



CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

VOLUMEN 3, NÚMERO 1, AGOSTO-DICIEMBRE 2021.



CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO,
Volumen 3, Número 1, agosto-diciembre 2021.
Reserva del Derecho al Uso Exclusivo No. 04-2019-070812475100-203, ISSN: en trámite.



CONTENIDO

ARTÍCULO CIENTÍFICO	
EL TAMAÑO DE BOLSA MODIFICA EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CAFÉ COSTA RICA 95 EN VIVERO Martínez-Ines, G.; Berdeja-Arbeu, R.; Méndez-Gómez, J; Escobar-Hernández, R.; Domínguez- Perales, L.A.; Carmela Hernández Domínguez.	1-16
ARTÍCULOS DE REVISIÓN	
PRODUCTO INTERNO BRUTO DE LAS ACTIVIDADES FORESTALES PRIMARIAS MEXICANAS DURANTE EL PERIODO 2001 – 2018 Moctezuma-López, G. y Ramírez-Sánchez, E.U.	17-30
BEBIDAS VEGETALES Y SUS APORTES FUNCIONALES García-Hernández, A.; Rodríguez-Hernández, G.	31-48
COMUNICACIÓN CORTA	
EVALUACIÓN DE INOCULANTE DE BACTERIAS BENÉFICAS Y MICORRIZAS EN CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO Angel-Hernández, A.; García-Aguilera, J.A.; Morales-Flores, S.	49-58

Consejo Editorial

Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera
**Colegio de Postgraduados
Campus Puebla, México**

Dr. José Luis Trejo Espino
CeProBi-IPN, Mexico

Ph.D. Julio S. Bernal
TEXAS A&M, USA

Ph.D. Sandra Flores García
Université Laval, Canadá

Mtra. Anna Faucher
ONG Let's Food, Francia

Ph.D. Julie V. Stanton
Penn State Brandywine



**CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO**



Campus Irapuato-Salamanca

División de Ciencias
de la Vida
Departamento de
Agronomía

Comité Editorial

Director

Dr. Jesús Hernández Ruíz

Editor en Jefe

Dra. Ana Isabel Mireles Arriaga

Editores Asociados

Dr. Jorge Eric Ruiz Nieto

Dra. Paula C. Isiordia Lachica

Asistentes

Dr. Alberto Saldaña Robles

Dr. Ricardo Alberto Rodríguez Carbajal

Contacto de soporte

✉ reiagro@ugto.mx

☎ 01(462) 624 1889 ext 5225, 5221



Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Universidad de Guanajuato, Consejo Editorial y Comité Editorial de la revista. Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO, Año 3, No. 01, agosto-diciembre 2021, es una publicación semestral editada por la Universidad de Guanajuato, Lascuráin de Retana 5, Col. Centro, Guanajuato, Gto, C.P. 36000, Tel (473)730006, a través del Cuerpo académico I+D para el sector agroalimentario de la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato del Campus Irapuato-Salamanca www.reiagro.ugto.mx, reiagro@ugto.mx. Editores responsables: Jesús Hernández Ruíz y Ana Isabel Mireles Arriaga. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2019-070812475100-203, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Dirección de Comunicación y Enlace Universidad de Guanajuato, Ing. Vicente Chávez Aguilera,

EL TAMAÑO DE BOLSA MODIFICA EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE CAFÉ COSTA RICA 95 EN VIVERO^a

BAG SIZE MODIFIES VEGETATIVE GROWTH OF COFFEE COSTA RICA 95 IN NURSERY

Martinez-Ines, G¹; Berdeja-Arbeu, R^{1*}; Méndez-Gómez, J¹; Escobar-Hernández, R¹; Domínguez- Perales, L.A¹; Carmela Hernández Domínguez¹.

¹ *Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Avenida Universidad sin número, C. P. 73965 * E-mail:*

raulberdeja@yahoo.com.mx

Fecha de envío: 01, agosto, 2021

Fecha de publicación: 30, diciembre, 2021

Resumen:

En el municipio de Hueytamalco, Puebla, existen viveros de producción en plántulas de café, tradicionalmente la propagación se realiza en dos etapas, en siembra directa al suelo y posteriormente trasplante a bolsa. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar crecimiento vegetativo de café 'Costa Rica 95' en diferentes tamaños de bolsa. El experimento se desarrolló en el año 2020 en la localidad de Llagostera, municipio de Hueytamalco, Puebla. Los tratamientos fueron bolsa de dimensiones 15 x 30 cm, 18 x 30 cm, 13 x 25 cm, 15 x 25 cm, 15 x 25 cm (testigo a trasplante) respectivamente. El diseño experimental fue completamente al azar con 5 tratamientos y 10 repeticiones. Los días a emergencia oscilaron entre los 56.80 y los 65.7 sin diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El tamaño de bolsa modificó el crecimiento de planta, la mayor altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas con tamaño de bolsa con 18 x 30 cm, superando al tratamiento testigo (almacigo más trasplante) con diferencias estadístico ($p \leq 0.05$). El mayor peso de biomasa en fresco y seco con el tamaño de bolsa de 18 x 30 cm superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) al testigo (almacigo más trasplante). Por los resultados obtenidos se concluyó que la siembra de café en almacigo má trasplante a bolsa disminuyó el crecimiento vegetativo.

Palabras clave: *Coffea arabica*, días a emergencia, biomasa.

^aParte del trabajo de tesis, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. San Juan Acateno, Teziutlán.

Abstract:

In the municipality of Hueytamalco, Puebla, there are production nurseries in coffee seedlings production, traditionally the propagation is carried out in two stages, in direct sowing to the ground and later transplantation to the bag. The objective of this research work was to evaluate vegetative growth of coffee 'Costa Rica 95' in different bag sizes. The experiment was developed in 2020 in the town of Llagostera, municipality of Hueytamalco, Puebla. The bag size treatments were bags of 15 x 30 cm, 18 x 30 cm, 13 x 25 cm, 15 x 25 cm, 15 x 25 cm (control to transplantation) respectively. The experimental design was completely randomized with 5 treatments and 10 repetitions. Days to emergence ranged from 56.80 to 65.7 without statistical differences ($p \leq 0.05$). The bag size modified the plant growth, the highest plant height, stem diameter and number of leaves were obtained into bag size with 18 x 30 cm, surpassing the control (hotbed) with statistical differences ($p \leq 0.05$). The highest weight of biomass in fresh and dry weight were into the bag size of 18 x 30 cm, statistically surpassing ($p \leq 0.05$) the control (hotbed). From the results obtained, it is concluded that planting coffee in the hotbed and transplanting it into a bag decreases vegetative growth.

Keywords: *Coffea arabica*, days to emergence, biomass.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019) México presentó una producción de 818,449 toneladas de café, con rendimiento de 1.336 toneladas por hectárea, los principales estados productores son Chiapas, Veracruz y Oaxaca. El estado de Puebla se posiciona en el noveno lugar de los trece estados productores de café cereza. Los principales Distritos que se dedican a la producción de café cereza en el estado de Puebla son: Huachinango, Libres, Tehuacán, Teziutlán y Zacatlán, para el caso de Teziutlán se tiene una producción de 40,017 toneladas, con rendimiento de 1.772 toneladas por hectárea.

La propagación y calidad de planta es un factor que debe de considerar el productor para obtener cosechas en cantidad, calidad y oportunidad. Morfín et al. (2006) citan que en el cultivo de café algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta son establecimiento de semillero, siembra de semilla, sombreado del semillero, establecimiento del vivero, sustrato, tamaño de contenedor o bolsa y manejo agronómico del vivero. Algunos aspectos adicionales en otras especies son: viabilidad de semilla, vigor de semilla (Rodríguez et al., 2008), humedad de semilla (González, 1992) y almacenamiento de semilla (Villegas y Andrade, 2005).



La fenología de la germinación y desarrollo de plántula de café depende de: Arizaleta et al. (2005) indican que el porcentaje de germinación se afecta por el tiempo de almacenamiento de la semilla y condiciones de almacenamiento; el tamaño del contenedor (Osorio et al., 2017), el sustratos utilizado (Encalada et al., 2018), tipo de propagación sexual o asexual (Ortiz et al., 2017) y manejo agronómico (Romero, 2000).

De manera general el desarrollo de plantas de café es el siguiente: la germinación es de 2 a 2.5 meses, transcurridos de 60 a 70 días después de la siembra la planta está en etapa de fosforito y está lista para trasplante a vivero. En el vivero estará hasta que presente de 4 a 6 pares de hojas, esto se logra en un tiempo de 4 a 6 meses (Marín, 2012).

Arizaleta y Pire (2008) evaluando diferente tamaño de bolsa (contenedor) en café refieren que el crecimiento de las plantas se modifica por el tamaño de bolsa, el mayor peso de biomasa seca radical fue de 5.93 g en el tratamiento de 18 x 23 cm y el menor de 1.89 g en bolsa de 13 x15 cm, la biomasa seca aérea osciló de 3.34 g en bolsa de 13x15 cm a 5.65 g en bolsa de 18 x23 cm. La mayor altura de planta, diámetro de tallo y pares de hojas fue con el tratamiento de bolsas de 18 x 23 cm.

Por otra parte Salazar (1991) evaluando crecimiento de plántulas de café 'Colombia' en vivero en bolsas de 13 x 17 cm y 17 x 23 cm, menciona que la mayor altura de planta, número de hojas y pesos seco tallo y de raíz fue en tamaño de bolsa de 17 x 23 cm. Existen otros factores que alteran el crecimiento de las plantas de café como la aplicación de biofertilizantes (Adriano et al., 2011) y el sustrato utilizado (Maradiaga et al., 2017).

Existen evidencias en otras especies vegetales de que los contenedores modifican el desarrollo. Gutiérrez et al. (2011) estudiando el crecimiento de plantas de cacao en distintos tamaños y formas de contenedores en vivero, señalan que el tipo de contenedor modifica la parte aérea y desarrollo de raíz. Las plantas de cacao que desarrollaron en tubete disminuyeron el crecimiento vegetativo. Y Mascarini et al. (2012) en *Gerbera jamesonii* llegaron a la misma conclusión.

Osorio et al. (2017) evaluando tamaño de contenedor en crecimiento de planta de cacao indican que el volumen del recipiente modifica la longitud de la raíz principal, biomasa de raíz, aérea y total, así como temperatura de la hoja.



En plantas de *Quillaja saponaria* creciendo en vivero existe correlación positiva entre tamaño de contenedor y crecimiento de planta en altura y longitud de raíz (Quiroz et al., 2012). Reyes et al. (2000) probaron que una manera de estimar fotosíntesis es mediante la producción de materia seca de hoja por unidad de superficie de hoja, a esta relación se le conoce peso específico de hoja. Arcila y Chávez (1995) encontraron que el área foliar se afecta por el número de plantas por hectárea, con densidad de 2,500 plantas por hectárea se obtuvo el mayor número de hojas por planta con 12,521 y con 10,000 plantas por hectárea 4,365 hojas.

En la zona de Hueytamalco, Puebla existen viveros de café, los cuales propagan esta planta en dos etapas, la primera es siembra en suelo, para posteriormente realizar trasplante de plántula en bolsa de polietileno. Esta metodología de propagación puede disminuir el desarrollo de planta en vivero y la muerte de la misma. En la literatura sólo se encuentran trabajos en donde evalúan siembra directa en contenedor y el efecto sobre el crecimiento (Gil y Díaz, 2016) y siembra directa en suelo más trasplante a contenedores (Encalada et al. 2018) sin analizar el crecimiento de la planta por efecto del trasplante.

Por lo antes mencionado se realizó el presente trabajo de investigación con el siguiente objetivo: evaluar el desarrollo de plántulas de café variedad 'Costa Rica 95' germinadas en suelo y en diferentes tamaños de bolsas de polietileno, y la hipótesis: el mejor crecimiento y sanidad de plántulas de café en vivero es en siembra directa en bolsa de polietileno de 18 x 30 cm, esto por efecto de un mayor volumen de tierra que aumenta el desarrollo de raíz y de copa en plántulas de café variedad 'Costa Rica 95'.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La altitud del municipio de Hueytamalco oscila de 100 a 1,900 metros, con rango de temperatura de 16 a 26 °C y precipitación de 1,500 a 1,300 mm, el clima es semicálido con lluvias todo el año, con lluvias abundantes en verano y templado húmedo con lluvias todo el año (INEGI, 2009).

La investigación se desarrolló en la localidad de Llagostera, municipio de Hueytamalco, Puebla. Localizado en las coordenadas 19° 58' 30" N, 97° 17' 93" W (Coordenadas GPS).

Material genético

Se utilizaron semillas de café de la variedad 'Costa Rica 95'. Se cosechó fruto maduro de color rojo intenso de la parte media de la copa, posteriormente se lavó y se despulpo, después se introdujeron por 30 segundos a una solución de Oximet (Ingrediente activo oxicloruro de cobre) $5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, inmediatamente después la semilla se sembró en almacigo, este manejo es el que realizan los viveristas de la zona, y en los diferentes tamaños de contenedores a una profundidad de 1 cm.

Siembra

Se emplearon bolsas de polietileno negro de diferentes tamaños que se mencionan en la descripción de los tratamientos, a las cuales se les realizaron 2 perforaciones en la base. El sustrato utilizado fue tierra de monte y no se desinfectó. Las características químicas del sustrato fueron pH 7.13, materia orgánica 5.71 %, nitrógeno total 0.29 %, fósforo 21.33 ppm, potasio 210.35 ppm, calcio 1,754 ppm, magnesio 245 ppm, capacidad de intercambio catiónico 12.50 meq/100 g y la textura franco arenoso.

Las bolsas se llenaron dejando 4 cm entre la tierra y el límite superior de la bolsa.

Manejo agronómico

El riego que se aplicó fue manual con un volumen de agua 300 mL cada 15 días desde siembra hasta el final del experimento. Cuando la planta alcanzó una altura de 10 cm se realizó la fertilización con 5 g por planta del fertilizante 20-15-07. Por otra parte, el control de plagas y enfermedades fue mediante aplicación foliar cada 30 días con el fungicida Oxicloruro de Cobre $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, insecticida Tiametoxam $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ y $2 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de fertilizante foliar con macro y micronutrientes (Bayfolan Forte®), a partir de los 2 meses de emergencia la planta.

Variables de estudio

Las variables evaluadas fueron: días a emergencia, posteriormente cada 15 días a partir de la emergencia de plántula, durante 3 meses y luego cada 30 días, de igual forma, durante 3 meses se midieron las siguientes variables: altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), número de hojas.

