas, con reducciones en esta variable del orden de 8%, 11% y 19%, en los tratamientos de 30, 60 y 90 mM de NaCl, respectivamente, en comparación con el testigo. Los genotipos Oaxaca, Campeche y Puebla mostraron un número de hojas significativamente menor con concentraciones de 90 mM de NaCl (Gráficos 7.1 A, 7.1 C y 7.1 D).

Gráfico 7.1 Número de racimos por planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva

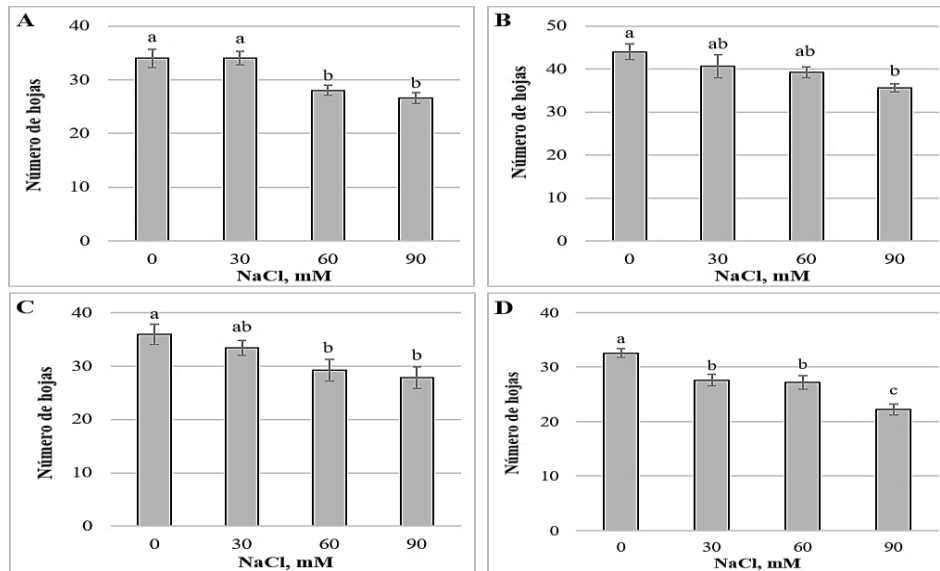


Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

En lo que respecta al número de hojas por planta, se observa que en dos de los cuatro genotipos evaluados (Oaxaca y Campeche), se registraron reducciones significativas en esta variable con niveles de NaCl de 60 y 90 mM (Gráficos 7.2 A y 7.2 C), respecto al testigo.

Por otra parte, el genotipo Veracruz solo redujo de manera significativa el número de hojas por planta, con la dosis más alta de NaCl ensayada (90 mM), como se observa en el Gráfico 7.2 B. Por el contrario, el genotipo Puebla fue afectado de manera negativa con todos los niveles de salinidad en esta variable (Gráfico 7.2 D).

Gráfico 7.2 Número de hojas por planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva

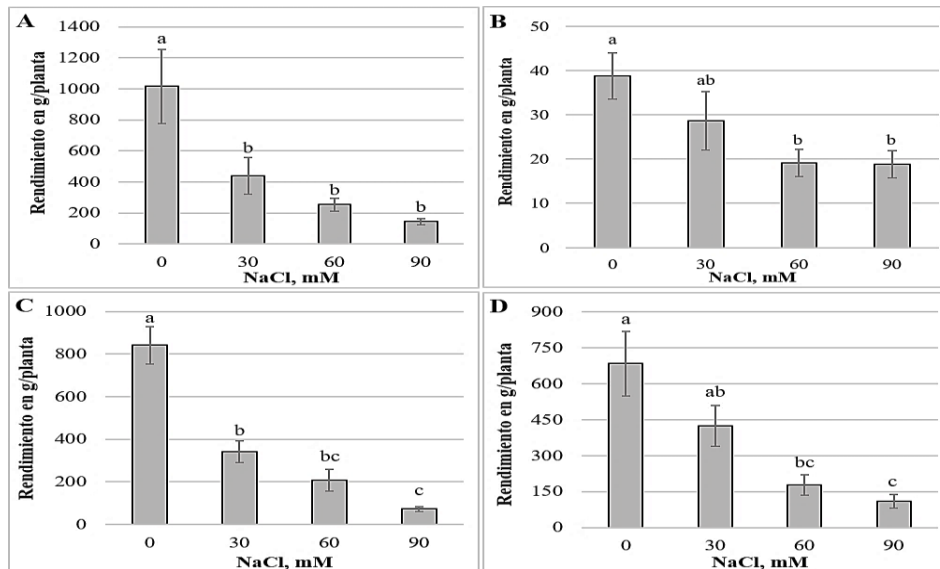


Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

El genotipo Oaxaca (Gráfico 7.3 A) mostró el mayor rendimiento para los cuatro niveles de NaCl evaluados en este estudio; mientras que, el genotipo Veracruz (Gráfico 7.3 B) el más bajo, debido al tamaño pequeño del tipo citlale. Asimismo, los genotipos Oaxaca y Campeche (Gráficos 7.3 A y 7.3 C) son afectados significativamente en su rendimiento de manera negativa con niveles de NaCl de 30 mM y mayores. Niveles de salinidad iguales o superiores a 60 mM redujeron significativamente el rendimiento de los genotipos Veracruz y Puebla (Gráficos 7.3 B y 7.3 D).

El genotipo Veracruz mostró el rendimiento más bajo en todos los tratamientos, incluso en el tratamiento testigo; sin embargo, tuvo la menor disminución del rendimiento bajo condiciones de salinidad, con reducciones de 26% con 30 mM, 51% con 60 mM y 52% con 90 mM de NaCl, en comparación con el testigo; lo que indica una mayor tolerancia a la salinidad. Si se considera el rendimiento como variable respuesta, el genotipo Campeche fue el más sensible a la salinidad, con niveles de disminución de 59%, 75% y 91% en el rendimiento, para los tratamientos con 30, 60 y 90 mM, respectivamente, en comparación con el testigo.

Gráfico 7.3 Rendimiento por planta de genotipos nativos de tomate colectados en Oaxaca (A), Veracruz (B) Campeche (C) y Puebla (D) después de 17 semanas de tratamiento con NaCl en la solución nutritiva



Barras \pm DE con letras distintas en cada subgráfico, indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$)

7.3 Conclusiones

Los genotipos muestran tolerancia variable a las variables evaluadas en esta investigación. Sobre todas las variables evaluadas, el genotipo Veracruz mostró la tolerancia más alta, y los genotipos Puebla y Campeche fueron los más sensibles. El nivel de salinidad más elevado probado en este estudio, que fue de 90 mM, afectó de manera negativa la formación de racimos en los genotipos Puebla, Campeche y Oaxaca; por el contrario, en el genotipo Veracruz no se observa efecto negativo de la adición de NaCl en el número de racimos. El genotipo Campeche mostró la disminución más alta de rendimiento en los tratamientos con NaCl respecto al testigo; por el contrario, el genotipo Veracruz mostró reducciones porcentuales en comparación con el testigo, en el rendimiento.

7.4 Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por los apoyos otorgados a Peter Ladewig a través de la beca para estudios de postgrado y a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y Sustentabilidad en la Producción Primaria en Sistemas Agroalimentarios del Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba, por los apoyos para la realización de esta investigación.

7.5 Referencias

Blanca, J., Cañizares, J., Cordero, L., Pascual, L., Diez, M. J., & Nuez, F. (2012). Variation Revealed by SNP Genotyping and Morphology Provides Insight into the Origin of the Tomato. *PloS One*, 7(10), e48198. doi:10.1371/journal.pone.0048198

CONAGUA. (2014). *Estadísticas del agua en México-Edición 2014*. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México, D. F. 47 pp. México. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>

CONAGUA. (2015). *Atlas del Agua en México 2015*. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México, D. F. 52 pp. México. Recuperado el 25 de julio de 2016, de http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/ATLAS_ALTA.pdf

Flowers, T. J. (1999). Salinisation and horticultural production. *Scientia Horticulturae*, 78, 1-4.

Ladeiro, B. (2012). Saline Agriculture in the 21st Century: Using Salt Contaminated Resources to Cope Food Requirements. *Journal of Botany*, 2012, Article ID 310705. doi:10.1155/2012/310705.

Lara, F. S., Ramírez Vallejo, P., Sánchez García, P., Sandoval Villa, M., Livera Muñoz, M., & Carrillo Rodríguez, J. C. (2015). Tolerance of native tomato (*Solanum lycopersicum* L.) lines to NaCl salinity. *Interciencia*, 40(10), 704-708.

Lobato-Ortiz, R., Rodríguez Guzmán, E., Carillo Rodríguez, J. C., Chávez Servia, J. L., Sánchez Peña, P., & Aguilar Meléndez, A. (2012). *Exploración, colecta y conservación de recursos genéticos de jitomate: avances en la Red de Jitomate*. SINAREFI, SAGARPA y COLPOS. Texcoco, México.

Maas, E. V. & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance – current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103, 115-134.

Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.

SAS Institute Inc. (2009). *SAS/STAT 9.2 User's guide*. (2nd ed.) Cary, N. C: SAS Institute Inc.

SEMARNAT, SAGARPA, Fundación Produce Nayarit, A.C., Subsecretaría de Desarrollo Rural, & Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2010). *Salinidad del Suelo*. 9 p. México. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicaciones-nayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%206%20salinidadelsuelo.pdf>

SIAP. (2016). *Cierre de la producción agrícola por cultivo - Tomate*. México. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

Steiner, A. (1984). The universal nutrient solution. En *Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. (pp. 633-649). The Netherlands.

La aplicación foliar de silicio y calcio modifica diferencialmente color y firmeza de frutos de pepino crecido en suelo sódico

GONZÁLEZ-TERÁN, Gustavo E., TREJO-TELLEZ, Libia Iris, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, GARCÍA-MORALES, Soledad, RUÍZ-BELLO, Alejandrina, COTLAME-GONZÁLEZ, Gloria y LADEWIG, Peter

G. González', L. Trejo', F. Gómez'', S. García'', A. Ruíz', G. Cotlame''' y P. Ladewig''

'Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230

''Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946

'''Instituto Tecnológico Superior de Zongolica Campus Tezonapa. Antiguo Recinto Ferial, Carretera a El Palmar s/n, Tezonapa, Veracruz. C. P. 95095

tlibia@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

In this study we evaluated the effect of foliar application of Ca and Si individually and collectively on the mitigation of salt stress in cucumber fruit quality grown in a sodic soil. Foliar applications were performed at seven-day intervals and mature fruit quality parameters, particularly color attributes (lightness, hue angle and chroma), and firmness were determined. Foliar addition of Ca increased the value of hue angle; while foliar supply of Si increased the chroma and firmness of the fruit.

8 Introducción

La degradación de las tierras irrigadas por causa de la salinización y sodificación se vuelven aspectos determinantes para la sostenibilidad agrícola y la seguridad alimentaria. Dentro de los procesos de salinización, la sodificación ha recibido menos atención y a su vez es un proceso poco comprendido en el desarrollo de suelos salinos (Pla, 2014). Cerca del 30% de la superficie bajo riego del planeta presenta problemas de salinidad en diferentes grados (Aceves, 2011).

La acumulación de sodio y la salinización de los suelos, en general se deben al uso de aguas de mala calidad (Pisinaras *et al.*, 2010). El estrés por sales afecta el crecimiento de las plantas en tres formas: 1) reduce el potencial de agua del suelo, provocando un estrés osmótico; 2) ocasiona un desbalance iónico en las células, especialmente concentraciones bajas de K^+ , Ca^{2+} y NO_3^- , y 3) causa toxicidad de iones Na^+ y Cl^- (Tavakkoli *et al.*, 2011). El efecto perjudicial de las sales se observa en toda la planta, provocando una disminución de la productividad o incluso hasta su muerte (Munns y Tester, 2008).

En pepino, altas concentraciones de NaCl causan deficiencias de Ca y N principalmente en hojas. La salinidad dominada por Na^+ no sólo reduce la disponibilidad de Ca^{2+} , también reduce el transporte de Ca^{2+} y su movilidad a las regiones de crecimiento (Kaya y Higgs, 2002).

Existen elementos que ayudan a mitigar los efectos negativos causados por altas concentraciones de sales, entre los más estudiados se encuentran el nitrógeno (N), calcio (Ca), potasio (K) y silicio (Si).

El Ca^{2+} es un regulador de muchos procesos fisiológicos y bioquímicos en respuesta al estrés abiótico en las plantas (Bowler y Flurh, 2000). Este elemento participa en mecanismos regulatorios en las plantas en condiciones adversas de estrés salino (Melgar *et al.*, 2007) y es un factor importante en la resistencia de las plantas a la salinidad (Mozaffari y Malakouti, 2006). El Ca^{2+} participa en la adaptación de las plantas a las sales al reducir los efectos tóxicos del NaCl, facilitando una mayor absorción de K^+ respecto al Na^+ (Dabuxilatu e Ikeda, 2005; Parida y Das, 2005).

El silicio (Si) por su parte, ha mostrado tener efectos benéficos en diversas plantas, en especial en aquellas que se encuentran sometidas a diferentes tipos de estrés, tanto abiótico como biótico (Trejo-Téllez *et al.*, 2016). Si bien, de manera general el NaCl causa efectos nocivos en tallo y raíz, en el cultivo de pepino se ha demostrado que el silicio minimiza considerablemente estos efectos. Este elemento puede estar involucrado en actividades fisiológicas o metabólicas durante la exposición de pepino a estrés salino (Zhu *et al.*, 2004). Además el silicio reduce el transporte de cloruro en la planta (Shi *et al.*, 2013) y aumenta el uso eficiente del nitrógeno (Detmann *et al.*, 2012). A pesar que el silicio es el segundo elemento más abundante en el suelo, éste es encontrado usualmente formando complejos con minerales silicatados (Zhu y Gong, 2014), que no son formas disponibles para plantas superiores. Por tanto, la aplicación de silicio puede ser una alternativa para incrementar la producción agrícola en suelos salinizados (Zhu *et al.*, 2015).

