

Mejoramiento en la producción de cebada maltera (*Hordeum Vulgare* L.) mediante el uso de abonos verdes

Jiménez Sánchez E. ^a, Rodríguez Sánchez I. A. ^{a,*}, Guzmán-Ortiz F. A. ^b Román Gutierrez A. D. ^a,

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Ciudad del Conocimiento, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

^b Investigador Cátedras-CONACyT comisionada a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*ji244425@uaeh.edu.mx, aroman@uaeh.edu.mx

RESUMEN:

La cebada es un cultivo cuyos requerimientos no son muy estrictos, sin embargo, la textura es una de las características más importantes debido a que si esta se modifica, el desarrollo y la calidad de cebada, así como la cantidad de materia orgánica, la capacidad de retención de agua y la dureza del suelo se ven afectados. Es por eso que el uso de opciones como los abonos verdes ha presentado una buena opción no solo por su capacidad de fijar nitrógeno sino que también contribuyen a agregar materia orgánica a suelos que se ven afectados por su uso sobreexplotado. En esta investigación se determinó la textura del suelo, así como la capacidad de germinación de la cebada que se utilizaría. Se utilizaron tres leguminosas: soya, alfalfa y frijol así como sus respectivas combinaciones como abonos verdes, obteniendo que el tratamiento compuesto por la combinación de soya – alfalfa (T06) presentó una mayor producción de cebada al poder crecer adecuadamente en diversos tipos de suelos pudiendo llegar a fijar nitrógeno eficientemente, así como aportar materia orgánica al suelo, ayudando también a mejorar la capacidad de retención de agua..

Palabras clave:

Suelo, textura, abonos verdes, leguminosas, cebada, producción.

ABSTRACT:

The barley is a crop whose requirements aren't very strict, however texture is one of the most important features because if it is modified, the growth and barley quality, the amount of organic matter, the water retention capacity and the hardness of the soil will be modified. That's why options such as green manure has presented a good option, because not only helps the nitrogen fixation, but also helps adding organic matter to soils who are constantly used. In this research was determined the soil texture and the germination capacity of the barley. We used three different legumes: common bean, alfalfa, soy bean and the different mixes of all of them. The treatment 06 (the soy bean-alfalfa mix) exhibit more barley production than the other treatments because these legumes grow properly in a lot of kinds of soils and can efficiently fix nitrogen, as well as contribute organic matter to the soil and improve the water retention capacity..

Keywords:

Soil, texture, green manure, legumes, barley, production.

Área: Cereales, leguminosas y oleaginosas

INTRODUCCIÓN

La cebada es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel nacional cuyos usos principales se encuentra la producción de alimentos balanceados para animales, productos para consumo humano como pastas o pan, y su principal uso: la elaboración de malta cervecera.

A pesar de que la cebada es un cultivo cuyas condiciones climáticas para su desarrollo no son tan estrictos, para tener una buena producción y calidad en la cebada se deben de cumplir con ciertos requisitos edafológicos relacionados con el suelo ya que suelos demasiado compactos o con tendencia a encharcarse son desfavorables para el cultivo de cebada.

El suelo es considerado uno de los factores principales durante la siembra ya que las plantas extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Estos aspectos dependen de las características y propiedades del suelo como lo son: la textura, su capacidad de retención de agua, la materia orgánica presente, la capacidad de intercambio catiónico, pH, nitrógeno total, entre otras características que en su conjunto conforman el suelo.

Se encuentra dividido en tres principales fases: líquida, gaseosa y sólida. La fase líquida hace referencia al agua que se encuentra en los poros del suelo, si los poros son demasiado pequeños no puede ser absorbida por las raíces, sin embargo si los poros son demasiado grandes tampoco puede ser absorbida por que se escurre debido a la gravedad. La fase gaseosa hace referencia al aire que ocupa los poros grandes y aquellos poros en las que el agua se ha consumido, su composición es similar a la del aire atmosférico pero con una mayor proporción de CO₂ debido a la actividad biológica que se produce en el suelo.

Por último la fase sólida se divide en una parte inorgánica compuesto por fragmentos de rocas y minerales producto de la meteorización y la parte orgánica la cual está compuesta principalmente por materia orgánica procedente de restos de seres vivos en mayor o menor grado de descomposición.

