

## Inoculación de avena forrajera con hongos micorrízicos arbusculares

Diana Jazmín Flores-Juárez<sup>1</sup>  
Yuri Villegas-Aparicio<sup>1§</sup>  
Rigoberto Castro-Rivera<sup>2</sup>  
Armando Gómez-Vázquez<sup>3</sup>  
José Cruz Carrillo-Rodríguez<sup>1</sup>  
Ernesto Castañeda Hidalgo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Ciencias en Productividad de Agroecosistemas-Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, TecNM-SEP. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. CP. 71230. (jaz.juarez08@outlook.com; jcarrillo.rodriguez@hotmail.com; casta.h50@hotmail.com). <sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional-CIBA Tlaxcala. Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5, Tlaxcala. CP. 90700. (rigocastro4@hotmail.com). <sup>3</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias-Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carretera Villahermosa-Teapa, Tabasco. (agvazquez723@gmail.com).

Autor para correspondencia: yuriva1968@gmail.com.

### Resumen

El deterioro del suelo ha limitado el rendimiento y producción de especies forrajeras. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) ayudan a la absorción eficaz de los minerales del suelo. El objetivo fue evaluar la relación en crecimiento de avena forrajera con la inoculación de los hongos micorrízicos arbusculares. El experimento se desarrolló en un invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, se realizó un muestreo de suelo y un análisis edafológico. El sustrato fue una mezcla de suelo y arena (2:1), esterilizado en autoclave, en dos tiempos. Se utilizaron dos inoculantes comerciales, a los que se les realizó un conteo directo de esporas. La variedad de avena utilizada fue Chihuahua. La inoculación se efectuó por siembra directa, la dosis fue de 5 g inoculando una semilla de avena en macetas individuales. Se utilizó un diseño completamente al azar con 11 tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables estudiadas fueron: altura de la planta, ancho de la hoja, largo de la hoja, diámetro del tallo, relación hoja tallo inflorescencia, rendimiento y el índice de área foliar. Se realizaron pruebas de normalidad, un análisis de varianza y una prueba de medias por Duncan. La variable altura (26.5 y 25.9 cm) y el rendimiento (8.2 y 6.8 t MS ha<sup>-1</sup>) con la inoculación del *Glomus cubense* y *Glomus fasciculatum* mostraron una diferencia estadística significativa. Se concluye que si existe un efecto en el crecimiento y rendimiento con la inoculación de los hongos micorrízicos arbusculares.

**Palabras clave:** biofertilizante, *Glomus*, rendimiento, simbiosis.

Recibido: febrero de 2020

Aceptado: mayo de 2020

## Introducción

Las plantas han desarrollado estrategias para hacer frente a los retos bióticos y abióticos. Una de las más eficaces es la capacidad para establecer relaciones simbióticas con los microorganismos (Morales *et al.*, 2011). La micorriza, es una forma de asociación de las raíces con ciertas plantas (Martínez, 2012). Esta asociación cumple una función muy importante en la explotación eficaz de los recursos minerales del suelo y en la protección de las raíces contra patógenos. Las micorrizas son fundamentales para la supervivencia de muchos taxones de plantas en diversos ecosistemas (Ralde, 2000).

En los sistemas de producción agropecuarios, el objetivo ha sido lograr un elevado rendimiento por unidad de superficie para satisfacer la demanda de alimento (Audelo e Irizar, 2012); sin embargo, esto ha provocado a nivel nacional un deterioro constante del recurso suelo (Sánchez *et al.*, 2008). Para contrarrestar lo anterior, se ha recurrido al uso indiscriminado de fertilizantes químicos y su aplicación ha provocado problemas ambientales (Grageda y Cabrera, 2012). Por esta razón, se estudia la introducción de nuevas opciones de fertilización en el manejo de los cultivos forrajeros (Dumont *et al.*, 2005).