El pepino (*Cucumis sativus* L.), es una especie moderadamente sensible a la salinidad y es una hortaliza de alto potencial económico, por ser un producto de exportación; para la economía agrícola de México es importante por el ingreso de divisas y por la generación de empleos en el campo. En el año agrícola 2014 se sembraron un total de 1,008.35 y 1,950.50 hectáreas de pepino en invernadero y malla sombra respectivamente, generando a su vez un ingreso de 657,028.80 y 1,055,066.51 en miles de pesos, respectivamente (SIAP, 2015).

En el contexto anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto la aplicación foliar de Ca, Si y de ambos de manera conjunta, en algunos parámetros de calidad de fruto de pepino, establecido en un suelo sódico.

8.1 Materiales y métodos

8.1.1 Material vegetal

Se usaron semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) de la variedad Modán de la casa comercial Rijk Swaan, mismas que fueron germinadas bajo condiciones de invernadero, en charolas de poliestireno de 128 cavidades empleando turba como sustrato.

8.1.2 Trasplante

Plántulas de 28 días fueron trasplantadas en bolsas de vivero de 35 x 35 cm (10 L de capacidad aproximadamente), con suelo mezclado con agrolita en una relación 3:1 (v:v) . El suelo empleado tuvo un pH de 8.5 y una conductividad eléctrica de 0.954 dS m⁻¹.

8.1.3 Tratamientos y diseño experimental

Después del trasplante, las unidades experimentales se regaron durante todo el periodo que duró el experimento con la solución nutritiva de Steiner al 50 % de su fuerza iónica (Steiner, 1984), con pH ajustado a 5.

Los riegos fueron suministrados manualmente a cada unidad experimental con un recipiente aforado a 0.5 L. Desde el trasplante hasta la formación de los primeros frutos se proporcionaron los riegos cada tercer día, uno con 1 L de solución nutritiva y el siguiente con 1 L de agua acidulada, repitiéndose esta secuencia con la alternancia descrita. Una vez que se inició la formación de frutos hasta la finalización del experimento se regó diariamente con 0.5 L de solución nutritiva más 0.5 L de agua acidulada.

Después de 24 días del trasplante, se realizaron cinco aspersiones foliares en intervalos de 7 días de los siguientes tratamientos: 1) Testigo, consistente en la aspersión de agua destilada; 2) Calcio (Ca), a una concentración de 2 mM; 3) Silicio (Si), a una concentración de 2 mM; y 4) Ca + Si a una concentración de 2 mM de cada uno. Las fuentes empleadas de Ca y Si fueron óxido de calcio (CaO) y dióxido de silicio (SiO₂), respectivamente. A las soluciones foliares se les adicionó como surfactante Tween[®] 20 a una concentración de 0.05 %.

El pH de las soluciones foliares fue ajustado a 4 con H₂SO₄ 0.5 N. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente aleatorizado, con seis repeticiones. La unidad experimental consistió en una bolsa con una planta.

8.1.4 Variables evaluadas

En frutos maduros de pepino se determinaron los parámetros de color (luminosidad, ángulo hue y croma) y firmeza. Se obtuvieron los valores L, a y b con un colorímetro (Hunter Lab D25-PC2, Reston, Virginia, EEUU). La luminosidad corresponde al valor L, por tanto se obtuvo directamente del colorímetro. Se estimó el valor del ángulo de tono (Hue) con la fórmula: $\text{Hue } (^\circ) = \arctan(b/a)$ y la pureza de color con la fórmula: $\text{croma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$ (Vázquez y Santiago, 2013).

Se midió la firmeza en tres posiciones: en el extremo hacia el pedúnculo, en el punto medio del fruto y en el extremo hacia la flor. La firmeza se midió con un texturómetro Chatillon (FDV- 30 Greenwich, CT 06836, EEUU), con puntal cónico de 0.7 cm de base, el cuál fue introducido 1 cm en cada una de las posiciones.

8.1.5 Análisis estadístico

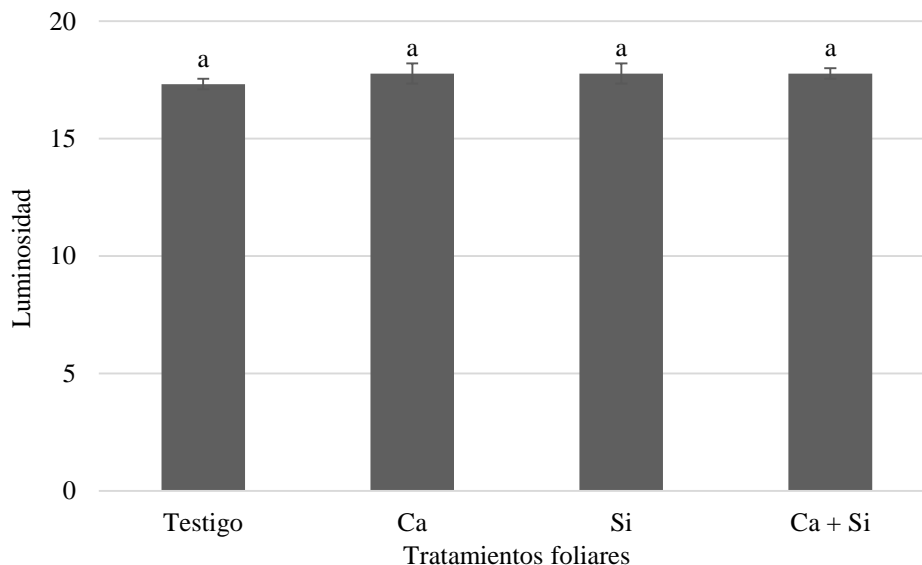
Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias con la prueba de LSD. En las pruebas estadísticas aplicadas se utilizó un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. En estos análisis se usó el software SAS (SAS, 2011).

8.2 Resultados

8.2.1 Luminosidad de fruto

En el Gráfico 8 se presentan los resultados del parámetro luminosidad de frutos, donde se observa que no existieron diferencias estadísticas entre tratamientos con valores oscilando entre 17.3 y 17.8. A pesar de la ausencia de diferencias estadísticas, se pudo observar que el valor de luminosidad fue ligeramente mayor en los tratamientos con suministro de Ca, Si y de Ca + Si vía foliar, lo que significa que en éstos los frutos tuvieron un mayor brillo; lo que se traduce en un color verde ligeramente más fuerte y por tanto también mayor calidad (Fahmy y Nakano, 2013).

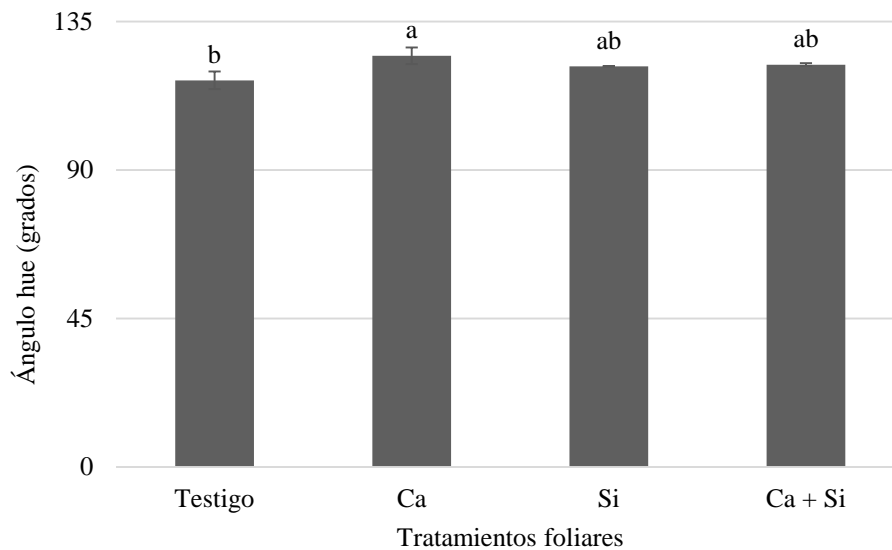
Gráfico 8 Luminosidad de frutos maduros de pepino establecidos en un suelo sódico y tratados vía foliar con Ca, Si y la combinación de ambos elementos



Medias \pm DE con letras distintas indican que existen diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$). Testigo, consistente en la aspersión de agua destilada; Calcio (Ca), a una concentración de 2 mM; Silicio (Si), a una concentración de 2 mM; y Ca + Si a una concentración de 2 mM de cada uno.

Contrario a los resultados observados en la luminosidad del fruto, en el ángulo hue existieron diferencias significativas entre tratamientos. El tratamiento consistente en la aplicación foliar de Ca incrementó en 6.4% el ángulo hue en comparación con el testigo (Gráfico 8.1). En otras especies como pimiento morrón se ha reportado que el ángulo hue decrece conforme se incrementa la conductividad eléctrica de la solución nutritiva (Tadesse *et al.*, 1999).

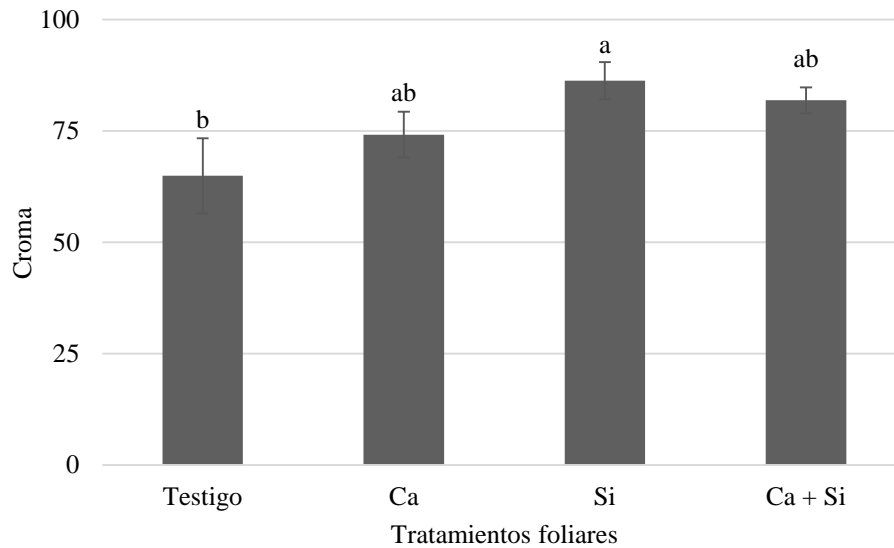
Gráfico 8.1 Ángulo hue de frutos maduros de pepino establecidos en un suelo sódico y tratados vía foliar con Ca, Si y la combinación de ambos elementos



Medias \pm DE con letras distintas indican que existen diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$). Testigo, consistente en la aspersión de agua destilada; Calcio (Ca), a una concentración de 2 mM; Silicio (Si), a una concentración de 2 mM; y Ca + Si a una concentración de 2 mM de cada uno.

El tratamiento consistente en el suministro vía foliar de Si incrementó de manera significativa la pureza del color de frutos de pepino en comparación con el tratamiento testigo. Este incremento fue de 32.8% (Gráfico 8.2).

Gráfico 8.2 Croma (pureza del color) de frutos maduros de pepino establecidos en un suelo sódico y tratados vía foliar con Ca, Si y la combinación de ambos elementos

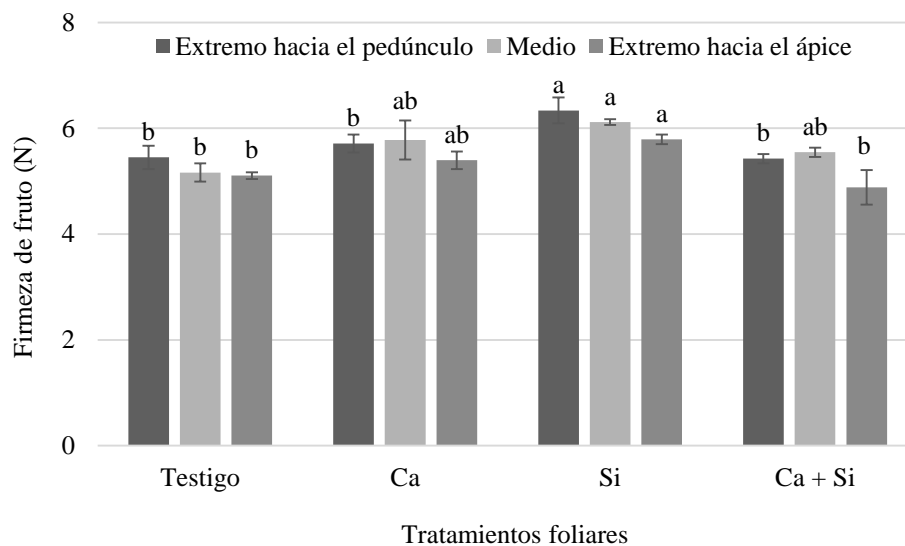


Medias \pm DE con letras distintas indican que existen diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$). Testigo, consistente en la aspersión de agua destilada; Calcio (Ca), a una concentración de 2 mM; Silicio (Si), a una concentración de 2 mM; y Ca + Si a una concentración de 2 mM de cada uno.

8.2.2 Firmeza de frutos

De manera general se observó un decremento en la firmeza de frutos desde el extremo cercano al pedúnculo hacia el extremo cercano a la flor, independientemente de los tratamientos evaluados (Gráfico 8.3). Estos resultados son contrarios a los esperados; dado que la firmeza decrece hacia el extremo de la flor, puesto que el fruto madura desde ese extremo hacia el pedúnculo.

Gráfico 8.3 Firmeza en tres puntos de frutos maduros de pepino establecidos en un suelo sódico y tratados vía foliar con Ca, Si y la combinación de ambos elementos



Medias \pm DE con letras distintas en cada determinación, indican que existen diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$). Testigo, consistente en la aspersión de agua destilada; Calcio (Ca), a una concentración de 2 mM; Silicio (Si), a una concentración de 2 mM; y Ca + Si a una concentración de 2 mM de cada uno.

En el tratamiento testigo, la firmeza del fruto fue menor en comparación con la mayoría de los demás tratamientos probados (Gráfico 4), lo cual coincide con los hallazgos de Trajkova *et al.* (2006), quienes reportaron que la firmeza de los frutos de pepino es reducida por la salinidad y que se asocia con el incremento en el valor del pH del fruto.

