

CAPITULO XXIV

USO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES PARA LA PRODUCCIÓN DE AVENA CON AGUA DE LLUVIA

Sustainable use of natural resources for the production of oats with rainwater

Jesús Pilar Amado-Álvarez¹, José Cruz Jiménez-Galindo, Orlando Ramírez-Valle, Blanca Moreno-Gómez²,
Gerardo Armando Aguado-Santacruz²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Norte Centro-Campo
Experimental Sierra de Chihuahua. jesusaa@colpos.mx

²Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Molecular de Plantas y Microorganismos C.E. Bajío-INIFAP

RESUMEN

Las zonas agrícolas de México con mayor uso irracional de agroquímicos, se tiene actualmente en los valles del centro-norte del estado de Sinaloa, donde se siembran cada año cerca de 50,000 ha de hortalizas y de esta superficie, 23,000 ha corresponden al cultivo de tomate cuyos rendimientos oscilan entre 650,000 y 990,000 t ha⁻¹, en promedio de los últimos cinco años. El Objetivo del presente trabajo fue Investigar el uso, aplicación y efecto de los biofertilizantes generados por el INIFAP sobre la productividad de avena, bajo condiciones de agricultura de secano. La investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2011 en terrenos del Rancho San Pedro en Carbajal de Abajo, municipio de Cusihuiriachic, Chihuahua, México. Se utilizó la variedad de avena Arareco, sembrando 130 kg de semilla por hectárea; el día 30 de julio de 2011. Se determinaron las siguientes características: altura de planta, No. de plantas por m², longitud de raíz, No. de tallos, No. de hojas, diámetro, peso de raíz y materia seca total. Se utilizaron cinco fórmulas de fertilización y siete productos de biofertilizantes, bajo el diseño experimental de bloques completos al azar. Para la valoración del efecto de los tratamientos se utilizo el paquete estadístico de SAS, además de un análisis económico. Se Investigo el uso y

aplicación de los biofertilizantes. La Mejor Combinación Química(N-P₂₀₅ - K₂O)- Biológica (I = 3.96) se Consignó con la dosis 15-10-00 +BiofertiBUAP Wheat, lo cual indica que se puede reducir, hasta un 75 % de la dosis de los fertilizantes químicos, aun cuando las condiciones de lluvia no fueron las adecuadas.

Palabras claves: Materia orgánica, hongos y bacterias de la raíz, sustentabilidad.

ABSTRACT

Agricultural areas of Mexico with more irrational use of agrochemicals, is currently in the valleys of the Center-North of the State of Sinaloa, where are planted each year about 50,000 ha vegetables and this surface, 23,000 ha correspond to the tomato crop whose yields range from 650,000 to 990,000 t ha⁻¹ on average of the past five years. The objective of the present study was to investigate the use, application and effect of biofertilizers generated by INIFAP on productivity of oats, under conditions of rain-fed agriculture. Research was carried out during the cycle spring-summer 2011 in the lands of the Rancho San Pedro, Carbajal de Abajo, Cusihiuriachic, Chihuahua, Mexico Township. Was the Oat Arareco variety, planting 130 kg of seed per hectare; on June 30, 2011. Identified the following characteristics: plant height, not plants per m², root length, number stems, number, leaves, diameter, weight of root and total dry matter. We used five formulas of fertilization and seven products of biofertilizers, under the experimental randomized complete block design. The SAS statistical package, as well as an economic analysis was used for the assessment of the effect of treatments. Will investigate the use and application of the biofertilizers. The best combination chemical (N-P₂₀₅ - K₂O) - biological (I = 3.96) is appropriated with the dose 15-10-00 (N-P₂₀₅ - K₂O + BiofertiBUAP Wheat, which indicates that it can be reduced, up to 75% of the dose of chemical fertilizers, even when the rain conditions were not appropriate.

Index words: Organic matter, fungi and bacteria from the root, sustainability

INTRODUCCIÓN

Eskandari y Danesh (2010), hicieron un estudio sobre el ciclo de vida del hongo micorriza arbuscular, *Glomus intraradice*, en plantas de trigo debidamente inoculadas. La germinación de esporas fue observada de tres a cinco días después de la esterilización. El crecimiento de los hongos, se registro desde los dos, hasta los 10 días después de la inoculación. La germinación de las hyphae se produjo en un diámetro de 2.5 mm de diámetro. El primer contacto entre el micelio del hongo y las raíces de las plantas ocurrió entre uno y tres días después de la germinación. El primer cambio de las esporas se produjo a los 25 días después del contacto, a partir de ahí el numero de esporas se incremento exponencialmente. Después de 12 semanas, se cuantificaron de 1000 a 2500 esporas en cada planta.

Scambato *et al.*, (2011), hicieron una investigación bajo la hipótesis de que la Micorriza *Prosopis alba*, es importante económicamente para las plantas de las especie de hoja ancha, incrementa la tolerancia a las sales (estudiaron dos niveles: 0 y 200 mM de NaCl) comparadas con las plantas testigo. Dentro de los resultados

obtenidos reportaron la disminución de la fotosíntesis por efecto de la salinidad ya que se reduce la apertura estoma tal y la dosis de conductancia de la transpiración, en las plantas inoculadas con Micorriza, pero no así con las plantas inoculadas con estos hongos, por lo que concluyeron que la practica citada puede ser implementada para cultivar alba en suelos salinos.

La existencia de procesos de retroalimentación significa que los cambios que ocurran en uno de los componentes, por ejemplo en la comunidad vegetal que afectará al suelo y así sucesivamente. (Jordán *et al.*, 2008).

En general las especies invasoras establecen ciclos positivos con el suelo invadido que contribuyen al establecimiento de poblaciones mono específicas denominadas de la especie exótica (Reinhart *et al.*, 2006). Las plantas modifican al suelo en el que se instalan desde el punto de vista físico y químico pero también a través de los exudados de la raíz, que son la fuente primaria de energía para las redes tróficas edáficas. Por su parte, los organismos edáficos tienen efectos que son específicos para distintas especies vegetales y para distintas especies vegetales y para la descomposición y los ciclos de nutrientes (Batten *et al.*, 2008).

Hernández *et al.*, (2006), estudiaron en invernadero el efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* FS-18, el complejo micorrízico *Glomus* spp. Zac-19 (compuesto por tres especies) y *Gigaspora rosea* BEG-111 en el crecimiento de *Acacia farnesiana* y *Prosopis glandulosa* en dos tipos de suelo (forestal y agrícola) y un tepetate. La evaluación se realizó en intervalos de 14 días, durante un período de 126 días. En el suelo agrícola, las plantas inoculadas, a pesar de presentar los máximos valores promedio, no manifestaron diferencia significativa en relación con las plantas testigo (no inoculadas), lo que sugiere que este efecto se debió a las características físicas y químicas del suelo, principalmente su contenido nutrimental.

La micro biota del suelo juega un papel fundamental en la regulación de los ecosistemas terrestres, influyendo en la productividad, diversidad y estructura de las comunidades vegetales (Van der Heiden *et al.*, 1998). Entre los organismos que habitan en el suelo cabe destacar por su función ecológica los HM. Una micorriza es la simbiosis entre un HM y las raíces de una planta. Los HM se encuentran ampliamente extendidos por toda la superficie terrestre y establecen simbiosis con, al menos, el 80 % de la plantas vasculares (Trappe, 1987).

La biota edáfica es también responsable de procesos eco sistémicos fundamentales como la descomposición y mineralización de la materia orgánica y los ciclos biogeoquímicos. Como es obvio, los componentes edáficos bióticos y abióticos interdependientes (Rodríguez *et al* 2009), y también están íntimamente ligados a la diversidad y estructura de las comunidades vegetales en lo que se conoce como procesos de retroalimentación planta-suelo (De la Peña 2009).

Aguilera *et al.*, (2008), mencionaron que las micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas de diversos tipos que se establecen entre ciertos hongos del suelo y las raíces de una planta. De entre estas asociaciones destacan por su ubicuidad las endomicorrizas o micorrizas arbusculares, aparentemente las más comunes en la naturaleza, ya que ocurren en la mayoría de los suelos y en el 90% de las familias de las plantas de la tierra. La importancia de las endomicorrizas ha aumentado en la última década debido a numerosos reportes de efectos

benéficos sobre las plantas, que van desde incrementos en la absorción de nutrientes en el suelo, su influencia sobre las relaciones hídricas y la protección contra agentes patógenos, hasta el importante papel ecológico que estas asociaciones parecen jugar en la sucesión de especies en las comunidades vegetales naturales.

Moncayo (2009), comenta que las “micorrizas “son un tipo de asociación natural o simbiosis entre plantas y hongos: En esta asociación el hongo le entrega nutrientes provenientes del suelo a la planta, y ésta le proporciona al hongo los carbohidratos necesarios para su sobrevivencia. Las micorrizas tienen como principal función extender la exploración de las raíces en el suelo, lo cual hace más eficiente el proceso de absorción, especialmente importante en ambientes desfavorables. Se ha descubierto y probado que la superficie de absorción de las raíces colonizadas con micorrizas se incrementa hasta en 1000 veces. Las plantas con hongos en la raíz presentan así una mayor tolerancia ante la sequía, las altas temperaturas, los metales pesados, la salinidad, las toxinas y la acidez del suelo.

Huerta *et al.*, (2008). Reporta que dentro de los biofertilizantes se agrupan a aquellos productos que tienen como base microorganismos que viven normalmente en el suelo, aunque en poblaciones bajas y que al aumentar sus poblaciones por medio de la inoculación artificial son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de las sustancias nutritivas, mediante su actividad biológica. Los biofertilizantes de acción directa, como las Micorrizas habitan parcialmente o de forma total en los tejidos vegetales y por ello su acción se realizan en el vegetal y no en el medio circundante.

El estado de Chihuahua es el principal productor de avena en México, la superficie sembrada comprende el 32% de la avena que se cultiva bajo condiciones de temporal y riego. La producción de grano para consumo directo y la industria representa aproximadamente el 60% de la cosecha nacional.

El cultivo de avena en Chihuahua se produce principalmente bajo condiciones de temporal (93%). La tendencia en los últimos años ha sido de un incremento importante en la superficie dedicada al cultivo, se reportaron sembradas 274,360 ha: 234,771 ha de avena forrajera y 39,589 ha de grano (SAGARPA, 2010).

La producción está en función de la cantidad y oportunidad del temporal requiriendo el cultivo una precipitación de 350 mm durante su ciclo. El rendimiento promedio es de 1,100 kg/ha de grano y 2,500 kg ha⁻¹ de forraje (materia seca). Sin embargo, el rendimiento potencial es de 2,500 kg ha⁻¹ de grano y de 4,500 kg ha⁻¹ de forraje. En riego en siembras de invierno, los rendimientos promedio en grano son de aproximadamente 3,340 kg ha⁻¹ y 6,600 kg ha⁻¹ de forraje seco.