Al final del experimento el 22 de noviembre de 2020, a los 237 días después de emergencia se realizó un análisis destructivo de cinco plantas por tratamiento (Cuadro 1), las plantas fueron llevadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para



evaluar biomasa, de cada tratamiento se tomaron 5 plantas y se midió; Longitud de raíz; se midió utilizando una regla en centímetros desde el cuello hasta el ápice; Peso fresco de hoja: se eliminaron todas las hojas de la planta y se pesaron en báscula analítica Ohaus Analytical Plus (precisión de 0.1 mg); Peso fresco de raíz: se cortó la raíz y se pesó en báscula granataria; Peso fresco de tallo: se pesó el tallo y ramas sin hojas en báscula granataria; Área foliar: se tomaron 4 hojas sanas de la parte media de la copa y se escanearon con el programa ImajeJ®; Peso específico de hoja: se empleó la fórmula, peso seco de hoja (mg) / área foliar (cm²). Posteriormente las muestras se metieron a una estufa de secado Riossa Digital HCF-172 por tres días a 70 °C y se pesaron en báscula analítica Ohaus Analytical Plus (precisión de 0.1 mg).

Peso seco de hoja: se pesaron en gramos cuatro hojas por planta; Peso seco de raíz: se pesó en gramos la raíz; Peso seco de tallo: se pesó en gramos el tallo; De manera visual, se evaluó el porcentaje de plantas sanas y enfermas.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos en plántulas de café en vivero, Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 1. Design of treatments in coffee seedlings in a nursery, Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamiento	Tamaño de bolsa
1	Siembra directa en bolsa de 15 x 30 cm
2	Siembra directa en bolsa de 18 x 30 cm
3	Siembra directa en bolsa de 13 x 25 cm
4	Siembra directa en bolsa de 15 x 25 cm
5 testigo	Siembra en almacigo más trasplante en bolsa de polietileno. (15 x 25 cm) a los 76 días después de emergencia

Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con cinco tratamientos y 10 repeticiones, la unidad experimental fue una plántula. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y las pruebas de comparaciones múltiples de medias Tukey ($p \leq 0.05$), empleando el programa estadístico SAS versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación de medias en emergencia de la planta.

No se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) sobre la variable emergencia de plántulas de café en vivero, el proceso de emergencia tuvo una duración entre los 57 a 64 días. La respuesta a los tratamientos puede deberse a que la semilla presentó un alto porcentaje de viabilidad (90 % de emergencia) y a que tanto el sustrato utilizado como el agronómico fue el mismo en todos los tratamientos. Barboza y Herrera (1990) mencionan que lograron porcentajes de germinación del 95 % en semillas de café, germinadas en arena y en cámaras germinadoras con 30 °C y 98 % de humedad relativa. Arizaleta et al. (2005) afirman que el porcentaje de germinación en café 'Catui' más alto fue de 97 con el tratamiento de una semana de almacenamiento más 20 °C más 78 % de humedad relativa más empaque de sisal, germinadas con arena de río.

Cuadro 2. Emergencia de plántulas de café en vivero con diferente tamaño de bolsa, Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 2. Emergence of coffee seedlings in a nursery with different bag sizes, Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamiento	Días a emergencia
1. 15 x 30 cm	63.90 a
2. 18 x 30 cm	61.80 a
3. 13 x 25 cm	65.70 a
4. 15 x 25 cm	62.70 a
5. Testigo	56.80 a
CV	5.40
DMSH	4.27

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV:

Coeficiente de variación.

Comparación de medias en crecimiento vegetativo de plantas

En la primera evaluación se realizó el 13 de junio de 2020, a los 72 días después de emergencia, los tratamientos mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en altura de planta y número de hojas. La mayor altura de planta se encontró en el

tratamiento 5 (testigo evaluado en almacigo antes de trasplante a bolsa) con 4.88 cm y menor en el tratamiento 1 (15 x 30 cm) con 3.96 cm con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El diámetro de tallo no presentó diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El mayor número de hojas por planta se encontró en el tratamiento 5 (15 x 25 cm) y menor en tratamiento 3 (13 x 25) y tratamiento 4 (15 x 25) con una hoja, mostrando diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 3). Estas diferencias en crecimiento vegetativo fueron ocasionadas por efecto de la siembra en suelo y en bolsa, así como el tamaño de bolsa.

Osorio et al. (2017) Indican que el tamaño de bolsa tienen efecto en el desarrollo de la planta de cacao, la mayor biomasa de planta fue en contenedor de 0.1 m³ y menor en 0.01 m³, otras variables que se alteran es la longitud de raíz y las características físicas del suelo como porcentaje de humedad, temperatura, porosidad, resistencia a la penetración y diámetros de agregados.

Cuadro 3. Crecimiento de plántulas de café en vivero, altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH) con diferente tamaño de bolsa. 13 de junio de 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 3. Growth of coffee seedlings in the nursery, plant height (AP), stem diameter (DT) and number of leaves (NH) with different bag sizes. June 13, 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamientos	AP (cm)	DT (mm)	NH
1. 15 x 30 cm	3.96 b	2 a	2 ab
2. 18 x 30 cm	4.04 ab	2 a	1.8 ab
3. 13 x 25 cm	4.27 ab	2 a	1 b
4. 15 x 25 cm	4.26 ab	2 a	1 b
5. Testigo	4.88 a	2 a	2.5 a
CV	15.69	0	55.43
DMSH	0.85	0	1.16

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.



El 8 de agosto de 2020 a los 132 días después de la emergencia de las plantas, la máxima altura de planta fue encontrada en el tratamiento 2 (18 x 30) con 9.46 cm y menor en el tratamiento 5 (testigo) con 7.57 cm con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Adicionalmente el tratamiento 5 (testigo) obtuvo el máximo diámetro de tallo con 3 mm y el menor fue para el tratamiento 3 (13 x 25) con 2.6 mm y diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). No se presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en el número de hojas (Cuadro 4).

La altura de planta y diámetro de tallo se afectaron por el volumen del contenedor. Quiroz et al. (2012) estudiando el volumen de contenedor en plantas de *Quillaja saponaria* en vivero mencionan que la mayor altura de planta fue de 29.37 cm con volumen de contenedor de 310 cc y de 14.86 cm en contenedor de 56 cc.

Cuadro 4. Crecimiento de plántulas de café en vivero, altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH) con diferente tamaño de bolsa. 8 de agosto de 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 4. Growth of coffee seedlings in the nursery, plant height (AP), stem diameter (DT) and number of leaves (NH) with different bag sizes. August 8, 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamientos	AP (cm)	DT (mm)	NH
1. 15 x 30 cm	8.68 ab	2.9 ab	8 a
2. 18 x 30 cm	9.46 a	2.75 ab	8 a
3. 13 x 25 cm	8.30 ab	2.60 b	7.6 a
4. 15 x 25 cm	8.34 ab	2.80 ab	7.6 a
5. Testigo	7.57 b	3 a	7.9 a
CV	15.36	10.64	11.70
DMSH	1.65	0.38	1.16

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.



El 22 de noviembre de 2020, a los 237 días después de emergencia, el tratamiento 2 (18 x 30 cm) logró la mayor altura de planta con 21.52 cm y la menor el tratamiento 3 (13 x 25 cm) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El diámetro de tallo no mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El mayor número de hojas fue ubicado en el tratamiento 2 (18 x 30 cm) con 16.1 y el menor en el tratamiento 3 (13 x 25 cm) con 12.94 (Cuadro 5). Estas diferencias encontradas en crecimiento vegetativo de plantas de café se debieron al tamaño de bolsa. Arizaleta y Pire (2008) encontraron que el tamaño de bolsa modifica el crecimiento de plántulas de café en vivero, la mayor biomasa de planta fue en el tratamiento con tamaño de bolsa de 18 x 23 cm. Salazar (1991) evaluando tamaños de bolsas en el crecimiento de café 'Colombia' mencionan que los mayores valores en altura de planta, número de hojas y peso fresco de planta se logran con bolsas de 17 x 23 cm, así también se disminuye el porcentaje de tallos torcidos, no centrados y raíces deformes. Por otra parte Álvarez y Damiao (2018) en plántulas de café 125 días después de siembra, mencionan pares de hojas de 4.6 cm a 5 cm, alturas de planta de 19.6 cm a 23.4 cm y diámetros de cuello (unión de tallo y raíz) de 5 cm a 5.4 cm.

Cuadro 5. Crecimiento de plántulas de café en vivero, altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH) con diferente tamaño de bolsa. 22 de noviembre de 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 5. Growth of coffee seedlings in the nursery, plant height (AP), stem diameter (DT) and number of leaves (NH) with different bag sizes. November 22, 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamientos	AP (cm)	DT (mm)	NH
1. 15 x 30 cm	18.96 ab	3.75 a	15.3 ab
2. 18 x 30 cm	21.52 a	3.8 a	16.1 a
3. 13 x 25 cm	14.6 b	5.4 a	12.94 b
4. 15 x 25 cm	16.27 b	3.35 a	14.3 ab
5. Testigo	15.75 b	3.15 a	14.5 ab
CV	22.19	71.72	15.20
DMSH	4.98	3.55	2.86

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.

Comparación de medias de biomasa

El 22 de noviembre de 2020, a los 237 días después de emergencia se realizó un análisis destructivo para evaluar variables de crecimiento en plántulas de café. La mayor longitud de raíz fue de 25.58 cm en el tratamiento 2 (18 x 30 cm) y menor en el testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El peso fresco de hoja máximo fue encontrado en el tratamiento 2 (18 x 30 cm) con 10.59 gramos y menor en el testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), el tratamiento 2 (18 x 30 cm) mostró mayor peso fresco de raíz con 2.42 gramos superando estadísticamente a los demás. El peso fresco de tallo máximo fue dentro del tratamiento 2 (18 x 30 cm) con 2.47 gramos y el menor en el testigo con 1.14 gramos con diferencia estadística ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6). La biomasa de plántulas de café se modificó por el tamaño de bolsa. Gutiérrez et al. (2011) indican que el crecimiento de plántulas de cacao en vivero se modifica por el volumen de sustrato, las plántulas que lograron el menor desarrollo vegetativo fueron las que crecieron en menor volumen de suelo. Resultados similares encontraron Osorio et al. (2017) en cacao, el tamaño de contenedor alteró longitud de raíz y biomasa de raíz.

Por otra parte Salamanca y Sadeghian (2008) menciona que la biomasa de planta de café se modifica por el tipo de suelo y porcentaje de lombricomposta. Kufa (2012) encontró valores diferentes en peso de biomasa en plantas de café de más de un año, la mayor biomasa fue en tallo, seguido de hojas y raíz.

El 22 de noviembre de 2020, a los 237 días después de emergencia, la mayor área foliar fue encontrada en el tratamiento 2 (18 x 30 cm) con 216 cm² y la menor en el testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El peso específico de hoja mayor fue en el tratamiento 2 (18 x 30 cm) con 0.018 mg·cm⁻² y el testigo mostró el menor valor con 0.016 mg·cm⁻² con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 7). El mayor peso seco de la hoja fue encontrado en el tratamiento 2 (18 x 30) superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos, se presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos en peso seco de raíz. El tratamiento 2 (18 x 30 cm) obtuvo el máximo peso seco de tallo con 0.87 g y el menor en el tratamiento 5 (15 x 25 cm) con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El peso seco de hoja, de raíz y de tallo se modificó por el tamaño de bolsa. El área foliar y el peso específico de hoja se modificaron por el tamaño de bolsa. Posiblemente el factor que más influye



en el desarrollo de las plántulas de café en vivero es el trasplante a bolsas, ya que al extraer la planta del suelo se pueden dañar raíces y al sembrar las plantas en el contenedor el suelo se debe compactar.

Osorio et al. (2017) señalan que el tamaño del contenedor modifica las características del sustrato en retención de humedad, temperatura y porosidad.

Reyes et al. (2000) menciona que una forma para estimar fotosíntesis es conocer el peso específico de hoja. Arcila y Chávez (1995) indican que el área foliar se afecta por el número de plantas por hectárea y Ortiz et al. (2017) por el tipo de propagación por embriogénesis cigótica y por embriogénesis somática. Existen diversos factores que alteran el crecimiento de plántula de café en vivero. Álvarez y Damiao (2018) mencionan que 125 días después de siembra de café el peso seco de planta se modifica por la aplicación de microorganismos al suelo, el testigo sin microorganismos obtuvo peso aéreo de 5.52 g y de raíz 1.45 g y el área foliar fue de 475 cm². Arizaleta y Pire (2008) encontraron en plántulas de café el mayor peso de biomasa seca en bolsa de 18 x 23 cm, seis meses después de siembra.

Cuadro 6. Crecimiento de plántulas de café en vivero, longitud de raíz (LR), pesó fresco de hoja (PFH), pesó fresco de raíz (PFR), pesó fresco de tallo (PFT), pesó seco de hoja (PSH) con diferente tamaño de bolsa. 22 de noviembre de 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 6. Growth of coffee seedlings in nursery, root length (LR), fresh leaf weight (PFH), fresh root weight (PFR), fresh stem weight (PFT), dry leaf weight (PSH) with different bag size. November 22, 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamientos	LR (cm)	PFH (g)	PFR(g)	PFT(g)
1. 15 x 30 cm	23.94 ab	7.37 b	1.48 b	1.55 bc
2. 18 x 30 cm	25.58 a	10.59 a	2.42 a	2.47 a
3. 13 x 25 cm	21.62 bc	6.48 b	1.32 b	1.29 bc
4. 15 x 25 cm	21.5 bc	6.90 b	1.49 b	1.75 b
5. Testigo	20.56 c	5.38 b	1.37 b	1.14 c
CV	7.82	18.42	22.96	17.05
DMSH	3.35	2.56	0.70	0.53

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.



Cuadro 7. Crecimiento de plántulas de café en vivero, área foliar (AF), peso específico de hoja (PEH), peso seco de hoja (PSH), peso seco de raíz (PSR), peso seco de tallo (PST). 22 de septiembre de 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, México.

Table 7. Nursery coffee seedling growth, leaf area (AF), leaf specific weight (PEH), leaf dry weight (PSH), root dry weight (PSR), stem dry weight (PST). September 22, 2020. Llagostera, Hueytamalco, Puebla, Mexico.

Tratamiento	AF (cm ²)	PEH (mg·cm ⁻²)	PSH (g)	PSR (g)	PST (g)
1. 15 x 30 cm	156 b	0.0182 ab	0.93 b	0.70 a	0.58 ab
2. 18 x 30 cm	216 a	0.0188 a	1.35 a	0.89 a	0.87 a
3. 13 x 25 cm	157 b	0.0169 bc	0.77 b	0.51 a	0.43 b
4. 15 x 25 cm	164 ab	0.0171 abc	0.94 b	0.58 a	0.59 ab
5. Testigo	140 b	0.0163 c	0.69 b	0.84 a	0.37 b
CV	17	5.12	21.50	47.17	27.35
DMSH	53	0.0017	0.38	0.633	0.29

Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: Coeficiente de variación.