Esta materia orgánica es una de las partes más importantes en el suelo, está relacionada con la cantidad de limo y arcilla y ayuda a mantener la fertilidad en el suelo permitiendo la retención de agua, favoreciendo la aireación del suelo y permitiendo que exista espacio aprovechable para las raíces de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de suelo: Se realizó la recolección del suelo de una parcela localizada en Zabilon, Almoloya cuyas coordenadas geográficas son 19°42'12"N y 98°24'12"O, la cual es utilizada para siembra de cebada en el Estado de Hidalgo.

Determinación de Textura y eliminación de materia orgánica: Se tamiza el suelo en un tamiz con un tamaño de poro de 2 mm. Se pesan entre 60 y 120 g de suelo en un vaso de precipitado de 500 mL, agregar 40 mL de agua oxigenada y evaporar hasta sequedad. Repetir hasta que no haya ninguna efervescencia al agua oxigenada (SEMARNAT, 2002).

Después de la eliminación de la materia orgánica, pesar 50 g de suelo y colocarlo en un vaso de precipitado de 250 ml, añadir 10 ml de una solución dispersante (una mezcla de 3.7 g de hexametáfosfato sódico y 0.794 g de Na₂CO₃ en 30 ml de agua, posteriormente se diluyen a 100 ml con agua destilada) y agua destilada hasta que el líquido quede unos centímetros sobre el fondo.

Se dispersa la muestra mezclándola durante cinco minutos. Posteriormente la mezcla se vierte en una probeta de 1000 ml teniendo cuidado de no dejar ninguna partícula en el vaso completando con agua destilada hasta 1000 ml. Agitar la probeta tapada durante un minuto, a los 40 segundos del cese de la agitación introducir un densímetro de Bouyoucos y registrar la medida del densímetro (C₁) y la temperatura (t₁).

El densímetro es retirado y al cabo de dos horas del cese de la agitación de la probeta se repite la operación anotando la medida del densímetro (C₂) y la temperatura (t₂). Una vez obtenidos los valores necesarios se utilizan las Ec. (1) y Ec (2) (SEMARNAT, 2002). Una vez obtenidos los porcentajes de arcilla y limo es posible calcular el porcentaje de arena presente mediante el uso de un triángulo de textura como el que se observa en la Fig. 1.

$$\text{Ec. (1)} \quad X = \frac{C_1 + (t_1 - 20) * 0.36}{50} * 100 \quad Y = \frac{C_2 + (t_2 - 20) * 0.36}{50} * 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde: X= porcentaje de limo más arcilla, Y= porcentaje de arcilla, 0.36= factor de corrección por cada °C (El hidrómetro tiene una temperatura de uso de 20 °C).

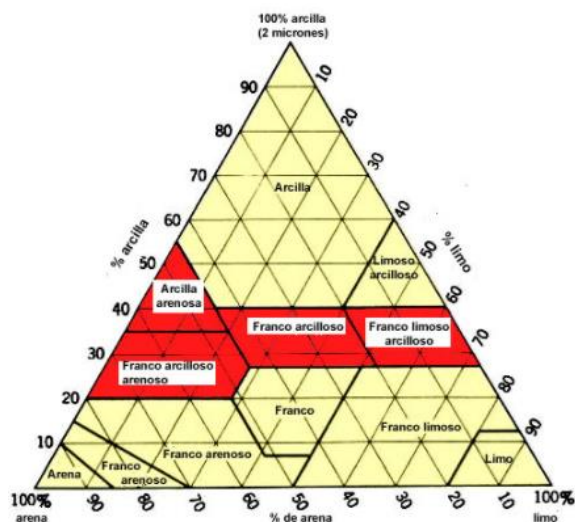


Figura 1: Triángulo de textura de acuerdo a la FAO (FAO, 2006)

Diseño de tratamientos: Las plantas que serán utilizadas como abonos verdes fueron seleccionadas de acuerdo a características de raíz, tiempo de crecimiento y capacidad de fijación de nitrógeno como componente principal en mejoramiento de fertilidad del suelo (Fernández, Gepts, & López, 1986; Guamán Jiménez, 1991; Thompson & Troeh, 2002; De la Horra Ruiz, Serrano Comino, & Carlevaris Muñoz, 2008; Lara Flores, 2015). Los tratamientos serán diseñados en base al número de plantas, teniendo al menos 7 combinaciones diferentes, presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos utilizados