El cultivo de avena representa la estabilidad y seguridad en la agricultura de temporal del Estado, es la base del sistema menonita de producción de leche y permite el desarrollo de la importante industria del queso en Chihuahua. Se estima que el 70% de la producción de avena se utiliza para alimentación animal, el 25% para consumo humano y un 5% se almacena para semilla.

La industria cuya materia prima es el grano de avena, ha crecido con el notable incremento en el interés de los consumidores por la nutrición y la salud. Nuevos productos de avena están constantemente desarrollándose ya que su alto contenido de proteína es superior a los demás cereales; de los ocho aminoácidos esenciales para la

alimentación la avena contiene seis, además contiene grasas, carbohidratos, minerales y vitaminas E, B1 y B2. Por otro lado, se ha comprobado que las personas que consumen avena reducen el nivel de colesterol en la sangre, ayuda en ciertos casos de diabetes y previene el cáncer de colon.

Los biofertilizantes microbianos son una alternativa nutricional, técnica y económicamente viable para la producción de avena en Chihuahua. Aunque en las áreas productoras de avena es común la rotación con el cultivo de frijol como una práctica conservacionista de la fertilidad en el suelo, los terrenos agrícolas presentan diferentes niveles de degradación en función de la intensidad, frecuencia y duración de las aplicaciones de agroquímicos. La alternativa de disminuir la cantidad de fertilizante químico y sustituirlo por fuentes biológicas le dará sustentabilidad al sistema de producción. El uso de fertilizante químico representa además una importante erogación para el agricultor, aproximadamente el 25 % del costo total de producción del cultivo de avena. (Herrera *et al.*, 2000).

El Objetivo del presente trabajo fue Investigar el uso, aplicación y efecto de los biofertilizantes generados por el INIFAP y otras instituciones de investigación y enseñanza sobre la productividad de avena bajo condiciones de agricultura de secano, buscando el beneficio y desarrollo de los agricultores, con equidad social, la viabilidad económica y la conservación de los recursos naturales.

MATERIALES Y METODOS

Características de la localidad de prueba

La investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano 2011 en terrenos del Rancho San Pedro en Carbajal de Abajo, municipio de Cusihuirachi, Chihuahua, México: 28° 15' 52.84", de Latitud Norte, 107° 04' 37.97" Longitud Oeste, a una altitud de 2157 msnm (Figura 1).

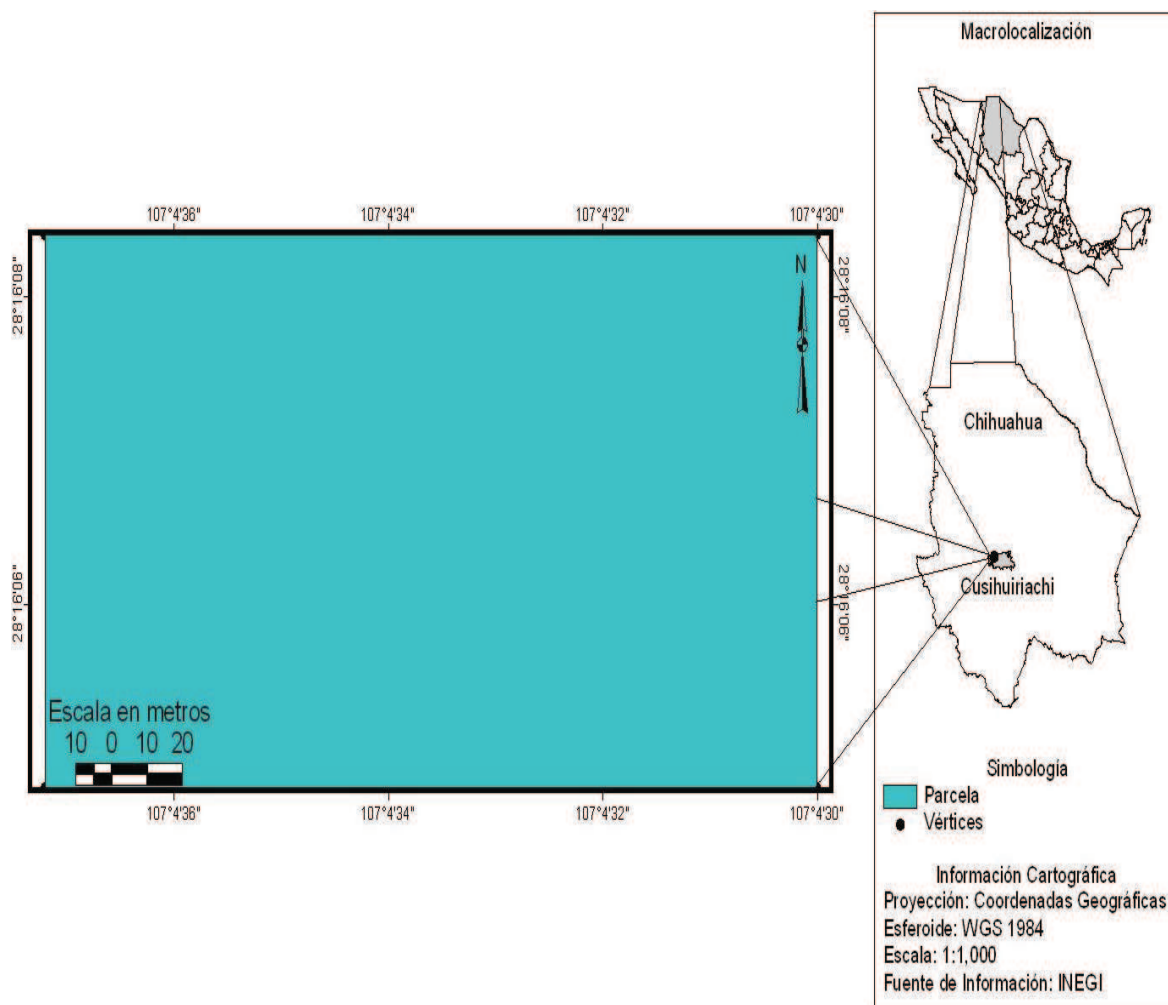


Figura 1. Ubicación geográfica del estudio de biofertilizantes en avena bajo Condiciones de Temporal. Rancho San Pedro, Municipio de Cusihuiriachi, Chihuahua. Ciclo Verano- Otoño del 2011.

Suelo

El suelo del sitio es franco arcillo arenoso con 63.58 % de arena, 16.0 % de limo y 20.42 % de arcilla, libres de sales, contenidos de materia orgánica medianamente bajos (0.957 %). Se hace necesario la aplicación de cal agrícola por el bajo valor numérico del potencial hidrogeno (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales características, físicas y químicas del suelo para el cultivo de avena bajo condiciones de temporal. Rancho San Pedro, Municipio de Cusihiuriachic, Chihuahua. Ciclo Verano-Otoño del 2011.

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN
C E (mm/ cm)	0.85 No Salino
NO ₃ (Kg ha ⁻¹) Método de la Brucina	221.7 Suficiencias
Fósforo (Olsen)	79.87 ppm Excesos
Materia Orgánica (Walkley y Black)	1.047 % Medianamente Bajo
Carbonatos de Calcio (HCL)	0.0 Libres
% de Arena	54.7 Franco
% de Limo (Boyucos)	13.28 Arcillo
% de Arcilla	32.02 Arenoso
pH En Agua 1:2	5.45 (Falta encalado)
Calcio	781 ppm Bajo
Magnesio	103.4 ppm Suficiencias
Potasio	3388 ppm Excesos
Fierro	168.42 ppm Excesos
Zinc	75.08 ppm Excesos
Manganeso	2.33 ppm Medianamente Bajo
Cobre	3.42 ppm Medianamente Bajo
Capacidad de Intercambio Catiónico	37.16 me/ 100 g de suelo

Conducción del ensayo. Se utilizó la variedad de avena Arareco, sembrando 130 kg de semilla por hectárea; la siembra se realizó el 30 de julio de 2011. Se determinaron las siguientes características: altura de planta, No. de plantas por m², longitud de raíz, No. de tallos, No. de hojas, diámetro, peso de raíz y materia seca total. Se utilizaron cinco fórmulas de fertilización: i) 60-40-00, ii) 45-30-00, iii) 30-20-00, iv) 15-10-00 y v) 00-00-00, de N-P₂O₅ - K₂O; SIETE tipos de biofertilizantes: a) Bio Radix, b) Buap Wheat, c) Micorriza INIFAP, d) Micorriza + *Azospirillum* Biofábrica, e) Bacto Crop, f) Bacteriano 2709, g) Biofosfo Wap, h) Testigo del ensayo i) Testigo del productor.

Biofertilizantes aplicados

En el Cuadro 2, se muestran los siete biofertilizantes aplicados, en franjas de 7.32 m de ancho, correspondientes a ida y vuelta de la sembradora (12 ft de ancho), por 200 m de largo, lo que hace una superficie total de 1-17-12 ha. Las dosis de fertilizantes químicos (básicamente Nitrógeno y fósforo), fueron aplicados de manera manual

divididos en bloques de 40 m de largo, por 7.23 m de ancho lo que corresponde a cada franja de los biofertilizantes aplicados.

Cuadro 2. Relación de Biofertilizantes y Dosis de fertilizantes químicos N-P₂O₅-K₂O, para avena bajo condiciones de temporal. Rancho San Pedro, Municipio de Cusihiuriachic, Chihuahua. Ciclo Verano- Otoño del 2011.

Bio Radix N	Bioferti Buap Wheat	Micorriza INIFAP	Micorriza + Azospirillum	Avena sola	BactoCROP	Bacteriano 2709	Biofosfo Wap
60-40-0	60-40-0	60-40-0	60-40-0	60-40-0	60-40-0	60-40-0	60-40-0
45-30-0	45-30-0	45-30-0	45-30-0	45-30-0	45-30-0	45-30-0	45-30-0
30-20-0	30-20-0	30-20-0	30-20-0	30-20-0	30-20-0	30-20-0	30-20-0
15-10-0	15-10-0	15-10-0	15-10-0	15-10-0	15-10-0	15-10-0	15-10-0
0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0	0-0-0

Forma de aplicación de biofertilizantes a la Semilla

Haciendo los cálculos correspondientes se inoculo la semilla de avena para sembrar una densidad de 100 kg ha⁻¹, con dosis de 2 kg ha⁻¹, de los Biofertilizantes Micorriza INIFAP, Bacteriano 2709, Micorriza + Azospirillum; 1.350 kg ha⁻¹, de Bioradix N se utilizaron 350 g ha⁻¹, de BIOFERTIBUAP Wheat, 1.2 Kg Ha⁻¹, de Bacto CROP, 1.5 Kg Ha⁻¹, y de Biofosfo Wap, 300 g ha⁻¹. Se agregaron alrededor de 3 litros de agua para impregnar 100 kg ha⁻¹, de semilla de avena de la variedad “ARARECO”, de reciente creación por investigadores del INIFAP.