Sanidad de planta

El 100 % de la planta presentaron adecuada sanidad. Esto debido a que se realizaron aplicaciones para el control de plagas y enfermedades.

CONCLUSIÓN

Los días a emergencia de plántulas de café oscilaron de 56.8 a 65.7. El mayor crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas en plántulas de café fue encontrado cuando se utilizó el tamaño de bolsa de 18 x 30 cm. El mayor peso de biomasa fresca en plántulas de café fue al emplear bolsa de 18 x 30 cm y el menor en el testigo. La mayor área foliar y peso específico de hoja se logró en el tratamiento con tamaño de bolsa de 18cm x 30 cm. La siembra de semilla de café en almacigo más trasplante a bolsa disminuye el crecimiento vegetativo.



LITERATURA CITADA

- Adriano, A. M. de L., Arquin, G. R., Hernández, R. C., Salvador, F. M., & Monreal, V. C. T. (2011). Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2 (3), 417-431.
- Arcila, P. J. & Chávez, C. B. (1995). Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. *Cenicafe*, 46(1), 5-20.
- Álvarez, M. J. L., & Damiao, J. C. (2018). Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Centro Agrícola*, 45(2), 29-33
- Arizaleta, M. & Pire R. (2008). Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. *Agrociencia*, 42, 47-55.
- Arizaleta, M., Montilla, J., & Pares, J. (2005). Efecto del almacenamiento de las semillas del cafeto (*Coffea arabica* L. var. Catuai amarillo) sobre la emergencia. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 22, 205-213.
- Barboza, R., & Herrera, J. (1990). El vigor en la semilla de café y su relación con la temperatura de secado, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. *Agronomía Costarricense*, 14 (1), 1-8.
- Encalada M., Fernández, P., Jumbo, N., Alejo, A., & Reyes, L. (2018). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), 70-84.
- Gil, C. A. I. & Díaz, M. L. J. (2016). Evaluación de dos tipos de contenedores sobre el crecimiento radical de café (*Coffea arábica* L. cv. Castillo) en etapas de vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10 (1), 125-136 .
- González, E. J. (1992). Humedad y germinación de semillas de *Hyeronima alchorncoides* (Euphyobiaceae). *Revista de Biología Tropical*, 40(1), 139-141.
- Gutiérrez, R. M., Gómez, S. R., & Rodríguez, L. N. F. (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 12(1), 33-45.



- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Hueytamalco, Puebla. Recuperado en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21076.pdf.
- Kufa, T. (2012). Biomass production and distribution in seedlings of *Coffea arabica* genotypes under contrasting nursery environments in southwestern Ethiopia. *Agricultural Science*, 3(8), 835-843.
- Marín, C. G. (2012). *Producción de café especiales*. Equipo Técnico del Proyecto Fondo Empleo, Programa Selva Central.
- Maradiaga, W. D., Pego, A. W., Alves, J., Honorato, M, V. (2017). Growing of coffee seedlings on different substrates and fertilized with lithothanium. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70 (2), 8177-8182.
- Mascarini, L., Lorenzo G., Svartz, H., Pesenti, S., & Amado, S. (2012). Tamaño de contenedor y tipo de sustrato afectan la eficiencia en el uso del agua en *Gerbera jamesonii* para flor cortada. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 18, 71-77.
- Morfín, V.A, Castillo, P.G., & Vizcano, G. A. (2006). El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Colima. INIFAP.
- Ortiz, N., Barbón, R., Capote, A., Pérez, A., & Robaina, M., (2017). Caracterización morfológica en vivero de plantas de *Coffea arabica* L. cv. Caturra rojo J-884 obtenidas por embriogénesis somática. *Bioteología Vegetal*, 17(4), 251-257.
- Osorio, G. M. A., Leiva, E. I., & Ramírez, P. R. (2017). Crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en diferentes tamaños de contenedor. *Revista Ciencias Agrícolas*, 34(2), 73-82.
- Quiroz, I., Gonzalez, M., Hernández, A., Soto, H., García, E., Pincheira, M. (2012). Efecto del tamaño de contenedor sobre el crecimiento en vivero y comportamiento en terreno de plantas de *Quillaja saponaria* mol. establecidas en florida, región del Biobío. *Ciencia e Investigación Forestal INFOR Chile*, 18(2), 21-38.
- Reyes, M. I., Villegas, A., Colinas, M. T., & Caldearon, G. (2000). Peso específico, contenido de proteínas y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia*, 34(1), 49-55.

- Rodríguez, I., Adam, G., & Durán, A. J. M., (2008) Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semilla. *Revista Agropecuaria y Ganadera*, 912, 836-842.
- Romero, A. C., Jiménez, F., & Muschler, R. (2000). Crecimiento de almácigos de café con abono tipo bocashi y follaje verde de *Erythrina poeppigiana*. *Agroforesteria en las Américas*, 7(26), 37-39.
- Salamanca, J. A., & Sadeghian, K. S. (2008). almácigos de café con distintas proporciones de lombrianza en suelos con diferentes contenidos de materia orgánica. *Cenicafe*, 59(2), 91-102.
- Salazar, A. J. N. 1991. Efecto del tamaño de bolsa sobre el desarrollo de “colinos” de café. *Cenicafe*. Avances técnicos. Núm. 170.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019). Base de datos de cultivos. Consultado en: <https://www.gob.mx/siap>
- Villegas, A.M., & Andrade, R. M. (2005). Secado y almacenamiento de semillas de mandarina ‘Cleopatra’. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(1), 79-8



**PRODUCTO INTERNO BRUTO DE LAS ACTIVIDADES FORESTALES
PRIMARIAS MEXICANAS DURANTE EL PERIODO 2001 - 2018 ^a****GROSS DOMESTIC PRODUCT OF PRIMARY FOREST ACTIVITIES DURING
THE PERIOD 2001 - 2018**Moctezuma-López, G.^{1*}, y Ramírez-Sánchez, E. U.²¹INIFAP. Cenid Comef. Av. Progreso No. 5, Barrio Sta. Catarina, Del Coyoacán, CP
04110, CDMX.²UNAM. ENTS. Circuito Universitario. CDMX.

*Autor para correspondencia: moctezuma.georgel@inifap.gob.mx

Fecha de envío: 17, diciembre, 2020

Fecha de publicación: 30, diciembre, 2021

Resumen:

El sector forestal primario es primordial para la vida de la humanidad, sin embargo, se continúa con el pensamiento de que solo el valor monetario es lo importante y bajo esta premisa es que se planteó como objetivo general de la investigación el de valorar la importancia económica de las actividades primarias forestales para observar su crecimiento (positivo o negativo) y tener un punto de comparación con la economía mexicana. La idea central de la investigación es conocer la evolución del PIB forestal primario durante un periodo de 18 años, (los tres últimos periodos sexenales). En la metodología documental se valoró el crecimiento y participación porcentual de la economía forestal, y con el indicador de tasa media de crecimiento anual se compararon los tres periodos sexenales. Se visualizó el comportamiento y la tendencia durante el horizonte del proyecto basado en información obtenida del Sistema de Cuentas Nacionales del INEGI. Los resultados mostraron que la principal actividad primaria que contribuye al desarrollo económico del sector forestal es la tala de árboles, con el 52.7 % de la participación en el PIB forestal primario. Esta situación, en la que se cuantifica el valor de la producción en unidades monetarias contrasta con el valor intangible, el cual no se cuantifica en las Cuentas Nacionales, que tienen las masas forestales para contrarrestar la deforestación, desertificación y erosión así como, contribuir a la mitigación del cambio climático de la tierra mediante captura de carbono y evitar desastres naturales con lo que se espera sirva a los tomadores de decisión para que se implementen estrategias de desarrollo y políticas públicas encaminadas hacia el bienestar social de los pobladores de los bosques y selvas y de los usuarios de los bienes que otorgan los recursos naturales del país.

Palabras clave: Producto Interno Bruto forestal, sexenios, deforestación, viveros, plantaciones.

^a Proyecto del Programa de Investigación en Socioeconomía Forestal del Cenid Comef.

Abstract:

The primary forestry sector is essential for the life of humanity, however, it continues with the thought that only the monetary value is important and under this premise it is that the general objective of the research was to assess the economic importance of primary forestry activities to observe their growth (positive or negative) and have a point of comparison with the Mexican economy. The central idea of the research is to know the evolution of the primary forest GDP during a period of 18 years, (the last three six-year periods), and to visualize in which stages the highest and lowest growth of the economic value of primary forest use occurred. In the documentary methodology, the growth and percentage participation of the forest economy were valued, and the three six-year periods were compared with the indicator of the average annual growth rate. The behavior and trend were visualized during the project horizon based on information obtained from the INEGI National Accounts System. The results showed that the main primary activity that contributes to the economic development of the forestry sector is the felling of trees, with 52.7 % of the share in primary forestry GDP. This situation, in which the value of production is quantified in monetary units, contrasts with the intangible value, which is not quantified in the National Accounts, that forest masses have to counteract deforestation, desertification and erosion as well as contribute to the mitigation of climate change on the earth through carbon capture and avoid natural disasters with what is expected to serve the decision-makers to implement development strategies and public policies aimed at social welfare of the inhabitants of the forests and jungles and of the users of the goods that grant the natural resources of the country.

Keywords: Gross Domestic Product forest, six-year terms, deforestation, nurseries, plantations.

INTRODUCCIÓN

La valoración económica de las actividades productivas primarias forestales es fundamental para la economía de un país y estas, juegan un papel determinante en la evolución de una nación. Por un lado, los productos primarios de la producción silvícola aportan valor, mismo que se transforma en dinero y por el otro, contribuyen ampliamente a la sostenibilidad de los recursos forestales en todas las regiones agroecológicas de México.

México cuenta con una superficie territorial de 1,964,376 km² de los cuales 5,5 millones de ha están cubiertos por bosques (73%), selvas (21%) y zonas áridas (6%) (INEGI, 2019). Del total de la superficie, el 80% son propiedad ejidal y comunal, el 15% de propiedad privada y el 5% restante de propiedad nacional (CONAFOR, 2020a), además y de acuerdo a la anterior fuente, ocupa el 11vo. lugar mundial en cuanto a superficie boscosa y el 5to a nivel de América, además, y también el quinto lugar mundial en biodiversidad; lo que da una idea de su importancia en materia de recursos forestales.

Por su parte, la FAO (2018) señala que la superficie forestal como proporción de la superficie total entre los periodos 1990, 2010 y 2015 (25 años) a nivel de grandes regiones geográficas del mundo, presentó una disminución de su superficie forestal del uno por ciento, al pasar de 31.6% en 1990 a 30.8% en 2010, para quedar en 30.6% en 2015.

En la región de América Latina y El Caribe, donde se ubica México, la proporción de superficie forestal/superficie total es superior a la mundial (FAO, 2018). Sin embargo, la disminución de la superficie forestal es mucho mayor, ya que pasó de una proporción de 51.3% en 1990 a 47% en 2010 y a 46.4% en 2015; es decir, una disminución de 4.9% en el periodo que se mencionó.

Sin embargo, la CONAFOR (2020b) reporta que la pérdida de la superficie forestal de México fue de 0.13%, cifra menor a la pérdida mundial que alcanzó 0.2% durante 2010-2015. Las formaciones forestales que más contribuyen a la producción de productos primarios, y en consecuencia a la economía forestal del país, son las coníferas-latifoliadas con una superficie del 19.7% y la de solo latifoliadas con el 17.3%, lo cual suma un 37%, y las selvas que aportan 25.1% de la superficie, lo que en total alcanza el 62.1% (poco menos de las dos terceras partes) de la superficie forestal.

Por otro lado, de acuerdo a CONAPO (2018), en las regiones forestales de México se encuentran las de mayor marginalidad y pobreza, más del 50% de su población de 11 millones de personas, vive en pobreza extrema y de esta población cerca de 3.5 millones son indígenas pertenecientes a las 59 etnias del país. Tal situación resulta contradictoria debido a que las regiones forestales son las de mayor riqueza y deberían ser fuentes de bienestar y desarrollo.

El objetivo de la investigación fue analizar la dinámica de las tasas medias de crecimiento anual de los productos forestales primarios durante los tres últimos sexenios (2001-2006, 2007-2012 y 2013-2018) para tener puntos de comparación entre ellos, así como conocer su evolución y comportamiento en la economía mexicana.



MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología se desarrolló mediante una investigación documental de cinco fases:

Fase 1. Selección del tema a estudiar, se eligió a las actividades forestales primarias respecto a su importancia como valor monetario que aporta a la economía del país a través del Producto Interno Bruto (PIB), así como el crecimiento positivo o negativo que presentó durante los tres sexenios anteriores y se comparó con el indicador de la tasa media de crecimiento anual (tmca).

Fase 2. Recopilación de información de fuentes documentales secundarias, la focalización se centró en el acopio de información y datos duros para su cuantificación, ordenamiento y clasificación a fin de dimensionar la importancia que tienen las actividades forestales primarias, además de establecer un guion sobre el desarrollo y contenido del documento. Se acudió fundamentalmente a dos fuentes de información: el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) por medio de sus bases de datos de sus Cuentas Nacionales y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de los anuarios estadísticos de su organismo, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Posteriormente, se diseñó y construyó una base de datos en Excel que se alimentó con las cifras dándole una secuencia documental. El horizonte de datos se organizó en un periodo de 18 años (2001–2018) que permitió observar el comportamiento del valor económico de las actividades forestales primarias durante los tres sexenios motivo de análisis (2001-2006, 2007-2012 y 2013-2018) para conocer el crecimiento porcentual en cada periodo y compararlo con el crecimiento de todo el horizonte de investigación.

Fase 3. Elaboración del plan de investigación, la esencia es el ordenamiento de las ideas y facilitar la comprensión de los tópicos para lograr una estructura sistemática y lógica. Las actividades primarias forestales se tomaron con base al ordenamiento del Sistema de Clasificación Industrial del América del Norte, México SCIAN 2013 del INEGI, el cual las encuadra en Sectores, Ramos y Sub-ramos de la siguiente manera:

- Sector 11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.
 - Ramo 113 Aprovechamiento forestal.

- Sub-ramo 1131 Silvicultura.
- Sub-ramo 1132 Viveros forestales y recolección de productos forestales y
- Sub-ramo 1133 Tala de árboles.

Los valores monetarios de las actividades primarias forestales se expresaron a precios constantes del año base 2013 de acuerdo a los índices de deflación de INEGI y Banco de México, el año base lo determinan las anteriores instituciones en razón de considerar que es un año que presenta menos turbulencia en el contexto económico y las variables macroeconómicas se comportan de una manera menos inestable.