Clave	Tratamiento	Clave	Tratamiento
T01F	Frijol + Cebada	T05FA	Frijol-alfalfa + Cebada
T02S	Soya + Cebada	T06AS	Alfalfa-soya + Cebada
T03A	Alfalfa + Cebada	T07FSA	Frijol-soya-alfalfa + Cebada
T04FS	Frijol-soya + Cebada	TControl	Solo cebada

Determinación del porcentaje de germinación de cebada: Se toma un lote de 15 semillas de cebada que estén libres de suciedad (A) y se realiza un corte longitudinalmente para diseccionar el embrión, posteriormente se coloca la mitad de la semilla en un tubo de ensayo y se cubre con una solución de al 1% de cloruro de 2, 3,5-trifenil-tetrazolium en agua y se aplica vacío al tubo de ensayo durante 3-4 minutos.

Posteriormente permitir la entrada del aire a fin de forzar a la solución a entrar en las semillas. Mantener el tubo a 40°C durante 30 minutos en un baño de agua y finalmente sacar las mitades de las semillas y dejarlas sobre un trozo de papel de filtro para eliminar el exceso de la solución de tetrazolium (European Brewery Convention, 2005; Souza Grzybowski, Castro Ohlson, Carvalho da Silva, & Panobianco, 2012) .

Una vez se obtienen las semillas estas pueden ser clasificadas en tres clases: a) Semillas completamente coloreadas (X): corresponden a semillas con capacidad germinativa. b) Semillas mínimamente teñidas (Y): estas semillas aunque están dañadas aún tiene capacidad germinativa. c) Semillas no teñidas. El porcentaje de germinación se calculó con la Ec. (3) (FAO, 1983)

$$CG\% = \frac{X + Y}{A} * 100 \quad \text{Ec. (3)}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Determinación de Textura y eliminación de materia orgánica: una vez realizada la prueba de textura, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 2. Utilizando la fórmula propuesta en la NOM-021-RECNAT-2000 logramos obtener los porcentajes de arcilla, limo y arena (Tabla 3) que tenemos en nuestra muestra obtenida de las parcelas utilizadas para la producción de cebada maltera.

Tabla 2. Datos obtenidos de la prueba de textura

Parámetro	1	2	3	Promedio
C1	26.5 g/L	26 g/L	26.3 g/L	26.27±0.25 g/L
T1	17.4 °C	17 °C	17.1 °C	17.16 ±0.21 °C
C2	12 g/L	14 g/L	14 g/L	13.34 ±1.15 g/L
T2	18.8 °C	18.5 °C	18.3 °C	18.53 ±0.25 °C

Tabla 3: componentes de la muestra de suelo

Componente	Porcentaje (%)
Arcilla	25.61
Limo	24.88
Arena	49.51

Al obtener los porcentajes de los diferentes componentes del suelo, estos se utilizaron para determinar el tipo de suelo que presenta la parcela con ayuda del triángulo de textura presente en el portal de suelos de la FAO (2016). Obteniendo como resultado un suelo de tipo **franco arcillosos arenoso** teniendo una textura ligeramente fina debido a una mayor proporción de arena.

Los suelos recomendados o esperados para la agricultura y el crecimiento correcto de las plantas son de dos tipos: suelos de tipo franco, es decir con un cierto equilibrio entre arena, limo y arcilla; y suelos con una proporción un poco mayor de arcilla y limo que de arena ya que la cantidad de materia orgánica disponible depende del contenido de estos dos componentes (Pieri, 1995). Sin embargo en la muestra de suelo se tiene un ligero desequilibrio en su textura (Ruiz Cobos, 2016).

Estos cambios en la textura pueden deberse al constante uso que tiene esta parcela para el cultivo de cebada maltera, así como otros aspectos que en ocasiones no se tienen en cuenta como la erosión producida por el viento en ambientes semiáridos, debido a la agregación de partículas de diferentes tamaños (Cruz-Colazo & Buschiazzo, 2015), cambios en el pH del suelo, la actividad microbiana y el uso de fertilizantes (Senbayram et al, 2015).