Variables evaluadas

La altura de planta, longitud de raíz y el diámetro del tallo se expresan en cm, el No. de tallos y No. de hojas por cada planta, peso de raíz y materia seca total en kg ha⁻¹. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cinco repeticiones. Cada repetición constó de 1 m². Para analizar los datos tomados en los ensayos, se utilizo el paquete estadístico SAS V.1.0 (SAS, Institute, 2004) y para la comparación de cada tratamiento con los testigos se utilizó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) a una p< 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cantidad y distribución del agua de lluvia. Temperatura ambiental

La precipitación pluvial durante el ciclo de cultivo 2011, en la parcela donde se desarrollo el estudio fue de 263 mm, considerándose como un año regular con escasa y mala distribución de lluvia, con más de un mes de sequía intraestival durante el desarrollo del cultivo (Figura 2), el valor registrado corresponde a un 82 % de los requerimientos hídricos de la avena, para ecosistemas de la Sierra de Chihuahua, donde la temperatura máxima entre los 20 y 33 ° C, mientras que por la noche, no fue mas allá de los 15° C .

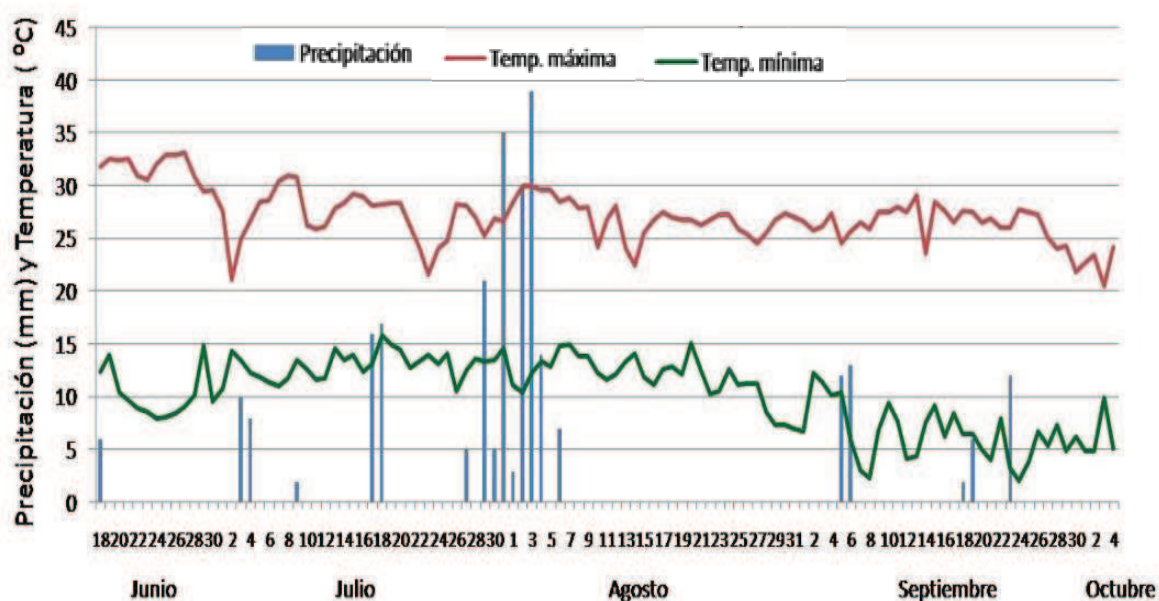


Figura 2. Cantidad y distribución del agua de lluvia. Temperatura ambiental durante la estación de crecimiento del cultivo de avena. Ciclo 2011. Rancho San Pedro, Carbajal de Abajo, Municipio de Cusihuiriac, Chihuahua.

Altura de planta

La fórmula de fertilización que da mayor altura de planta es la de 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 25.8 cm de altura en promedio seguida por la 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O), sin diferencias significativas entre la 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O), y 30-20-00 (N-P₂O₅-K₂O), la fórmula con menor altura de planta fue la 00-00-00(N-P₂O₅-K₂O), con tan solo 18.3 cm. De acuerdo a los resultados de altura con la aplicación de biofertilizantes se destaca Bio Radix y Buap Wheat con 25.7 y 24.5 cm de altura. El Bacteriano 2709, Biofosfo Wap y Testigo del productor fueron los de menor altura con 20.3, 20.2 y 20.1 cm respectivamente (Figura 3). La altura promedio fue de 22.1 cm.

Parker *et al.*, (2006), indican que los biofertilizantes elaborados con hongos micorriza son productos benéficos que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición. Están presentes en todos suelos agrícolas y su asociación con las plantas es benéfica tanto para la planta como para la micorriza debido al intercambio de sustancias nutritivas.

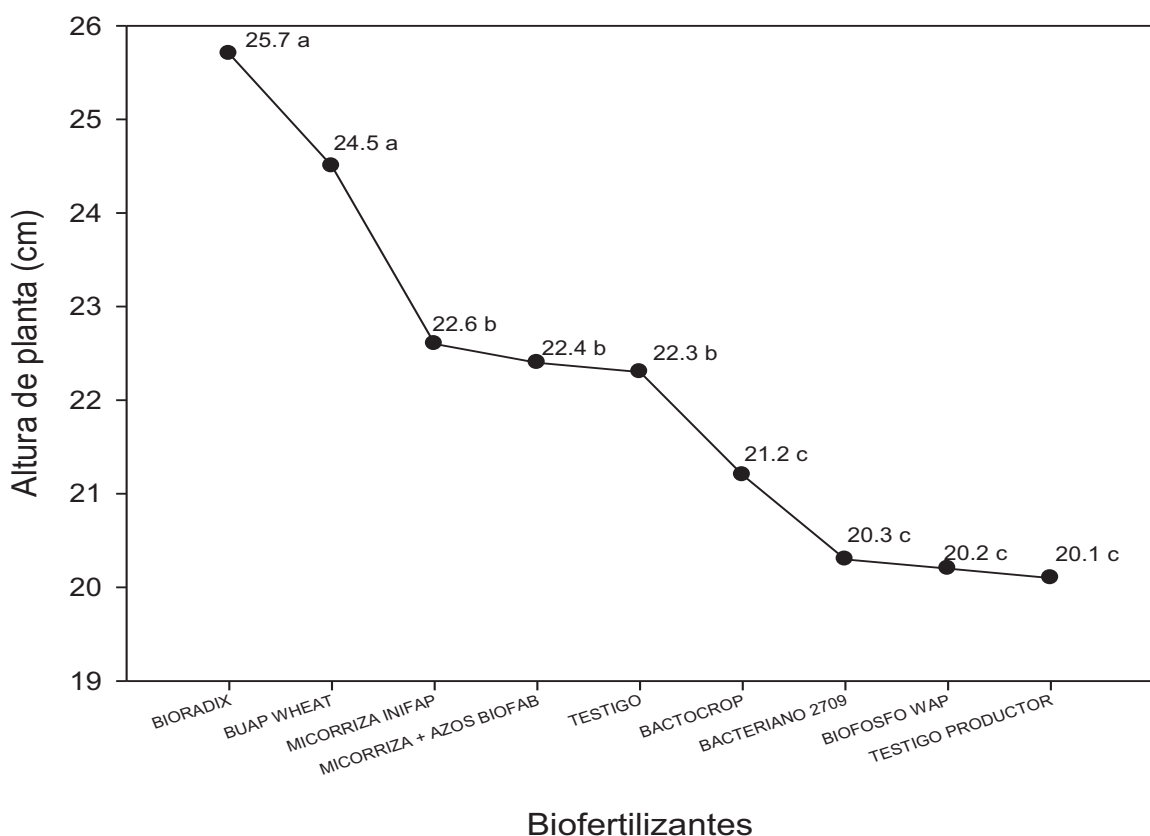


Figura 3. Altura de planta de avena (cm) tratadas con biofertilizantes. Ciclo 2011.

Numero de plantas

El mayor número de plantas por m² lo tiene la fórmula de fertilización 30-20-00 (N-P₂O₅-K₂O), con 228.7 seguido por la fórmula 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O), con 220.6, sin presentar diferencias significativas las demás fórmulas.

Uno de los principales efectos de la aplicación de biofertilizantes inoculados en las semillas de avena es, la tendencia a formar amacolles, o mayor número de tallos, lo cual fue registrado en el presente estudio, ya que al analizar la respuesta de la densidad de plantas por m² se observa claramente que dentro de las mayores cantidades de plantas (245, 000,000 de plantas por hectárea,) están las inoculadas con el biofertilizante Micorriza INIFAP, mientras que donde sembró El productor cooperante, tan solo se registraron (139,000,000 de plantas por hectárea), lo cual equivale a tan solo el 56 % de las plantas registradas con la semilla de avena inoculada con hongos de manufacturación INIFAP. Dentro de los factores que influyeron además de la inoculación con biofertilizantes se debió posiblemente al tipo y calidad de la semilla utilizada, la calibración de la sembradora, la profundidad de siembra, entre otros factores (Figura 4). La densidad de población media consignada fue de 217,000,000 de plantas por hectárea.