Fase 4. Organización de la información, con el marco conceptual y las bases de datos se procedió a la captura y clasificación de los datos e información para hacer su interpretación por parte del equipo de investigación y tener puntos de referencia y contraste tanto en similitudes como diferencias y de igual manera se organizó la documentación por cada uno de los tres periodos sexenales anteriores.

Fase 5. Función estadística, el indicador que se utilizó para medir los periodos sexenales y el general fue el de la tasa media de crecimiento anual (tmca) la cual se utiliza en periodos de mediano y largo plazos. Su función matemática se expresa en la siguiente ecuación:

$$TMCA = ((Vf / Vi) ^ (1 / n) - 1) * 100$$

En donde:

Vf = Valor final de periodo,

Vi = Valor inicial del periodo, y

n = número de años del periodo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos dinámicos de la participación de las actividades primarias del sector forestal mexicano en la economía mexicana se presentaron de manera agregada (comprende a la silvicultura, viveros forestales y recolección de productos forestales y la tala de árboles) y es lo que integra el Producto Interno Bruto (PIB) Primario del Sector Forestal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor de Producto Interno Bruto de las actividades primarias del sector forestal y su variación porcentual durante el periodo 2001-2018.

Table 1. Value of the Gross Domestic Product of the primary activities of the forestry sector and its percentage variation during the period 2001 – 2018.

Año	Millones de pesos	Variación % año anterior
2001	20 730	0.0
2002	19 434	-6.3
2003	20 763	6.8
2004	20 395	-1.8
2005	20 711	1.5
2006	21 645	4.5
2007	24 085	11.3
2008	23 071	-4.2
2009	21 477	-6.9
2010	21 657	0.8
2011	22 200	2.5
2012	22 723	2.4
2013	22 270	-2.0
2014	23 166	4.0
2015	24 450	5.5
2016	26 609	8.8
2017	29 566	11.1
2018	31 882	7.8

Fuente: INEGI (2019), Sistema de Cuentas Nacionales de México. Precios constantes de 2013.

Durante los 18 años del periodo de análisis, el mayor crecimiento de la actividad forestal primaria se dio en el 2007 con 11.3% y siguió muy de cerca en 2017 con 11.1% de incremento; los dos decrementos más pronunciados se dieron en los años de 2009 y 2002 con -6.9% y -6.3% respectivamente. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de las variaciones porcentuales en el PIB de las actividades forestales primarias.

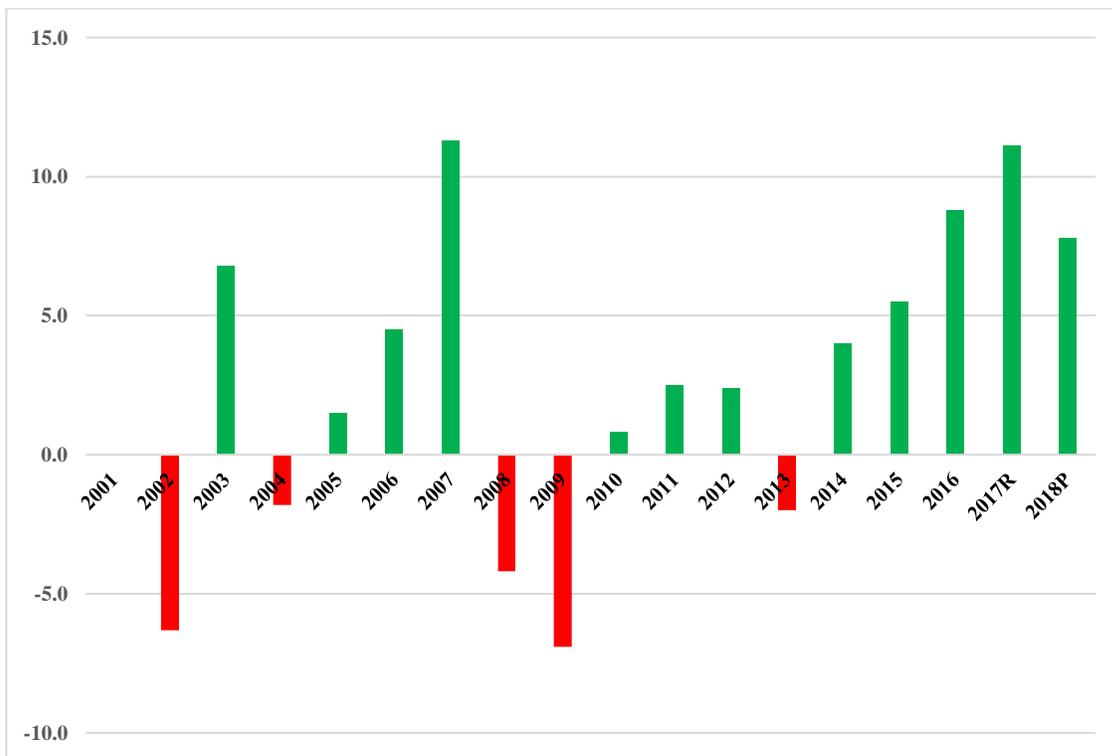


Figura 1. Variación porcentual del PIB de las actividades forestales primarias durante el periodo 2001–2018.

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México del INEGI 2019.

Figure 1. Percentage change of GDP of primary forest activities during the period 2001–2018.

El último año que decrece el sector primario en sus actividades forestales en el periodo de análisis es en 2013 y por otro lado a lo largo de los 18 años del periodo de análisis se observa una irregularidad, ya que presentó 10 incrementos y 8 decrementos lo que permite inferir las dificultades que se presentaron en el contexto del sector forestal primario para mantener el valor de su producción sin tantas variaciones.

Al manejar los valores absolutos de manera deflactada al año 2013 de las actividades primarias del sector forestal, en la Figura 2 se observa la evolución y comportamiento del mismo.





Figura 2. Comportamiento del valor del PIB forestal de las actividades primarias durante el periodo 2001–2018. (Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México del INEGI 2019).

Figure 2. Behavior of the value of forest GDP of primary activities during the period 2001–2018.

La mejor curva que se adecuó al comportamiento de las actividades primarias del PIB forestal durante los 18 años del periodo de análisis, fue una de tipo polinómica (Figura 2), misma que pasa por abajo y por arriba de los valores de la producción primaria forestal, lo que denotan una ciclicidad en la actividad económica silvícola y la pendiente de la tendencia en el valor de la producción es de tipo positiva.

A fin de conocer la participación porcentual de las actividades primarias dentro del PIB forestal total, mismo que resulta de la sumatoria las actividades industriales, mas las primarias, a manera de ejemplo, en el año 2018, se muestra en la Figura 3, su contribución.



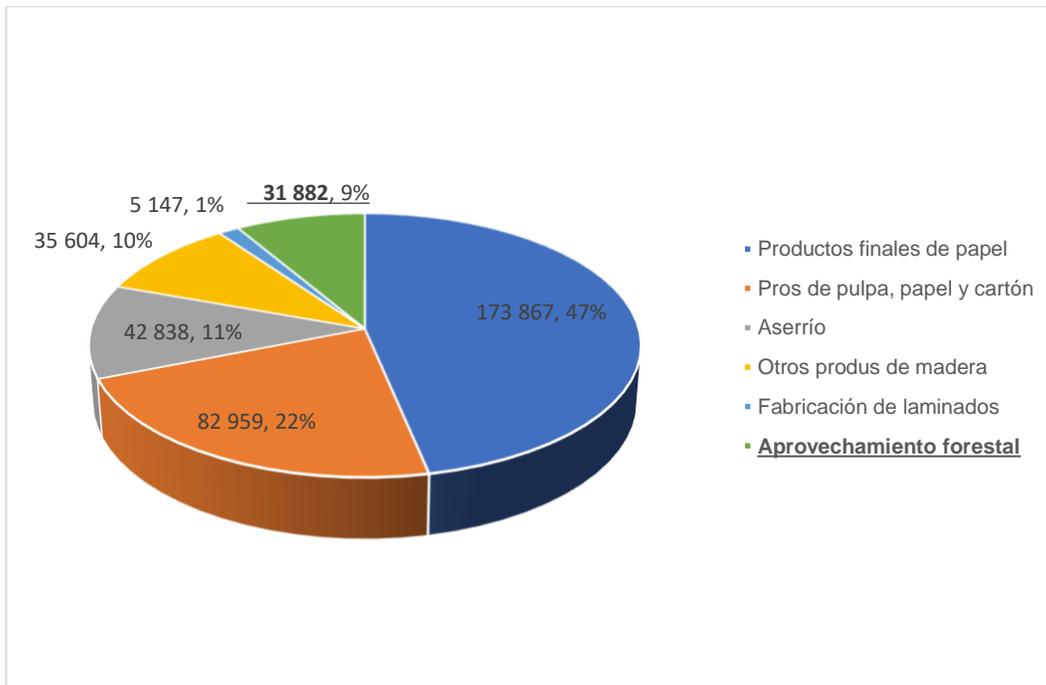


Figura 3. Participación porcentual de las actividades primarias en el PIB forestal total en el año 2018. (Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México del INEGI, 2019).

Figure. 3. Percentage share of primary activities in total forest GDP in 2018.

Se observa como las actividades primarias forestales tienen una escasa participación en el PIB forestal total, ya que, su contribución apenas alcanza el 9%, lo cual las coloca en el penúltimo lugar. La agroindustria forestal del papel es la que destaca en la contribución al PIB forestal, ya que al sumar los productos finales de papel con los de pulpa, cartón y papel, su contribución es del 69% (más de las dos terceras partes del PIB forestal lo aportan estas actividades) y al agregar la actividad industria del aserrío, la participación se eleva al 80%, lo anterior confirma la importancia que tienen las actividades que generan un mayor valor agregado.

Por otro lado, se puede mencionar que el 9% de la aportación de las actividades primarias al PIB forestal total, en un promedio de los 18 años del periodo de análisis, se generó en un 52.7% por la actividad de la tala de árboles, el 46.7% lo crearon los viveros y recolección de productos forestales y el restante 0.6% fue producto de las actividades de silvicultura.

A manera retrospectiva e histórica y de acuerdo a González (1980), en el año de 1917 la participación del PIB forestal en el PIB nacional representó el 1.45% y en el informe de Banco de México (1979), durante el trienio 1965, 1966, 1967, el PIB forestal representó dentro del total las proporciones del 1.70%, 1.64%, 1.57% respectivamente. Esto indicó un retroceso en la economía forestal y en las Cuentas Nacionales de INEGI, en el primer año (1993) que reporta en la macro base la participación porcentual del sector forestal en el PIB fue del 1.4% (cinco centésimas menos que la referencia histórica de 1979).

Tasas medias de crecimiento anual de las actividades primarias forestales.

En el Cuadro 2, se muestran las diferencias que se dieron en cuanto al crecimiento que se midió en porcentajes, del valor de la producción a precios constantes del 2013 de las actividades forestales primarias, en cada uno de los tres periodos sexenales, mismos que coinciden con el horizonte del periodo de análisis, así como del total del sector silvícola primario.

Cuadro 2. Tasas medias de crecimiento anual de las actividades primarias en el sector forestal por sexenios y total.

Table 2. Average annual growth rates of primary activities in the forestry sector by six-years periods and total.

Actividades\ Periodos	2001-2018	2001-2006	2007-2012	2013-2018
	Total	*VFQ	**FJCH	***EPN
Primarias	2.42	0.72	-0.97	6.16

Fuente: elaboración propia. *VFQ = Vicente Fox Quezada, **FJCH = Felipe de Jesús Calderón Hinojosa, ***EPN = Enrique Peña Nieto.

El mejor periodo de la tasa media de crecimiento anual del valor de la producción forestal de las actividades primarias fue el que correspondió al sexenio 2013 – 2018 (6.16), y el menos favorable y que incluso tuvo crecimiento negativo fue el que se dio en el sexenio 2007–2012 (-0.97), en el primer sexenio 2001–2006, la tmca resultó poco significativa, sin embargo, y aunque alcanzó un valor menor de uno (0.72), fue positivo. En el total del periodo, las actividades primarias del sector forestal presentaron un crecimiento (2.42) similar al que tuvo la economía mexicana en su conjunto de alrededor de 2.

El PIB de las actividades primarias

A fin de tener un comparativo de las actividades primarias y con base en la clasificación que hace el INEGI del sector productivo primario de sus actividades, en el cual dicho Instituto, las agrega en el Sector 11 y en los Ramos: 111 Agricultura, 112 Cría y explotación de animales, 113 Aprovechamiento forestal, y 114 Pesca, caza y captura. En la Figura 4 se presenta la evolución y tendencia del valor de la producción en el total del sector primario y en sus cuatro acepciones.

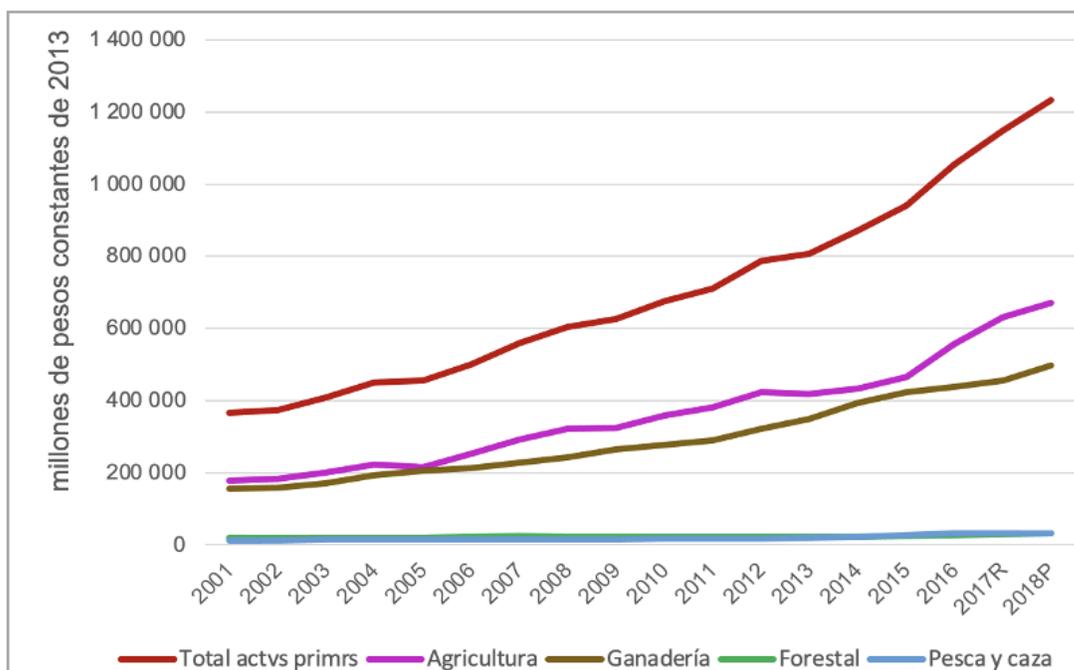


Figura 4. Evolución del PIB primario en sus actividades agrícolas, ganaderas, silvícolas y de pesca y caza. (Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales de México del INEGI, 2019).