Este desequilibrio en la textura del suelo tiene un efecto negativo en el cultivo, provocando principalmente una disminución en el contenido de materia orgánica presente en el suelo. A su vez, este descenso puede llegar a afectar tanto a la fertilidad del suelo (Tiessen, 1994; Reeves, 1997), como a la eficiencia que tiene la planta para absorber agua y el rendimiento que presenta la cebada (Quiroga et al, 2006).





Diseño de tratamientos, crecimiento de abonos verdes:

En la tabla 4 podemos observar los niveles de crecimiento que tuvieron las diferentes leguminosas utilizadas como abonos verdes. Teniendo al T01 como el tratamiento que presentó un desarrollo más rápido debido a que su temporada de crecimiento se lleva a cabo a una velocidad mayor que las demás (Bliss *et al* 1989).

También logramos observar el efecto que tiene la textura en los cultivos ya que al tener poca materia orgánica provocó cierta dureza, que evitó que las raíces de las leguminosas se asentaran correctamente en el suelo, además de afectar la absorción de agua del suelo (Quiroga et al, 2006) provocando que el agua utilizada para regar las leguminosas se filtrara a través del suelo.

Sin embargo algunas leguminosas de raíz grande como lo son la soya y el frijol pudieron darse paso más fácil a través del suelo ya que en comparación con la alfalfa, que al ser una leguminosa más pequeña las raíces tardaron más en expandirse y por lo tanto tardo un poco más en crecer en comparación con las demás.

Tabla 4: Crecimiento de los abonos verdes

Día 7		<p>En la primera semana después de la siembra de leguminosas se presentaron los primeros signos de crecimiento, pudiéndose observar las primeras raíces.</p>
Día 14		<p>En la segunda semana pudimos observar un crecimiento mayor en el caso de tratamiento 01 y el tratamiento 03 (frijol y alfalfa respectivamente)</p>
Día 18		<p>Para el día 18 se pudo observar un crecimiento mayor en el caso del tratamiento 01. En comparación, los otros tratamientos presentaron un crecimiento menos acelerado.</p>
Día 28		<p>En la siguiente medición el tratamiento 01 se mantuvo como la leguminosa con mayor crecimiento, seguido por el tratamiento 04 (frijol/soya), el tratamiento 05 (soya/alfalfa) y por el tratamiento 02.</p>

Día 42



Se presentó un buen crecimiento en todos los tratamientos

Día 49



En la séptima semana se procedió a arrancar las plantas de raíz y trocearlas para posteriormente cubrirlas con tierra para su descomposición.

Determinación del porcentaje de germinación de cebada:



Figura 2: semillas de cebada coloreadas con 2, 3,5-trifenil-tretrazolium

En la Fig. 2 podemos observar las semillas coloreadas y semi coloreadas después de ser expuestas al 2, 3,5-trifenil-tretrazolium, con esta rápida prueba de viabilidad de la cebada pudimos determinar que la capacidad germinativa que tiene nuestra cebada (variedad Josefa y certificada) tiene una capacidad germinativa del 95%. Este resultado corresponde con lo esperado por la SENASA (2013), y por lo presentado por Arias (1991) para una cebada cervecera cuyos porcentajes de capacidad germinativa no deben de ser inferiores al 95%

Producción de cebada:

En la Fig. 3 podemos observar la cantidad de granos que se obtuvo por cada uno de los tratamientos, así como el peso que se obtuvo. Donde se obtuvo la menor cantidad de granos fue el tratamiento compuesto por el frijol (T01), seguido por el T05 (Frijol-Alfalfa) y por el T00 (tratamiento control).

La menor producción de estos dos tratamientos pudo deberse a que el frijol, al tener una crecimiento más rápido en comparación con las otras leguminosas (Bliss *et al* 1989) afecta a la tasa de fijación de nitrógeno (Chaverria & Graham, 1992; Hardarson *et al*, 1993). Esto pudo influir en la capacidad de la cebada para aprovechar el agua del suelo (Quiroga *et al*, 2006). Así mismo la textura que presenta el suelo también llega a afectar en cierta medida la absorción de agua.

En comparación con estos tratamientos, los que presentaron una mayor producción de granos de cebada fueron el tratamiento compuesto por la alfalfa y la soya (T06), T04 (frijol-soya) y el T07 (frijol-alfalfa-soya).