En plantas asperjadas con Si, la firmeza del fruto fue estadísticamente superior al testigo. Estos incrementos fueron del orden de 16%, 7% y 13% en el extremo cercano al pedúnculo, en el punto medio y en el extremo hacia el ápice, respectivamente, en todos los casos en comparación con el testigo (Gráfico 8.3).

8.3 Conclusiones

La aplicación foliar de Ca a 2 mM en plantas de pepino establecidas en un suelo sódico incrementan el ángulo hue del fruto; mientras que, la aplicación foliar de Si a 2 mM aumentan de manera significativa el cromatismo y la firmeza del fruto de pepino.

El Ca y el Si, cuando son suministrados de manera conjunta, causan efectos negativos.

Los resultados aquí obtenidos, permiten afirmar que la aplicación foliar de manera individual de Ca y Si, mitiga los efectos negativos que impone un suelo sódico.

8.4 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado otorgada a Gustavo Eduardo González Terán y a la LGAC Nutrición Vegetal del Postgrado en Edafología del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación.

8.5 Referencias

- Aceves, N. E. (2011). *El ensalitramiento de los suelos bajo riego*. Segunda edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Publicado por Colegio de Postgraduados. p. 2.
- Bowler, C. & Flurh, R. (2000). The role of calcium and activated oxygen's as signals for controlling cross-tolerance. *Trends in Plant Science*, 5, 241-246.
- Dabuxilatu, Ikeda, M. (2005). Distribution of K, Na and Cl in Root and Leaf Cells of Soybean and Cucumber Plants Grown under Salinity Conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 51(7), 1053-1057.
- Detmann, K. C., Araújo, L., Martins, S. C. V., Sanglard, L. M. V. P., Reis, J. V., Detmann, E., Rodrigues, F. Á., Nunes-Nesi, A., Femie, A. R., & DaMatta, F. A. (2012). Silicon nutrition increase grain yield, which, in turn, exerts a feedforward simulation of photosynthetic rates via enhanced mesophyll conductance and alters primary metabolism in rice. *New Phytology*, 196, 752-762.

- Fahmy, K. & Nakano, K. (2013). Influence of relative humidity on development of chilling injury of cucumber fruits during low temperature storage. *Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture Food and Energy*, 1(1), 1-5.
- Kaya, C. & Higgs, D. (2002). Calcium nitrate as a remedy for salt-stressed cucumber plants. *Journal of Plant Nutrition*, 25(4), 861-871.
- Melgar, J. C., Benlloch, M., & Fernandez-Escobar, R. (2007). Calcium starvation increase salts susceptibility to water stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82, 622-626.
- Mozaffari, V. & Malakouti, M. J. (2006). An investigation of some causes of die-back disorder of pistachio trees and its control through balanced fertilization in Iran. *Acta Horticulturae*, 276, 301-305.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Parida, A. & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Pisinaras, V., Tsihrintzis, V. A., Petalas, C., & Ouzounis, K. (2010). Soil salinization in the agricultural lands of Rhodope District, northeastern Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166, 79-94.
- Pla, S. I. (2014). Advances in the prognosis of soil sodicity under dryland irrigated conditions. *International Soil and Water Conservation Research*, 2, 50-63.
- SAS Institute Inc. (2011). SAS/STAT Users Guide. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- Shi, Y., Wang, Y., Flowers, T. J., & Gong, H. (2013). Silicon decrease chloride transport in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions. *Journal of Plant Physiology*, 170, 847-853.
- SIAP. (2015). *Producción agrícola: OI-PV (2014)*. Recuperado el 28 de julio de 2016, de: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>
- Steiner, A. (1984). The universal nutrient solution. En *Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture*. (pp. 633-649). The Netherlands.
- Tadesse, T., Nichols, M. A. & Fisher, K. J. (1999). Nutrient conductivity effects on sweet pepper plants grown using a nutrient film technique. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 27, 229-237.
- Tavakkoli, E., Fatehi, F., Coventry, S., Rengasamy, P. & McDonald, G. K. (2011). Additive effects of Na⁺ and Cl⁻ ions on barley growth under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 62(6), 2189-2203.
- Trajkova, F., Papadantonakis, N. & Savvas, D. (2006). Comparative effects of NaCl and CaCl₂ salinity on cucumber grown in a closed hydroponic system. *HortScience*, 41(2), 437-441.

Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., & Alcántar-González, G. (2016). Elementos benéficos. En Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F.C. (Eds.). *Nutrición de Cultivos* (pp. 57-101). México: Colegio de Postgraduados.

Vázquez, C. M. G. & Santiago R. D. (2013). Características físicoquímicas y calidad del pozole del maíz cacahuacintle procesado mediante tres métodos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 357-366.

Zhu, Y. & Gong, H. (2014). Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 455-472. doi 10.1007/s13593-013-0194-1

Zhu, Y. X., Xu, X. B, Hu, Y. H., Han, W. H., Yin, J. L., Li, H. L. & Gong, H. J. (2015). Silicon improves salt tolerance by increasing root water uptake in *Cucumis sativus* L. *Plant Cell Reports*, 34, 1629-1646. doi 10.1007/s00299-015-1814-9

Zhu, Z., Wei, G., Li, G., Quian, Q. & Yu, J. (2004). Silicon alleviates salt stress and increase antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 162, 527-533.

Preferencias, servicios ambientales y aptitud urbana de especies arbóreas

GARCÍA-NÚÑEZ, Rosa María & URIBE-BERNAL, Johena

R. García & J. Uribe

Universidad Autónoma Chapingo, Maestría en Agroforestería para el desarrollo sostenible, Departamento de Suelos
blondynunez@gmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

An identification of tree and shrub species more frequent and favorite in the city of Mexico, Puebla, Monterrey, Guadalajara and Colima as well as the registration of environmental services and urban attitude were performed. Surveys of residents, certified arborists and gardeners, and literature reviews were mainly used. Higher preferences and most abundant species were the ash tree, jacaranda, ficus benjamina, tabachin, colorín, arrayan, liquidambar, silver poplar, ahuehuete and white oak among others. The species with more urban attitude were guava, wild lima, liquidambar, anacahuita, sour orange, white oak, and palo borracho and others. And fresno, ahuehuete, ceiba, jacaranda and arrayán presented greater contribution to environmental services. It is recommended to do more research on the subject.

9 Introducción

Las áreas urbanas de la mayor parte del planeta y sobre todo las de México y América Latina, sufren de diversos problemas que afectan directamente los recursos naturales tanto de las ciudades como de áreas perimetrales, y, con los nuevos sistemas globales de producción, el problema se presenta incluso a grandes distancias de las mismas. La presión que las grandes ciudades ejercen sobre los recursos naturales es tan fuerte, que ponen en riesgo a sus habitantes y en general a todos los seres vivos con los que se relacionan de manera directa o indirecta. En la actualidad las áreas verdes en los ecosistemas urbanos juegan un papel muy importante ya que en muchas de las ocasiones representan el único vínculo de sus habitantes con la naturaleza, forman parte del espacio abierto en las ciudades, Miller (2007) las define como la suma de la vegetación en las calles, residencias, parques, cinturones verdes, camellones, áreas boscosas, árboles en escuelas, cementerios, centro de la ciudad, en carreteras, jardines, camellones, y áreas de reserva ecológica entre otras. Las áreas verdes constituyen un bien público (Kielbaso, 1990) y son una parte fundamental del ambiente cotidiano de una gran parte de la población urbana. Poco a poco, se han reconocido por proporcionar una mejor calidad de vida y por tener un impacto significativo, ecológico y estético, importante sobre el medio que las rodea. Sin embargo, la explosión demográfica que se da en las ciudades amenaza con destruir éstas áreas, debido a la exigencia de nuevos espacios para la satisfacción de las necesidades primarias de los habitantes (Uribe, 2010).

En la mayoría de los casos, las áreas verdes proporcionan una serie de funciones dentro del ecosistema urbano que permite la continuidad de ciclos interrumpidos propios de la modificación del ambiente por las actividades humanas (Fasio, 1994, Moore, 1998).

Sin embargo, para que lo anterior suceda, debe de realizarse un diseño que incluya una planificación y manejo del área apropiados para las condiciones y necesidades del lugar, para que ésta cumpla con las funciones para las que fueron creadas (Krishnamurthy *et.al*, 1998).

Las áreas verdes urbanas constan de árboles, arbustos, plantas, hierbas y fauna, sin embargo los árboles urbanos son la columna vertebral de las áreas verdes, son los elementos más importantes en la configuración del paisaje urbano. Los árboles en un parque proporcionan el ambiente sombreado y refrescante que invita a realizar actividades recreativas en familia o de manera individual como descanso de la isla de calor que representa la ciudad (Pierce, 1980).

Los árboles urbanos pueden mitigar muchos de los impactos ambientales del desarrollo urbano como: atemperan el clima, conservan el agua, disminuyen la cantidad de CO₂ en el aire, ayudan a ahorrar energía, mejoran la calidad del aire, incrementan el valor de las propiedades, disminuyen la escorrentía pluvial y las inundaciones, reducen los niveles de ruido, y suministran el hábitat para la fauna silvestre entre otros.

Sin embargo, en algunos casos, estos beneficios pueden ser parcialmente eliminados debido a los problemas provocados por los mismos árboles mal ubicados y sin mantenimiento como la generación de basura, levantamiento de banquetas, excesivo desechos de la fauna silvestre, caída sobre bienes, y en algunas ocasiones ocasionando la muerte a habitantes entre otros (Kielbaso, 1990, Fasio, 1991.) . Por lo que solo a través de un adecuado manejo de la vegetación y del medio físico urbano los beneficios y consecuentemente la salud y el bienestar de los habitantes de la zona, puede ser mejorado (Krishnamurthy *et.al*, 1998).

El arbolado de las áreas verdes de nuestro país se encuentra generalmente descuidado, tanto por las autoridades gubernamentales como por los usuarios, lo que provoca áreas riesgosas de poco valor estético, por lo que es necesario el reconocimiento y la valoración de estos bienes y si no conocemos el costo de las áreas verdes descuidadas y por tanto desconocemos el valor de las planificadas, diseñadas y atendidas, no podemos tomar decisiones importantes en cuanto a su valoración económica y ecológica.

En México, no existen parámetros de valoración económica del arbolado urbano que nos permita otorgar un valor a la vegetación urbana, y por tanto no podemos adjudicar los costos de la inexistencia de áreas verdes en las ciudades. Por tal motivo es necesario proponer algunas bases que proporcionen elementos base para proponer estrategias de valoración económica de la vegetación urbana adecuadas a las condiciones climáticas, topográficas, fisiográficas, culturales, económicas y ecológicas de nuestro país. Diseñar metodología de valoración de recursos naturales urbanos propia de nuestros ecosistemas como un paso clave, rumbo a la generación de herramientas para la toma de decisiones en la futura planificación de las ciudades mexicanas requiere de mucha investigación en torno a los ecosistemas urbanos para llegar a una propuesta de manejo sostenido de las urbes nacionales.

De esta forma, el fundamento principal de este trabajo fue iniciar con el reconocimiento de las principales especies utilizadas en las áreas verdes urbanas, para valorar especies de interés nacional en éste ámbito así como identificar los servicios ambientales proporcionados por las especies arbóreas predominantes en el ecosistema urbano mexicano, para estimar su valor de reemplazo así como evaluar su abundancia y preferencia de los residentes.

9.1 Metodología

Mediante el Método Preferencial de Mateucci (1982), se obtuvo una lista de ciudades consideradas como representativas de las zonas urbanas de México.

9.1.1 Identificación de especies

A través de revisiones bibliográficas (Kielbaso, 1990, Chacalo *et al*, 2009, Martínez y Chacalo, 1994, Moore , 1988), visitas a calles, camellones, bulevares, centros y parques de ciudades representativas y/o encuestas a habitantes, arboristas certificados o encargados del mantenimiento de áreas verdes nacionales, se obtuvo una lista inicial de especies identificadas como urbanas, la cual fue muy grande, aunque se les dio prioridad a aquellas especies cuyo origen es México o alguna parte de América.

9.1.2 Abundancia y preferencia

Se utilizaron tres categorías para definir la abundancia de las especies:

- 1) Si están presentes en más de 5 lugares distintos con una presencia de más de 5 árboles por sitio se consideraron abundantes - alto (a).

- 2) Si están presentes en más de 5 lugares distintos con una presencia de más de 3 árboles se consideraron abundantes- medio (b).
- 3) Si están presentes en más de 3 lugares distintos con una presencia de más de 3 árboles se les consideró abundantes- bajo (c).

Para la preferencia ciudadana se consideraron solo aquellas especies preferidas en más de un 60%, para lo cual se realizaron encuestas a personas para determinar su preferencia en las ciudades seleccionadas con fotos de las especies preseleccionadas, con la siguiente pregunta ¿Qué especies prefieres ver en la ciudad?

Aquellas especies que fueron preferidas entre un 0-20 % se les dio el número 3, aquellas elegidas entre un 21 – 60 % se dio el número 2, y aquellas seleccionadas en más de un 60 % se le dio el número 1.

9.1.3 Caracterización de servicios ambientales

Los árboles, sin importar su especie, ofrecen servicios ambientales en su conjunto; sin embargo, los servicios ambientales individualizados varían de acuerdo a la especie. En éste apartado se caracterizaron los beneficios de las especies elegidas, considerando especímenes modelo, es decir, los beneficios ambientales potenciales de la especie si estuvieran en el lugar correcto, con las condiciones adecuadas. Los servicios ambientales caracterizados y considerados los más importantes según Miller (2007) son: Beneficios ambientales.

- a. Modificaciones micro climáticas.
- b. Hidrología urbana.
- c. Reducción de ruido.
- d. Parte fundamental del ecosistema urbano.

Beneficios físicos y arquitectónicos.

- a. Proveen de colores, formas, texturas y patrones en el paisaje.
- b. Suavizan las líneas arquitectónicas y acentúan los detalles estructurales.
- c. Forman panoramas, cuadros visuales, proporcionan puntos focales, y definen espacios.
- d. Rompen la monotonía del pavimento y la construcción.
- e. Hacen atractivas las áreas de juego.
- f. Unifican, dan coherencia a escenas visuales caóticas.
- g. Resaltan las estaciones.