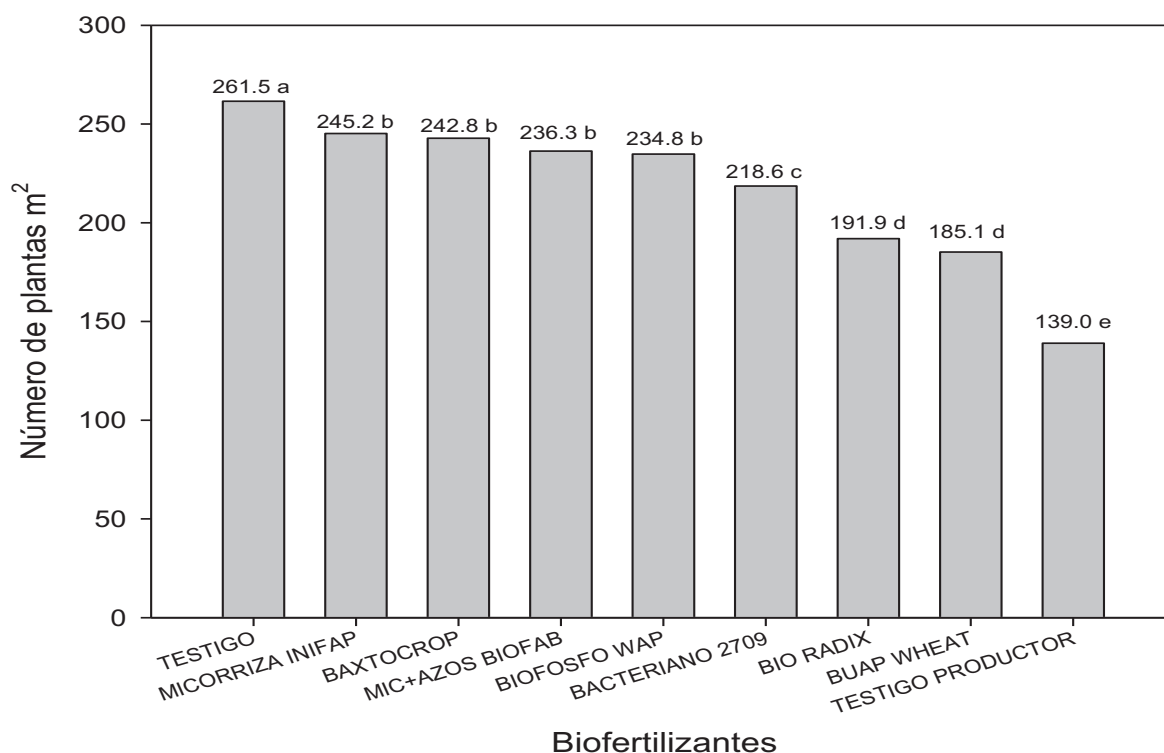


Figura 4. Numero de plantas por metro cuadrado y tipo de biofertilizantes. Ciclo 2011.

Longitud y peso de raíces en plantas de avena

La mayor longitud de raíz se presentó con las fórmulas de fertilización química 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O) y 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O), aunque no hay diferencias significativas. En la evaluación de los biofertilizantes, se registro que la mayor longitud de raíz (19.6 cm) se presento en las plantas tratadas con el biofertilizante Micorriza INIFAP, el cual resulto estadísticamente diferente y superior al resto de los tratamientos estudiados y el menor tamaño de las raíces de las plantas de avena con los tratamientos donde se inocularon las semillas con los biofertilizantes Buap Wheat y Bio radix con 13.8 cm y 13.7 cm respectivamente (Figura 5), sin embargo es conveniente hacer resaltar que se registro una relación antagónica de estos mismos biofertilizantes al hacer el análisis estadístico de la Materia Seca Total. El análisis estadístico indica que la respuesta de los biofertilizantes sobre esta variable se muestra en cinco grupos

De acuerdo con Moghvansi y Mahna (2009), el nitrógeno y el fósforo son los nutrientes que mayores adecuaciones tienen con los microorganismos (Micorriza Arbuscular) para promover el mayor crecimiento de las plantas y minimizar la aplicación de fertilizantes químicos, ya que promueven la fijación del nitrógeno atmosférico, de acuerdo a la fertilidad del suelo, promoviendo los nódulos de las plantas. También consignaron que respuesta del cultivar de soya JS 335 fue la mayor que se encontró en todas las inoculaciones. En el mismo reporte explican que el uso de *G. intraradices* and *B. japonicum*, promueve la sustitución de fertilizantes químicos de acuerdo a la concentración de nutrientes en el suelo en la región de Haroti (Bundi) de Rajasthan, donde la comparación de los datos sobre la concentración de fósforo antes y después revelan un incremento

significativo sobre el tratamiento testigo, después de la inoculación de *G. intraradices*, y la inoculación dual de *G. intraradices* + *B. japonicum*, causando una alta concentración de fósforo en el suelo, comparado con el testigo.

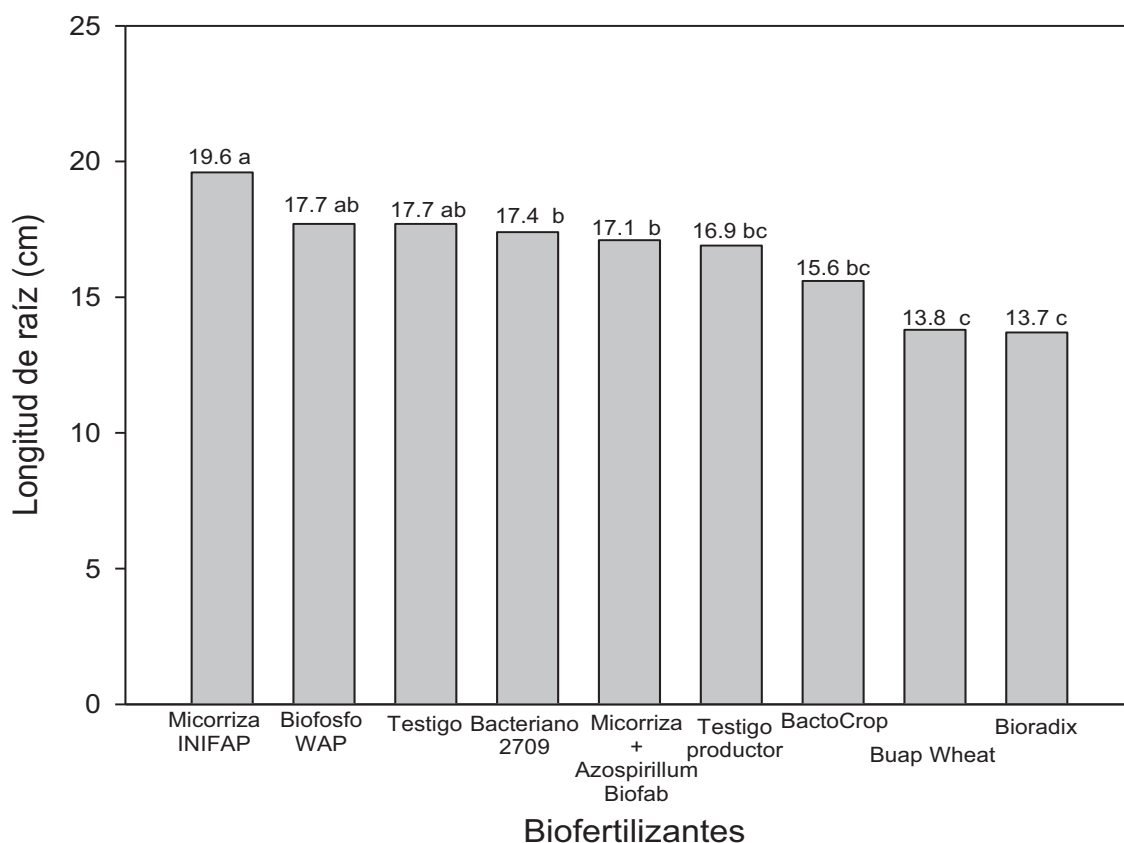


Figura 5. Longitud de raíz (cm) y tipo de biofertilizantes. Ciclo 2011.

Al analizar el peso de raíz por hectárea se observó que la fórmula de fertilización 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O), presentó mayor peso con 2875 kg ha⁻¹. La que presentó menor peso fue la 00-00-00 (N-P₂O₅-K₂O), con tan solo 1964 kg ha⁻¹. Al analizar el peso de raíz por hectárea de los biofertilizantes resultó que el Buap Wheat y el Bioradix presentaron el mayor peso con 2968 y 2956 kg ha⁻¹ respectivamente. El que presentó el menor peso de raíz fue el Testigo del productor explicado posiblemente en parte por la menor densidad de plantas por m² con tan solo 1492 kg ha⁻¹ de raíz (Figura 6). El análisis estadístico muestra cuatro bloques de tratamientos biológicos de los siete evaluados, encabezando la producción las plantas inoculadas con MICORRIZA-INIFAP, el Bacteriano 2709 y el Biofosfo Wap. Al final la menor producción se produjo en la parcela, del productor, con tan solo 1492 kg ha⁻¹.

Martínez y Pugnaire, (2009), reportaron que la materia orgánica es descompuesta por la actividad de diferentes especies de bacterias y hongos que liberan los nutrientes del suelo, dejándolos disponibles para que sean

nuevamente absorbidos por las plantas. La absorción puede ser directa a través de las raíces o indirecta a través de los microorganismos que forman simbiosis con las raíces. Estos organismos cohabitan con microorganismos patógenos que atacan a las plantas reduciendo su productividad. En consecuencia, la comunidad vegetal se ve sometida a una serie de costos y beneficios que da dinamismo y estructura a los ecosistemas terrestres.

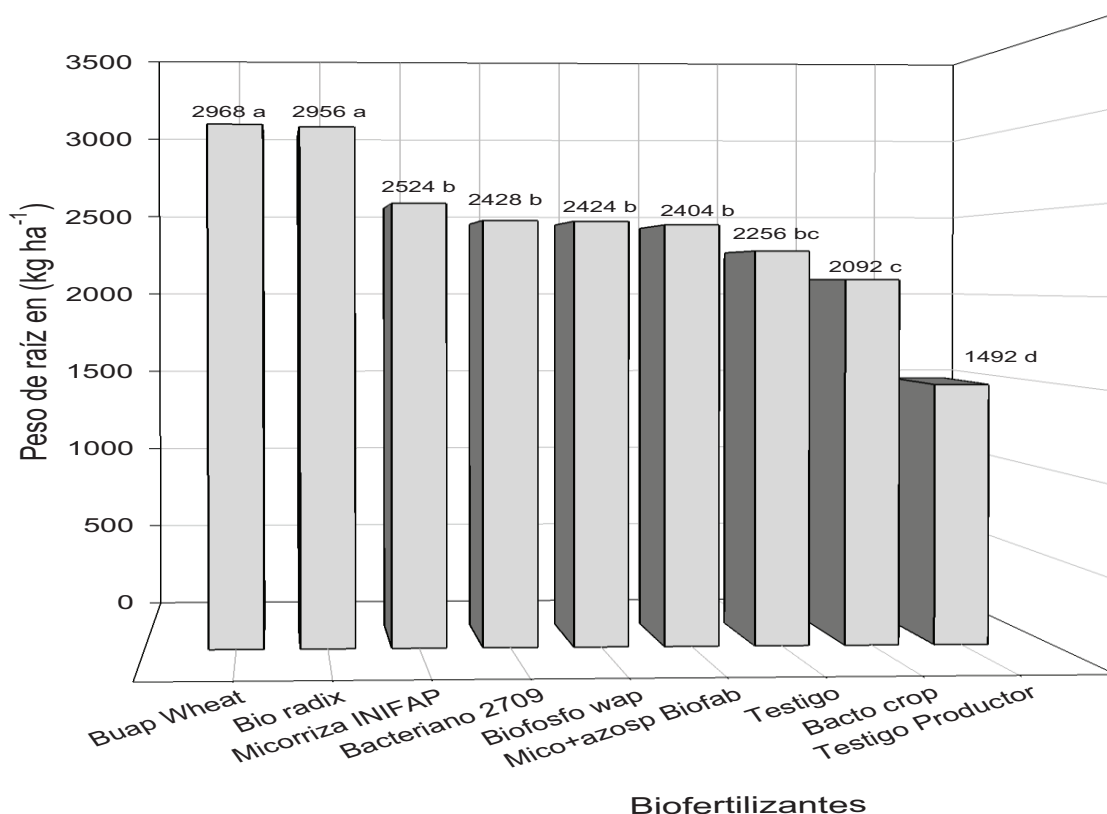


Figura 6. Peso de raíz y biofertilizantes. $R^2=0.76$, C. V.=18.2, Peso de raíz medio= 2393, DMS=253.8