En el caso del T06, ambas leguminosas presentan una buena asociación, además de presentar una buena fijación de nitrógeno en diversos tipos de suelo (Kai-yun *et al*, 2015) (debido a que puede crecer correctamente en suelos con baja capacidad de retención de agua) se han utilizado para ayudar a combatir la erosión llegando a incrementar la cantidad de materia orgánica en el suelo (Povorov & Tikhonovich, 2003; Russelle *et al*, 2001; Jia *et al*, 2013). Estos dos aspectos pudieron ayudar a la obtención de una mayor cantidad de cebada maltera con este tratamiento.

Así mismo la soya junto con el frijol (T04), presentaron una producción cercana al T06 debido a que la soya y el frijol (al igual que el tratamiento soya-alfalfa) tienen un efecto cooperativo (Willey, 1979) provocando que estas dos leguminosas no solo fijen nitrógeno, sino que también puedan ayudar a la adición de materia orgánica y a mejorar la capacidad de retención de agua del suelo. En el caso del T07, al estar presente las tres leguminosas dos de estas (la soya y el frijol) presentaron un efecto competitivo en la alfalfa haciendo que esta última no creciera en grandes cantidades.

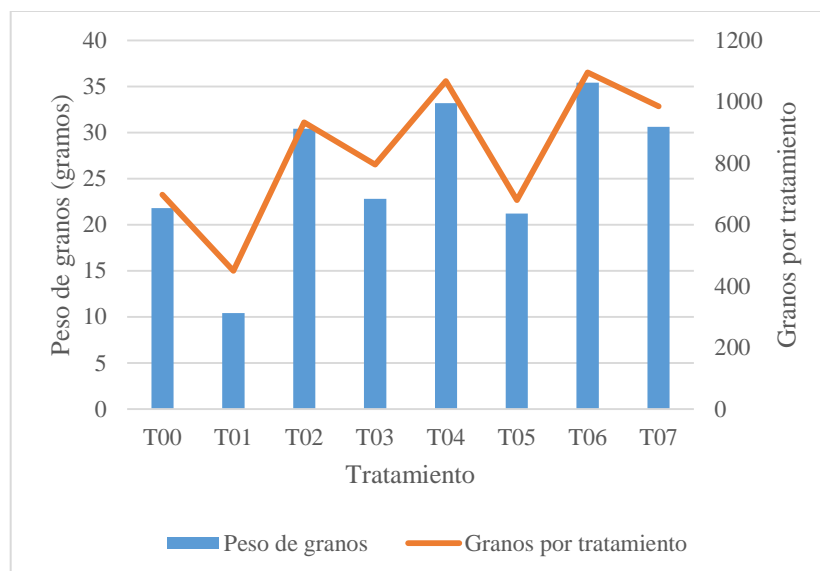


Figura 3: Cantidad de granos obtenidos por cada tratamiento, así como su peso.

En la tabla 5 tenemos los tallos que crecieron a partir de las semillas de cebada sembradas y a su vez los tallos que presentaron el crecimiento de una espiga desarrollada, siendo los tratamientos 02, 04 y control (00) cuya cantidad de tallos desarrollados fue mayor, sin embargo fueron los tratamientos 06, 02, 04 y 07 los que tuvieron una mayor cantidad de tallos con espiga desarrollada.

Tabla 5: Tallos de cebada por tratamiento

Tratamiento	Semillas de cebada sembradas	Tallos desarrollados	Tallos con espigas desarrollada
T00	100	70	35
T01	100	56	28
T02	100	77	47
T03	100	63	36
T04	100	72	45
T05	100	56	37
T06	100	66	49
T07	100	66	45

CONCLUSIÓN:

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que el uso de abonos verdes ayudó a mejorar la producción de cebada maltera siendo la mezcla de soya y alfalfa la que presentó mejores resultados, obteniendo más cebada en comparación con los demás tratamientos no solo fijando nitrógeno sino que también aumentando la cantidad de materia orgánica en el suelo y por ende modificando temporalmente algunas características como la capacidad de absorción de agua la dureza del suelo. Sin embargo si se busca una modificación de la textura del suelo en esta clase de suelos es necesario el uso continuo de dichos abonos para su modificación a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, G. (1991). Calidad industrial de la cebada cervecera. Montevideo, Uruguay.
- Bliss, F. A., Pereira, P. A., Araujo, R. S., Henson, R. A., Kmiecik, K. A., McFerson, J., . . . da Silva, C. C. (1989). Registration of five high nitrogen fixing common bean germplasm lines. *Crop Sci*(29), 240-241.
- Chaverria, M. H., & Graham, P. H. (1992). Cultivar variation in traits affecting early nodulation of common bean. *Crop Sci*(32), 1432-1436.
- Cruz-Colazo, J., & Buschiazzo, D. (2015). The Impact of Agriculture on Soil Texture Due to Wind Erosion. *Land Degradation & Development*, 26(1), 62-70.
- De la Horra Ruiz, J. L., Serrano Comino, F., & Carlevaris Muñiz, J. J. (2008). En J. L. de la Horra Ruiz, F. Serrano Comino, & J. J. Carlevaris Muñiz, *Estudio de los suelos del Campo de Calatrava (Ciudad Real) y sus condiciones de fertilidad*. (págs. 113-115). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- European Brewery Convention. (2005). Germinative Capacity of Barley: Rapid Staining Method. 13 de abril de 2018, de Analytica-EBC Sitio web: <http://analytica-ebc.com/index.php?mod=contents&method=282>
- Fernández, F., Gepts, P., & López, M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali, Colombia: CIAT.
- Guamán Jiménez, R. (1991). *Morfología y Manejo del Cultivo de Soya*. Quito, Ecuador: INIAP.
- Hardarson, G., Bliss, F. A., Cigales-Rivero, M. R., Henson, R. A., Kipe-Nolt, J. A., Longeri, L., . . . Tsai, S. M. (1993). Genotypic variation in biological nitrogen fixation by common bean. *Plant Soil*(152), 59-70.
- Jia, R. Z., Wang, E. T., Liu, J. H., Li, Y., Gu, J., Yuan, H. L., & Chen, W. X. (2013). Effectiveness of different Ensifer melilotu strain-alfalfa cultivar combinations and their influence on nodulation of native rhizobia. *Soil Biology & Biochemistry*(57), 960-963.
- Kai-yun, X., Xiang-lin, L., Feng, H., Ying-jun, Z., Li-quiang, W., Hannaway, D. B., . . . Fadul, G. M. (2015). Effect of nitrogen fertilization on yield, N content, and nitrogen fixation of alfalfa and smoothe
- Lara Flores, M. (2015). El cultivo del frijol en México. *Revista Digital Universitaria*, 16 (2).
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (1983). *Evaluación de la calidad de la semilla*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/Q2180S/Q2180S12.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). *Portal de suelos de la FAO*. Recuperado el 2018, de Propiedades físicas el suelo: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Pieri, C. (1995). Long term soil management in semiarid francophone Africa. *Adv. Soil Sci.*, 225-264.
- Povorov, N. A., & Tikhonovich, I. A. (2003). Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis. *Genetic Resources and Crop Evolution*(50), 89-99.
- Quiroga, A., Funaro, D., Noellemeyer, E., & Peinemann, N. (2006). Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pamapas of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 90, 63-68.
- Reeves, D. (1997). The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Tillage Research*, 43, 191-167.
- Ruiz Cobos, J. M. (2016). *Operaciones auxiliares de preparación del terreno, plantación y siembra de cultivos agrícolas*. ic editorial.

- Russelle, M. P., Lamb, J. F., Montgomery, B. R., Elsenheimer, D. W., Miller, B. S., & Vance, C. P. (2001). Alfalfa rapidly remediates excess inorganic nitrogen at fertilizer spill site. *Journal of Environmental Quality*(71), 469-472.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales . (2002). *NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002
- Senbayram, M., Gransee, A., Wahle, V., & Thiel, H. (2015). Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant-soil continuum. *Crop & pasture Science*, 66, 1219-1229.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. (2013). *Cebada Granos Exportación*. Obtenido de <http://www.senasa.gob.ar/tags/cebada-granos-exportacion>
- Souza Grzybowski, C. R., Castro Ohlson, O., Carvalho da Silva, R., & Panobianco, M. (2012). Viability of barley seeds by the tetrazolium test. *Revista Brasileira de Sementes*, 34(1), 47-54.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (2002). En L. M. Thompson, & F. R. Troeh, *Los suelos y su fertilidad* (Cuarta ed., págs. 321-322). España: Reverté.
- Tiessen, H. (1994). The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*, 371, 783-785.
- Wiley, R. W. (1979). Intercropping-its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts*(32), 1-10.