Los Servicios ambientales no se midieron, únicamente se indica su ausencia o presencia dependiendo de la morfología de las especies y resultados de las encuestas.

9.1.4 Aptitud Urbana

La aptitud urbana de las especies se obtuvo mediante revisiones bibliográficas, consulta a arboristas certificados, observación de diferentes especímenes de cada especie en diferentes ciudades y consulta a viveristas urbanos. Se le dieron valores de media baja, media alta, alta y muy alta, lo anterior considerando los siguientes parámetros:

- a. Tolerancia a la poda.
- b. Ubicación potencial.
- c. Tolerancia a la contaminación ambiental.
- d. Tolerancia a la sequía.
- e. Tolerancia a heladas.
- f. Tolerancia a suelos pobres.
- g. Tolerancia a la sombra.
- h. Tolerancia a los vientos.
- i. Tipo de raíz.

9.2 Resultados

Se eligieron 20 especies urbanas clasificadas como nacionales, frecuentes y preferidas por los usuarios y se elaboraron fichas técnicas de cada especie

9.2.1 Abundancia y preferencia de especies urbanas

Se encontró la presencia de una gran cantidad de especies utilizadas como arboles urbanos en las principales áreas verdes de las ciudades de Puebla, Colima, Monterey, Ciudad de México y Querétaro. En el siguiente cuadro solo se presentan aquellas especies presentes en 5 lugares distintos con la presencia de 3 a 5 árboles con diferentes niveles de preferencia por parte de los residentes.

Tabla 9 Abundancia y preferencia de especies arbóreas en 5 diferentes ciudades

Ciudad	Nombre científico	Nombre común	Abundancia	Preferencia
Ciudad de México	<i>Ficus carica</i>	Higo	b	3
	<i>Ficus benjamina</i>	Benjamina	a	2
	<i>Fraxinus udhei</i>	Fresno	a	1
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	b	1
	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno	a	2
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	a	1
	<i>Populus alba</i>	Álamo Plateado	a	1
	<i>Schinus terebentifolius</i>	Pirul de Brasil	a	3
	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuete	a	1
	<i>Prunus doméstica</i>	Ciruela	b	1
	<i>Prunus pérsica</i>	Durazno	b	1
Querétaro	<i>Acacia farnesiana</i>	Aromo	b	1
	<i>Acacia pennatula</i>	Tepame	b	2
	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	a	3
	<i>Quercus rugosa</i>	Encino blanco	a	1
	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Ceiba	b	1
	<i>Erythrina coralloides</i>	Colorín	b	1
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	b	2
	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Lima Silvestre	b	1
Monterey	<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	a	3
	<i>Acer grandidentatum</i>	Palo de Azúcar	a	2
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	a	3
	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madroño	a	2
	<i>Populus tremuloides</i>	Álamo temblón	a	2
	<i>Cercidium macrum</i>	Palo verde	a	3
	<i>Chilopsis linearis</i>	Mimbres	a	2
	<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita	a	1
	<i>Cornus florida</i>	Corona de San Pedro	a	1
	<i>Ehretia anacua</i>	Anacua	a	2
Colima	<i>Erythrina americana</i>	Colorín	a	1
	<i>Delonix regia</i>	Tabachin	a	1
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	a	1
	<i>Ligustrum japonicum</i>	Trueno	a	3
	<i>Persea americana</i>	Aguacate	a	2
	<i>Psidium sartorianum</i>	Arrayán	a	1
	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuete	a	2
	<i>Chorisia insignis</i>	Palo borracho	a	1
Puebla	<i>Ficus retusa</i>	Laurel de la india	a	2
	<i>Fraxinus udhei</i>	Fresno	a	1
	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	a	1
	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus benjamina	a	1
	<i>Ligustrum japonicum</i>	Trueno	a	3
	<i>Shinus mollis</i>	Pirul	a	3
	<i>Acacia retinodes</i>	Acacia Plateada	b	1
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	b	2

9.2.2 Simbología

- a. especie encontrada en 5 lugares distintos con la presencia de al menos 5 individuos en cada lugar.
- b. especie encontrada en 5 lugares distintos con la presencia de al menos 3 individuos en cada lugar.
- c. especie encontrada en 3 lugares distintos con la presencia de al menos 3 individuos en cada lugar.

3. especies preferidas menos de un 20%
2. especies preferidas entre un 21-60%
1. especies preferidas en más de un 60%

El número de encuestas en la Ciudad de México y Guadalajara fue de 300, en Monterrey 250, en Colima 200, en Puebla y Querétaro 100. La diferencia en el número de encuestas fue debido al tamaño y variabilidad de los resultados en las premuestras de las ciudades.

Inicialmente todas las especies de árboles urbanos fueron consideradas como abundantes solo por el hecho de estar presentes en algunas áreas verdes de cualquier ciudad, sin embargo hubo algunas (Cuadro 1), que fueron de las más abundantes y con las mayores preferencias como en la ciudad de Puebla el fresno, jacaranda y ficus benjamina, en Colima tabachin, colorín, arrayan y jacaranda, en la ciudad de México el fresno, liquidámbar, álamo plateado, ahuehuete y en Querétaro el encino blanco presentó abundancia y preferencia muy buena, sin embargo el mezquite, colorín, aroma, ceiba y lima silvestre fueron muy preferidas.

Existe una gran diversidad de especies arbóreas utilizadas como urbanas, Chacalo *et al.*, 2009 y Martínez y Chacalo 1994 mencionan y describen una muy buena cantidad utilizadas en la Ciudad de México, sin embargo de toda esta diversidad presente, y dada la heterogeneidad de los habitantes de las diferentes ciudades la preferencia por algunas es manifestada, como por las especies frutales como la lima silvestre, ciruela y durazno, que aunque no son tan abundantes como otras debe ser considerado el aumento de ellas y otras frutales ya que el cuidado y manejo de la mayoría de ellas dependerá, en gran medida, de los residentes. Esto implica, que en la selección de especies deben de considerarse una gran cantidad de factores como: adaptación y morfología adecuadas al medio, tolerancias a un gran cantidad de factores ambientales propios de la ciudades, espacios disponibles de plantación, tipos de suelos, usos múltiples que proporcionen las especies, identidad de la especie con los residentes del lugar, entre otros.

9.2.3 Aptitud Urbana

Se seleccionaron aquellas especies preferidas en más de un 60% (1) y se clasificaron según su origen, ubicación potencial y sus características morfológicas además se consideró que el origen fuera preferentemente México, Norte América o América, cuyas recomendaciones ofrecieran pocas limitantes y cuya aptitud fuera preferentemente de media alta a muy alta (Tabla 9.1).

Tabla 9.1 Aptitud Urbana de 20 especies arbóreas

N. Científico	A	B	C	D	E	F	G	Tipo de raíz	Aptitud urbana	%
<i>Taxodium mucronatum</i>	3	4	1	2	2	1	2	Profunda	Media baja	70
<i>Leucaena leucocephala</i>	6	5	5	1	5	2	6	Pivotante	Media alta	80
<i>Acacia farnesiana</i>	4	3	5	1	4	4	4	Pivotante profunda	Media alta	80
<i>Zanthoxylum fagara</i>	4	4	4	1	4	4	ND	Pivotante profunda	Alta	90
<i>Psidium guajaba</i>	5	3	4	3	4	4	4	Extendida, compacta, no superficial	Media alta	80
<i>Erythrina americana</i>	6	4	4	1	4	1	5	Extendida, mediana, superficial, agresiva	Media alta	80
<i>Ceiba pentandra</i>	3	3	4	1	4	3	1	Extendida, algo superficial	Media baja	70
<i>Psidium sellowiana</i>	5	4	4	1	5	4	1	Pivotante, compacta	Muy alta	100
<i>Chorisia insignis</i>	4	5	5	1	5	4	3	Pivotante	Alta	90
Jacaranda mimosifolia	4	4	2	3	3	3	2	Extendida, superficial, mediana	Media baja	70

<i>Psidium Sartorianum</i>	5	3	4	3	4	3	ND	Pivotante profundo	Alta	90
<i>Tabeuia rosea</i>	4	3	ND	1	4	5	ND	Extendida y profunda	Media alta	80
<i>Fraxinus udhei</i>	4	3	4	4	4	4	ND	Extendida, profunda, agresiva	Media alta	80
<i>Quercus rugosa</i>	4	4	4	4	4	3	4	Superficiales	Alta	90
<i>Liquidambar styraciflua</i>	4	3	1	3	1	1	3	Extendidas, profunda, mediana	Muy alta	100
<i>Cornus florida</i>	3	2	5	5	3	3	4	ND	Media alta	80
<i>Platanus occidentalis</i>	ND	4	5	4	4	4	4	Extendida, profunda	Media baja	70
<i>Cordia boissieri</i>	5	4	4	4	4	2	4	Extendidas medianas	Muy alta	100
<i>Citrus aurantium</i>	4	4	4	1	2	4	3	Extendida, profunda	Muy alta	100
<i>Ficus benjamina</i>	4	4	4	3	4	4	3	Superficial, extendida	Media alta	80

9.2.4 Escala

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1. Susceptible | A. Tolerancia a la poda |
| 2. Poco Tolerante | B. Tolerancia a la contaminación ambiental |
| 3. Medianamente tolerante | C. Tolerancia a sequia |
| 4. Tolerante | D. Tolerancia a helada |
| 5. Muy Tolerante | E. Tolerancia a suelos pobres |
| 6. Extremadamente tolerante | F. Tolerancia a sombra |
| ND. No disponible | G. Tolerancia a vientos |

De la diversidad de especies presentes en las diferentes áreas verdes muestreadas en las ciudades se encontró una aptitud urbana diversa, sin embargo, las especies que resultaron con una mayor aptitud urbana son el naranjo agrio, la anacahuita, liquidambar, Encino blanco, arrayán, y lima silvestre. Las especies que mostraron una menor aptitud son el ahuehuete, jacaranda, platanus y ceiba, esto fue debido principalmente al espacio que estas especies requieren para que tengan un óptimo crecimiento, el tipo de raíz que presentan y a la demanda de agua. Hay que considerar que en las áreas urbanas el espacio destinado a las áreas verdes cada vez es menor, por lo que debemos buscar introducir especies que demanden menos espacios y agua y además tengan raíces que no dañen infraestructura urbana como las banquetas y otros.

9.2.5 Beneficios ambientales y Beneficios físicos y arquitectónicos

En este apartado únicamente se presenta la presencia o ausencia de las 2 categorías de servicios ambientales que presentan las diferentes especies de árboles urbanos según sus características morfológicas y el resultado de las encuestas aplicadas, (Tabla 9.2).

Tabla 9.2 Beneficios ambientales y psicológicos potenciales de las especies seleccionadas

Nombre científico	Nombre común	Beneficios Ambientales	Beneficios a la salud mental y física	%
<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuete/Sabino	a, b, c, d	a, c, d, e, f, g	91
<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje	b	c, d, f	36
<i>Acacia farnesiana</i>	Aromo	a, c, d	b, c, d, f	64
<i>Zanthoxylum fagara</i>	Lima Silvestre	d	a, b, d	36
<i>Psidium guajaba</i>	Guayabo	a, b, c	a, c, e, g	64
<i>Erythrina americana</i>	Colorín	a, b, c	a, c, e, f, g	73
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	a, b, c, d	a, c, d, e, f, g	91
<i>Psidium sellowiana</i>	Guayabo Fresa	d	a, b, d, f, g	54.5
<i>Chorisia insignis</i>	Palo borracho	b, d	a, c, g	45.5
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	a, b, c, d	a, c, e, f, g	82
<i>Psidium Sartorianum</i>	Arrayán	a, b, c, d	b, d, e, f, g	82

<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa Morada	a, b, c	a, c, e, g	64
<i>Fraxinus udhei</i>	Fresno	a, b, c, d	a, b, c, d, e, f, g	100
<i>Quercus rugosa</i>	Encino blanco	b,c,d	a, c, d, f, g	73
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	b, d	a, b, d, f, g	64
<i>Cornus florida</i>	Corona de San Pedro	a, b, c, d	a, c, d, e	73
<i>Platanus occidentalis</i>	Álamo rio o Sicomoro	d	b, d, f	36
<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita	a, b, d	a, b, c, d, f	73
<i>Citrus aurantium</i>	Naranja Agrio	d	a, b, c, d, e, f, g	73
<i>Ficus benjamina</i>	Ficus benjamina	b, d	b, d	34

Simbología para servicios ambientales:

- Modificaciones microclimáticas.
- Hidrología urbana.
- Reducción de ruido.
- Parte fundamental del ecosistema urbano.

Simbología para beneficios a la salud mental y física:

- Proveen de colores, formas, texturas y patrones en el paisaje.
- Suavizan las líneas arquitectónicas y acentúan los detalles estructurales.
- Forman panoramas, cuadros visuales, proporcionan puntos focales, y definen espacios.
- Rompen la monotonía del pavimento y la construcción.
- Hacen atractivas las áreas de juego.
- Unifican, dan coherencia a escenas visuales caóticas.
- Resaltan las estaciones.

La especie que fue identificada con mayor aportación a los servicios ambientales fue el fresno, seguida por el ahuehuate y ceiba, las que menos aportaron fueron la leucaena, lima silvestre y el platanus. Sin embargo, es muy importante que en investigaciones posteriores se realice una evaluación de dichos servicios ya que aquí solo se presenta la presencia o ausencia de los mismos.

9.3 Conclusiones y Recomendaciones

Los mexicanos nos sentimos bien, rodeados de “verde”, sin embargo es común la falta de conocimiento al respecto de los árboles, no conocemos sus necesidades, sus ciclos, sus enfermedades, sus riesgos, sus beneficios, sus características e incluso no conocemos sus nombres. Lo anterior hace complicada la valoración de los mismos, ya que pudieran sobre valorarse árboles que representan riesgos o subvalorarse árboles bien ubicados pero no muy “llamativos”.

La falta de interés en algo más que el uso de las áreas verdes y la decisión colectiva de delegar su establecimiento y mantenimiento al gobierno representa uno de los obstáculos más importantes hacia una cultura de valoración de los árboles y las áreas verdes urbanas en México.