Se ha reportado en cultivos de soya, arroz, alfalfa y sorgo, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) permiten una mayor explotación de la raíz y absorción de los nutrientes. Con lo anterior se disminuye en el uso de agroquímicos sin comprometer los rendimientos (Morales, 2006). También se han realizado estudios para el establecimiento de *Panicum máximum* cv. Kikoni, al cual se inoculó con hongos micorrízicos arbusculares y se concluyó que la inoculación con biofertilizantes tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la altura de la planta y rendimiento de materia seca área (Calderón y González, 2007).

La avena (*Avena sativa* L.) es una especie que se adapta distintas condiciones ambientales, se cultiva fundamentalmente para la producción de forraje verde, forraje henificado, grano y alimentos balanceados (Espitia *et al.*, 2005). También se utiliza como forraje para la alimentación de animales en pastoreo, heno o ensilado (Murillo *et al.*, 2001). Esta gramínea produce forraje de buena calidad cuando otros cultivos forrajeros de mejor calidad son escasos (Ávila *et al.*, 2006). Ávila y Salmerón (1999) señalan que la avena se cultiva principalmente en condiciones de temporal y su siembra representa 26% de la superficie en México.

En algunas regiones del país es prioritario producir avena forrajera para la alimentación de ganado, desafortunadamente el rendimiento que obtienen es bajo, los productores recurren al uso de fertilizantes sintéticos para aumentar el rendimiento (Espitia *et al.*, 2007). El uso de HMA en cultivos forrajeros es una herramienta interesante para incrementar el crecimiento y la producción reduciendo el uso de fertilizantes sintéticos (Smith *et al.*, 1992). El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de dos variedades de avena forrajera (Turquesa y Chihuahua) inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares.

## Materiales y métodos

### Sitio experimental

El presente estudio se realizó de marzo a junio del 2016 en un invernadero tipo túnel, en las instalaciones del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, ubicado geográficamente a 17° 01' 14'' latitud norte y 96° 45' 56'' longitud oeste, a 1 563 msnm.

### Material vegetal

Se utilizó la variedad Chihuahua que se derivó de una cruce entre AB-177 y Putman 61 por hibridación y selección genealógica, en el INIFAP, estas semillas fueron adquiridas con productores de la Mixteca Alta Oaxaqueña.

### Preparación del sustrato y análisis químico

Se realizó un muestreo del suelo de acuerdo con la NOM021SEMARNART. Siguiendo la metodología se definieron las unidades de muestreo, el área de muestreo fue una zona donde la textura, el color, pendiente, fueran homogéneas. El procedimiento del muestreo fue en zigzag y a una profundidad de 20 cm, iniciando por un lado del terreno y escogiendo al azar el punto de partida para definir el plano de muestreo que cubriera homogéneamente el terreno. Se obtuvo un total de 15 submuestras de 2 kg. Cada submuestra se mezcló y se dividió en cuatro partes iguales y se desecharon dos, este procedimiento se repitió varias veces hasta tener un peso final de 1.5 kg.

Las determinaciones para el análisis químico suelo-agua fueron: pH con un potenciómetro (Conductronic PC45 Ph  $\pm 0.01$ ); materia orgánica con el método d, conductividad eléctrica en pasta saturada con conductímetro (Conductronic PC45 mv  $\pm 0.01$ ), en el agua de pozo se analizó el contenido de nutrientes (N, K, Ca, P, Mn, Zn, Fe, Cu) por el método de espectrofotometría de absorción atómica (Thermo scientific ICE 3000 series).

El sustrato utilizado fue una mezcla de dos tipos de suelo, franco-arenoso y arena, con una proporción 2:1, el cual se esterilizó en autoclave (autoclave vertical 25×50 cm, 40 L, 110V), en dos tiempos, el primero fue de 15 lb por dos horas y el segundo de 15 lb por 45 min.

