

# **Análisis proximal del cultivo de cebada maltera (*Hordeum sativum* Jess) del sur del estado de Hidalgo y su relación con la calidad de suelos**

Proximate analysis of malting barley (*Hordeum sativum* Jess) crop of South of the Hidalgo State and its relationship to soil quality

**Judith PRIETO MÉNDEZ<sup>1</sup>, Francisco PRIETO GARCÍA<sup>2</sup>✉, Alma Delia ROMÁN GUTIÉRREZ<sup>2</sup> y Otilo Arturo ACEVEDO SANDOVAL<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias. Rancho Universitario, Avenida Universidad Km 1, ex-Hacienda de Aquetzalpa, AP 32, C.P. 43600, Tulancingo y <sup>2</sup>Área Académica de Químicas. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4,5. C. P. 42076. Hidalgo. México.

E-mails: jud\_292003@yahoo.com.mx y prietogmx@yahoo.com.mx ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 09/02/2012                      Fin de primer arbitraje: 29/03/2012                      Primera revisión recibida: 17/04/2012  
Fin de segundo arbitraje: 26/05/2012                      Segunda revisión recibida: 04/06/2012                      Aceptado: 12/06/2012

## **RESUMEN**

Alteraciones físicas y químicas del suelo pueden afectar la producción de cultivos a través de su influencia en la distribución de materia orgánica, actividad microbiana, dinámica de nutrientes, agregación y porosidad. Evaluar la calidad del cultivo de cebada maltera en los municipios de Apan, Almoloya y Emiliano Zapata ha permitido valorar cuáles de sus constituyentes presentan algún contenido relevante que afecte negativa o positivamente la calidad del producto. Los resultados obtenidos, y criterios de caracterizaciones de suelos, han permitido llegar a conclusiones acerca de cuáles factores están afectando la calidad maltera y el incremento de los niveles de rechazo de estos productos. El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad y la presencia de elementos metálicos como sodio, potasio, calcio, magnesio, níquel y plomo que pueden estar presentes en los suelos de cultivo en los municipios de Apan, Almoloya y Emiliano Zapata, Estado de Hidalgo. Así mismo realizar una evaluación del cultivo de cebada maltera evaluando y caracterizando el cultivo por órganos, al momento de la cosecha y correlacionar causas generales y/o medio ambientales que propician reducción en los rendimientos e incremento de rechazo de la producción por incumplimiento de la calidad maltera. El sistema de monocultivo por más de 40 años en estos municipios ha modificado significativamente las texturas de los suelos, produciendo en consecuencia, bajos valores de materia orgánica (5,10-7,10 %) y baja capacidad de retención de agua (baja humedad en suelos) e intercambio catiónico (2,94-6,82 cmol/kg). En los cultivos se apreciaron elevados contenidos de materias minerales (1,27-3,41 % como cenizas), asociado a aplicaciones de fertilizantes y prácticas de enclado. Los contenidos de nitrógeno proteico (9,66-12,02 %), a pesar de presentar valores idóneos para granos de cebada calidad maltera, son el resultado de aplicaciones de fertilizantes en los inicios de la etapa vegetativa, por cuanto los contenidos en suelos resultan muy bajos, como consecuencia de las características franco arenosas de estos suelos. Los niveles de potasio son despreciables en todos los órganos del cultivo como también en los suelos (0,04-1,66 mg/Kg). Este déficit de potasio provoca disminución en la calidad maltera y una disminución de las variedades cultivadas a la resistencia al encamado.

**Palabras clave:** cultivo de cebada, calidad de suelos, metales, monocultivo

## **ABSTRACT**

Physical and chemical changes of soil can affect crop production through its influence on the distribution of organic matter, microbial activity, nutrient dynamics, aggregation and porosity. Evaluate the quality of malting barley crop in the municipalities of Apan, Almoloya and Emiliano Zapata has allowed assessing which of its constituents have some relevant content that affect product quality. The results obtained, and criteria for characterization of soils, have led to conclusions about what factors are affecting malting quality and increased levels of rejection of these products. The objective was to evaluate the quality and the presence of metallic elements such as sodium, potassium, calcium, magnesium, nickel and lead may be present in agricultural soils in the municipalities of Apan, Almoloya and Emiliano Zapata, Hidalgo. Also an evaluation of malting barley crop evaluating and characterizing the culture of organs at harvest time and correlate general causes and / or environmental conducive to reduced yields and increased rejection for non-production quality malting. The monoculture system for over 40 years in these municipalities have significantly changed the texture of the soil, consequently, low levels of organic matter (5.10-7.10%), nitrogen and low water holding capacity (low soil moisture in) and cation exchange (2.94-6.82 cmol/kg). In the cultures were observed high content of minerals (1.27-3.41% as ash) associated