Numero de tallos por planta

El mayor número de tallos por planta se presentó con la fórmula de fertilización 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) y con la 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 3.08 y 3.04 respectivamente. El menor número de tallos por planta fue con la fórmula 00-00-00 (N-P₂O₅-K₂O) con tan solo 1.93. Al hacer la evaluación, considerando los biofertilizantes, el mayor número de tallos lo presento el Testigo del Productor, debido principalmente a la variedad de avena que el utilizo (Bachiniva) además de la dosis de fertilización que fue 57-69-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 2.92 tallos por planta, seguido de Biofosfo Wap y Bio Radix con 2.88 y 2.76 respectivamente. El biofertilizante que presentó el menor número de tallos por planta fue el Buap Wheat con tan solo 1.96 (Figura 7).

Chamizo *et al.*, (2009), desarrollaron un experimento con alfalfa inoculada con hongos micorrizicos arbusculares y rizobacterias en dos tipos de suelo bajo condiciones de invernadero, con suelo pasteurizado, el cual se mantuvo a presión de vapor de agua durante una hora; a las 24 horas el procedimiento se volvió a realizar durante una hora y el suelo se dejó reposar un día antes de usarlo. Los resultados reportados indican que la inoculación de

alfalfa con el consorcio micorrízico *Glomus* spp. Zacatecas 19, estimuló significativamente el crecimiento y el estado nutricional

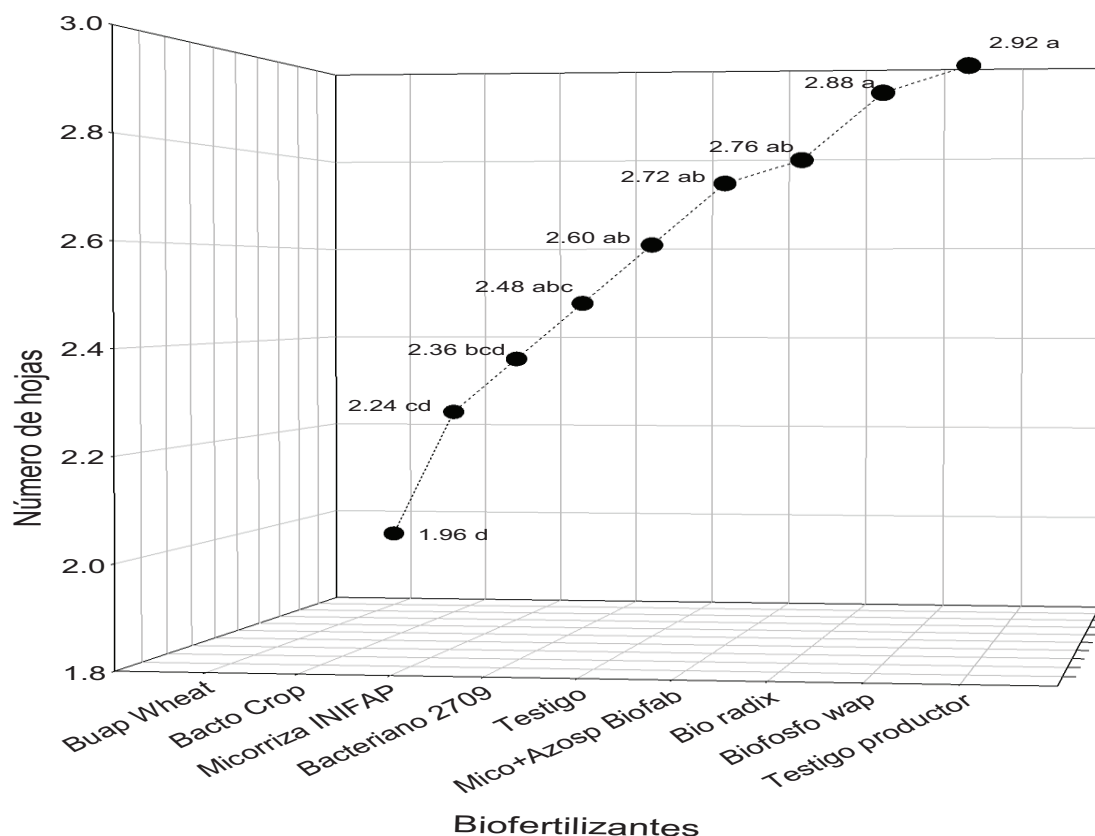


Figura 7. Numero de tallos por planta y biofertilizantes. Ciclo 2011.

(Nitrógeno, fósforo y potasio) de las plantas de alfalfa, en particular en suelo limoso. Se observó sinergismo entre el consorcio *Glomus* spp. Zacatecas 19 y las rizobacterias *Hafnia* Alves aislamientos P25 y P27, con *Pseudomonas aeruginosa* 11PS y con *Enterobacter cloacae* S3DER.

Numero de Hojas por Planta y diametro de tallos

El mayor número de hojas por planta lo presentaron las fórmulas de fertilización 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) y la 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 11.7 y 10.8. Los de menor número de hojas fueron las fórmulas 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O), 30-20-00 (N-P₂O₅-K₂O) y 00-00-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 8.7, 8.2 y 7.7 respectivamente. El Testigo del Productor fue el que presentó mayor número de hojas por planta con 11.52. La explicación de este resultado es la diferencia entre variedades ya que el productor sembró el cultivar Bachiniva.

Las fórmulas de fertilización que presentaron mayor diámetro de tallo fueron la 60-40-00(N-P₂O₅-K₂O) y la 45-30-00(N-P₂O₅-K₂O) con 0.53 y 0.50 cm respectivamente. No hubo diferencias significativas entre las demás

fórmulas 15-10-00, 30-20-00(N-P₂O₅-K₂O) y 00-00-00(N-P₂O₅-K₂O) con 0.40, 0.39 y 0.35 cm de diámetro de tallo respectivamente. Al analizar los biofertilizantes el Bio Radix y Bacteriano 2709 fueron los que presentaron mayor diámetro de tallo con 0.48 y 0.47 cm de diámetro. Los biofertilizantes que presentaron menor diámetro de tallo fueron el Bacto Crop y la Micorriza INIFAP con 0.39 cm de diámetro (Figura 8).

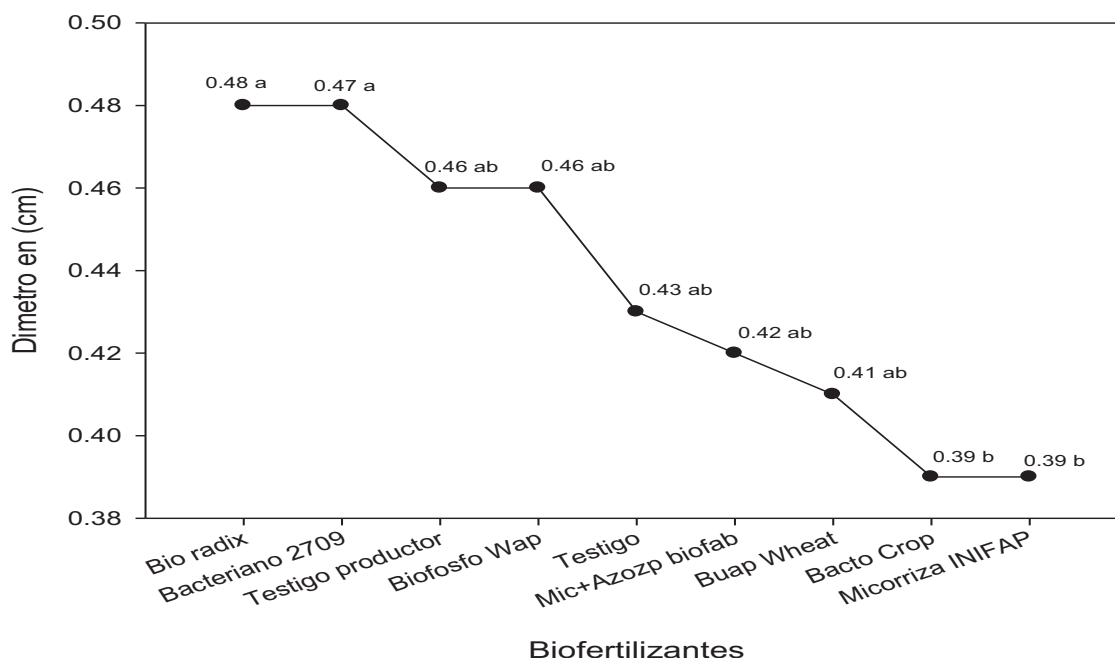


Figura 8. Diámetro de tallo y biofertilizantes. $R^2=0.57$, C. V.=25.9, Diámetro de tallo medio= 0.43, DMS=0.066.

Materia Seca Total

Los resultados obtenidos sobre la materia seca total no existen diferencias estadísticas significativas entre las fórmulas de fertilización 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O), 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O) y 45-30-00(N-P₂O₅-K₂O) por lo que se puede utilizar cualquiera de estas fórmulas esperando posiblemente el mismo rendimiento de materia seca total por hectárea que será entre 4171 y 4302 kg ha⁻¹. De acuerdo a la gráfica se recomienda fertilizar avena con la fórmula 15-10-00(N-P₂O₅-K₂O) con fines de disminuir los costos de producción y contaminación ambiental (Figura 9).