### Inoculantes micorrízicos

Se utilizaron dos inoculantes comerciales el primero contenía *Glomus fasciculatum* y el segundo *Glomus cubense*, ambos productos fueron sometidos a un proceso de conteo directo realizado en el laboratorio de microbiología de la Universidad de la Sierra Juárez (UNSIJ). Los dos inoculantes comerciales contenían 11 esporas de hongos micorrízicos por cada 100 g de sustrato.

### Inoculación de biofertilizante en plantas de avena

La dosis del inoculante fue de 5 g maceta<sup>-1</sup> (11 esporas planta<sup>-1</sup> de HMA como promedio para cada cepa estudiada) se realizó la inoculación de las semillas. La inoculación fue por recubrimiento de semilla. La unidad experimental fue una maceta, donde se sembraron 5 semillas de avena. Dentro de los tratamientos se utilizó fertilizante mineral para realizar la comparación con los HMA se utilizó triple 17 (17-17-17) la dosis fue 5 y 2.5 g éste se aplicó el día de la siembra.

## Tratamientos experimentales

Se utilizó un diseño completamente al azar con 11 tratamientos y cuatro repeticiones en el Cuadro 1 se describen los tratamientos:

**Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.**

Tratamiento	Descripción
Control <i>Glomus fasciculatum</i>	Se aplicó a una dosis de 5 g planta <sup>-1</sup> de fertilizante esterilizado
Control <i>Glomus cubense</i>	Se aplicó a una dosis de 5 g planta <sup>-1</sup> de fertilizante esterilizado
Testigo	Sin ninguna aplicación
<i>Glomus fasciculatum</i>	Se aplicó a una dosis de 5 g planta <sup>-1</sup> de biofertilizante
<i>Glomus cubense</i>	Se aplicó una dosis de 5 g planta <sup>-1</sup> de biofertilizante
Control + fertilizante al 100%	Se aplicó 5 g de biofertilizante esterilizado + 5 g planta <sup>-1</sup> de fertilizante mineral
Control + fertilizante al 50%	Se aplicó 5 g de biofertilizante esterilizado + 2.5 g planta <sup>-1</sup> de fertilizante mineral
Fertilizante al 100%	Se fertilizó con 5 g planta <sup>-1</sup>
Fertilizante al 50%	Se fertilizó con 2.5 g planta <sup>-1</sup>
<i>Glomus fasciculatum</i> + fertilizante al 100%	Se aplicó 5 g de biofertilizante + 5 g planta <sup>-1</sup> de fertilizante mineral
<i>Glomus cubense</i> + fertilizante al 50%	Se aplicó 5 g de biofertilizante + 2.5 g planta <sup>-1</sup> de fertilizante mineral

En cada unidad experimental se aplicaron dos tipos de riego en las primeras dos semanas de la siembra se realizó el riego diario con un atomizador (capacidad de 500 mL) con agua purificada esto con la finalidad de no afectar el proceso de inoculación, pasadas estas dos semanas se regó con agua de pozo cada tres días hasta que finalizó el experimento el tipo de agua utilizado en el riego no fue considerado como factor de estudio.

## Variables evaluadas

Altura de la planta (cm), esta variable se midió con una regla metálica de 100 cm, con una precisión de 1 mm, tomando la distancia desde la base del tallo hasta el tejido foliar más alto. Largo y ancho de la hoja (cm), estas variables se midieron con un vernier (Mitutoyo). La inflorescencia (cm) se midió con la regla metálica de 100 cm, desde el nudo donde se encontraba insertada la hoja bandera hasta la panícula. La cosecha de las plantas se realizó a los 90 días, el corte se realizó a una altura de 5 cm aproximadamente sobre la superficie del suelo; posteriormente, el forraje cosechado se pesó en verde, se separó en sus componentes morfológicos (tallos, hojas, inflorescencia), posteriormente se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C, durante 72 h.