Figure 4. Evolution of primary GDP in its agricultural, livestock, forestry and fishery and hunting.

Las actividades primarias provenientes de la agricultura (Figura 4) son las que tienen el mayor aporte al PIB primario, ya que, al tomar como referencia el último año del periodo de análisis (2018), participaron con el 54.32% del total del valor de la producción del sector primario y al sumar la ganadería, que lo hizo con el 40.41%, entre ambas aportaron el 94.73% del valor económico de las actividades primarias y el resto de la aportación al PIB primario, lo hicieron de manera marginal las actividades silvícolas con el 2.59% y la pesca y caza con 2.68%.

Lo anterior ubicó a las actividades primarias del sector silvícola en el último lugar, sin embargo, más adelante se comentará de manera enunciativa la importancia que tiene el sector forestal para la sobrevivencia del planeta.

Valoración intangible del sector forestal primario.

Las actividades primarias del sector silvícola tienen una relevancia que va más allá de su aporte monetario a la economía de un país como lo reflejan las Cuentas Nacionales del INEGI. Tal como lo mencionan Torres y Guevara (2002) y CONAFOR (2020b), la actividad silvícola ayuda a la captación y filtración de agua que reabastecen los mantos acuíferos que evitan inundaciones en las partes bajas de las cuencas hidrográficas, la retención y enriquecimiento del suelo que evitan la erosión y los desastres naturales por arrastre y desgajamiento de laderas de cerros, contribuyen a la captura de carbono y favorecen la mitigación del cambio climático, son esenciales en el paisaje escénico, se impulsan las actividades recreativas y deportivas al aire libre lo que contribuye a una mejor salud pública, la recolección de subproductos de las áreas forestales, son refugio de flora y fauna y dentro de múltiples etnias representan una cosmovisión del mundo terrenal y espiritual, entre otras.

CONCLUSIÓN

De las tres actividades primarias forestales que conforman el ramo de aprovechamiento forestal, la que más aporta al PIB forestal primario es la tala de árboles con más de la mitad (52.7%) y además dentro de la valoración intangible del sector forestal son precisamente las masas forestales las que más contribuyen a la mitigación del cambio climático, de aquí la importancia que reviste la reforestación de especies arbóreas.

El crecimiento porcentual anual del aprovechamiento forestal, durante los 18 años del periodo de análisis presentó altas y bajas, con el mayor incremento en 2007 con 11.3% y el máximo decremento en 2009 con -6.9%

El comportamiento de la tendencia en el valor monetario de las actividades primarias forestales que más se adecuó, fue el de una curva polinómica ya que, el valor de la producción de las actividades forestales primarias presentó una ciclicidad con aumentos y disminuciones.



El crecimiento en el valor económico de las actividades forestales primarias se midió a través de la tasa media de crecimiento anual y la del periodo de análisis (18 años, 2001–2018) fue de 2.42 y al segmentar por periodos sexenales, el menor incremento se dio en los años 2007–2012 con una tasa negativa de -0.97, el mayor se presentó en el periodo 2013–2018, la cual fue de 6.17 y en el primer sexenio presentó un aumento marginal de sólo el 0.76, el crecimiento del periodo de 18 años fue similar al que mostró la economía mexicana en general durante los últimos años. En el sector primario que engloba a la agricultura, ganadería, forestería, pesca y caza, las actividades inherentes a la silvicultura, tuvieron la participación más baja en el PIB primario del año 2018, ya que, apenas alcanzó la cifra de 2.58%, independientemente del valor monetario que aporta a la economía, su mayor importancia estriba en las actividades que ayudan a preservar y mejorar las condiciones ambientales para la sociedad.

Agradecimientos

Al INIFAP por otorgar las facilidades para realizar las actividades de investigación por medio de su programa transversal de socioeconomía forestal.

LITERATURA CITADA

Banco de México (1980). Informe Anual 1979. Sexagésima primera Asamblea General Ordinaria de Accionistas. México. Distrito Federal. 194 pp.

Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2020a). *El Sector Forestal Mexicano en Cifras. Bosques para el Bienestar Social y Climático*. CDMX. México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2020b). *Los servicios que nos entregan los bosques*. Recuperado de <http://>

Consejo Nacional de Población [CONAPO]. (2018). *Los ecosistemas forestales –en donde el 90% de la población indígena se concentra– son un factor clave para combatir el Cambio Climático*. Recuperado de <http://www.gob.mx/conapo>



- FAO. (2018). Food Agricultural Organization. El estado de los bosques en el mundo - las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. Italia. Licencia. CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- González, P. C. (1979). *El Análisis Socioeconómico en el Desarrollo Forestal. Aspectos Económicos y Sociales de la Actividad Forestal. Publicación Especial No. 18.* D. F., México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales – Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2013). Sistema de Clasificación de América del Norte, México SCIAN 2013. México, Distrito Federal. 558 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]. (2019). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2018.* Aguascalientes, México: INEGI.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. (2018). *El Estado de los Bosques del Mundo. Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible.* Roma, Italia: FAO.
- Torres, R. J. M. & Guevara, S. A. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, 63(2002), 40–59.



BEBIDAS VEGETALES Y SUS APORTES FUNCIONALES ^a

PLANT-BASED BEVERAGES AND THEIR FUNCTIONAL CONTRIBUTIONS

García-Hernández, A.; Rodríguez-Hernández, G*.

Departamento de Alimentos. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. km 9 carretera Irapuato-Silao, código postal 36500, Irapuato Guanajuato, México.

* e-mail: gabriela.rodriguez@ugto.mx

Fecha de envío: 20 Septiembre 2021

Fecha de publicación: 30, diciembre, 2021

Resumen:

En la actualidad las bebidas vegetales han aumentado su consumo por diversas razones, como las alergias alimentarias y posturas éticas relativas al consumo de alimentos de origen animal. Las bebidas vegetales son consideradas alimentos funcionales por sus compuestos nutricionales y bioactivos que ayudan en la mejora de ciertas patologías, además, son una opción para sustituir el consumo de leche animal. En los últimos años, el desarrollo de bebidas vegetales derivadas de leguminosas, cereales, pseudocereales, nueces y semillas ha ido en incremento posicionando a la bebida a base de soya como la de mayor gusto por los consumidores. El desarrollo de nuevas formulaciones es uno de los principales objetivos de la industria alimentaria, por lo que la elaboración de estas bebidas tiene como objetivo promover las características funcionales para contribuir en el posicionamiento en el mercado de estos productos.

Palabras clave: compuestos bioactivos, derivados vegetales, alimentos funcionales.

^a Proyecto de investigación del Departamento de Alimentos. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca

Abstract:

Nowadays, plant drinks have increased their consumption for various reasons, such as food allergies and ethical positions regarding the consumption of foods of animal origin. Vegetable drinks are considered functional foods due to their nutritional and bioactive compounds that help in the improvement of certain pathologies, in addition, they are an option to replace animal milk. In recent years, the development of vegetable drinks from legumes, cereals, pseudo-cereals, nuts and seeds has been increasing, positioning the soy-based drink as the one most liked by consumers. The development of new formulations development of vegetable drinks is one of the main objectives of the food industry, being the main reason to promote the functional characteristics to contribute to the market positioning of these products.

Keywords: bioactive components, plant derivatives, functional foods.

1. Alimentos funcionales

La definición de “alimentos funcionales” del Consejo Internacional de Información Alimentaria (IFIC) dice que: son aquellos alimentos o compuestos dietéticos que pueden proporcionar un beneficio para la salud más allá de la nutrición básica (Henry, 2010). Desde el punto de vista práctico, pueden ser naturales, o de origen sintético, o bien en los que se ha modificado la naturaleza o biodisponibilidad de alguno de sus compuestos, o cualquiera de las combinaciones anteriores (Heredia, 2016). Dichos alimentos pueden contribuir a la mejora de las condiciones generales del organismo, disminución del riesgo de algunas enfermedades, y podrían llegar a utilizarse para curar algunos dolores (Vodnar et al., 2019). Así también, se han estudiado con la finalidad de prevenir numerosas enfermedades, como cáncer, problemas cardíacos y la disminución del envejecimiento (Vargas Aguilar, 2012).

1.1. Clasificación

Los alimentos funcionales se pueden clasificar de la siguiente manera: a) alimentos convencionales, b) alimentos que han sido modificados y c) ingredientes de alimentos sintetizados.

El término "bioactivo" es comúnmente utilizado para gran cantidad de sustancias con diversos tipos de actividad biológica (Giromini et al., 2018), como el β -glucano en el salvado de avena, el cual participa en la reducción del colesterol en sangre. Algunos alimentos pueden denominarse como funcionales, una vez que han sido modificados ya sea por enriquecimiento como los probióticos (Henry, 2010) u otros medios con sustancias bioactivas, por ejemplo, la adición de fitoesterol en la margarina que puede contribuir a la reducción del colesterol sérico.

1.2. Enfoque

Los alimentos pueden volverse funcionales cuando el objetivo se reconoce dentro de estos cinco factores:

- Eliminación de algún componente el cual es conocido o se le identifica como el causante de un efecto de envenenamiento al consumirse.
- Aumento de la concentración de algún componente presente de forma natural en el alimento hasta el grado de inducir el efecto planteado.
- Adición de un componente que normalmente no está presente en el alimento, no necesariamente debe ser un macronutriente o micronutriente, pero que este componente demuestre un efecto benéfico.
- Sustitución de un componente, del cual su ingesta excesiva represente riesgo y se requiere sustituirlo por otro que presente efectos benéficos.
- Aumento de la biodisponibilidad o estabilidad de un componente el cual puede producir un efecto funcional o que reduzca el potencial de riesgo de enfermedad a causa del alimento (Henry, 2010).

1.3. Marco normativo.

En la actualidad los alimentos funcionales representan una de las áreas más interesantes de investigación e innovación en la industria alimentaria, por ello la investigación y su desarrollo (Vodnar et al., 2019). El primer país en legislar los alimentos funcionales fue Japón. En 1952 se promulgó un reglamento sobre la mejora de la nutrición a través de los alimentos (Puiggròs et al., 2017). En el caso de Europa, desde el marco normativo, los alimentos funcionales no están claros ni definidos. Es incierto al momento de etiquetar un nuevo producto funcional como

alimento, suplemento o medicamento, los alimentos funcionales deben cumplir con requisitos básicos, como una declaración de propiedades saludables que definan, afirmen, sugieran o impliquen que existe una relación con la categoría de alimento o que alguno de sus compuestos tiene algún beneficio a la salud como lo cita el Reglamento CE 1924/2006 sobre declaraciones de propiedades nutricionales y saludables en los alimentos.

En el caso de EE. UU. no existe una categoría individual o conjunta de regulaciones para los alimentos funcionales, estos productos están sujetos a normativas para alimentos convencionales, es decir, que sean seguros de comercializar como alimentos y sus ingredientes deben ser en general reconocidos como seguros (GRAS) o aprobados como aditivos alimentarios (Corbo et al., 2014). La Food and Drug Administration (FDA) desde 1993, permite incluir mensajes en los que se declaran propiedades saludables, pero se pide a los operadores industriales que entreguen datos científicos sobre la declaración de salud. Además, otros países siguen sus propias normativas para controlar el mercado de los alimentos funcionales dentro de sus territorios, lo que incrementa problemáticas relacionadas con un número tan amplio de diferencias. Para superar esta situación, durante la última década, se han realizado esfuerzos para definir directrices internacionales en el proceso de aceptación de las declaraciones en el contexto del Codex Alimentarius (Puiggròs et al., 2017).

1.4. Mercado

Existe un mercado prominente en los países desarrollados, con un valor mundial total en 2020 de más de 300,000 millones de dólares, reflejando la connotación positiva que los consumidores tienen respecto a los alimentos funcionales y la tendencia actual hacia la adopción de hábitos saludables y el interés de la industria en la innovación no solo en el área alimentaria, sino también en la farmacéutica, lo que impulsa el desarrollo de este tipo de productos a nivel mundial (Domínguez et al., 2020). Con respecto a las bebidas funcionales estas tienen tendencias similares, ya que crecen y evolucionan junto a las características sociodemográficas y socioculturales de los consumidores las cuales influyen directamente la percepción y la aceptación de los productos funcionales (Corbo et al., 2014).

2. Compuestos bioactivos

Pueden definirse como: constituyentes extra nutricionales que suelen aparecer en pequeñas cantidades en los alimentos. En la actualidad se han descubierto muchos compuestos bioactivos de origen diverso, los cuales varían en cuanto a su estructura química y su función (Kris-Etherton et al, 2002). Los compuestos bioactivos de origen vegetal son fitoquímicos presentes en éstas, que pueden promover la salud, pero no son esenciales para la vida (Repo-Carrasco-Valencia, 2017).

2.1. Principales compuestos bioactivos.

Los principales compuestos bioactivos y sus fuentes dietéticas se muestran en el Cuadro 1. donde se pueden identificar tres grandes grupos: terpenoides, compuestos fenólicos y compuestos azufrados (Roldán et al, 2009).



Cuadro 1. Algunos compuestos bioactivos de los alimentos de origen vegetal y sus principales fuentes dietéticas.

Table 1. Some bioactive components of plant foods and their main dietary sources.