De acuerdo con Rodríguez (2009), la materia orgánica es descompuesta por la actividad de diferentes especies de bacterias y hongos que liberan los nutrientes al suelo, dejándolos disponibles para que sean nuevamente absorbidos por las plantas. La absorción puede ser directa a través de las raíces o indirecta a través de los microorganismos que forman simbiosis con las raíces (hongos formadores de micorrizas HM). Estos organismos cohabitan con microorganismos patógenos que atacan a las plantas reduciendo su productividad.

Chávez *et al.*,(2009), hicieron un estudio donde se evaluó la incidencia de diferentes tipos de inóculos (esporal IE, miceliar sólido IMS y miceliar líquido IML) de hongos ectomicorrícicos en la micorrización controlada de

plántulas de *Pinus radiata* en condiciones experimentales de invernadero. Las especies fúngicas utilizadas fueron *Rhizopogon luteolus*, *Suillus bellinii* y *Suillus luteus*, recolectadas de plantaciones de *P. radiata*, en la provincia de Biobío, VIII Región, Chile. Las especies aisladas fueron cultivadas en medio de cultivo sólido MNM (Melin-Norkrans Modificado), pH 5,8, e incubadas durante 30 días para producir las fuentes de inóculos miceliares en condiciones líquidas (IML) y sólidas (IMS). Para obtener el IE se limpiaron los carpóforos recolectados en terreno (previa identificación en laboratorio) y luego se trituraron en una licuadora (1.000 rpm) con agua des ionizada. Los diferentes tipos de inóculo fueron mantenidos en recipientes de vidrio, a 4° C en oscuridad, hasta su utilización. Los resultados obtenidos después de once meses indicaron que el efecto del tipo de inóculos varió según la especie fúngica. Para la especie *R. luteolus*, los mejores resultados de la micorrización de plantas fueron obtenidos con IMS e IML; en cambio, para *S. luteus* fue el IML. La especie *S. bellinii* no presentó diferencias en la micorrización alcanzada por las plantas con los diferentes tipos de inóculos aplicados. De las tres especies de hongos ectomicorrícicos estudiados, con *R. luteolus* fueron alcanzados los mayores efectos en el crecimiento de las plantas de *P. radiata* en vivero.

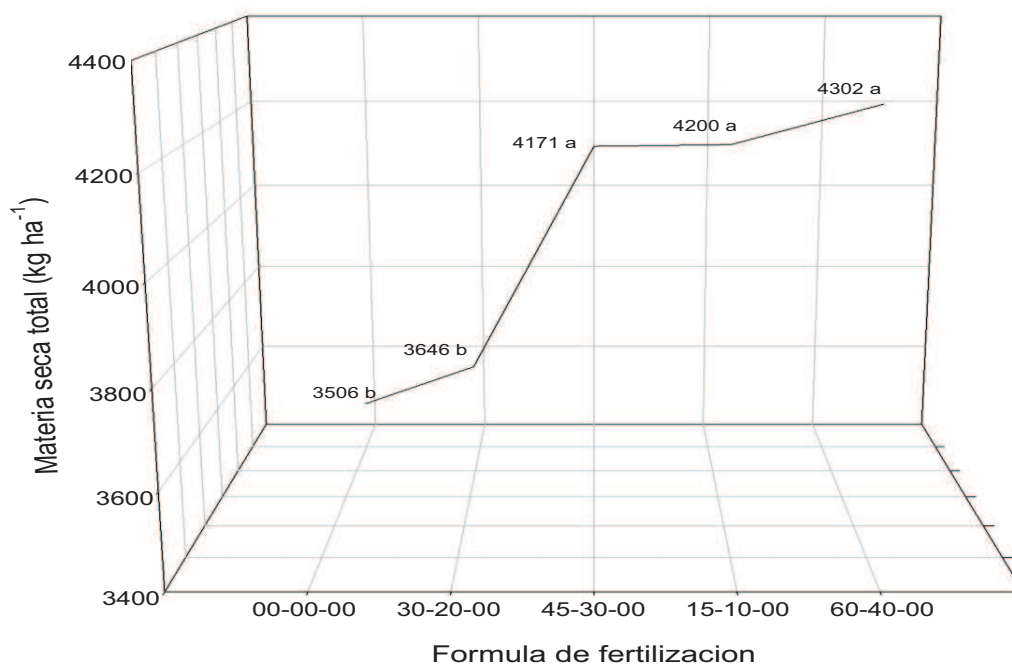


Figura 9. Materia seca total y fórmula de fertilización. $R^2=0.65$, C. V.=13.8, Materia seca total medio= 3965, DMS=319.1

El mejor biofertilizante para incrementar el rendimiento de materia seca total fue el Buap Wheat y el Bio Radix con 4776 y 4164 kg ha⁻¹ respectivamente. El tratamiento del productor con la fórmula de fertilización y sin biofertilizante fue el de menor rendimiento con tan solo 3428 kg ha⁻¹ de materia seca. Micorriza Inifap y

Micorriza Biofabrica son tambien los que presnetan menor peso de materia seca incluso menos que el testigo del ensayo (Figura 10).

Al analizar las interacciones individuales se observa claramente que la mejor combinación es aplicar la fórmula de fertilización 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O) con el biofertilizante Buap Wheat dando un rendimiento de materia seca de 5840 kg ha⁻¹ seguido por la aplicación de la fórmula 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) con Buap Wheat dando un rendimiento de 5600 kg ha⁻¹. También resulta significativo aplicar la formula 60-40-00 (N-P₂O₅-K₂O) con el biofertilizante Bio Radix dando un rendimiento de 5160 kg ha⁻¹ seguido por la fórmula 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O) con el biofertilizante Buap Wheat con un rendimiento de 4980 kg ha⁻¹. Bio Radix con la fórmula 45-30-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 4920 kg ha⁻¹ y Biofosfo Wap con la fórmula 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O) con un rendimiento de 4900 kg ha⁻¹.

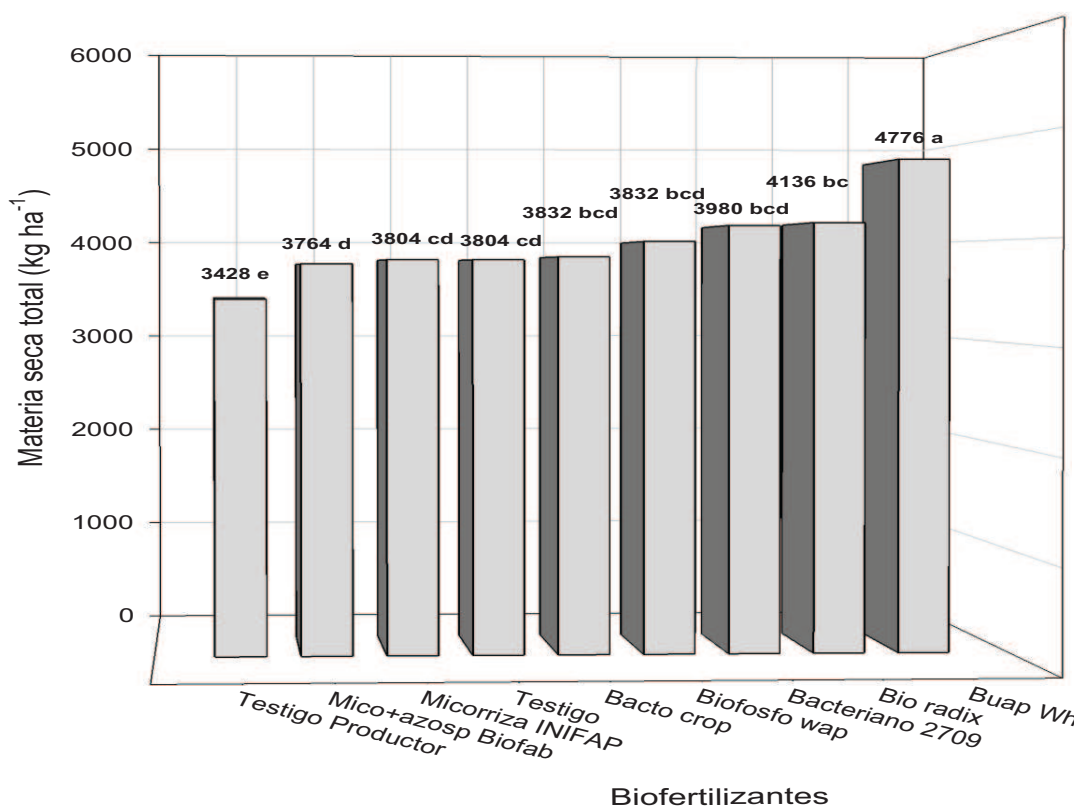


Figura 10. Materia seca total y biofertilizantes. R²=0.65, C. V.=13.8, Materia seca total medio= 3965, DMS=319.1.

Entre los tratamientos de menor rendimiento se destaca el Testigo del ensayo con la fórmula 00-00-00 (N-P₂O₅-K₂O) con un rendimiento de 3240 kg ha⁻¹, Testigo del productor con la 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 3200 kg ha⁻¹, el Bacto Crop con la 30-20-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 3180 kg ha⁻¹, el Bio Radix con la 00-00-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 2980 kg ha⁻¹ y el Testigo del Productor con tan solo 2500 kg ha⁻¹. Se destacan también los rendimientos del Testigo del ensayo con la formula 40-60-00 (N-P₂O₅-K₂O) con 4660 y el Testigo del productor con la fórmula

40-60-00 (N-P₂O₅-K₂O) con tan solo 4080 kg ha⁻¹, con una diferencia de 580 kg, explicado posiblemente en parte por la baja densidad de plantas que presenta el productor (Cuadro 3).

La bio y fitorecuperación son alternativas que causan interés por ser más económicas que la tecnología de ingeniería o las que utilizan procesos físicos y químicos. La bio y fitorecuperación in situ reducen el riesgo de exposición para el personal que limpia y transporta el material contaminado. El impacto ambiental es mínimo porque estas alternativas son procesos naturales y útiles para la completa transformación de una amplia variedad de contaminantes. Además puede recuperarse un sitio sin causar perturbación en sus actividades normales (Skladany y Metting, 1993; Cunningham y Lee, 1995).

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca total (kg ha⁻¹) de las mejores interacciones de tratamientos utilizando biofertilizantes. R² = 0.65, C. V = 13.8 %, Rendimiento medio = 3965, DMS = 319.1.