Para determinar el porcentaje de masa seca (MS), de acuerdo con la fórmula:  $MS (\%) = [MS \text{ de la muestra (g)}/\text{masa fresca de la muestra (g)}] \times 100$ . Posteriormente se estimó el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) de materia seca total (MST), hoja (MSh), tallo (MSt) e inflorescencia (MSin). Relación hoja: tallo, se determinó al dividir el rendimiento de hoja entre el tallo. Índice de área foliar, se obtuvo con un integrador foliar (LI-COR, LI-3100C USA) esta última variable se registró al hacer el muestreo destructivo de una submuestra de 100 g.

## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico SAS (SAS versión 9.0). Se realizó una prueba de normalidad, pero no se cumplía con el supuesto se realizaron transformaciones para tres variables la altura la transformación que más se ajustó fue el coseno trigonométrico (ARCOS), el largo de la hoja fue raíz cuadrada (SQR) y en el ancho de la hoja fue el arco seno (ARSIN) esto para las medidas estadísticas básicas. Se aplicó un análisis de varianza realizando una comparación de medias con el modelo de Duncan ( $p= 0.05$ ), se empleó una prueba de correlación.

## Resultados y discusión

El análisis edafológico mostró que el suelo presentó un pH de 6.34. Se determinó que el suelo contenía 84.5, 9.4 y 6% de arena, arcilla y limo, respectivamente, teniendo así un suelo con textura franco-arenosa. La conductividad eléctrica fue de 0.4 dS m<sup>-1</sup> y 1.4% de materia orgánica. En el análisis de agua se obtuvo un pH de 6.7 y una conductividad eléctrica de 0.7 dS m<sup>-1</sup>.

El resumen del análisis de varianza (Cuadro 2) se observa que la variable altura de la planta y el rendimiento mostraron una diferencia altamente significativa en comparación a las demás variables estudiadas.

**Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables de avena estudiada.**

Variable	Cuadrados medios	Error
AP	2 504 **	186.98
AH	19.14 ns	73.07
LH	81.43 ns	54.96
DT	0.13 ns	7.47
INFL	3.11 ns	7.46
IAF	100.67 ns	264.86
H:T	0.04 ns	0.05
Rendimiento	16.96 **	3.5

AP= altura de la planta; AH=ancho de la hoja; LH= largo de la hoja; DT= diámetro del tallo; INFL= inflorescencia; IAF= índice de área foliar; H:T= relación hoja:tallo; \*\*= altamente significativo  $p < 0.05$ , ns,  $p > 0.05$  (Duncan;  $p = 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en la prueba de medias entre las variables evaluadas en el cultivo de avena (Cuadro 3), el mejor tratamiento en la altura fue el *Glomus fasciculatum* (26.5 cm), el tratamiento con el valor más bajo fue la combinación del *Glomus cubense* + fertilizante al 50% (19.19 cm). El comportamiento de la altura, durante el experimento fue ascendente hasta alcanzar sus puntos máximos y éste se consideró cuando la inflorescencia fue homogénea. La altura de la planta está considerada entre las que más influye en el rendimiento (Al-Mohammadi y Al-Zubi, 2011). En el rendimiento el mejor tratamiento fue *Glomus cubense* (8.26 t MS ha<sup>-1</sup>), el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento *Glomus cubense* + fertilizante al 50% (3.09 t MS ha<sup>-1</sup>). En la relación hoja tallo y en el índice de área foliar los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

**Cuadro 3. Comparación de medias de las variables medidas en el cultivo de avena.**

Tratamiento	AP (cm)	Rendimiento (t MS ha <sup>-1</sup> )	Relación H:T	IAF
Control <i>Glomus fasciculatum</i>	23.23 bc	4.91 bcd	0.74 a	51.46 a
Control <i>Glomus cubense</i>	24.82 ab	5.1 bcd	0.71 a	47.82 a
Testigo	21.95 dc	5.57 bc	0.73 a	46.27 a
<i>Glomus fasciculatum</i>	26.55 a	6.81 ab	0.76 a	47.2 a
<i>Glomus cubense</i>	25.55 a	8.26 a	0.61 a	43.67 a
Control + fertilizante al 100%	24.73 ab	4.42 cd	0.54 a	48 a
Control + fertilizante al 50%	21.62 dc	4.34 cd	0.56 a	47.82 a
Fertilizante al 100%	25.06 ab	4.16 cd	0.7 a	45.08 a
Fertilizante al 50%	20.63 de	4.04 cd	0.75 a	52.51 a
<i>Glomus fasciculatum</i> + fertilizante al 100%	21.01 de	4.22 cd	0.72 a	47.33 a
<i>Glomus cubense</i> + fertilizante al 50%	19.19 e	3.09 d	0.65 a	47.9a