Las áreas verdes urbanas constituyen una parte muy importante de las ciudades en México, sin embargo el diseño, el establecimiento y el mantenimiento de dichas áreas, en general, no se hace de manera planificada ni sistematizada, por lo que muchos de los árboles han sido mal seleccionados, están mal ubicados, maltratados, desmochados, aislados y en muchos de los casos constituyen un problema más que un beneficio.

Existe una gran variedad de climas en las ciudades mexicanas, de hojosas que se adaptan a las zonas urbanas, grandes ciudades, servicios ambientales y una gran cantidad de parámetros de valoración que no se tratan en este trabajo y que son relevantes en el esfuerzo hacia la valoración de árboles y de áreas verdes en México.

Por lo que podremos empezar a valorar los recursos naturales que no vemos pero destruimos y entonces encaminar nuestros esfuerzos hacia la eficiencia y suficiencia de nuestros centros urbanos. Se recomienda ampliamente realizar evaluaciones más detalladas de los parámetros presentados en esta investigación.

9.4 Fichas técnicas de algunas especies arbóreas

Figura 9

Aromo/Huizache
Acacia farnesiana
Origen: América

Atributo	Características
Sistema Radicular	Pivotante, profunda
Clima	Cálido y semicálido, no tolera heladas.
Suelo	Prospera en una gran variedad de suelos, desde muy arcillosos hasta muy arenosos.
Forma	Redondeada
Tronco	Tronco corto y delgado, ramificado desde la base. Ramas ascendentes, provistas de espinas. Corteza gris oscuro, externa, lisa.
Altura	De 3 a 5 m
Follaje	Hojas plumosas, alternas, aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinnadas, de 2 a 8 cm de largo.
Tipo Crecimiento	Rápido
Floración y Fruto	Flores en cabezuelas de color amarillo brillante, muy perfumadas, de 5 mm de largo, apiñadas en bolas densas y mullidas. Fruto en vainas moreno rojizas, semiduras.
Respuesta a la poda	Buena
Distancia entre árboles	3m
Propagación	Por Semilla, esquejes
Tolerancia a la contaminación ambiental	Mediana

Ubicación Recomendada			
Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes	*
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines	*

Figura 9.1

Alhuhuete/Sabino
Taxodium macronatum
Origen: América

Atributo	Características
Sistema Radicular	Pivotante extendido
Clima	Templado, no tolera bajas temperaturas por mucho tiempo.
Suelo	Medios francos y que retengan humedad.
Forma	Redonda a cónica
Tronco	Tronco recto, corteza rojiza y escamosa, puede alcanzar varios metros de diámetro.
Altura	De 15 a 40m
Follaje	Hojas alternas, lanceoladas, planas, delgadas y agudas de color verde claro tornándose amarillas rojizas al caer.
Tipo Crecimiento	Lento
Floración y Fruto	Primavera, conos globosos de color púrpura y en racimos.
Respuesta a la poda	Mediana
Distancia entre árboles	20m
Propagación	Por semilla
Longevidad	De 200 a 300 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Mediana

Ubicación Recomendada			
Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes	
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines	*

Figura 9.2

Lima Silvestre
Zanthoxylum fagara
Origen: América



Atributo	Características
Sistema Radicular	Pivotante, profunda
Clima	Cálido y semicálido, no tolera heladas
Suelo	Se adapta bien en varios tipos de suelo
Forma	Redondeada
Tronco	Delgado, marrón, con espinas
Altura	2 a 10 m
Follaje	Hojas ovadas, divididas en hojuelas que varían entre 7 y 9. Verde. Perennifolia.
Tipo Crecimiento	Rápido
Floración y Fruto	Las flores son amarillas verdosas y tienen semillas negras. Fruto redondo carnosos color negro.
Respuesta a la poda	Buena
Distancia entre árboles	2m
Propagación	Por semilla, esquejes
Tolerancia a la contaminación ambiental	Buena

Ubicación Recomendada

Jardineras	*	Camellones 0-1 mts		Glorietas grandes	*
Banquetas 0-1 mts		Camellones 1-2 mts		Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts		Camellones 2-4 mts	*	Parques	*
Banquetas 2-5 mts		Camellones 4-o más	*	Jardines	*

Figura 9.3

Guayabo
Psidium guajaba
Origen: América Central



Fotos: Johana Uribe

Atributo	Características
Sistema Radicular	Extendido, compacto, no superficial.
Clima	Templado, no tolera bajas temperaturas por mucho tiempo.
Suelo	Progresar en suelos calizos, con problemas de drenaje.
Forma	Irregular
Tronco	Tronco generalmente torcido, ramas ascendentes y retorcidas. De hasta 0.40m de diámetro
Altura	De 3.5 a 8m
Follaje	Hojas simples, de color verde y textura media. Perennifolio.
Tipo Crecimiento	Medio
Floración y Fruto	Flores blancas primarias, fruto esférico, elipsoidales, amarillento.
Respuesta a la poda	Buena, requiere poda de formación
Distancia entre árboles	6m
Propagación	Por semilla, esqueje
Longevidad	90 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Alta

Ubicación Recomendada

Jardineras		Camellones 0-1 mts		Glorietas grandes	
Banquetas 0-1 mts		Camellones 1-2 mts		Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts		Camellones 2-4 mts		Parques	*
Banquetas 2-5 mts		Camellones 4-o más	*	Jardines	*

Figura 9.4

Colorín
Erythrina americana
Origen: América del Sur

			
Atributo	Características		
Sistema Radicular	Extendido, superficial.		
Clima	Templado, no tolera bajas temperaturas		
Suelo	Cualquier tipo de suelos		
Forma	Irregular		
Tronco	Tronco sinuoso y color verde amarillento, agrietado, ramas espinosas. De hasta 0.50m de diámetro		
Altura	De 4 a 9 m		
Pollaje	hojas compuestas con espinas en el pedúnculo, de color verde claro. Gafucifolio. Denso		
Tipo Crecimiento	Rápido		
Floración y Fruto	Flor racimos de 2-3 color rojo, fruto vaina semilla roja.		
Respuesta a la poda	Muy buena. No necesita.		
Distancia entre árboles	5m		
Propagación	Por semilla		
Longevidad	90 años		
Tolerancia a la contaminación ambiental	Tolerante al smog, susceptible a Dióxido de Azufre y Plomo.		
Ubicación Recomendada			
Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes	
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines	*

Fotos: Johana Uribe

Figura 9.5

Ceiba
Ceiba pentandra
Origen: América tropical

			
Atributo	Características		
Sistema Radicular	Extendido algo superficial		
Clima	Tropical, no tolera bajas temperaturas.		
Suelo	Suelos profundos, buen drenaje húmedos.		
Forma	Semi-redondo		
Tronco	Tronco recto, espinoso cuando joven, espinas presentes en ramas gruesas, corteza color gris. De hasta 2.5m de diámetro		
Altura	Hasta 35m		
Pollaje	hojas compuestas palmeadas, de color verde claro. Caducifolio. Mediano.		
Tipo Crecimiento	Rápido		
Floración y Fruto	Blancas en ramillete, fruto como vaina contiene fibras.		
Respuesta a la poda	Media		
Distancia entre árboles	20 m		
Propagación	Por semilla		
Longevidad	130 años		
Tolerancia a la contaminación ambiental	Media		
Ubicación Recomendada			
Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes	
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines	*

Fotos: SEMADES

Figura 9.6

Guayabo fresa
Psidium sellowiana
Origen: América tropical

Atributo	Características
Sistema Radicular	Pivotante, compacto.
Clima	Cálido y semicálido, no tolera bajas temperaturas.
Suelo	Excepto suelos salinos.
Forma	Irregular columnar.
Tronco	Tronco retorcido y ramifica cerca de su base, ramas cubiertas por corteza laminar. De hasta 0.20m de diámetro.
Altura	Hasta 3.5m
Follaje	hojas lanceoladas, alternas, color verde brillante. Perennifolio. Mediano.
Tipo Crecimiento	Lento
Floración y Fruto	Primavera, color blancas, fruto rojo oblongo en verano.
Respuesta a la poda	Buena. No requiere
Distancia entre árboles	2m
Propagación	Por semilla, acodo aéreo
Longevidad	70 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Alta

Ubicación Recomendada					
Jardineras	*	Camellones 0-1 mts	*	Glorietas grandes	*
Banquetas 0-1 mts	*	Camellones 1-2 mts	*	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	*	Camellones 2-4 mts	*	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	*	Camellones 4-o más	*	Jardines	*

Figura 9.7

Falo borracho
Chorisia insignis
Origen: Brasil

Atributo	Características
Sistema Radicular	Pivotante
Clima	Cálido húmedo, no tolera bajas temperaturas
Suelo	Casi cualquier tipo de suelo
Forma	Oval
Tronco	Presenta un marcado engrosamiento en su parte central, ahusándose hacia los extremos superior e inferior; hasta de 2m de diámetro, le sirve para almacenar agua, pudiendo así resistir meses de sequía. La corteza es lisa en los jóvenes, y de color verdoso con la edad se endurece y torna grisácea. Cubierto de espinas.
Altura	Hasta 15m
Follaje	Hojas con peciolo de 6-12 cm de longitud y 5 a 7 folíolos obovados, de margen serrado, acuminados, glabros, con peciolo de unos 2 cm de longitud y limbo de 6-7 cm de longitud y 3.5-4 cm de anchura. Caducifolio.
Floración y Fruto	Flores aisladas sobre cortos pedicelos no bustos. Pétalos blancos o crema, pelosos en la cara externa. Cápsulas oblongas verdosas y lisas, que se abren en 5 valvas. Semillas globosas envueltas en lana blanca.
Respuesta a la poda	Buena. No requiere.
Distancia entre árboles	4 m
Propagación	Por semillas
Tolerancia a la contaminación ambiental	Buena

Ubicación Recomendada					
Jardineras	*	Camellones 0-1 mts	*	Glorietas grandes	*
Banquetas 0-1 mts	*	Camellones 1-2 mts	*	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	*	Camellones 2-4 mts	*	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	*	Camellones 4-o más	*	Jardines	*

Figura 9.8

Jacaranda
Jacaranda mimosifolia
Origen. Brasil







Foto: Johana Uribe

Atributo	Características
Sistema Radicular	Extendido, superficial.
Clima	Tropical, no tolera heladas.
Suelo	Profundos, ricos en materia orgánica, lo afectan sales.
Forma	Extendida, semiesférica.
Tronco	Tronco recto, corteza rugosa, color verde grisácea. De hasta 0.70m de diámetro
Altura	Hasta 12m
Follaje	Hojas opuestas bipinadas, hasta con 16 pares de pinnas, cada una sostiene 14 a 24 pares de folíolos ovales de 15 a 20 cm. Caducifolio. Mediano
Tipo Crecimiento	Rápido
Floración y Fruto	Flor lila en primavera, fruto cápsula leñosa, planas.
Respuesta a la poda	Media
Distancia entre árboles	10 m
Propagación	Por semilla
Longevidad	80 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Buena

Ubicación Recomendada

Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes *
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques *
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines *

Figura 9.9

Arrayán
Psidium sartorianum
Origen. México






Foto: SEMADES

Atributo	Características
Sistema Radicular	Pivotante, profundo
Clima	Semicálido, tolera bajas temperaturas
Suelo	Se acondiciona a varios tipos de suelos
Forma	Irregular
Tronco	Tronco erecto, corteza rojiza grisácea con laminillas. Hasta 0.5m de diámetro
Altura	Hasta 10m
Follaje	Hojas enteras, opuestas, simples, coriáceas y aromáticas, color verde claro. Perennifolio. Mediano.
Tipo Crecimiento	Mediano
Floración y Fruto	Primavera flores blancas, frutos baya redondo-oval.
Respuesta a la poda	Buena
Distancia entre árboles	10m
Propagación	Por semilla
Longevidad	60 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Media

Ubicación Recomendada

Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes *
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques *
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines *

Figura 9.10

Rosa Morada
Tebeúia aurea
Origen: América Tropical

<p>Fotos: Johana Uribe</p>		Atributo		Características		
		Sistema Radicular	Extendido y profundo			
		Clima	Tropical, húmedo, no tolera bajas temperaturas			
		Suelo	Se acondiciona a varios tipos de suelos			
		Forma	Irregular			
		Tronco	Tronco recto, corteza fisurada y suberificada, de aspecto compacto, color café grisáceo oscuro. De hasta 0.80m de diámetro			
		Altura	Hasta 20 m			
		Follaje	Hojas decusadas, compuestas, de 10-35 cm de longitud, folíolos 5, lanceolados. Caducifolio. Mediano.			
		Tipo Crecimiento	Rápido			
		Floración y Fruto	Flores color rosado, primavera, fruto vaina de 22-38 cms.			
Respuesta a la poda	No requiere					
Distancia entre árboles	6m					
Propagación	Por semilla					
Longevidad	90 años					
Tolerancia a la contaminación ambiental	Media					
Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes				
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes		*		
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques		*		
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	*	Jardines	*		

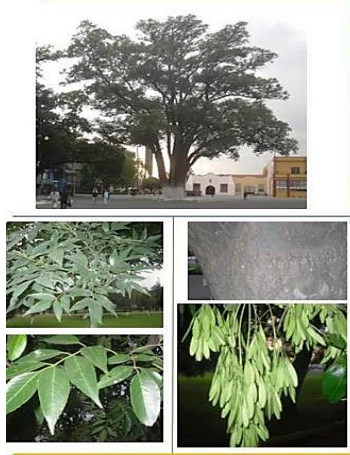
Figura 9.11

Ficus/ benjamina
Ficus benjamina
Origen: Trópico

<p>Fotos: Johana Uribe</p>		Atributo		Características		
		Sistema Radicular	Superficial, extendida.			
		Clima	Tropical, no tolera las heladas.			
		Suelo	Se acondiciona a varios tipos de suelo			
		Forma	Redonda			
		Tronco	Tronco recto, grisáceo acompañado con raíces aéreas, ramas flexibles. Hasta 0.75m de diámetro			
		Altura	Hasta 15m			
		Follaje	hojas alternas, persistentes, a veces coriáceas, otras herbáceas, con nervaduras, forma ovalada, ápice acuminado. Perennifolio. Denso			
		Tipo Crecimiento	Rápido			
		Floración y Fruto	Los frutos son pequeños, redondos, rojo oscuro.			
Respuesta a la poda	Buena					
Distancia entre árboles	10m					
Propagación	Acodo aéreo					
Longevidad	60 años					
Tolerancia a la contaminación ambiental	Buena					
Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes				
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes		*		
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques		*		
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	*	Jardines	*		