with fertilizer applications and liming practices. The protein nitrogen content (9.66-12.02%), despite having values suitable for malting quality barley are the result of fertilizer applications in the early vegetative stage, because the contents in soils are very low, due to the characteristics ex-sandy soils. Potassium levels are negligible in all organs of the crop as well as soils (0.04-1.66 mg/kg). This deficiency of potassium causes decrease in malting quality and reduced crop varieties for resistance to lodging.

**Key words:** culture of barley, quality of soils, metals, monoculture.

## INTRODUCCIÓN

La caracterización de los suelos es de suma importancia para conocer la calidad de los mismos. El cultivo de cebada se ve favorecido en suelos fértiles, no le favorecen los terrenos demasiado arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo (Isla, 2004).

La cebada cervecera crece bien en tierras francas, que no sean pobres en materia orgánica, pero que el contenido de potasio y calcio sea más o menos elevado; la cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad, estimándose que puede soportar niveles de hasta 8 mmhos/cm, sin que sea afectado el rendimiento (López *et al.*, 2005). Para la producción de cebada maltera se requieren por lo general suelos calizos o calcáreos los cuales le son favorables para su desarrollo; los suelos con un contenido de nitrógeno excesivo le son desfavorables ya que inducen el encamado e incrementan el porcentaje de nitrógeno en el grano a niveles inapropiados.

La distinción entre la cebada maltera y forrajera estriba principalmente en el contenido de proteína, ya que para esta última se requiere un porcentaje superior al 12% y para la producción de malta debe ser inferior. El contenido de proteína en el grano depende de muchos factores, entre los cuales está la fertilización, calidad de la tierra, horas luz y la variedad de la semilla. Se estima que en México, el 80% de la producción nacional de cebada se destina a la transformación en malta; a nivel mundial el porcentaje es menor; las estadísticas internacionales no establecen diferencias entre la de uso forrajero y la destinada a la producción de malta (Aguilar y Schwentesius, 2004).

La cebada cultivada bajo riego, aunque de más alto rendimiento por hectárea cultivada, tiene el inconveniente de producir más proteína, lo cual no es favorable para su transformación en malta; de aquí que se considere a la zona del altiplano central como la que reúne las mejores condiciones agroclimáticas para el cultivo de este grano, ya que se cultiva en condiciones de baja precipitación pluvial y menor uso

de fertilizantes, lo cual favorecería la calidad maltera de esta zona (Aguilar y Schwentesius, 2004).

Después de la absorción de metales por las raíces de los vegetales, éstos quedan disponibles para ser bioacumulados en los distintos órganos del cultivo (García y Dorronsoro, 2005). Las plantas pueden acumular elementos, especialmente trazas de los considerados tóxicos o peligrosos que pueden ser transferidos al hombre o a los animales. Además de la textura del suelo, que afectan la capacidad de las plantas para acumular elementos metálicos; existen factores, tales como la especie vegetal (unas especies son más sensibles que otras), el órgano de la planta, (generalmente los granos suelen contener concentraciones menores de elementos metálicos que otros órganos vegetales) y las prácticas agrícolas, como la aplicación de fertilizantes o riego con agua residual (Abollino *et al.*, 2002).

El objetivo fue evaluar la calidad de los suelos y clasificarlos según criterios de fertilidad, así como establecer la presencia de elementos metálicos como sodio potasio, calcio, magnesio, y otros elementos como níquel y plomo que pueden estar presentes por la consecuente adición de fertilizantes en los suelos de cultivo en cada municipio. Así mismo realizar una evaluación del cultivo de cebada en los municipios de Apan, Almoloya y Emiliano Zapata, Estado de Hidalgo, de manera integral, caracterizando el cultivo por órganos, al momento de la cosecha, utilizando el análisis proximal, y análisis de elementos metálicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende los municipios de Apan, Almoloya y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo. En la Figura 1 se indican los puntos de muestreos específicos en las parcelas (P1 a la P7). En cada parcela se tomaron de forma aleatoria, muestras de suelo (0-50 cm de profundidad) y de plantas completas (raíz, tallo, hoja, espiga y granos), en forma de zig-zag (NOM-021-RECNAT-2000). Sus coordenadas geográficas y de altitud y temperatura son:

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Temperatura °C
Almoloya	19° 45' 14.4"	98° 21' 57"	2730	12,2
Apan	19° 41' 16.6"	98° 23' 33"	2547	14,1
Emiliano Zapata	19° 54' 16.0"	98° 53' 04"	2355	15,4

Las parcelas se identifican en Almoloya: P1, denominada parcela La Vega, cercana al río Cuatlaco, de 7 ha, por esta razón y como característica peculiar, por sus alrededores (lateral norte de la parcela), es atravesada por un arroyo derivado del río Cuatlaco; P2, identificada como parcela El Sabinal, de 6 ha; igualmente por un lateral próximo (noroeste), circula un pequeño arroyo denominado Barranca de Almoloya y finalmente, P3, denominada como parcela La Peña, de 5 ha, sin incidencias de aguas superficiales cercanas. En Apan: P4, denominada parcela del Tío Chano, de 5 ha y la P5, que se identifica como parcela La Panadera, de 5 ha también. Por estas parcelas no hay fuente de agua superficial. En el municipio Emiliano Zapata: P6, identificada como Bonilla I, de 2 ha y la P7, de 6 ha que se identificó como Bonilla II. De manera análoga al

Municipio Apan, en estas parcelas no se encontraron fuentes de aguas superficiales. La región presenta un régimen de lluvias en verano (Mayo-Agosto) con una precipitación media anual de 623 mm según estadísticas de 23 años.

Las plantas colectadas e identificadas por parcelas de cada municipio, fueron homogéneamente unidas y luego, lavadas con chorro de agua para retirar todo tipo de partículas de tierra y polvo. Fueron colocadas en charolas plásticas para ser secadas al sol durante tres días. Posteriormente fueron separadas y cortadas en sus órganos respectivos (raíz, tallo, hojas, espigas y granos) y secadas en estufa a 60°C por 72 horas; trituradas en mortero y reservadas en frascos plásticos limpios para posteriores análisis.