AP= altura de la planta; H: T= relación hoja: tallo e IAF= índice de área foliar; abcde= tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan= 0.05).

Algunos autores mencionan que la respuesta a la inoculación varía en función del grado de fertilidad y la disponibilidad de agua de los suelos, destacando la importancia que puede adquirir la cepa a cultivar (Soroa *et al.*, 2003). Otros autores reportan que la inoculación de las semillas con biofertilizantes tiene influencia significativa, en la altura de la planta, reportan 0.95 cm y para la materia seca 12.6% (Sánchez *et al.*, 2008). En este estudio se obtuvo una altura de 26.55 cm y un rendimiento de 8.26 t MS ha<sup>-1</sup>, esto indica que hubo un efecto en estas variables al realizar la inoculación de las semillas.

El efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre el crecimiento y rendimiento en *Gerbera jamesonii* cv. Bolus, los resultados muestran que los tratamientos inoculados con HMA presentan un rendimiento de hasta 36% inoculado con *Glomus fasciculatum* atribuyéndose el éxito de los HMA a la extensa red de hifas desarrolladas por las micorrizas mucho mayor que las plantas testigo (Gillet, 2013). En el estado de San Luis Potosí se han obtenido producciones entre 10 t MS ha<sup>-1</sup> en siembras sin tener algún tipo de fertilización y en siembras con inoculación hasta 13 t MS ha<sup>-1</sup> (Doehlert y Mc Mullen, 2008).

Los resultados obtenidos en la prueba de medias entre los tratamientos con respecto a las variables ancho y largo de la hoja, diámetro del tallo e inflorescencia (Cuadro 4) con una prueba de Duncan (0.05) no se encontraron diferencias estadísticas significativas. En el largo de la hoja el valor más alto fue con el tratamiento control (16.26 cm), el valor más bajo fue el testigo (15.08 cm), en el diámetro del tallo los valores más altos fueron con los tratamientos control *Glomus cubense* y el control + fertilizante al 100% (0.51 mm) y el valor más bajo fue con el fertilizante al 100% (0.43 mm), en la inflorescencia los valores más altos los registraron los tratamientos control+ fertilizante al 100% y control+ fertilizante al 50% (9.68 cm) y el valor más bajo fue con el tratamiento *Glomus cubense* + fertilizante al 50% (8.4 cm).

**Cuadro 4. Comparación de medias de las variables estudiadas en el cultivo de avena.**

Tratamiento	AH (cm)	LH (cm)	DT (mm)	Infl (cm)
Control <i>G. fasciculatum</i>	3.04 a	15.7 a	0.5 a	8.56 a
Control <i>Glomus cubense</i>	3.47 a	15.1 ab	0.51 a	9.06 a
Testigo	3.31 a	15.08 ab	0.49 ab	8.81 a
<i>Glomus fasciculatum</i>	3.33 a	15.25 ab	0.48 ab	8.93 a
<i>Glomus cubense</i>	3.51 a	15.18 ab	0.48 ab	8.68 a
Control+ fertilizante 100%	3.27 a	16.14 a	0.51 a	9.68 a
Control+ fertilizante 50%	3.18 a	16.26 a	0.45 ab	9.68 a
Fertilizante comercial al 100%	3.74 a	15.34 ab	0.43 b	8.56 a
Fertilizante comercial al 50%	3.05 a	15.92 a	0.49 ab	8.62 a
<i>Glomus fasciculatum</i> +fertilizante al 100%	3.15 a	16.24 a	0.5 a	8.57 a
<i>Glomus cubense</i> + fertilizante al 50%	2.54 a	13.96 b	0.5 a	8.4 a

AH= ancho de la hoja; LH= largo de la hoja. DT= diámetro del tallo; Infl = Inflorescencia. abcde= tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan;  $p= 0.05$ ).