Figura 9.12

Fresno
Fraxinus udhei
Origen: México



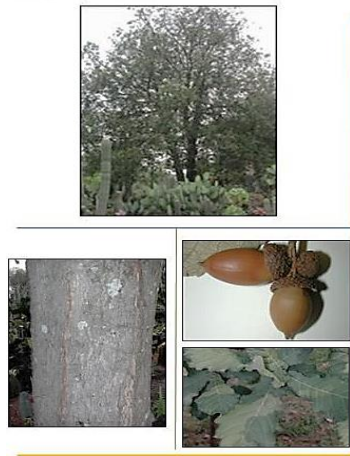
Fotos: Jehena Uribe

Atributo	Características
Sistema Radicular	Extendido, profundo.
Clima	Templado, no tolera heladas.
Suelo	Se acondiciona a diversos tipos de suelos.
Forma	Redonda irregular.
Tronco	Tronco recto y cilíndrico, corteza gris fisurada. De hasta 1m de diámetro
Altura	Hasta 40m
Follaje	Hojas opuestas, de 20 a 25 cm de largo, compuestas por 9-11 folíolos lanceolados, aserrados, color verde oscuro y pálido por el envés. Caducifolio. Denso.
Tipo Crecimiento	Rápido
Floración y Fruto	Flores en racimos (amentos), fruto alado en verano.
Respuesta a la poda	Buena. No requiere
Distancia entre árboles	10 m
Propagación	Por semilla
Longevidad	Hasta 100 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Tolerante al smog. Susceptible al ozono. Acumula polvo en su follaje

Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes	
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines	*

Figura 9.13

Encino blanco/Rompe hacha
Quercus rugosa
Origen: Norte América



Fotos: Árboles UNAM

Atributo	Características
Sistema Radicular	Superficial
Clima	Templado frío y semifrío. Tolerante heladas.
Suelo	Se acondiciona a diversos tipos de suelos.
Forma	Amplia y redondeada
Tronco	Ramillas de 3 a 6 mm. de grueso, tomentulosas al principio, después casi glabras, color café grisáceo. Corteza con fisuras profundas color café oscuro. De hasta 0.80m de diámetro
Altura	Hasta 20m
Follaje	Hoja ovada a elíptica, al madurar suavemente engrosadas y rígidas, notablemente cóncavas por el envés, muy rugosas; haz lustroso y glabro, envés de color ámbar o rojizo.
Tipo Crecimiento	Lento
Floración y Fruto	Amentos masculinos con muchas flores, flores femeninas distribuidas a lo largo de un pedúnculo largo, delgado y pubescente. Fruto anual, o la mitad de su largo incluida en la cúpula hemisférica y con escamas café-pubescentes.
Respuesta a la poda	Buena
Distancia entre árboles	5
Propagación	Por semilla, tocones
Longevidad	De 100 a 150 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Tolerante al smog y a los fluoruros

Jardineras	Camellones 0-1 mts	Glorietas grandes	
Banquetas 0-1 mts	Camellones 1-2 mts	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	Camellones 2-4 mts	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	Camellones 4-o más	Jardines	*

Figura 9.14

Liquidambar
Liquidambar styraciflua
Origen: Norte América

Atributo	Características
Sistema Radicular	Extendido, profundo.
Clima	Templado-frío, no tolera altas temperaturas.
Suelo	Arcillosos, húmedos, profundos.
Forma	Oval
Tronco	Tronco recto, corteza grisácea, gruesa, hendida.
Altura	Hasta 20m
Follaje	Hojas alternas, palmeadas de 5 a 7 lóbulos, de 10 a 18 cm de ancho, peciolo de 6-12 cm. Un poco aserradas, verde oscuro, rojas en otoño. Caducifolio. Mediano
Tipo Crecimiento	Medio
Floración y Fruto	Flor blanca amento primavera, fruto espinoso redondo.
Respuesta a la poda	Media
Distancia entre árboles	5m
Propagación	Por semilla
Longevidad	70 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Medianamente tolerante al smog, al Ozono y los fluoruros

Jardineras	*	Camellones 0-1 mts	*	Glorietas grandes	*
Banquetas 0-1 mts	*	Camellones 1-2 mts	*	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	*	Camellones 2-4 mts	*	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	*	Camellones 4-o más	*	Jardines	*

Figura 9.15

Naranja Agrío
Citrus aurantium
Origen: Asia Tropical

Atributo	Características
Sistema Radicular	Extendido profundo.
Clima	Subtropical, no tolera heladas.
Suelo	Suelos profundos bien drenados, migajones arcillosos.
Forma	Redonda
Tronco	Tronco recto y corto, corteza lisa color verde grisáceo, ramas jóvenes color verde y con largas espinas. Des: hasta 0.35m de diámetro
Altura	Hasta 6m
Follaje	hojas ovalado-oblongas, acuminadas, de 7-10 cms. de log. Verde oscuro. Perennifolio. Denso
Tipo Crecimiento	Rápido
Floración y Fruto	Blancas fragantes primavera, fruto globoso aplastado.
Respuesta a la poda	Buena
Distancia entre árboles	5m
Propagación	Por semilla
Longevidad	100 años
Tolerancia a la contaminación ambiental	Buena

Ubicación Recomendada					
Jardineras	*	Camellones 0-1 mts	*	Glorietas grandes	*
Banquetas 0-1 mts	*	Camellones 1-2 mts	*	Jardines Ext. grandes	*
Banquetas 1-2 mts	*	Camellones 2-4 mts	*	Parques	*
Banquetas 2-5 mts	*	Camellones 4-o más	*	Jardines	*

9.5 Referencias

Chacalo, H. A., Corona, V., Nava, E. (2009). *Árboles y Arbustos para Ciudades*. Prerensa digital SA de CV. Universidad Autónoma Metropolitana. México DF. 595p.

Fasio, J.R. (1991). *The Right Tree for the Right Place*. Tree City USA Bulletin No. 4. The National Arbor Day Foundation. Nebraska. USA. 8p.

Fasio, J.R. (1994). *How To Select And Plant A Tree*. Tree City USA Bulletin No. 19: The National Arbor Day Foundation. Nebraska. USA

- Fasio, J.R. (1994). *How Trees Can Save Energy*. Tree City USA. Bulletin No. 21. The National Arbor Day Foundation. Nebraska. USA
- García, R.I., Linares, L. A (2013). *Árboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano*. El colegio de Michoacán. Instituto Politécnico Nacional- CIIDIR Unidad Michoacán. 304p.
- Kielbaso, J. (1990). *Trends and issues in city forests*. Journal of Arboriculture 16(3):69–76
- Krishnamurthy L. & Rente, N, J.(1997). *Áreas verdes urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Banco interamericano de desarrollo. México
- Maueucci, L.(1982). *Metodología para el estudio de la Vegetación*. Universidad Nacional Experimental Francisco Miranda. Venezuela.
- Martínez, L y Chacalo, A. (1994). *Los árboles de la Ciudad de México*. UAM, Azcapotzalco. Grupo Editorial Eón. México DF. 351 p.
- Miller, R.W. (2007). *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces*, second edition. Waveland Press, Long Grove, Illinois, U.S. 502 p.
- More, T.; T. Stevans & Allen, P. (1988). *Valuation of Urban Parks*. Landscape and Urban Plann. 15:139:152.
- Pierce, P.A. (1980). *Urban forestry productivity*. Journal of Arboriculture 6(10):279–280.
- Uribe, B.J. (2010). *Parámetros de valoración económica de las especies arbóreas predominantes en las áreas verdes urbanas*. Tesis de maestría. Chapingo México. 96p.
- Vogt, J. Hauer, R.J. Fischer, B.C. (2015). *The cost of maintaining and not maintaining the urban forest : a review of the urban forestry and arboriculture literatura*. Arboriculture & Urban Forestry 41(6). 293-321

El Aluminio promueve el crecimiento e incrementa el contenido de macronutrientos en cultivares mexicanos de arroz

GARCÍA-MORALES, Soledad, TREJO-TÉLLEZ, Libia I. y GÓMEZ-MERINO, Fernando C.

S. García, L. Trejo y F. Gómez

´Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.
C. P. 94961

´´Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México.
C. P. 56230

gmsoledad@gmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. García (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-II.-©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

Beneficial effects of aluminum (Al) have been reported in plant growth, especially in a hormetic dose-response. Nevertheless, the mechanisms that regulate such positive effects need to be further investigated. The aim of this study was to evaluate the effect of Al on growth and contents of macronutrient in four Mexican rice cultivars: Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo and Temporalero. Twenty-four day-old plants were grown in nutrient solution containing either 0 or 200 μM Al, for 20 days. Al stimulated growth both of roots and shoots in all four cultivars tested, being more notorious the increase in root growth, which was up to two-fold higher in comparison to the control. Contents of all nutrients were higher in plants grown with Al, and in some cases such contents were up to five-fold higher, such as K. We conclude that as a beneficial element, Al stimulates growth and accumulation of N, P, K, Ca and Mg in roots and shoots.

10 Introducción

La toxicidad por aluminio (Al) es un problema severo para la producción de cultivos en suelos ácidos (Poschenrieder *et al.*, 2008). No obstante, se han reportado efectos benéficos del Al en algunas especies que están bien adaptadas a suelos altamente erosionados y ácidos, especialmente en un efecto hormético dosis-respuesta. Los posibles mecanismos que favorecen el crecimiento de las plantas por efecto del Al incluyen la estimulación en la absorción de N, P y K (Osaki *et al.*, 1997), el incremento en la disponibilidad de Fe, así como de la protección contra la toxicidad por Mn (Pilon-Smits *et al.*, 2009). Estos efectos benéficos del Al (considerado generalmente como un elemento potencialmente tóxico y no esencial para plantas superiores), se puede atribuir a la mitigación de un estrés latente que conduce a una respuesta hormética (Poschenrieder *et al.*, 2013). El Al en suelos ácidos se encuentra en la forma iónica Al^{3+} (en pH superior a 5.5 se presentan formas hidroxiladas de Al). Se ha reportado que cuando se aplica Al en bajas concentraciones también puede estimular el crecimiento, mediante el aumento de la actividad antioxidante, incremento en la disponibilidad de P y disminución de la toxicidad del Fe (Ghanati *et al.*, 2005; Pilon-Smits *et al.*, 2009; Watanabe *et al.*, 2005). Estos efectos benéficos se han mostrado no solo en arroz (Osaki *et al.*, 1997; Roselló *et al.*, 2015), sino también en maíz (Piñeros *et al.*, 2005), triticale, alfalfa (Zhang *et al.*, 2007) y girasol (Ziaei *et al.*, 2014). Debido a estos efectos positivos, el Al puede ser utilizado como bioestimulante para inducir crecimiento de las plantas y aumentar la producción de los cultivos. No obstante, las investigaciones sobre los mecanismos relacionados con los efectos benéficos del Al en la fisiología de las plantas son relativamente escasas.

El arroz es uno de los cereales más importantes del mundo. En 2014, este cereal fue cultivado en 124 países, con una producción mundial de 741 millones de toneladas (FAOSTAT, 2015). Entre estos países, México cuenta con condiciones agroclimáticas favorables para su producción (Ortega-Arreola, 2014). Sin embargo, su cultivo ha sido desatendido y actualmente se importa más del 80% de este grano (Martínez-Damián y Hernández-Ortiz, 2012), lo que representa un reto para la seguridad alimentaria del país. Dado que el consumo per cápita de arroz blanco en México es de 7.0 kg, y ocupa el cuarto lugar en la dieta nacional de granos básicos, se requiere realizar investigación tendiente a mejorar la productividad de este cultivo. En México se cultivan más de 54 mil ha de arroz con una producción de 234 mil 690 t y un rendimiento medio de 4.8 t ha⁻¹. Si se compara este rendimiento con las 12.5 t ha⁻¹ que se pueden obtener en China o Japón (Martínez, 2013), es evidente que en México existe una gran necesidad por mejorar este indicador y la nutrición vegetal juega un papel importante en el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos. De ahí que el uso de elementos benéficos como el Al surge como una alternativa prometedora para mejorar estos índices de producción, aunado a que se ha demostrado que el arroz posee mecanismos más eficientes para metabolizar Al, en comparación con otros cereales como maíz, sorgo y trigo (Famoso *et al.*, 2010; 2011).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del aluminio (0 y 200 μM) en el crecimiento y contenido de N, P, K, Ca y Mg en plantas de cuatro cultivares mexicanos de arroz, durante la etapa vegetativa del cultivo.

10.1 Materiales y métodos

10.1.1 Cultivares de arroz y condiciones experimentales

Se utilizaron cuatro cultivares mexicanos de arroz (*Oryza sativa* L. ssp. indica): Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero, provenientes del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México (18° 39' LN, 99° 12' LO+, 910 msnm).

Previo a la germinación, las semillas fueron desinfectadas con etanol al 70% durante 7 min, después remojadas en hipoclorito de sodio al 3% y una gota de Tween[®] 20 durante 30 min. Posteriormente, fueron enjuagadas con agua estéril cinco veces y secadas en papel filtro para después ser colocadas en frascos con medio MS (Murashige y Skoog, 1962), suplementado con 3% (p/v) de sacarosa y solidificado con 0.8% de agar. Los frascos fueron incubados en oscuridad a 28 °C durante 72 h.

Once días después de la germinación, las plantas fueron trasplantadas en recipientes con 12 L de solución nutritiva Yoshida, con las siguientes concentraciones: 1.43 mM NH_4NO_3 , 1.00 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.64 mM $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1.3 mM K_2SO_4 , 0.32 mM $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.00 mM Fe-EDTA, 7.99 μM $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.15 μM $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.15 μM $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.075 μM $(\text{NH}_4)_6\text{M}_2\text{O}_7 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ y 1.39 μM H_3BO_3 (Yang *et al.*, 1994). El pH de la solución fue ajustado a 5.5. Después de 13 días del trasplante, la solución nutritiva fue completamente reemplazada y las plantas de arroz fueron crecidas en el tratamiento testigo (sin Al) o sometidas a tratamiento con Al (200 μM AlCl_3 a pH 4.2) durante 20 días. La solución hidropónica fue renovada cada 4 días. Esta fase experimental se llevó a cabo en invernadero.