Interacción	Fórmula de fertilización	Biofertilizante	Media	Duncan 0.05
7	45-30-00	BUAP WHEAT	5840	A
6	60-40-00	BUAP WHEAT	5600	AB
1	60-40-00	BIO RADIX	5160	ABC
9	15-10-00	BUAP WHEAT	4980	BCD
2	45-30-00	BIO RADIX	4920	BCDE
39	15-10-00	BIOFOSFO WAP	4900	BCDEF
34	15-10-00	BACTERIANO 2709	4700	CDEFG
21	60-40-00	TESTIGO	4660	CDEFGH
29	15-10-00	BACTO CROP	4440	CDEFGHI
40	00-00-00	BIOFOSFO WAP	4420	CDEFGHI

El anuncio reciente del aumento constante en los precios de gasolina, confirma que también habrá incrementos en los costos de fertilizantes químicos y que la medida que se toma es la correcta, debido al alto costo que podremos pagar con el efecto ambiental que se ha provocado, y que el tiempo para tomar medidas en cambios de actitud sobre la producción de alimentos de una manera sustentable ya no se puede seguir postergando.

Sobre el efecto combinado con los biofertilizantes, se pudo comprobar que el mayor Índice de Redituabilidad promedio (3.38), fue donde se aplicó BiofetiBUAP Wheat, seguido, del BACTERIANO 2709 INIFAP, con una relación Costo Beneficio igual a 3.02. (Cuadro 4).

Respecto a la fertilización química, sobresale por su productividad las dosis 15-10-00 de (N-P₂O₅-K₂O), lo cual equivale a reducir el 75 % de la fertilización química tradicional, como se puede apreciar en el Cuadro 5. La lluvia Ocurrida (258.8 mm durante la estación del crecimiento de la avena, solo equivalen al 80% de los

requerimientos hídricos de la avena). Estos datos coinciden con lo reportado en la literatura por Herrera *et al.*, (2010) y Ramírez *et al.*, (2010).

Cuadro 4. Rendimiento (Materia Seca Total en Kg ha⁻¹) de Avena bajo condiciones de Temporal. Rancho San Pedro, Municipio de Cusihiuriachic, Chihuahua. Ciclo Verano- Otoño del 2011.

Biofertilizante : AVENA SIN	Avena Sola	Avena Sola	Avena Sola
BIOFERTILIZANTE	+ 0-0-0	+ 30-20-00 (50 %)	+ 60-40-00 (100 %)
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	3,240	3,900	4,660
Costo del Cultivo (\$/Ha)	8,100.00	9,750	11,650
Valor de la Producción (\$/Ha)	5,543.3	6,446	7,598.5
Relación Beneficio Costo	3.17	2.95	2.88
Biofertilizante:	Bioradix N	Bioradix N	Bioradix N
Bioradix N	+ 0-0-0	+ 30-20-00	+ 60-40-00
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	2,980	3,600	4,044
Costo del Cultivo (\$/Ha)	7,450	9,000	10,110.0
Valor de la Producción (\$/Ha)	4,683	5,485	5,847.7
Relación Beneficio Costo	2.69	2.56	2.37
Biofertilizante : Biofertibuap	Biofertibuap	Biofertibuap	Biofertibuap
Wheat	Wheat	Wheat	Wheat
	+ 0-0-0	+ 30-20-00	+ 60-40-00
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	3,400	4,060	5,600
Costo del Cultivo (\$/Ha)	8,500	10,150	14,000
Valor de la Producción (\$/Ha)	5,732	6,635.1	9,737.7
Relación Beneficio Costo	3.07	2.89	3.28
Biofertilizante:	Micorriza	Micorriza INIFAP	Micorriza INIFAP
Micorriza INIFAP	INIFAP	+ 30-20-00	+ 60-40-00
	+0-0-0	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)		
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	3,260	4,020	4,080
Costo del Cultivo (\$/Ha)	8,150	10,050	10,200
Valor de la Producción (\$/Ha)	5,383.5	6,535	5,97
Relación Beneficio Costo	2.94	2.86	2.39

Biofertilizante:	Micorriza +	Micorriza +	Micorriza +
Micorriza + Azospirillum	Azospirillum +	Azospirillum +	Azospirillum +
	0-0-0	30-20-00	60-40-00
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	3,400	3,920	3,660
Costo del Cultivo (\$/Ha)	8,500	9,800	9,150
Valor de la Producción (\$/Ha)	5,732.5	6,285.1	4,887.7
Relación Beneficio Costo	3.07	2.79	2.15
Biofertilizante:	BACTOCROP	BACTOCROP	BACTOCROP + 60-
BACTOCROP	+ 0-0-0	+ 30-20-00	40-00
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	4,080	3,180	3,420
Costo del Cultivo (\$/Ha)	10,200	7,950	8,550.2
Valor de la Producción (\$/Ha)	7,432.5	4,435	4,287.7
Relación Beneficio Costo	3.69	2.26	2.01
Biofertilizante:	BACTERIANO	BACTERIANO	BACTERIANO
BACTERIANO 2709	2709	2709	2709
	+ 0-0-0	+ 30-20-00	+ 60-40-00
	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	4,280	3,520	3,940
Costo del Cultivo (\$/Ha)	10,700	8,800	9,850
Valor de la Producción (\$/Ha)	7,932.5	5,285.1	5,587.7
Relación Beneficio Costo	3.87	2.5	2.31
TESTIGO DEL	57-69-00	57-69-00	57-69-00
PRODUCTOR *	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	2,500	3,540	4,100
Costo del Cultivo (\$/Ha)	6,250	8,850	10,250
Valor de la Producción (\$/Ha)	1,776.8	4,376.8	5,576.8
Relación Beneficio Costo	1.40	1.98	2.29

***El rendimiento en la parcela del productor cambia en función de la pendiente del terreno, aun que utilizo la misma dosis de fertilización química (57-69-00, de N- P₂O₅- K₂ O).**

El presente estudio (Cuadro 5) nos muestra varias cosas; dentro de las principales es que el productor utiliza el fertilizante que él cree conveniente en este caso la Dosis 57-69-00 (N-P₂O₅-K₂O), Si considerar ningún aspecto Técnico.

Cuadro 5. Índice de Rentabilidad del cultivo de avena bajo condiciones de temporal, con fertilización química y Biofertilizantes. Rancho San Pedro, Municipio de Cusihiuriachic, Chihuahua. Ciclo Verano- Otoño del 2011.

TIPO DE BIOFERTILIZACIÓN	TRATAMIENTOS (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)					MEDIA
	00-00-00	15 -10- 00	30-20-00	45-30-00	60-40-00	
Química (Avena sola)	3.17	3.00	2.95	2.48	2.88	2.90
Química + Bioradix N	2.69	3.31	2.56	3.12	2.37	2.81
Química + BiofertiBUAP Wheat	3.07	3.96	2.89	3.71	3.28	3.38
Química + Micorriza INIFAP	2.94	3.17	2.86	2.34	2.39	2.74
Química+Micorriza +Azospirillum	3.07	2.71	2.79	2.35	2.15	2.61
Química + Bactocrop	3.69	3.53	2.26	2.56	2.01	2.81
Química + Bacteriano 2709	3.87	3.74	2.50	2.69	2.31	3.02
Química + Biofosfo Wap	3.99	3.90	2.35	2.31	2.13	2.94
Productor (57-69-00)N-P ₂ O ₅ - K ₂ O	2.44	2.73	2.68	2.56	2.53	2.59
PROMEDIO	3.21	3.34	2.65	2.68	2.45	

El mayor desbalance se da con el uso del Fósforo, ya que la dosis que tradicionalmente se venía recomendando era la 60-40-00 de (N-P₂O₅-K₂O), considerando un análisis de suelo previo a la siembra, bajo circunstancias normales el productor no debería de haber aplicado nada de Fósforo, ya que en el suelo contaba con 79.87 ppm, lo cual indica que tenía Excesos de Fósforo, lo cual se demuestra científicamente a través de los estudios, económicos, ya que el tratamiento 0-0-0, produjo un Índice de rentabilidad medio de 3.21, comparado con el tratamiento testigo del productor 59-69-00 de (N-P₂O₅-K₂O), donde la relación Beneficio Costo fue de 2.59 en promedio.

CONCLUSIONES

La Mejor Combinación Química- Biológica (I = 3.96) se consignó con la dosis 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O), +BiofertiBUAP Wheat, lo cual indica que se puede reducir, hasta un 75 % de la dosis de los fertilizantes químicos, aun cuando las condiciones de lluvia no fueron las adecuadas y el análisis de fertilidad del suelo indica la necesidad de aplicar cal agrícola a fin de elevar el potencial Hidrogeno del suelo. Los resultados obtenidos sobre la variable materia seca total no existen diferencias estadísticas significativas entre las fórmulas de

fertilización 60-40-00, 15-10-00 y 45-30-00 por lo que se puede utilizar cualquiera de estas fórmulas esperando posiblemente el mismo rendimiento de materia seca total por hectárea que sera entre 4171 y 4302 kg ha⁻¹. De acuerdo a los resultados estadísticos y económicos se recomienda fertilizar avena con la fórmula 15-10-00 (N-P₂O₅-K₂O), con fines de disminuir los costos de producción. El mejor biofertilizante para incrementar el rendimiento de materia seca total fue el Buap Wheat y el Bio Radix con 4776 y 4164 kg ha⁻¹ respectivamente. El tratamiento del productor con la fórmula de fertilización 57-69-00 y sin biofertilizante fue el de menor rendimiento con tan solo 3428 kg ha⁻¹ de materia seca. Al analizar las interacciones individuales se observa claramente que la mejor combinación es aplicar la fórmula de fertilización 45-30-00 con el biofertilizante Buap Wheat dando un rendimiento de materia seca de 5840 kg ha⁻¹ seguido por la aplicación de la fórmula 60-40-00 con Buap Wheat dando un rendimiento de 5600 kg ha⁻¹. También resulta significativo aplicar la fórmula 60-40-00 con el biofertilizante Bio Radix dando un rendimiento de 5160 kg ha⁻¹ seguido por la fórmula 15-10-00 con el biofertilizante Buap Wheat con un rendimiento de 4980 kg ha⁻¹. Bio Radix con la fórmula 45-30-00 con 4920 kg ha⁻¹ y Biofosfo Wap con la fórmula 15-10-00 con un rendimiento de 4900 kg ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Adriano A., M^a de L., R. Jarquín G., C. Hernández R., M. Salvador F. y C. T. Monrea V. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 2 Núm. 3 pp. 417-431.
- Batten, K., K. Scow, K. Davies, and S. Harrison. 2008. Two invasive plants alter soil microbial community composition in serpentine grasslands. *Biological Invasions* 8: 217- 230.
- Batten, K., K. Scow, K. Davies, and S. Harrison. 2008. Two invasive plants alter soil microbial community composition in serpentine grasslands. *Biological Invasions* 8: 217- 230.
- Bécquer G., C. J., J. Á. Nápoles G., O. Álvarez, Y. Ramos, M. Quintana y Y. Galdo. 2012. Respuesta de diferentes variedades de cereales a la inoculación con *Bradyrhizobium* sp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 3 Núm. 1 pp. 187-200.
- Blanco F. A., E. A. Salas. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(1): pp 55-67.
- C. M. Heald., B. D. Bruton., and R. M. Davis. 1989. Influence of *Glomus intraradices* and Soil Phosphorus on *Meloidogyne incognita* Infecting *Cucumis melo*. *Journal of Nematology*. pp 69-73.
- Campos M. L., G. A. Baca C., D. Jaén C., A. Muratalla L. y R. Acosta H. 2004. Fertilización y micorriza en frambuesa roja cultivada en tepetate. *Agrociencia* Volumen 38, Número 1, pp 75-83.
- Carrasco H V., J. Pérez M., V. Espinosa H., J. J. Almaraz S., R. Quintero L y M. Torres A. 2010. Caracterización de micorrizas establecidas entre dos hongos comestibles silvestres y pinos nativos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 1 Núm. 4 pp. 567-577.
- Castillo G., A. M^a., E. Avitia G. y T. Corona T. 2006. Inoculación en duraznero con productos micorrízicos comerciales. *Terra Latinoamericana* 24(2): 293-297.
- Chamizo, A., R. Ferrera C., M. C. González Ch., C. A. Ortiz S., J. A. Santizo, L. Varela y A. Alarcón. 2009. Inoculación de alfalfa con hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias en dos tipos de suelo. *Terra Latinoamericana*. 27 (3): 197-205.
- Chávez M. D., G. Pereira C., A. Machuca H. 2009. Efecto de tipos de inóculos de tres especies fúngicas en la micorrización controlada de plántulas de *Pinus radiata*. *Bosque* 30(1): pp 4-9.