En otro estudio realizado con rizobacterias *Paenibacillus polymyxa* y *Bacillus megaterium* var. phosphaticum, inoculadas a plantas de tomate, mejoraron significativamente diferentes parámetros de crecimiento de las plantas, como el grosor del tallo, número de ramas y área foliar (El-Yazeid y Abou- Aly, 2011).

Se realizó un estudio sobre el efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas, en donde el Azofert® estimuló significativamente el largo de la hoja en comparación con las plantas del tratamiento control. También se reportó que la aspersión de epibrasinólida (EBL) (5  $\mu$ M) a semillas de frijol cv. Bronco, incrementó significativamente la longitud de los tallos y las raíces, el número y área foliar de las hojas por planta, así como la masa seca de las mismas (Martínez *et al.*, 2016). Sin embargo, estos resultados difieren a los reportados en este estudio debido a que no se encontraron diferencias entre la inoculación con los hongos micorrízicos arbusculares con el tratamiento control.

Los HMA aplicados ayudan a las plantas a desarrollarse, adaptarse a las condiciones ambientales adversas, incluyendo falta de humedad en el suelo, alta salinidad y pH extremos (Holland y Munkvold., 2001). A pesar, de las diferentes condiciones adversas en las que estén sometidos los microorganismos benéficos, logran sobrevivir realizando simbiosis con las plantas (Slafer, 2001), aunque la respuesta de los biofertilizantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos (Peterson, 2005).

## Conclusiones

La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en este experimento de producción de avena forrajera en condiciones de invernadero, mostró un incremento significativo en la variable altura (26.55 cm) destacándose el tratamiento con *Glomus fasciculatum* y en el rendimiento (8.26 t MS ha<sup>-1</sup>) el tratamiento con *Glomus cubense*, la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la avena tiene efecto en su crecimiento y rendimiento.