10.1.2 Crecimiento relativo de planta

Las plantas tratadas con 0 y 20 μM se colectaron después de 20 días, luego se separaron en vástago y raíz. La altura de planta fue determinada midiendo de la base del vástago a la punta de la hoja bandera. El crecimiento de la raíz fue determinado midiendo de la base del vástago a la punta de la raíz más larga. El crecimiento relativo fue determinado dividiendo el valor de crecimiento de vástago y raíz en el tratamiento con Al sobre el crecimiento de las plantas testigo (sin Al) $\times 100\%$.

10.1.3 Contenido nutrimental

Para obtener el contenido nutrimental se determinó el peso de la materia seca y la concentración nutrimental. El peso de la materia seca se estimó 48 h después de secar las muestras a 70 °C en una estufa de circulación de aire forzado (Rissa Brand HCF-125D, Monterrey, N.L., México).

Una vez que las muestras estuvieron secas, éstas se molieron, pesaron y se sometieron a digestión húmeda con una mezcla de ácidos perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). Para la determinación de Al, P, K, Ca y Mg, los extractos obtenidos fueron analizados y leídos en un equipo de espectrometría de emisión atómica de inducción por plasma acoplado (Agilent ICP-AES, modelo 725-ES, Victoria, Australia). La determinación de N total se llevó a cabo empleando el método Semimicro-Kjeldahl descrito por Bremner (1996), usando una mezcla catalítica, agregando ácido sulfúrico-salicílico para la digestión.

10.1.4 Análisis estadístico

Los resultados mostrados son medias \pm desviación estándar, de al menos cuatro plantas independientes por variedad y tratamiento. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el software estadístico SAS (SAS Institute, 2009).

Se realizó análisis de varianza por ANOVA así como comparación de medias usando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 95% ($P \leq 0.05$), para determinar diferencias estadísticas.

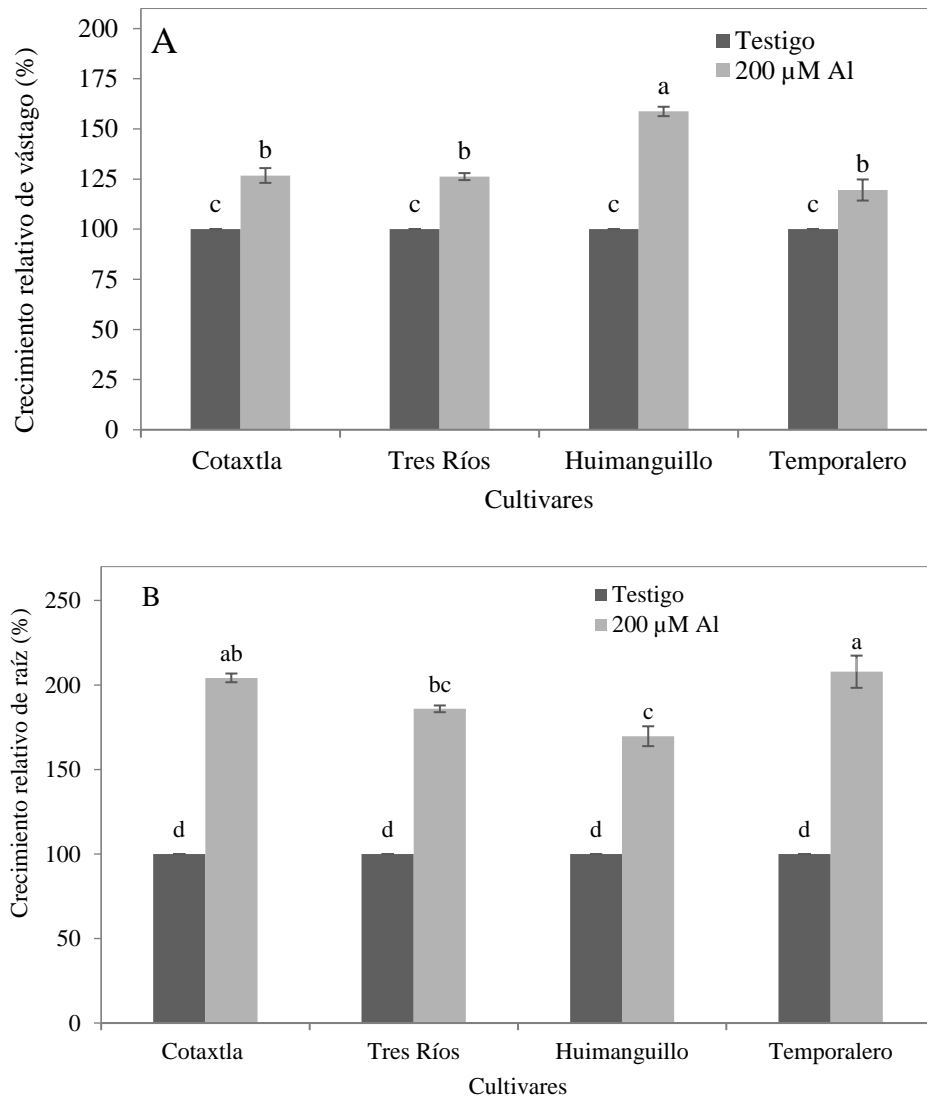
10.2 Resultados

En este trabajo se evaluó la aplicación de 0 y 200 μM de Al en el crecimiento y contenido de macronutrientes en plantas de cuatro cultivares de arroz. El crecimiento relativo del vástago (parte aérea) en plantas crecidas en presencia de Al fue 26% en los cultivares Cotaxtla y Tres Ríos; mientras que en Huimanguillo se incrementó el crecimiento relativo 58%.

El menor crecimiento relativo de vástago se observó en Temporalero con sólo 19% (Gráfico 10A). El efecto más notable del Al se obtuvo en el crecimiento de raíz (Figura 10). En los cultivares Cotaxtla y Temporalero expuestos a Al se registró más del doble de longitud de raíz que el testigo, mientras que en Tres Ríos se registró 85% de crecimiento relativo de raíz y en Huimanguillo de 69% (Gráfico 10B).

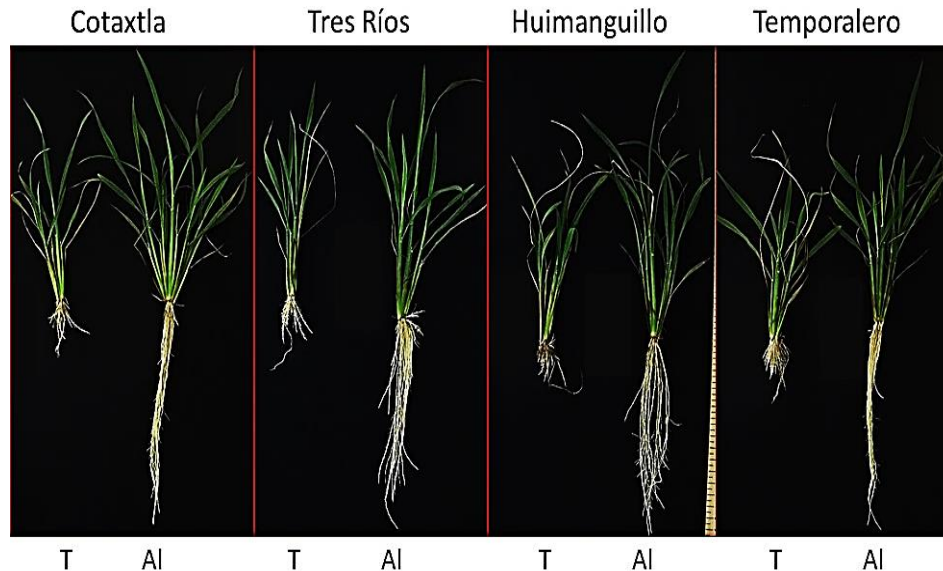
Resultados semejantes han sido reportados en otros cultivares de arroz, donde la aplicación de diferentes concentraciones de Al promovieron el crecimiento tanto de vástago como de raíz (Osaki *et al.*, 1997; Moreno-Alvarado *et al.*, 2017). También se ha reportado estimulación del crecimiento en plantas de té (*Camellia sinensis* L.) expuestas a 50, 100 y 300 μM de Al (Hajiboland *et al.*, 2013). Otros resultados reportados en los cultivares de arroz Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero difieren los obtenidos en este trabajo, y aunque no se reporta estimulación, tampoco se indica reducción significativa de la altura de planta y de la longitud de raíz (Marín-Garza *et al.*, 2010; Gómez-Merino *et al.*, 2014).

Gráfico 10 Crecimiento relativo de vástago (A) y raíz (B) de plantas de los cultivares de arroz Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero bajo tratamiento con 0 (Testigo) y 200 μM de aluminio (Al) durante 20 días



Se presenta el promedio de cuatro plantas, \pm desviación estándar. Letras distintas en cada columna de cada subfigura indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$)

Figura 10 Crecimiento de vástago y raíz de los cultivares de arroz Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero. Las plantas fueron crecidas en 0 (T; Testigo) y 200 μM de aluminio (Al; Aluminio) durante 20 días



El contenido de Al fue superior en las plantas tratadas con 200 μM de Al en comparación con el testigo, en todos los cultivares evaluados. El mayor contenido de Al se encontró en vástago y raíz del cultivar Temporalero, en tanto que el menor contenido de este elemento se observó en vástago de Cotaxtla y en raíz de Huimanguillo.

El contenido de N fue mayor en vástago que en raíz, en los cuatro cultivares evaluados; y éste incrementó con la aplicación de Al en la solución nutritiva, comparado con el testigo. El mayor contenido de N se encontró en vástago de Cotaxtla y en raíz de Temporalero; en ambos casos el contenido de N fue dos veces más alto que en el testigo (Tabla 10).

A pesar de que se usaron reactivos grado analítico para la preparación de la solución nutritiva (pureza $\geq 99\%$) es posible encontrar cantidades traza de Al en el tratamiento testigo (0 μM Al), lo cual se ve reflejado en el contenido de Al en raíz y vástago de plantas crecidas en el tratamiento sin Al (0 μM). Situaciones semejantes se han observados en otros trabajos publicados (Marín-Garza *et al.*, 2010, Hajiboland *et al.*, 2013, Gómez-Merino *et al.*, 2014; Roselló *et al.*, 2015). Hajiboland *et al.* (2013) atribuyeron la acumulación de Al en hojas y raíz de plantas testigo al contenido de Al derivado de las semillas y los reactivos empleados en la solución nutritiva.

En el caso de Roselló *et al.* (2015) reportan concentraciones de Al superiores en el tratamiento testigo (sin Al) que en el tratamiento con 500 μM Al, en vástago de plantas de arroz Nipponbare, indicando que es el resultado de un mecanismo de exclusión de Al de este genotipo.

Tabla 10 Efecto del aluminio en el contenido (mg planta⁻¹) de aluminio (Al) y nitrógeno (N) en vástago y raíz de plantas de arroz, cultivares Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero, crecidas en solución nutritiva con 0 (testigo) y 200 µM Al, durante 20 días

Variedad	Aluminio (µM)	Aluminio (Al)		Nitrógeno (N)	
		Vástago	Raíz	Vástago	Raíz
Cotaxtla	0	7.6 c	0.0 c	9048.9 de	1551.7 cd
	200	17.4 ab	84.2 b	21821.1 a	3455.1 ab
Tres Ríos	0	8.1 c	0.3 c	8782.8 de	1856.4 cd
	200	20.5 a	76.2 b	15944.5 bc	2610.4 bc
Huimanguillo	0	5.4 c	0.0 c	6285.8 e	1101.6 d
	200	17.9 ab	59.8 a	14032.7 cd	2868.1 bc
Temporalero	0	11.5 bc	0.0 c	9948.4 de	1570.9 cd
	200	24.8 a	107.4 a	19634.4 ab	4622.4 a
Diferencia mínima significativa		9.0	22.7	5481.5	1351.5

Los datos representados en cada columna corresponden a la media de cuatro plantas independientes. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$)

Similar a lo encontrado en el contenido de N, el contenido de P y K fue mayor en el tratamiento con Al comprado con el testigo (Tabla 10.1). Debido a que se obtuvo mayor peso de materia seca en vástago que en raíz, el contenido de los macronutrientes es superior en vástago; aunque el efecto más visible del Al se tuvo en la longitud de raíz y en algunos casos en el número de macollos, como se observa en Cotaxtla (Figura 10).

Tabla 10.1 Efecto del aluminio en el contenido (mg planta⁻¹) de fósforo (P) y potasio (K) en vástago y raíz de plantas de arroz, cultivares Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero, crecidas en solución nutritiva con 0 (testigo) y 200 µM Al, durante 20 días

Variedad	Aluminio (µM)	Fósforo (P)		Potasio (K)	
		Vástago	Raíz	Vástago	Raíz
Cotaxtla	0	2352.3 de	219.4 ef	2793.7 cd	330.3 de
	200	3804.5 b	880.9 b	5954.8 a	1731.9 a
Tres Ríos	0	2466.0 cde	308.0 de	2656.5 cd	456.7 cd
	200	3341.0 bcd	701.2 c	4616 ab	1195.0 b
Huimanguillo	0	1833.4 e	136.6 f	1998.4 d	221.7 e
	200	2830.1 bcde	654.8 c	3917.5 bc	1206.3 b
Temporalero	0	3647.3 bc	343.2 d	3130.0 cd	532.2 c
	200	5064.3 a	1090.6 a	4975.5 ab	1572.4 a
Diferencia mínima significativa		1204.8	102.5	1425.1	180.1

Los datos representados en cada columna corresponden a la media de cuatro plantas independientes. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$)

El mayor contenido de P se encontró en vástago y raíz de Temporalero tratado con Al (Tabla 2), aunque proporcionalmente Huimanguillo y Cotaxtla tuvieron 1.5 veces más P en vástago tratado con Al que en el testigo, que Temporalero con 1.4 veces; mientras que en raíz Huimanguillo tuvo 4.7 veces más P que su testigo, Cotaxtla 4.0 veces y Temporalero 3.1. Tres Ríos tuvo la menor proporción de P en vástago (1.3 veces) y raíz (2.2 veces), respecto a los testigos.