Componente	Fuente dietética
Terpenoides	
-Carotenoides	B-caroteno: hortalizas y frutas de color naranja, verduras de hoja verde oscuro, tomate y derivados
- α -caroteno, β -caroteno	Lycopeno: Tomates, sandía, pimiento rojo, toronja.
-Licopeno	B-criptoxantina: naranjas y papayas
-Xantofilas	-+Luteína y zeaxantina: verduras de hoja verde, naranjas, patatas, tomates, pimientos rojos, maíz, aguacate y melón
- β -criptoxantina	
-Luteína, zeaxantina	
-Fitoesteroles	Aceites vegetales (maíz, girasol, soya, oliva), cereales, legumbres, frutos secos, hortalizas. Alimentos enriquecidos.
Compuestos fenólicos	
-Alcoholes y ácidos fenólicos	Cítricos, aceitunas, aceite de oliva virgen, otras frutas, hortalizas, avena, soya, frutos secos, vino, cerveza, té.
-Polifenoles	Quercetina, kamferol, miricetina y antocianidinas: cebollas, puerros, lechuga, brécol, tomates, uvas, naranjas (pulpa), manzanas, cerezas, moras, frambuesas, arándanos, aceitunas, vino tinto, té, orégano y otras hierbas aromáticas.
-Flavonoides	Catequinas y proantocianidinas: manzanas, peras, cerezas, uvas, albaricoque, melocotón, frutos secos, legumbres, cacao, chocolate negro, vino, sidra, cerveza, té.
-Flavonoles (quercetina, kamferol, miricetina, rutina, etc.).	Hesperidina, naringenina: cítricos, zumo de uva. Apigenina, luteolina: perejil, apio, pimiento, tomillo, aceitunas.
-Flavanoles (flaván-3-oles):	Resveratrol: piel de la uva, vino, zumo de uva, arándanos.
-Catequinas (catequina, epicatequina)	Fitoestrógenos: isoflavonas (genisteína, daidzeína) y lignanos: soya y derivados, otras legumbres, cereales integrales, frutos secos, frutos del bosque, brécol, ajo, zanahorias, etc.
-Pro(anto)cianidinas o taninos condensados.	
-Flavanonas (naringenina, hesperitina, naringina, hesperidina).	
-Antocianinas y antocianidinas (antocianinas sin azúcar).	
-Flavonas (apigenina, luteolina, etc.).	
-Isoflavonas	
-Estilbenos (resveratrol).	
-Curcuminoides	
-Lignanos	
Compuestos azufrados	
-De aliáceas (aliína, alicina, ajoeno, dialilsulfuro)	Aliína, dialilsulfuro: cebolla, cebollino, cebolleta, puerro, ajo.
-Glucosinolatos (isotiocinato, sulforafano, indol-3-carbinol)	Isotiocinato, sulforafano, I3C: repollo, coliflor, brécol, berza, coles de Bruselas, lombarda, ajo, cebollas, nabo, mostaza.

Información obtenida de Roldan et al., (2009).

1.1. *Papel de los compuestos bioactivos en la salud.*

Gran parte del conocimiento reciente sobre bioactivos se ha basado en estudios realizados en células de mamífero cultivadas. Los cuales ofrecen ensayos rápidos, económicamente viables y reproducibles para analizar y validar los efectos de muchos compuestos diferentes en una amplia gama de marcadores inflamatorios. Los péptidos y los hidrolizados de proteínas derivados de fuentes alimentarias como la leche, el huevo, el pescado, la carne y la soya (por nombrar algunos) han sido probados para determinar los posibles efectos beneficiosos en estos sistemas (Chakrabarti et al., 2014). El papel en la prevención de numerosas enfermedades, además de que cuentan con una importante acción antioxidante y muchos otros mecanismos biológicamente plausibles que pueden ser responsables de su efecto protector, algunos de estos efectos contra enfermedades (Cuadro 2).

Cuadro 2. Compuestos bioactivos y su efecto relacionado a la salud

Table 2. Bioactive compounds and their health-related effects

Compuesto	*Evidencia probada para las siguientes enfermedades									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Carotenoides	X		X		X			X		
Fitoesteroles	X							X		
Saponinas	X	X			X			X		
Glucosinolatos	X	X						X		
Polifenoles	X	X	X	X	X	X	X		X	
Inhibidores de la proteasa	X		X							
Monoterpenos	X	X								
Fitoestrógenos	X	X								
Organosulfurados	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Ácido fitico	X		X		X				X	

*A: anticancerígeno, B: antimicrobiano, C: antioxidante, D: antitrombótico, E: inmunomodulador, F: antiinflamatorio, G: antihipertensivo, H: hipocolesterolemizante, I: hipoglucémico, J: digestivo

Información obtenida de Roldan et al., (2009).



1.2. *Compuestos bioactivos de los derivados de vegetales*

Los alimentos derivados de plantas son otra fuente importante de compuestos bioactivos, incluidos muchos péptidos e hidrolizados de proteínas, los hidrolizados de soya han producido varios péptidos bioactivos con efectos antiinflamatorios en líneas celulares de macrófagos, con preparaciones de frijoles germinados que provocan respuestas más fuertes (Chakrabarti et al., 2014). Las bebidas a base de nueces y semillas son ricas en compuestos antioxidantes que reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer, aterosclerosis y diabetes al evitar que los radicales libres oxiden ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y el ADN.

El sésamo es rico en términos de actividad antioxidante ya que su valor de DPPH IC₅₀ está entre 8.88 µg / mL y 44.21 µg / mL. Sin embargo, cuando se consideran a las bebidas vegetales, es importante destacar que, aunque los frutos secos y los cereales son ricos en proteínas, fibra dietética, ácidos grasos, vitaminas y fitoquímicos, la mayoría de estos compuestos bioactivos beneficiosos se pierden durante el procesamiento (Aydar et al., 2020).

3. **Bebidas vegetales y sus beneficios**

Las bebidas vegetales son productos que siempre se han consumido, son bebidas no lácteas, elaboradas con agua e ingredientes vegetales, que no contienen proteína animal (García-Saavedra, 2017). Hay diferentes tipos de bebidas vegetales, por ejemplo: de almendras, coco, arroz, avena, linaza, alpiste, quinoa, sésamo, soya, avellanas, así como de nuez, girasol, mijo, cáñamo, trigo y espelta (Dávila De Campagnaro, 2017). Los sustitutos de la leche de origen animal por las bebidas de origen vegetal son uno de los grupos de alimentos que son insustituibles en la industria alimentaria vegana ya que son un ingrediente esencial en muchos productos como el yogur de origen vegetal, el queso, el kéfir, la mantequilla, crema, etc (Aydar et al., 2020).

3.1. *Procesamiento de las bebidas vegetales*

El aumento en la producción de estas bebidas es principalmente debido a problemas relacionados con la salud como son la intolerancia a la lactosa y la alergia a las proteínas de la leche de vaca (García-Saavedra, 2017). Los pasos comunes en la producción de todas las bebidas vegetales como la de almendra, anacardo,

coco, avellana, maní, sésamo, soya, chufa, avena, arroz, cáñamo y nuez son la molienda húmeda, la filtración, la adición de ingredientes, la esterilización, la homogeneización, envasado aséptico y almacenamiento en frío (Aydar et al., 2020). Debido a que son termodinámicamente inestables la selección de las condiciones de procesado juega un papel clave en su estabilización final (Bernat et al., 2015), empleando gomas para la mejora y estabilidad y haciendo uso de sal y edulcorantes para el desarrollo de propiedades sensoriales (Aydar et al., 2020).

3.2. *Aporte nutricional de las bebidas vegetales*

Las bebidas vegetales carecen en esencia de ciertos compuestos normalmente asociados a la leche de mamíferos, como el colesterol, los ácidos grasos saturados, los antígenos y la lactosa, y a la vez son una buena fuente de minerales, proteínas no alérgicas, ácidos grasos esenciales, etc. Estas características las hace muy adecuadas como alternativa a los lácteos. En los últimos años, las fuentes vegetales han sido aceptadas como alimentos funcionales y nutracéuticos, ya que son una rica fuente de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, como minerales, vitaminas, fibras dietéticas y antioxidantes. Las legumbres y los frutos secos tienen esas características que los hacen convenientes para producir alimentos nutritivos, saludables, económicos y apetecibles (Kundu et al., 2018). Una parte del aumento en el consumo de las bebidas vegetales es que estas son enriquecidas con calcio, lo cual al igual que la leche de vaca, podrían contribuir al mantenimiento de los huesos. Estas bebidas cuentan con la peculiaridad de ser ligeras y de fácil digestión por la ausencia de lactosa; en su mayoría incluyen pocas calorías y nada de colesterol, aunque su composición por lo general es baja en proteínas o alta en azúcares (Nájera et al, 2021).

3.3. *Bebidas vegetales como portadoras de probióticos*

Los alimentos funcionales con probióticos constituyen uno de los subgrupos más importantes dentro de este tipo de alimentos. Los cuales son productos que contienen microorganismos definidos y viables en grado suficiente para modificar la microbiota gastrointestinal del huésped, ejerciendo así un efecto beneficioso sobre la salud de éste (Sanz et al., 2003). La presencia de nutrientes y compuestos bioactivos favorecen el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos

probióticos, se ha reconocido que las matrices vegetales que contienen cantidades notables de fitonutrientes biodisponibles para mantener los probióticos, por ejemplo, los cereales contienen una cantidad apreciable de oligosacáridos, ácidos fítics, fibras hidrosolubles, esteroides y vitaminas (Kehinde et al., 2020).

3.4. *Beneficios de los microorganismos en las bebidas funcionales*

Un enfoque atractivo para mejorar el valor nutricional de los alimentos funcionales como las bebidas fermentadas no alcohólicas, se basa en la actividad de las bacterias. Los microorganismos producen vitaminas como ácido fólico, cobalamina, menaquinona, riboflavina y tiamina. El uso de estos cultivos en la fermentación de alimentos potencialmente proporciona rutas no solo para mejorar el perfil nutricional de los alimentos, sino también para llevar microorganismos al intestino, donde pueden sintetizar dichas vitaminas in vivo. La funcionalidad de los alimentos también se puede mejorar usando probióticos. Los rasgos más importantes de un probiótico se basan en:

- La supervivencia a pH bajo y sales biliares agregadas.
- Adhesión al epitelio intestinal.
- Actividad antimicrobiana frente a patógenos transmitidos por los alimentos y adhesión competitiva a la mucosa.

Aparte de estos rasgos se requieren algunas características más, como la interacción con los cultivos iniciadores, ya que la interacción antagonista entre los probióticos y los cultivos iniciadores puede resultar en la inhibición del crecimiento por ácidos, peróxidos, bacteriocinas y otros metabolitos. Debido al hecho de que la prolongación de la vida útil es un gran desafío para las bebidas funcionales, se debe mantener el producto a niveles de al menos 10⁷ células viables por gramo o mililitro (Corbo et al., 2014).

3.5. *Interacciones metabólicas*

La composición de nutrientes de los alimentos funcionales desempeña su respectivo papel en el crecimiento y el metabolismo de los microorganismos probióticos, principalmente los fermentativos, que además de aportar sabor, olor y/o textura deseable en este tipo de alimentos, también son capaces de generar metabolitos secundarios con importantes actividades biológicas (Álvarez-Rosales et

al., 2019), como lo son las bacteriocinas como la nisina, que es un importante antimicrobiano (Heredia-Castro et al., 2017). Por otra parte, se sabe que los alimentos vegetales contienen carbohidratos no digeribles que son funcionales como prebióticos durante la fermentación probiótica. La descomposición proteolítica de las proteínas intrínsecas inducida por los probióticos en diversos péptidos ha sido objeto de una considerable cantidad de investigaciones en los últimos años (Kehinde et al., 2020).

3.6. Beneficios a la salud

La ausencia de alérgenos relacionados con los productos lácteos, el colesterol y el bajo contenido calórico de las bebidas vegetales implica que plantean menos problemas de salud a los consumidores. Desde el punto de vista de la composición de ácidos grasos mono y poliinsaturados y los ácidos grasos saturados en las bebidas vegetales es notablemente mayor en comparación con los de las bebidas lácteas, lo que representa una opción nutricional más viable (Kehinde et al., 2020).

4. Principales bebidas vegetales en el mercado

El mercado global de productos alternativos está en continuo crecimiento, una de las tendencias alimentarias predominantes en la industria láctea es la demanda de productos a base de plantas (Vaikma et al., 2021). Las bebidas vegetales, debido al origen de sus ingredientes se asocian a alimentos saludables y naturales. Por estos motivos muchos consumidores están haciendo la transición de leche de mamíferos a bebidas vegetales siguiendo las nuevas tendencias de vida saludable o “healthy”. Algunos de los motivos de la tendencia de los consumidores por optar a las bebidas vegetales son:

- Preocupación de la salud y una alimentación saludable con productos bajos en calorías, sin azúcares añadidos, sin grasas saturadas y con menos ingredientes sintéticos.
- Preocupación por los alérgenos, ya sea por intolerancia a los lácteos y/o la sintomatología que produce.



- Posturas éticas (veganos, vegetarianos), ya sea porque no consumen ningún tipo de alimento de origen animal, por tipos de dietas, principios o creencias, como alternativa a la leche de vaca (Marco, 2019).

La bebida vegetal más comercializada en el mercado es la bebida a base de soya, se comercializa desde 1940 en el continente asiático, seguida de la elaborada a partir de almendras debido a su alto contenido proteico, además de que puede mantenerse en vida útil más tiempo a diferencia de los lácteos en general. La bebida de coco es el resultado de el extracto blanco obtenido de la filtración de la pulpa molida el cual tiene un agradable sabor, se consume principalmente en forma de bebida, y en forma secundaria como ingrediente de preparaciones gastronómicas (Fuentes, 2019).

Fuentes y colaboradores en 2020 realizaron un censo en Buenos Aires, Argentina sobre las preferencias de consumo de bebidas vegetales en el mercado. Las principales fueron almendra y soya, también mencionaron alternativas como la de arroz, coco y avena. Entre los motivos por los que deciden consumir estas bebidas sobresalen las características de sabor y fácil manejo.

4.1. Clasificación de las bebidas vegetales en el mercado

- Cereales: arroz, avena, espelta, cebada, maíz, bebidas de trigo espelta.
- Legumbres: bebidas de soya, bebidas de maní, bebidas de lupino, bebidas de frijol.
- Nueces: almendras, avellanas, sésamo, coco, pistacho, nuez.
- Semillas: sésamo, linaza, semillas de girasol, cáñamo.
- Pseudocereales: quínoa, amaranto, bebidas de teff.
- (INNOFOOD, 2017 y Fuentes et al., 2020).

4.1.1. Tendencias de las bebidas vegetales en el mercado nacional

Un número creciente de empresas están tratando de dejar su huella en el espacio alternativo de productos lácteos. Las nuevas tecnologías y los procesos de fabricación también se están explorando, por ejemplo, durante el año 2021 se desarrollaron bebidas sucedáneas a los lácteos a base de plátano y cebada (Lee,



2021). La producción de bebidas vegetales en 2018 fue de 117.2 millones de litros, una cifra aún alejada de los más de 12,000 millones de litros de leche de vaca que México produce anualmente. Sin embargo, en los últimos cinco años el consumo de estas bebidas, han crecido en un 33.5%. Empresas multinacionales como Nestlé, Danone o Coca-Cola aprovecharon el incremento de este mercado para comenzar a producir estos productos. También lo han hecho algunas empresas mexicanas como Grupo Cuadritos, que se encuentra desarrollando estos productos bajo la marca Güd (Expansion, 2019). En el Cuadro 3 podemos observar el porcentaje de presencia de estas empresas multinacionales y nacionales en el mercado de las bebidas vegetales.