## Literatura citada

- Al-Mohammadi, F. y Al-Zubi, Y. 2011. Propiedades químicas del suelo y rendimiento del tomate según la influencia de diferentes niveles de agua de riego y fertilizante. *J. Agric. Sci. Technol.* 13(2):289-299.
- Audelo, B. M. A. e Irizar, G. M. B. 2012. Diseño de un sistema para la desinfección de sustrato utilizado en la producción de micorrizas. México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(esp 4):624-635.
- Ávila, M. M. R. y Salmerón, J. J. Z. 1999. Adopción de variedades de avena y su impacto en el Estado de Chihuahua. Folleto científico núm. 5. CESICH-CIRNOC-INIFAP-SAGAR. Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 38 p.
- Ávila, M. M. R.; Gutiérrez, G. J. J.; Salmerón, Z. P.; Fernández, H. D. y Domínguez, D. 2006. Diagnóstico del sistema de producción de avena temporal en Chihuahua. Folleto técnico Núm. 22. CESICH-CIRNOC-INIFAP-SAGARPA. Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 43 p.
- Calderón, M. y Gonzáles, P. J. 2007. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum*, cv. *Kikoni*.) cultivado en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cuba. Cul. Trop.* 28(3):33-37.
- Doehlert, D. C. y Mc-Mullen, M. S. 2008. Medición de la densidad del grano de avena por desplazamiento de arena y análisis de componentes físicos del peso de prueba. *Cereal Chem.* 85(5):654-659.
- Dumont, L. J. C.; Anrique, R. G. y Alomar, C. D. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agríc. Téc.* 65(4): 388-396.
- El-Yazeid, A. A. y Abou-Aly, H. E. 2011. Mejora del crecimiento, la productividad y la calidad de las plantas de tomate utilizando microorganismos solubilizadores de fosfato. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 5(7):371-379.
- Espitia, R. E.; Villaseñor, M. E.; Tovar, G. R. y de la O, O. M. 2005. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. México. *Mex. Cienc. Agríc.* 3(4):771- 78.
- Espitia, R. E.; Villaseñor, M. R. G.; Espino, J. H.; Salmerón, R. M. y González, I. L. 2007. Obsidiana, variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Chile. Agricultura Técnica.* 33(1):95-98.
- Gillet, M. 2013. Las gramíneas forrajeras: descripción, funcionamiento, aplicaciones al cultivo de la hierba. Zaragoza, España: Acribia Boock. 120 p.
- Grageda, O. A. y Cabrera, A. D. 2012. Impacto de los biofertilizantes en la Agricultura. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(6):1261-127.
- Holland, J. B. y Munkvold, G. P. 2001. Relaciones genéticas de la resistencia a la oxidación de la corona, el rendimiento de grano, el peso de prueba y el peso de la semilla en avena. *Crop Sci.* 41(4):1041-1050.
- Martínez, G. L.; Reyes, G. Y.; Falcón, R. A.; Nápoles, G. M. C. y Núñez, M. C. 2016. Efecto de productos bioactivos en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) biofertilizadas. *Cuba. Cul. Trop.* 37(3):165-171.
- Martínez, S. J. 2012. Estrategias para aumentar la germinación y sobrevivencia de *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Tesis de Maestría. Oaxaca, México: Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. 56-60 pp.



- Morales, C. 2006. Escalado de la producción de *Anthurium andreanum* por métodos biotecnológicos. Informe final de proyecto de investigación, Código 051010, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 23 p.
- Morales, C. A.; Calaña, N. J. M.; Corbera, G. J. y Rivera, E. R. 2011. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en *Begonia* sp. Cuba. *Cul.Trop.* 32(32):17-22.
- Murillo, A. B.; Escobar, H. A.; Fraga, M. H.; Pargas, L. R. 2001. Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. México. *Rev. Fitotec. Méx.* 24(2):145-153.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.
- Peterson, D. M.; Wesenberg, D. M.; Burrup, D. E. y Erickson, C. A. 2005. Relaciones entre rasgos agronómicos y composición de granos en genotipos de avena producidos en diferentes ambientes. *Sci. Soc. Am.* 45(4):1249-1255.
- Ralde, V. 2000. Producción de avena forrajera (*Avena sativa*) en cultivo hidropónico con diferentes densidades de siembra y frecuencias de riego. Tesis de grado La Paz –Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 65 p.
- Sánchez, C. R.; Díaz, F. A.; Pecina, Q. V.; Garza, C. V. y Loera, G. J. 2008. *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en trigo bajo dos regímenes de humedad en el suelo. *Universidad y Ciencia.* 24(3):239-245.
- SAS. 2005. Statistical Analysis System. The SAS for Windows. V. 9.01. SAS Institute. Cary, NC, USA. 480 p.
- Slafer, G. A. 2001. Productividad de cereales de estación fría: impacto del mejoramiento genético y características fisiológicas asociadas. *In: Actas 21ª Reuniao da Comissao Brasileira de Pesquisa de Aveia.* Lages, Brasil. 3-6 pp.
- Smith, S. E.; Robson, A. D. y Abbott, L. K. 1992. La participación de las micorrizas en la evaluación de la eficiencia genéticamente dependiente de la absorción y uso de nutrientes. *Plant and Soil.* 146(1):169-179.
- Soroa, M. R.; Cortés, S. L. y Hernández, A. 2003. Estudio del efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre algunas variables de crecimiento y rendimiento en *Gerbera jamesonii* cv. Bolus. Cuba. *Cul.Trop.* 24(29):15-17.