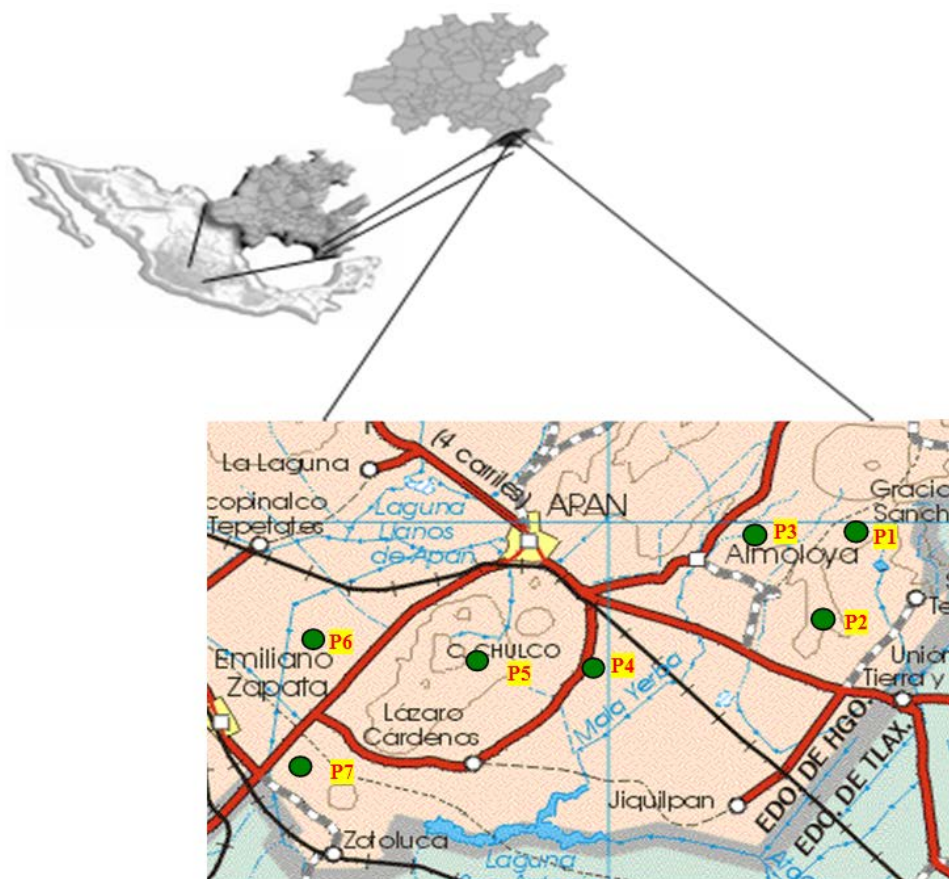


Figura 1. Mapa general de ubicación de los puntos de muestreo en la zona de estudio. Municipio de Almoloya (Parcelas P1, P2 y P3); Municipio de Apan (Parcelas P4 y P5) y Municipio Emiliano Zapata (Parcelas P6 y P7) en el Estado de Hidalgo, México.

A los suelos se les realizó los análisis establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM 021 RECNAT 2000), y partiendo del extracto de saturación (AS-16) se midió y clasificaron por los valores de pH, Conductividad (CE), y Potencial Redox (Eh). Se midió también en los extractos de saturación el potencial zeta (pZ), el cual es importante porque puede ser medido de una manera muy simple, mientras que la carga de la superficie y su potencial no pueden medirse. A partir de las muestras de suelos, directamente se realizaron análisis de humedad y materia orgánica (MO), humedad, texturas, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y metales. A partir de sus contenidos los suelos fueron clasificados. La determinación de la MO resulta fundamental para determinar el potencial de productividad agrícola y forestal de los suelos (Álvarez y Steinbach, 2006; La Manna *et al.*, 2007).

El análisis proximal a las plantas se realizó a todas las muestras de acuerdo al método establecido por la Approved Methods of American Association of Cereal Chemists (AOAC, 1995a y b), realizando los análisis de humedad gravimétrica según método 925.10, cenizas según método 923.03, fibra dietética total según método 962.09 y proteínas según método 46.10 establecido por la AACC (2001). El contenido de hidratos de carbono se obtuvo por diferencia de porcentajes de todos los constituyentes anteriormente determinados, con respecto al cien por ciento.

Para las determinaciones de metales en las muestras se realizó una digestión de cada una, en un equipo de microondas Mars-X, con control de temperatura y presión; para éstas se pesaron 0.2 g de muestra (por triplicado) y se adicionaron 5 mL de ácido nítrico concentrado, aplicando el método S\_Cebada-2 o S\_suelos-2 (archivos de software del equipo), según corresponde, que constan de 3 etapas. Una primera etapa para elevar la presión gradualmente hasta 300 PSI por espacio de 10 minutos, una segunda etapa para mantener la presión (300 PSI) constantes durante 10 minutos todo a una potencia de 1200 W y finalmente 5 minutos de

enfriamiento. Posteriormente las muestras fueron filtradas y aforadas a 50 mL con agua desionizada. El análisis de los elementos metálicos se realizó en un espectrofotómetro secuencial de plasma acoplado inductivamente (ICP) con bomba peristáltica controlada por computadora, con un flujo de 0.5-2.0 ml·min<sup>-1</sup> y nebulizador tipo Grid. Las curvas de calibración para cada elemento se prepararon a partir de estándares unielementales y/o multielementales.

Para todo los ensayos y resultados obtenidos, se valoraron los criterios estadísticos de medias y porcentaje de desviación estándar (%DRE) o de coeficiente de variación (%CV), considerándose que todos los valores de % DRE o %CV < 10 fueron aceptables. Se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 17 para Windows (SPSS, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de suelos iniciales

Las características como pH, Eh, contenidos de humedad, materia orgánica y composición elemental de los suelos analizados mostraron algunas semejanzas en las regiones cebaderas analizadas. La determinación del pH en los suelos en estudio, muestran valores (Cuadro 1) que los clasifican como neutros (NOM-021-SEMARNAT-2000; Boulding, 1995). Estos valores de pH son característicos de zonas áridas y favorables para el cultivo de cebada. Valores extremos de pH alcalinos pueden provocar precipitación de ciertos nutrientes, los que permanecen en los suelos en forma no asimilable para las plantas. pH de 8.5 ó mayores, indican casi siempre 15% sodio intercambiable y la presencia de carbonatos de metales alcalino-térreos (Ferrerías *et al.*, 2007).