Cuadro 3. Porcentaje de las empresas multinacionales y nacionales en el mercado de bebidas vegetales en México.

Table 3. Percentage of multinational and national companies in the vegetable beverage market in Mexico.

Empresa	Marca	Porcentaje
Coca-Cola	Ades	48.8
Danone	Silk	21.7
Nestle	Nature's Heart	5.7
Grupo Industrial Cuadritos	Güd-Bove	1.9

Información obtenida de Expansión (2019).

4.1.1.1. *Tendencias de las bebidas vegetales en el mercado internacional*

Los sucedáneos de los lácteos a base de origen vegetal se producen utilizando una amplia gama de ingredientes como cereales, leguminosas y semillas, sin embargo, los productos lácteos a base de almendras y avena se están volviendo muy populares entre los consumidores, debido al sabor único y las propiedades beneficiosas esenciales para la salud de los consumidores (Persistence Market Research, 2020). En EE. UU., las bebidas de avena alcanzaron ventas de US \$ 252 millones en 2020, y son la alternativa a la leche de más rápido crecimiento en el mercado, con una adopción generalizada tanto en aplicaciones minoristas como de

servicios de alimentos. El atractivo de las bebidas de avena es multifacético. Se percibe más sostenible que las bebidas de almendras, ya que la producción de bebidas de avena utiliza significativamente menos agua que las almendras (Lee, 2021). Los países como China, India, Indonesia y otros, son productores prominentes de soya, coco y arroz. El consumo de productos a base de soya, coco y arroz se ha popularizado en la región desde hace siglos. Junto con eso, Europa también exhibe una participación de valor significativa en el mercado mundial de las bebidas vegetales. Esto es atribuible a la gran población de consumidores veganos que prefieren los productos de origen vegetal a los productos lácteos (Persistence Market Research, 2020). En la Figura 1 podemos observar el crecimiento desde 2014 hasta la estimación en el 2025 del valor en el mercado global de las bebidas vegetales.



Figura 1. Estimaciones del mercado mundial de alternativas lácteas desde el año 2014 hasta el 2025.

Figure 1. Global dairy alternatives market estimates from 2014 to 2025.

Imagen obtenida de A growing plant milk market, s.f.

En términos de ingresos globales, este mercado está valorado en \$ 16,130.9 millones de dólares en 2019 y se prevé que alcance los \$ 41,061 millones en 2025, lo que avanza una tasa de CAGR pronosticada del 16.7 % entre 2020 y 2025. En 2019, la leche de soya y la leche de almendras tenían aproximadamente el 40% cada una de los ingresos del mercado global. Otras leches vegetales como arroz, avena, avellana, coco e incluso guisantes se llevaron el 20% restante.

CONCLUSIÓN

Se puede concluir que las bebidas vegetales entran en la clasificación de alimentos funcionales, muchos de estos productos de igual manera son enriquecidos con calcio por lo tanto además de ayudar en la mejora de ciertas patologías, también poseen un buen valor nutricional. La alta demanda de estos productos va ligado a dos causas principales que son las alergias alimentarias y las posturas éticas. Estas razones, y el continuo crecimiento poblacional, propician la búsqueda de opciones como la adición de probióticos, o el fomento de sus propiedades funcionales para incentivar el desarrollo e innovación en estos productos.

LITERATURA CITADA

A growing plant milk market. (s. f.). Recuperado 14 de septiembre de 2021, de <https://www.vegansociety.com/news/market-insights/plant-milk-market>

Álvarez-Rosales J.D., Ozuna, C. Salcedo-Hernández R. Rodríguez-Hernández G. (2019). Capítulo 2: Comparision of antioxidant activity of cow and goat milk during fermentation with *Lactobacillus acidophilus* LA-5. En Prebiotics and Probiotics-Potential Benefits in Nutrition and Health. IntechOpen. 17-33.

Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975. Doi: 10.1016/j.jff.2020.103975

Bernat, N., Cháfera, M., Chiralt, A., & González Martínez, C. (2015). Probiotic fermented almond “milk” as an alternative to cow-milk yoghurt. *International Journal of Food Studies*, 4(2), 201–211. doi: 10.7455/ijfs/4.2.2015.a8

Chakrabarti, S., Jahandideh, F., & Wu, J. (2014). Food-derived bioactive peptides on inflammation and oxidative stress. *Biomed Res International*. Published. doi: 10.1155/2014/608979

Corbo, M. R., Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Casanova, F. P., & Sinigaglia, M. (2014). Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(6), 1192–1206. doi:10.1111/1541-4337.12109



- Dávila De Campagnaro, E. (2017). Bebidas vegetales y leches de otros mamíferos. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 80(3), 96–101.
- Díaz, L. D., Fernández-Ruiz, V., & Cámara, M. (2020). An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 68, 103896.
- Expansión. (2019). El boom de la leche que no es leche. Recuperado de <https://expansion.mx/empresas/2019/04/05/el-boom-de-la-leche-que-no-es-leche>.
- Fuentes Cuiñas, A. A. (2019). Cambios en el consumo y percepciones en torno a la alimentación saludable de la leche tradicional y bebidas de origen vegetal. *Revista RIVAR*, 6(17), 1–14. Recuperado de doi: 10.35588/rivar.v6i17.3910397-9.00015-7.
- Fuentes Cuiñas, A. A., Vailati, P. A., & Lazzatti, G. L. (2020). Vegetarianismo y veganismo: percepciones en el consumo de bebidas de origen vegetal en el Área Metropolitana de Buenos Aires. *Revista RIVAR*, 7(21), 124–135. doi:10.35588/rivar.v7i21.4641.
- García-Saavedra, N. M. (2017, junio). *Bebidas Vegetales* (Trabajo de Fin de Grado, Universidad Complutense de Madrid).
- Giromini, C., Cheli, F., Rebucci, R., & Baldi, A. 2018. *Invited review: Dairy proteins and bioactive peptides: Modeling digestion and the intestinal barrier*. *Journal of Dairy Science*. 102 :929–942.
- Henry, C. J. (2010). Functional foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 657–659. doi: 10.1038/ejcn.2010.101.
- Heredia, M. R. (2016). Alimentos Funcionales. *Farmacia profesional*. 30: 12-14.
- Heredia-Castro P.Y, Hernández-Mendoza A, González-Córdova A.A. y Vallejo-Córdoba B. (2017). Bacteriocinas de bacterias ácido-lácticas: mecanismos de acción y actividad antimicrobiana contra patógenos en quesos. *Interciencia*. 42(6): 340-346.
- INNOFOOD. (2017). Bebidas vegetales: La innovación del sector lácteo. Recuperado de <https://www.innofood.es/bebidas-vegetales-innovacion-del-sector-lacteo/>.

- Kehinde, B. A., Panghal, A., Garg, M., Sharma, P., & Chhikara, N. (2020). Vegetable milk as probiotic and prebiotic foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, 115–160. doi: 10.1016/bs.afnr.2020.06.003
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F. Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 113(9), 71–88. doi: 10.1016/s0002-9343(01)00995-0.
- Kundu, P., Dhankhar, J., & Sharma, A. (2018). Development of Non Dairy Milk Alternative Using Soymilk and Almond Milk. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 6(1), 203–210. doi:10.12944/crnfsj.6.1.23
- Lee, M. & Kerry. (2021). Plant-based Milk Trends and Innovations. Recuperado de <https://www.kerry.com/insights/kerrydigest/2021/plant-based-milk-trends>
- Marco, C. J. (2019). Bebidas vegetales, ¿qué veremos en 2019? Recuperado de <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/bebidas-vegetales-tendencias/>.
- Nájera, E. C., Espindola, Y. G. S., & García, B. G. (2021). ¿Bebidas vegetales o leche de vaca? *Ecofronteras*, 25(71), 22–24.
- Persistence Market Research. (2020). Global Industry Analysis Of Plant-based Milk Market: Opportunity Assessment | PMR. Recuperado de <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/plant-based-milk-market.asp>
- Puiggròs, F., Muguerza, B., Arola-Arnal, A., Aragonès, G., Suárez-Garcia, S., Bladé, C. Suárez, M. (2017). Functional Beverages. *Innovative Technologies in Beverage Processing*, 275–296. Recuperado de doi:10.1002/9781118929346.ch10
- Repo-Carrasco-Valencia, R. (2017). Dietary Fibre and Bioactive Compounds of Kernels. *Pseudocereals*, 71–93. doi:10.1002/9781118938256.ch4
- Roldán, C. M., & Azcona, Á. C. (2009). Compuestos bioactivos de los alimentos. *nutrition*, 89, 1543S-1548S.

- Sanz, Y., Collado, M.C., Dalmau, J. (2003). Probióticos: criterios de calidad y orientaciones para el consumo. Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (CSIC). Valencia. *Acta Pediátrica Española*, 61(9), 476-482.
- Vaikma, H., Kaleda, A., Rosend, J., & Rosenvald, S. (2021). Market mapping of plant-based milk alternatives by using sensory (RATA) and GC analysis. *Future Foods*, 4, 100049. doi:10.1016/j.fufo.2021.100049
- Vargas Aguilar, D. H. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote. En D. H. P. Vargas Aguilar, *Tecnología en marcha* (37-45). Costa Rica.
- Vodnar, D. C., Călinoiu, L. F., Mitrea, L., Precup, G., Bindea, M., Păcurar, A. M. Ştefănescu, B. E. (2019). A New Generation of Probiotic Functional Beverages Using Bioactive Compounds From Agro-Industrial Waste. *Functional and Medicinal Beverages*, 11, 483–528. doi:10.1016/b978-0-12-816



EVALUACIÓN DE INOCULANTE DE BACTERIAS BENÉFICAS Y MICORRIZAS EN CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO ^a

EVALUATION OF BENEFICIAL BACTERIAL INOCULANT AND MYCORRHIZAE IN JALAPEÑO BELL PEPPER CULTIVATION

García- Aguilera, J.A; Arreola-Díaz, N; Servín-Torres, A.Y; Díaz-Soto, L.E;
Morales-Flores, S; Angel-Hernández, A*.

Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato,
Ex Hacienda El Copal km. 9, carretera Irapuato-Silao, 36500, Irapuato, Guanajuato,
México. *Autor para correspondencia:

Fecha de envío: 20 marzo 2021

Fecha de publicación: 30, diciembre, 2021

Resumen:

En la producción de chile jalapeño se afrontan daños ocasionados por enfermedades virales, fúngicas, bacterianas, dentro de estas se destacan las que afectan a las raíces por ello el objetivo del trabajo fue la evaluación productiva y la protección por microorganismos para el control de *Fusarium* sp. en el cultivo de chile jalapeño var. Mixteco en Irapuato, Guanajuato. Para lo cual, se evaluó un inoculante sólido a base de bacterias benéficas y hongos promotores de micorrizas. Mediante dos aplicaciones en la raíz con 25 g de inóculo, la primera durante la siembra y la segunda 30 días después del trasplante. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), peso de fruto (PF) y peso de fruto por planta a la cosecha (PFP). De las variables evaluadas la que presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$) fueron: NH, PF, PFP y LF. Por lo que se comprobó que bacterias promotoras del crecimiento vegetal como *Azospirillum brasilense* tienen la capacidad de desplazar por competencia a otros organismos patógenos o generar una respuesta de resistencia de la planta hacia la invasión de patógenos. Se concluye que las plantas de chile jalapeño presentaron mejores características productivas cuando interactuaron con los microorganismos además se manifestó un efecto de protección en contra de *Fusarium* sp. al no presentar síntomas de este patógeno.

Palabras clave: inoculante sólido, *Fusarium* sp, protección por microorganismos.

^a Proyecto de investigación del Departamento de Alimentos. División de Ciencias de la Vida. Campus Irapuato-Salamanca

Abstract:

In the jalapeño pepper production, root damages caused by viral, fungal and bacterial diseases are primarily important. The main objective of this work was the productive evaluation of the protection provided by microorganisms for control of *Fusarium* sp. on the cultivation of jalapeño pepper var. Mixtec in Irapuato, Guanajuato. A solid inoculant based on beneficial bacteria and mycorrhizal-promoting fungi was evaluated by measuring of two applications, 25 g of inoculant, the first, at the moment of seedling, and the second 30 days after. The variables evaluated were: plant height (AP), stem diameter (DT), number of leaves (NH), fruit weight (PF) and fruit weight per plant at harvest (PFP). The NH, PF, PFP, and LF presented highly significant differences ($p < 0.01$). That results demonstrate that plant growth promoting bacteria present in the inoculant such as *Azospirillum brasilense* can generate a resistance response of the plant towards invasion by pathogens. The jalapeño pepper plants inoculated with microorganisms presented better productive characteristics and did not show symptoms of damage caused by *Fusarium* sp.

Keywords: solid inoculant, *Fusarium* sp, Microbial consortium.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es un fruto de gran importancia en México desde el ámbito cultural y de consumo, existe una gran variedad de genotipos en el país, de éstos se destaca el Chile Jalapeño por ser uno de los más representativos y consumidos (Martínez-Damián et al., 2019). Los principales estados productores son Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas, el estado de Guanajuato está ubicado en el octavo productor a nivel nacional, el consumo per cápita es de 18.1 kg (SIAP, 2018). Para su producción se afrontan los daños ocasionados por enfermedades virales, fúngicas, bacterianas u ocasionadas por cualquier otro agente externo, dentro de estas se destacan las que afectan a las raíces, lo que causa una gran pérdida económica ya que genera el aborto de flores y frutos, he incluso la muerte de la planta (Guigón et al., 2001), uno de los patógenos de mayor importancia es *Fusarium* sp. (Robles-Hernández et al., 2017). Una de las estrategias de manejo es la inoculación de hongos rizosféricos y rizobacterias antagónicas a *Fusarium spp.* que permitan generar un control de patógenos en el suelo y evitar que la raíz se afecte y se pierda la producción (Altomare y Tringovska, 2011; Bais et al., 2006; Dias et al., 2009; González et al., 2017). Esta técnica no es nueva pues es de los métodos más utilizados en la agricultura tradicional empleando materia orgánica descompuesta o composteada y estiércoles que contienen colonias de microbiológicos que permiten un biocontrol tanto de la disponibilidad de nutrientes

como la disminución de los patógenos en el suelo (Higa y Parr 2018). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue la evaluación productiva y la protección por microorganismos para el control de *Fusarium sp.* en el cultivo de chile jalapeño var. Mixteco en Irapuato, Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El trabajo se realizó en el campo experimental de la División de Ciencias de la Vida de la universidad de Guanajuato ubicado en la comunidad el Copal del municipio de Irapuato durante el periodo febrero-mayo del 2020. El clima es templado semicálido húmedo (INEGI, 2021), con temperaturas promedio máximas y mínimas de 33.6 y 7.7 °C, así como, una humedad relativa promedio 40.4 % (Fundación Guanajuato Produce, 2021).