- Eskandari, A. Y. R. Danesh. 2010. Study on Life Cycle of Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus intraradices* using In Vitro Culturing Technique. *Journal of Phytology*, Vol 2, No 6. Pp 329-334.
- Espinosa-V., D., L. Hernández F. y L. López R. 2006. Diversidad genética de *azospirillum brasilense* en suelos cultivados con maíz con labranza convencional y de conservación. *Terra Latinoamericana* 24(2): 215-223.
- Filion M., M. ST-Arnaud., J. A. Fortin. 1999. Direct interaction between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and different rhizosphere microorganisms. *New Phytologist*. Volume 141, pp 525–533.
- Franco R.,A., A. Alarcón y R. Ferrera C. 2006. Comentario: actualización de los hongos micorrízicos arbusculares: (glomeromicetos). *Terra Latinoamericana* 24(2): 299-300.
- García G., M.M., R. Farías R., J.J. Peña C. y J.M. Sánchez Y. 2005. Inoculación del trigo variedad pavón con *azospirillum* spp. y *azotobacter beijerinckii*. *Terra Latinoamericana* 23(1): 65-72.
- González CH., Ma. Del C. 2005. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizoséricos. *Terra Latinoamericana* 23 (1): 29-37.
- Gutiérrez G., B., J. D. Etchevers B., D., A. Velázquez M. y J. Almaraz S. 2005. Influencia del aile (*alnus firmifolia*) en el crecimiento de plantas de *pinus patula*. *Terra Latinoamericana* 23: 89-96.
- H. B. Machado, S. Funayama, L. U. Rigo, F. O. Pedrosa. 1991. Excretion of ammonium by *Azospirillum brasilense* mutants resistant to ethylenediamine. *Canadian Journal of Microbiology*: pp 549-553.
- Hernández M., M. , V. M. Cetina A. , M. C. González Ch. y C. T. Cervantes M. 2006. Inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. *Terra Latinoamericana*. 24 (1): 65-73.
- Hernández-M., V.M., C. Alcalá, M.C. González-Chávez y C.T. Cervantes-Martínez. 2006. Inoculación micorrízica y su efecto en el crecimiento de dos leguminosas arbóreas. *Terra Latinoamericana* 24(1): 65-73.
- Herrera, M. D., J. P. Amado A., O. Ramírez V., R. Jacinto S., M. R. Avila M., y J. C. Jiménez G., 2010. Uso combinado de fertilizante químico y biofertilizantes para la producción del cultivo de avena. *AGRO FAZ. VOL. 10. (1): 27-35.*
- Jeffrey J. Tarrand, Noel R. Krieg, Johanna Döbereiner. 1978. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Canadian Journal of Microbiology*. pp 967-980.
- Jordan, N. D. Larson and S. Huerd. 2008. Soil modification by invasive plants: effects on native and invasive species of mixed-grass prairies. *Biological Invasions* 10 :177-190.
- K. S. Subramanian, V. Tenshia, K. Jayalakshmi and V. Ramachandran. 2009. Role of arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) – (fungus aided) in zinc nutrition of maize. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* Vol. 1 (1), pp.29–38.
- Lira-M., K., J. R. Salinas G., A. Díaz F. y N. Mayek P. 2012. Efecto de labranza, humedad y fertilización en el rendimiento de frijol y la patogenicidad de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.3 Núm.2 365-371.
- Caron, M. J. A. Fortin, C. Richard. 1986. Effect of *Glomus intraradices* on infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* in tomatoes over a 12-week period. *Canadian Journal of Botany*. Pp. 552-556.
- St-Arnaud, M., C. Hamel, B. Vimard, M. Caron, J.A. 1996. Fortin. Enhanced hyphal growth and spore production of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* in an *in vitro* system in the absence of host roots. *Mycological Research*. pp 328–332.
- Meghvansi, M. K. and S.K. Mahna. 2009. Evaluating the Symbiotic Potential of *Glomus intraradices* and *Bradyrhizobium japonicum* in Vertisol with Two Soybean Cultivars. *American-Eurasian Journal of Agronomy*. Vol. 2 Núm. 1: pp 21-25.
- Martínez, L. B., y F. I. Pugnaire. 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18 (2): 44-54.
- Meghvansi, M. K. and S.K. Mahna. 2009. Evaluating the Symbiotic Potential of *Glomus intraradices* and *Bradyrhizobium japonicum* in Vertisol with Two Soybean Cultivars. *American-Eurasian Journal of Agronomy* 2 (1): 21-25.
- Newsham, K. K., Fitter, A. H., Watkinson, A. R. 1995. Arbuscular Mycorrhiza Protect an Annual Grass from Root Pathogenic Fungi in

- the Field. *The Journal of Ecology*, Vol. 83, No. 6. pp. 991-1000.
- Paredes E. J. E., J. A. Carrillo F., R. S. García E., R. Allende M., J. A. Sañudo B. y J. B. Valdez T. 2009 Microorganismos Antagonistas para el Control del Complejo de Hongos Causantes de la Rabia del Garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Estado de Sinaloa, México. *Revista Mexicana fitopatología* vol. 27 no. 1: pp 16-24.
- Petit A. J, F Casanova L. y F. Javier S. S. 2009 Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrimentos. and nutrients cycling. *Agricultura Técnica en México* Vol. 35 Núm.1 pp. 107-116.
- Pulido-H., A., E. Zavaleta M., L. Cervantes D. y O. Grimaldo J. 2012. Alternativas de control en la pudrición radical de cebolla para el Valle de la Trinidad, Baja California. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 3 Núm. 1 pp. 97-112.
- Reinhart, K. O., F. T. Maestre, and R. M. Callaway. 2006. Facilitation and inhibition of seedlings of an invasive tree (*Acer platanoides*) by different tree species in a mountain ecosystem. *Biological Invasions* 8: 231-240.
- Ramírez V., O., J. P. Amado A., M. R. Ávila M., J. C. Jiménez G., R. Jacinto S., M. D. Herrera y J. L. acobo C. 2010. Influencia de la Biofertilización y fertilización química sobre la productividad de avena en Chihuahua. *AGRO FAZ. VOL. 10. (1):37-46.*
- Rodríguez E. S., J. A. Crisóstomo, C. Nabais, H. Freitas. 2009. Belowground mutualists and the invasive ability of *Acacia longifolia* in coastal dunes of Portugal. *Biological Invasions* 11: 651-661.
- Rubí A. M., V. Olalde P., B. G. Reyes R., A. González H. y L. I. Aguilera G. 2009. Influencia de *glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *lilium* sp. cv orange pixie. *Agricultura Técnica en México* Vol. 35 Núm. 2 pp. 201-210.
- Rubí A., M., A. González H., V. Olalde P., B. G. Reyes R., A. M^a Castillo G., D. de J. Pérez L. y L. I. Aguilera G. 2012. Contribución de fósforo al mejoramiento de calidad en *Lilium* y la relación con *Glomus fasciculatum* y *Bacillus subtilis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.3 Núm. 1. pp. 125-139.
- Sánchez P. Ma. I., C. Y. Muñoz M., J Di C. Quiroz V., N. Mayek P. y J. L. Hernández M. 2010. Cambios físico-químicos durante la germinación del maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 1 Núm. 1 pp. 89-93.
- Scambato A. A., M. Echeverría., P. Sansberro., O. A. Ruiz., A. Bernardina M. 2010. *Glomus intraradices* improved salt tolerance in *Prosopis alba* seedlings by improving water use efficiency and shoot water content. *Brazil Journal Plant Physiol.* vol. 22 Núm. 4. Pp 114-119.
- Trappe, J. M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint En: Safir, J. R. (Ed), *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*, pp. 5.25. C. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Uribe V. G. y R. Dzib E. 2006. Micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*), *Azospirillum brasilense* y Brassinoesteroide en la producción de maíz en suelo luvisol. *Agricultura. Técnica. Mexicana* Vol. 32 Núm. 1. Pp 24-29.
- Van der Heijden, M. G. A., T. Boller, A. Wiemken, and I. R. Sanders. 1998. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology* 79:2082-2091.
- Vera L. D. Baldani, José Ivo Baldani, Johanna Döbereiner. 1983 Effects of *Azospirillum* inoculation on root infection and nitrogen incorporation in wheat. *Canadian Journal of Microbiology.* pp 924-929.
- Villarreal R M., S. Parra T., P. Sánchez P., S. Hernández V., T. Osuna E. y J. Basilio H. 2010. Cobertura vegetal, vermicomposta y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 Núm.2 1 de abril-30 de junio, 2010 p. 217-231.
- Yoav Bashan and Gina Holguin. 1993. Anchoring of *Azospirillum brasilense* to hydrophobic polystyrene and wheat roots. *Journal of General Microbiology.* Pp. 379-385.