En el contenido de K de vástago, plantas del cultivar Cotaxtla tratadas con Al tuvieron mayor contenido y 2 veces más K que las plantas testigo. El resto de los cultivares tratados con Al tuvieron en promedio 1.5 veces más K que el testigo. En lo que se refiere al contenido de K en raíz, en los cultivares Cotaxtla y Huimanguillo tratados con Al se encontró 5 veces más K y en Tres Ríos y Temporalero se obtuvo alrededor de 2 veces más K con respecto a los testigos (Tabla 2). Resultados semejantes se reportaron en el cultivar de arroz Michikogane, donde se encontró que el Al (3 mg L^{-1}) incrementa la cantidad relativa de N, P, K, Ca y Mg, en mayor proporción P, Ca y Mg (Osaki *et al.*, 1997). El alto contenido de K en el tratamiento con Al podría deberse a la disminución en el flujo neto de salida del K más que al incremento en su absorción (Sasaki *et al.*, 1995).

Contrario a lo reportado en otras investigaciones donde indican que la exposición a Al por periodos prolongados de tiempo pueden provocar deficiencias de Ca, Mg, N, P y K (Lenoble *et al.*, 1996; Mariano y Keltjens, 2005), en este trabajo se encontró que el contenido de estos macronutrientes fue superior en plantas tratadas con Al que en plantas testigo, en los cuatro cultivares evaluados. El mayor contenido de Ca y Mg se obtuvo en vástago y raíz de Temporalero (Tabla 10.2). Al respecto, Bose *et al.* (2015) indican que las plantas que incrementan la absorción de P, Ca y Mg y crecen bien en condiciones de estrés por Al, han desarrollado una mayor capacidad para absorber H^+ y al mismo tiempo para prevenir la acidificación citoplásmica. Además, de acuerdo a lo propuesto por Pilon-Smits *et al.* (2009) sugieren que el Al incrementa la disponibilidad de P, para luego ser absorbido por las plantas.

Tabla 10.2 Contenido (mg planta^{-1}) de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en vástago y raíz de plantas de arroz, cultivares Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero, crecidas en solución nutritiva con 0 (testigo) y $200 \mu\text{M}$ Al, durante 20 días

Variedad	Aluminio (μM)	Calcio (Ca)		Magnesio (Mg)	
		Vástago	Raíz	Vástago	Raíz
Cotaxtla	0	308.6 c	93.8 bcd	798.6 cd	62.6 de
	200	561.3 ab	160.4 a	1771.8 ab	198.4 a
Tres Ríos	0	274.2 c	79.1 de	765.6 d	85.6 cd
	200	558.8 ab	128.9 abc	1713.1 ab	183.1 a
Huimanguillo	0	225.7 c	45.1 e	636.8 d	39.9 e
	200	359.5 bc	138.4 a	1361.3 bc	157.3 b
Temporalero	0	282.6 c	87.2 cde	1131.0 cd	90.3 c
	200	604.1 a	135.6 ab	2268.5 a	204.7 a
Diferencia mínima significativa		203.2	46.8	584.8	28.2

Los datos representados en cada barra corresponden a la media de cuatro plantas. Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

10.3 Conclusiones

El Al estimuló el crecimiento de vástago y raíz en plantas de los cuatro cultivares mexicanos de arroz evaluados: Cotaxtla, Tres Ríos, Huimanguillo y Temporalero. El efecto benéfico del Al fue encontrada en mayor proporción en raíz que en vástago, obteniendo hasta el doble de longitud en los cultivares Cotaxtla y Temporalero.

El Al no disminuyó el contenido de N, P, K, Ca y Mg en raíz y vástago, al contrario se observó que tuvo un efecto sinérgico en el contenido de estos macronutrientes tanto en vástago como en raíz, en los cuatro cultivares. En todos los casos el contenido fue superior en vástago que en raíz.

El Al como elemento benéfico incrementa la disponibilidad de P, para ser absorbido por las plantas, lo que se refleja en un mayor contenido de este macronutriente en vástago y raíz de las plantas crecidas en Al.

10.4 Agradecimientos

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y Sustentabilidad en la Producción Primaria en Sistemas Agroalimentarios del Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba por los apoyos para la realización de esta investigación.

10.5 Referencias

- Alcántar, G. G., & Sandoval, V. M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal*. Chapingo, México. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
- Bose, J., Babourina, O., Ma, Y., Zhou, M., Shabala, S., & Rengel, Z. (2015). Specificity of ion uptake and homeostasis maintenance during acid and aluminium stresses. In *Aluminium stress adaptation in plant* (pp. 229-251). Switzerland: Springer International Publishing.
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-Total. In: *Methods of soil analysis* (1085-1121). Wisconsin, USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Famoso, A. N., Clark, R. T., Shaff, J. E., Craft, E., McCouch, S. R., & Kochian, L. V. (2010). Development of a novel aluminum tolerance phenotyping platform used for comparisons of cereal aluminum tolerance and investigations into rice aluminum tolerance mechanisms. *Plant Physiology*, 153(4), 1678-1691.
- Famoso, A. N., Zhao, K., Clark, R. T., Tung, C. W., Wright, M. H., Bustamante, C., et al. (2011). Genetic architecture of aluminum tolerance in rice (*Oryza sativa*) determined through genome-wide association analysis and QTL mapping. *PLoS Genetic*, 7(8), e1002221.
- FAOSTAT. (2015). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, División de Estadística Visitado 21 julio 2016. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>
- Ghanati, F., Morita, A., & Yokota, H. (2005). Effects of aluminium on the growth of tea plant and activation of antioxidant system. *Plant and Soil*, 276(1), 133-141.
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., & Marín-Garza, T. (2014). Concentración de micronutrientos y crecimiento de raíz en variedades de arroz expuestas a aluminio. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(3), 243-248.
- Hajiboland, R., Rad, S. B., Barceló, J., & Poschenrieder, C. (2013). Mechanisms of aluminum-induced growth stimulation in tea (*Camellia sinensis*). *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 176(4), 616-625.
- Lenoble, M. E., Blevins, D. G., Sharp, R. E., & Cumbie, B. G. (1996). Prevention of aluminium toxicity with supplemental boron. I. Maintenance of root elongation and cellular structure. *Plant, Cell and Environment*, 19(10), 1132-1142.

- Mariano, E. D., & Keltjens, W. G. (2005). Long-term effects of aluminum exposure on nutrient uptake by maize genotypes differing in aluminum resistance. *Journal of Plant Nutrition*, 28(2), 323-333.
- Marín-Garza, T. Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Muñoz-Orozco, A., Tavitas-Fuentes, L., Hernández-Aragón, L., et al. (2010). Respuestas fisiológicas y nutrimentales de variedades de arroz a la concentración de aluminio. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(1), 37-44.
- Martínez-Damián, A., & Hernández-Ortiz, J. (2012). Importaciones de granos básicos y precio interno en México: un enfoque de sistema de demanda inverso. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9, 401-410.
- Martínez, M. P. (2013). *Podrían bajar hasta 60% importaciones de arroz: Productores. El Economista*. Recuperado el 20 de julio de 2016, de <http://eleconomista.com.mx/industrias/2013/12/23/podrian-bajar-hasta-60-importaciones-arroz-productores>
- Moreno-Alvarado, M., García-Morales, S., Trejo-Téllez, L.I., Hidalgo-Contreras, J.V., & Gómez-Merino, F.C. (2017). Aluminum enhances growth and sugar concentration, alters macronutrient status and regulates the expression of NAC transcription factors in rice. *Frontiers in Plant Science*, 8, 73.
- Murashige, T. & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.
- Ortega-Arreola, R. (2014). *Manual para la producción de semilla de arroz*. México: INIFAP.
- Osaki, M. T., Watanabe, T., & Tadano, T. (1997). Beneficial effect of aluminum on growth of plants adapted to low pH soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 43(3), 551-563.
- Pilon-Smits, E., Quinn, C. F., Tapken, W., Malagoli, M., & Schiavon, M. (2009). Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(3), 267-274.
- Piñeros, M. A., Shaff, J. E., Manslank, H. S., Carvalho Alves, V. M., Kochian, L. V. (2005). Aluminum resistance in maize cannot be solely explained by root organic acid exudation. A comparative physiological study. *Plant Physiology*, 137(1), 231-241.
- Poschenrieder, C., Gunsé, B., Corrales, I., & Barceló, J. (2008). A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. *Science of the Total Environment*, 400(1-3), 356-368.
- Poschenrieder, C., Cabot, C., Martos, S., Gallegos, B., & Barceló J. (2013). Do toxic ions induce hormesis in plants? *Plant Science*, 212, 15-25.
- Roselló, M., Poschenrieder, C., Gunsé, B., Barceló, J., & Llugany, M. (2015). Differential activation of genes related to aluminium tolerance in two contrasting rice cultivars. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 152, 160-166.
- SAS Institute Inc. (2009). *SAS/STAT 9.2 User's guide*. (2nd ed.) Cary, N. C: SAS Institute Inc.
- Sasaki, M., Kasai, M., Yamamoto, Y., & Matsumoto, H. (1995). Involvement of plasma membrane potential in the tolerance mechanism of plant roots to aluminum toxicity. *Plant and Soil*, 171(1), 119-124.

- Watanabe, T., Jansen, S., & Osaki, M. (2005). The beneficial effect of aluminium and the role of citrate in Al accumulation in *Melastoma malabathricum*. *New Phytology*, 165(3), 773-780.
- Yang, X., Römheld, V., & Marschner, H. (1994). Effect of bicarbonate on root-growth and accumulation of organic-acids in Zn-Inefficient and Zn-efficient rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*, 164(1), 1-7.
- Zhang, X., Humphries, A., & Auricht, G. (2007). Genetic variability and inheritance of aluminium tolerance as indicated by long root regrowth in lucerne (*Medicago sativa* L.). *Euphytica*, 157(1), 177-184.
- Ziaei, N., Rezaiatmand, Z., & Ranjbar, M. (2014). Study of aluminum toxicity on photosynthetic pigment, soluble sugars and proline contents in two sunflower varieties. *Research on Crop Ecophysiology*, 9(2), 105-113.

Apéndice A. Consejo Editor ECORFAN

ANGELES-CASTRO, Gerardo. PhD
Instituto Politécnico Nacional, México

MANRIQUEZ-CAMPOS, Irma. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México, México

PERALTA-FERRIZ, Cecilia. PhD
Washington University, EUA

PALACIO, Juan. PhD
University of St. Gallen, Suiza

DAVID-FELDMAN, German. PhD
Johann Wolfgang Goethe Universität, Alemania

GUZMÁN-SALA, Andrés. PhD
Université de Perpignan, Francia

VARGAS-HERNÁNDEZ, José. PhD
Keele University, Inglaterra

AZIZ-POSWAL, Bilal. PhD
University of the Punjab, Pakistan

VILLASANTE, Sebastian. PhD
Royal Swedish Academy of Sciences, Suecia

PIRES-FERREIRA-MARÃO, José. PhD
Federal University of Maranhão, Brasil

RAÚL-CHAPARRO, Germán. PhD
Universidad Central, Colombia

QUINTANILLA-CÓNDOR, Cerapio. PhD
Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

GARCÍA-ESPINOSA, Cecilia. PhD
Universidad Península de Santa Elena, Ecuador

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD
University José Matías Delgado, El Salvador

GUZMÁN-HURTADO, Juan. PhD
Universidad Real y Pontifica de San Francisco Xavier, Bolivia

NUÑEZ-SELLES, Alberto. PhD
Universidad Evangelica Nacional, Republica Dominicana

ESCOBEDO-BONILLA, Cesar Marcial. PhD
Universidad de Gante, Belgica

ARMADO-MATUTE, Arnaldo José. PhD
Universidad de Carabobo, Venezuela

GALICIA-PALACIOS, Alexander. PhD
Instituto Politécnico Nacional, México

NAVARRO-FRÓMETA, Enrique. PhD
Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov, Rusia

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD
University José Matías Delgado, El Salvador

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile, Chile

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD
Universidad de la Habana, Cuba.

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

HIRA, Anil. PhD
Simon Fraser University, Canada

MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD
Universidad Complutense de Madrid, España

LUFUNDISU- BADENGO, Patrick. BsC
Institut Supérieur de Techniques Appliquee, Republica Democratica del Congo

DUARTE, Oscar Mauricio
Higher Institute of Economics "Karl Marx" in Sofia, Bulgaria

OCAÑA, Ely. MsC
Universidad de San Carlos de Guatemala, Republica de Guatemala

CANTEROS, Cristina. PhD
Instituto Nacional de Enfermedades Ifecciosas-ANLIS "Dr. Carlos G. Malbrán", Argentina

NARVÁEZ-SOLÍS, Concepción. MsC
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Republica de Nicaragua

CANDIDO-GONZALES, Bogarin. BsC
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

GANDICA-DE ROA, Elizabeth. PhD
Universidad Católica del Uruguay, Uruguay

BANERJEE, Bidisha. MsC
Amity University, India

Apéndice B. Comité Arbitral ECORFAN

HERNANDEZ-MARTÍNEZ, Rufina PhD
University of California, EUA

DE AZEVEDO-JUNIOR, Wladimir Colman. PhD
Federal University of Mato Grosso, Brasil

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.
Universidad Centroamericana, Nicaragua

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM

GONZALEZ-TORRIVILLA, Cesar Castor. PhD
Universidad Central de Venezuela Venezuela

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD
Universidad de la Habana

YAN-TSAI, Jeng. PhD
Tampkang University, Taiwan.

POSADA-GOMEZ, Rubén. PhD
Institut National Polytechnique de la Lorraine, Francia

SOTERO-SOLIS, Victor Erasmo. PhD
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú

GONZÁLEZ-IBARRA, Miguel Rodrigo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México, México

MONTERO-PANTOJA, Carlos. PhD
Universidad de Valladolid, España

RAMIREZ-MARTINEZ, Ivonne. PhD
Universidad Andina Simón Bolívar, Bolivia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Università Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD
Universidad José Matías Delgado, El Salvador

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