Los valores de Eh, que definen el carácter oxidante o reductor asociado a los suelos, indican que los suelos cebaderos evaluados resultaron ser reductores intermedios (Cuadro 1). De forma similar los valores de pZ en los extractos de saturación los

Cuadro 1. Valores promedio y desviación estándar ( $X \pm DS$ ) de pH, potencial redox (Eh), potencial Zeta (pZ), conductividad eléctrica (CE) y humedad en extractos de saturación de suelos de los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

Municipio	Valores promedios (Iniciales)				
	pH	Eh (mV)	pZ (mV)	CE (dS/cm)	Humedad (%)
Almoloya	6,30 ± 0,081	-19,84 ± 1,707	-25,24 ± 0,763	0,24 ± 0,015	10,20 ± 0,191
Apan	6,80 ± 0,076	-29,99 ± 2,646	-20,99 ± 0,638	0,29 ± 0,017	8,20 ± 0,124
Emiliano Zapata	6,76 ± 0,038	-28,59 ± 2,111	-18,73 ± 0,514	0,35 ± 0,029	6,95 ± 0,173

muestran como suelos que presentan suspensiones coloidales de partículas de *bajas a moderadamente estables*; estos resultados y criterios de clasificación se reportan por vez primera para estos suelos dedicados al cultivo de cebada maltera.

La estabilidad de las soluciones coloidales del suelo sirve como un indicador cualitativo de la actividad biológica, flujo de energía, y desarrollo del ciclo de nutrientes. La agregación de las partículas del suelo debe ser constantemente renovada por los procesos biológicos (Flores, 2008; USDA, 2000). Estos resultados son indicativos de bajos niveles en la actividad biológica de estos suelos así como pobre desarrollo para el ciclo de nutrientes. Los valores de conductividad, se corresponden con suelos de bajas concentraciones de sales disueltas en la fase acuosa de los mismos y los suelos menos salinos del Municipio de Almoloya. Los contenidos de humedades de todos los suelos resultaron ser de moderados a bajos (menores de 10%) lo cual puede deberse a suelos con relativos bajos contenidos en arcillas (<40%) con baja capacidad para retener el agua (CRA) (Cuadro 1). También puede ser indicativo de que los contenidos de materia orgánica (MO) en los mismos pueden ser relativamente bajos y asociado a los posibles bajos contenidos de arcillas que reflejan bajos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos (De Vos *et al.*, 2007; Lettens *et al.*, 2007).

En efecto se pudo corroborar que los suelos clasifican como franco-arcillo-arenosos a excepción de los suelos del municipio de Emiliano Zapata (franco-arenoso) el cual también presentó los contenidos más bajos de humedad (Cuadro 2). A su vez para los suelos de Emiliano Zapata, se pudo

comprobar los más bajos contenidos de MO (Cuadro 3). Los suelos de Almoloya muestran los valores más elevados de MO, correspondiendo perfectamente con los suelos más ricos en arcilla y más capacidad de retención de humedad (mayor porcentaje de humedad) (Cuadro 3).

También se ha podido encontrar una relación directa entre estos contenidos de MO y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Suelos con contenidos mayores de arcilla y de materia orgánica (MO), corresponden con mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC); como se pudo observar en los suelos del municipio Almoloya, seguidos de los suelos de Apan y por último los suelos del Emiliano Zapata. Según Pierzynski y colaboradores (Pierzynski *et al.*, 1994) esto es explicado por las capacidades propias de las arcillas para el intercambio catiónico, es por ello que a mayores contenidos de arcillas debe corresponder una mayor CIC y en correspondencia con valores de pH en suelos. En el Cuadro 4 se muestran los resultados de concentraciones de metales iniciales encontrados en estos suelos y su correspondencia con los contenidos porcentuales de cenizas.

Se aprecia que los mayores porcentajes de cenizas se corresponden con los suelos de Emiliano Zapata, lo cual está en concordancia con los resultados de textura y menores contenidos de MO. Las cenizas están asociadas a los contenidos de óxidos metálicos, luego de combustionada toda MO y descomposición de los carbonatos y bicarbonatos. Igualmente destaca que los suelos del municipio de Emiliano Zapata son los que presentaron mayores concentraciones de calcio (Ca), plomo (Pb) y níquel

Cuadro 2. Valores promedio y desviación estándar ( $X \pm DS$ ) de texturas de los suelos de los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