Manejo del cultivo

Se utilizó chile jalapeño del cultivar Mixteco (Agrizar®), la semilla fue sembrada en charolas de 200 cavidades, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2 % y como sustrato se utilizó Peat moss (Rekyva®). Las plántulas se cultivaron hasta que presentaron de 5 a 6 hojas verdaderas y 15 cm de altura. Previo al establecimiento del cultivo, se realizaron las labores agrícolas de arado, surcado y siembra. Las plántulas se trasplantaron el 25 de febrero del 2020, en 14 surcos de 20 m con separación entre surcos de 60 cm, la distancia entre plantas fue de 40 cm con 50 plantas por surco. El suelo del sitio experimental tiene una textura arcillosa con punto de saturación de 68%, capacidad de campo del 36%, punto de marchites permanente de 21%, condición hidráulica de 0.13 cm h⁻¹ y densidad aparente de 1.09 g cm⁻³, pH de 8.33.

Caracterización morfológica

Se identificó la presencia de *Fusarium sp.* mediante un aislamiento del suelo se suspendió en agua estéril, se realizaron diluciones de 10⁻¹ a 10⁻¹⁰, de cada dilución se generaron cultivos con 100 µL de la solución en cajas Petri de 90 mm de diámetro con medio de cultivo PDA. Se determinó la presencia de *Fusarium sp.* por la identificación de su morfología (Duarte et al. ,2016; Piontelli 2011).

Tratamientos

Se evaluó un tratamiento de inóculo de microorganismos Grow Depot Micorrizas®, más un testigo. El inóculo contiene los siguientes ingredientes: esporas de *Azospirillum brasilense* 5×10^7 kg, *Glomus intraradices* 5000 esporas por kg, *Glomus fasciculatum* 5000 esporas por kg, *Trichoderma harzianum* 5×10^7 por kg, *Bacillus subtilis* 5×10^7 por kg, *Pseudomonas Fluorescens* 5×10^7 por kg y *Bacillus mucilaginosus* 5×10^7 por kg. Se aplicó la concentración recomendada por el proveedor, realizando dos aplicaciones en la raíz con 25 g de inóculo, la primera durante la siembra y la segunda 30 días después del trasplante.

Variables evaluadas y análisis estadístico

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), se registraron desde el trasplante cada 22 días hasta el día 90, peso de fruto (PF) y peso de fruto por planta (PFP) a la cosecha. El diámetro del tallo se registró con vernier digital a cinco cm de distancia de la corona radical hacia el ápice de la planta, el número y peso de frutos al momento de la cosecha determinando su peso individual en báscula semianalítica. Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar mediante pruebas de *t* para dos muestras. Los análisis se realizaron mediante el software estadístico Minitab® versión 16.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas del tratamiento que no fueron inoculadas presentaron signos de afectación por *Fusarium sp.* (Figura 1) como amarillamiento y secado de hojas bajas, tallos de coloración café oscuro, pudrición de raíces, muerte prematura de las plantas, rizado del follaje, daño a estructuras reproductivas, maduración adelantada e irregular y ocurrencia de rebrotes (Rivera-Jiménez et al., 2018). *Fusarium solani* es el agente causal de marchitez y necrosis en raíz y tallo de chile chilaca y de la marchitez en plantas maduras de chile poblano y damping-off en plántulas (Reyes-Tena et al. 2019)





Figura 1. Nivel de daño en planta de chile causado por *Fusarium sp.* a) Planta de chile con postulas en el limbo foliar, b) Planta de chile jalapeño con síntomas de marchitez y clorosis en campo, c) Amarillamiento y deshidratación de hojas, d) Planta de chile jalapeño muerta.

Figure 1. Level of damage in chili plant caused by *Fusarium sp.* a) Chili plant with postules in the leaf blade, b) Jalapeño chili plant with wilt and chlorosis symptoms in the field, c) Yellowing and dehydration of leaves, d) Dead jalapeño chili plant.

Las plantas inoculadas no presentaron síntomas causados por *Fusarium sp.* (Figura 2) esto puede deberse a que los microorganismos aplicados presentaron actividad antifúngica, por ejemplo Mejía-Bautista et al. (2016) reportaron que *B. subtilis* mostró 71 % de inhibición micelial frente a *F. equiseti*. También ha sido reportada la actividad de *Trichoderma sp.* Osorio-Hernández et al. (2015) indican que las glucanasas producidas por *Trichoderma* inhibieron el crecimiento micelial en un 45 % a *F. oxysporum*, otro trabajo indica que la evaluación de antagonismo dual de *T. viride* contra *F. oxysporum* presentaron crecimiento de 0.656 mm del antagonista y 0.221 mm por parte del patógeno, esto evidencia como *T. viride* es apto para la utilización en el control de *F. oxysporum* (Andrade-Hoyos et al. 2019). la producción de antibióticos por agentes de control biológico, podrían inhibir la tasa de crecimiento del fitopatógeno durante una intensa competencia por nutrientes (Uc-Arguelles et al. 2017).



Figura 2. a) Planta de chile inoculada Derecha; b) Raíz sana de chile jalapeño inoculada con microbiológicos benéficos.

Figure 3. a) Inoculated chile bell pepper plant; b) Healthy root of jalapeño bell pepper inoculated with beneficial microbiologicals.

En el cuadro 1 se muestra el crecimiento de las plantas de *Capsicum annuum* L. con los tratamientos aplicados. No se identificaron diferencias significativas en la AP ($p > 0.05$), esta fue de 32.1 cm en ambos tratamientos. Aguirre-Medina y Espinosa (2016), registró 50.4 cm de altura de planta al aplicar *A. brasilense* + *P. fluorescens*. En algunos cultivos la respuesta a la inoculación es más alta con un solo microorganismo y puede estar relacionada con el incremento de la demanda de carbono (Sylvia, 2005). No se presentaron diferencias significativas en el diámetro de tallo ($p > 0.05$), resultado que coincide con Reyes-Ramírez et al. (2014), quienes no indicaron diferencias entre tratamientos utilizando *Pseudomonas* spp. y *A. brasilense* en esta variable a los 60 días después del trasplante, lo anterior puede deberse a que la colonización requiere tiempo y sucede sólo cuando hay compatibilidad entre los microorganismos y factores intrínsecos de la planta (Trivedi et al., 2012). Todos los anteriores son factores que ayudan a explicar la falta de efecto de los inoculantes en los primeros 60 días después del trasplante.

Se mostraron diferencias altamente significativas en el del peso de los frutos, obteniendo un mayor rendimiento en las plantas inoculadas, Reyes-Ramírez et al. (2014), reportaron que las plantas inoculadas con *Pseudomonas spp.* mostraron rendimiento y peso del fruto mayores (8.1 ± 0.1 g) que con el tratamiento con *A. brasilens* en chile habanero y que la aplicación de *Pseudomonas spp.* en el cuello de las plantas de chile habanero al momento del trasplante promueve el crecimiento y permite incrementar la biomasa de los frutos pues son promotoras eficientes del crecimiento en varios genotipos de chile por su capacidad para colonizar eficientemente las raíces de este cultivo. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPB como *Azospirillum brasilense* tienen la capacidad de desplazar por competencia a otros organismos patógenos o generar una respuesta de inmunidad o resistencia que aumente las defensas de la planta hacia la invasión de patógenos (Pedraza et al., 2010), para la producción de chile es de gran importancia evaluar en conjunto los biofertilizantes a base de hongos–rizobacterias (Aguirre-Medina et al. 2016).

Cuadro 1. Medias para las características de planta y fruto de chile jalapeño entre tratamientos.

Table 1. Means for plant and fruit characteristics of jalapeño bell pepper among treatments.

Variable	t1	t0
	Inoculante	Testigo
AP	32.1 ± 1.5 a	32.1 ± 1.5 a
DT	1.3 ± 0.1 a	1.3 ± 0.1 a
NH**	49.7 ± 8.1 a	40.4 ± 3.5 b
PF**	32.4 ± 1.9 a	10.0 ± 11.7 b
PFP**	247.9 ± 83.2 a	8.7 ± 9.8 b
LF**	8.8 ± 0.2 a	3.3 ± 3.7 b

Altura de la planta (AP, cm), Diámetro de tallo (DT, cm), Número de hojas (NH), PF (Peso de fruto, kg), Peso de fruto por planta (PFP, kg), Longitud de fruto (LF, cm). Diferencias significativas $p < 0.05$ (*), diferencias altamente significativas $p < 0.01$ (**). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales.

CONCLUSIÓN

Las plantas de chile jalapeño presentaron mejores características productivas cuando interactuaron con los microorganismos además se manifestó un efecto de protección en contra de fusarium sp. al no presentar síntomas de este patógeno.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J. F., & Espinosa Moreno, J. A. (2016). Crecimiento y rendimiento de *Capsicum annum* L. inoculado con endomicorriza y rizobacterias. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1539-1550.
- Altomare, C., & Tringovska, I. (2011). Beneficial soil microorganisms, an ecological alternative for soil fertility management. *Genetics, biofuels and local farming systems*, 161-214.
- Andrade-Hoyos, P., Luna-Cruz, A., Osorio-Hernández, E., Molina-Gayosso, E., Landero-Valenzuela, N., y Barrales-Cureño, HJ (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de chile. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* , 10 (6), 1259-1272.
- Bais, HP, Weir, TL, Perry, LG, Gilroy, S. y Vivanco, JM (2006). El papel de los exudados de las raíces en las interacciones de la rizosfera con plantas y otros organismos. *Annu. Rev. Plant Biol.* , 57 , 233-266.
- Dias, A. C., Costa, F. E., Andreote, F. D., Lacava, P. T., Teixeira, M. A., Assumpção, L. C., ... & Melo, I. S. (2009). Isolation of micropropagated strawberry endophytic bacteria and assessment of their potential for plant growth promotion. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(2), 189-195.
- Duarte Leal, Y., Echevarría Hernández, A., & Martínez Coca, B. (2016). Identificación y caracterización de aislamientos de *Fusarium* spp. presentes en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 31(3), 173-183.
- Fundación Guanajuato Produce, A. C. (2021). Red de estaciones. (<http://www.fundacionguanajuato.mx/es/red-de-estaciones/>)
- González Mancilla, A., Almaraz Suárez, J. J., Ferrera Cerrato, R., Rodríguez Guzmán, M. D. P., Taboada Gaytán, O. R., Trinidad Santos, A., ... & Arteaga Garibay, R. I. (2017). Caracterización y selección de rizobacterias promotoras

- de crecimiento en plántulas de chile poblano (*Capsicum annuum* L.). Revista internacional de contaminación ambiental, 33(3), 463-474.
- Guigón L.C, González G.P.A. (2001). Estudio Regional de las Enfermedades del Chile (*Capsicum annuum* L.) y su Comportamiento Temporal en el Sur de Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 49- 56.
- Higa, T., & Parr, J. F. (2013). Microorganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Maryland (USA): Centro internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 13.
- INEGI. 2021. Climatología. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- Martínez-Damián, M. T., Cruz-Álvarez, O., Moreno-Pérez, E. D. C., & Valle-Guadarrama, S. (2019). Intensidad de color y compuestos bioactivos en colectas de chile guajillo del norte de México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(1), 35-49.
- Mejía-Bautista, M. Á., Reyes-Ramírez, A., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Borges-Gómez, L. D. C., & Pacheco-Aguilar, J. R. (2016). *Bacillus* spp. en el control de la marchitez causada por *Fusarium* spp. en *Capsicum chinense*. Revista mexicana de fitopatología, 34(3), 208-222.
- Osorio-Hernández E, Hernández-Morales J, Conde-Martínez, V., Cibrián-Tovar, J., Vaquera-Huerta, H., Michel-Aceves, A.C. (2015). Evaluación de glucanasas y quitinasas producidas por *Trichoderma* spp. sobre *Phytophthora parasitica* y *Fusarium oxysporum* *in vitro*. Fitosanidad 19: 103.
- Pedraza, R. O., Teixeira, K. R., Scavino, A. F., de Salamone, I. G., Baca, B. E., Azcón, R., ... & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(2), 155-164.
- Piontelli, E. (2011). Manual de microhongos filamentosos comunes I. Escuela de Medicina, Universidad de Valparaíso. Valparaíso, Chile, 462.
- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., & Zavala-León, M. J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Agrociencia, 48(3), 285-294.



- Reyes-Tena, A., Rodríguez-Alvarado, G., Santillán-Mendoza, R., Díaz-Celaya, M., Fernández-Pavía, S.P.. (2019). Marchitez causada por *Fusarium solani* en chile chilaca (*Capsicum annuum*) en Michoacán. Revista Mexicana de Fitopatología 37: 43-47.
- Rivera-Jiménez, MN, Zavaleta-Mancera, HA, Rebollar-Alviter, A., Aguilar-Rincón, VH, García-de-los-Santos, G., Vaquera-Huerta, H., & Silva-Rojas, HV (2018). La filogenética y la histología proporcionan información sobre las infecciones por amortiguación de las plántulas de pimiento 'Poblano' causadas por el marchitamiento por *Fusarium* en los invernaderos. Progreso micológico , 17 (11), 1237-1249.
- Robles-Hernández, L., Ojeda-Barrios, D. L., González-Franco, A. C., Hernández-Huerta, J., Salas-Salazar, N. A., & Hernández-Rodríguez, O. A. (2017). Susceptibilidad de aislados de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* a *Streptomyces* y extractos bioactivos de *Ganoderma*. Acta universitaria, 27(6), 30-39.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Chile verde. Atlas Agroalimentario 2012-2018. P. 62-63.
- Sylvia, M. D. (2005.) Mycorrhizal symbioses. In: Sylvia, M.D., Fuhrmann, J. J.; Harte, G. P. and Zuberer, A. D. (Ed.). Principles and applications of soil microbiology. Second Edition, New Jersey, USA. Pearson Prentice Hall. 263-282 p
- Trivedi, P., Pandey, A. y Palni, LMS (2012). Inoculantes bacterianos para aplicaciones de campo en ecosistemas de montaña: iniciativas presentes y perspectivas de futuro. Bacterias en agrobiología: probióticos vegetales , 15-44.
- Uc-Arguelles, A. K., Pérez-Moreno, J., Ayala-Escobar, V., & Zavaleta-Mejía, E. (2017). Antagonism of *Saccharicola* sp. against phytopathogens of the root of jalapeno pepper (*Capsicum annuum*). Revista mexicana de fitopatología, 35(2), 263-283.