Municipio	Valores promedios			
	Textura	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)
Almoloya	fr-arcill-aren	64,0 $\pm$ 1,24	32,0 $\pm$ 1,96	4,0 $\pm$ 2,21
Apan	fr-arcill-aren	64,0 $\pm$ 1,88	24,0 $\pm$ 1,50	12,0 $\pm$ 2,31
Emiliano Zapata	fr-arenoso	82,0 $\pm$ 2,33	14,5 $\pm$ 1,63	3,5 $\pm$ 2,63

Cuadro 3. Valores promedio y desviación estándar ( $X \pm DS$ ) de materia orgánica (MO) capacidad de intercambio catiónico (CIC) en los suelos de los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

Municipio	MO Clasificación	MO (%)	CIC (cmol/kg)
Almoloya	Medio	7,10 $\pm$ 0,21	6,82 $\pm$ 1,03
Apan	Medio	6,83 $\pm$ 0,33	3,60 $\pm$ 1,09
Emiliano Zapata	Bajo	5,10 $\pm$ 0,20	2,94 $\pm$ 0,57

(Ni); así mismo fueron los suelos con menores contenidos de potasio (K). En general, todos los suelos presentaron muy baja concentración inicial de K, lo cual es poco favorable para el cultivo sobre todo en la etapa inicial de germinación y foliación.

### Análisis proximales por órganos de la planta y por municipios

En el Cuadro 5, se presentan los resultados promedio de los análisis de humedad y cenizas en granos del cultivo de cebada para cada municipio. Al analizar por órganos del cultivo, se observó que se corresponde con el mismo orden que se encontró la humedad en suelos, a una raíz más húmeda Apan > Almoloya > Emiliano Zapata. Esto obedece igualmente a las características de texturas de estos mismos suelos, siendo los de Emiliano Zapata los más arenosos y con ello presentan una menor capacidad de retener la humedad. En los granos del cultivo, en el municipio de Apan, se presentaron los mayores niveles de humedad acumulada, lo cual puede asociarse a que en este Municipio se consideren, por presentar mayores valores de peso en granos, los mayores rendimientos de cosecha.

Para los granos del cultivo, que son definitivamente el producto básico final para la industria maltera (Islas, 2004), los contenidos de humedad óptimos al momento de la cosecha pueden llegar como máximo al 14% (Dendy y Dobraskczyk, 2004). Los contenidos de cenizas se han de corresponder de manera aproximada a los contenidos de los óxidos metálicos bioacumulados por dichos órganos.

Los niveles de metales bioacumulados (vistos en forma de óxidos) en raíces, son mayores como reportan algunos autores (Dendy y Dobraskczyk, 2004). De manera similar sucede con los óxidos de metales bioacumulados en tallos, esto es indicativo de la traslocación desde las raíces hacia las espigas sirviendo el tallo como vía de su migración y cierta retención en tejidos de las hojas; ésto se corresponde con los reportado por Kabata-Pendias (Kabata-Pendias, 2000). Como se aprecia en el Cuadro 5, los resultados de ceniza en granos oscilan entre 1,3-3,4% lo que se corresponde con lo reportado (Dendy et Dobraskczyk, 2004). También se observó que existe similitud con lo indicado por otros autores que mencionan que en granos es menor la bioacumulación.

Los contenidos en fibras resultaron, menores para los granos en Apan (1.05%) que los de Almoloya y Emiliano Zapata (1.49% 1.66%, respectivamente). Estos niveles de fibra en granos resultan inferiores que los ideales en la cebada maltera (4-5%). La importancia de la fibra en granos de cebada para la elaboración de malta, cerveza u otros alimentos, radica en que está formada por componentes tales como inulina, pectinas, gomas y fructooligosacáridos que captan mucha agua y son capaces de formar geles viscosos. Los contenidos de carbohidratos para granos de los tres municipios fueron similares para todos los casos (76,5-78,4%).

Los contenidos en metales bioacumulados (sodio, calcio y magnesio, en mg/kg) se muestran en las Figuras 2, 3 y 4. Se puede apreciar que los mayores contenidos corresponden al sodio (Na)

Cuadro 4. Resultados promedio y desviación estándar ( $X \pm DS$ ) de los análisis de metales (mg/kg) y contenido de cenizas (%) en suelos de los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

Municipio	Cenizas	Na	K	Ca	Mg	Pb	Ni
Almoloya	67,00 $\pm$ 0,45	31,92 $\pm$ 0,85	1,66 $\pm$ 0,83	46,77 $\pm$ 0,32	4,79 $\pm$ 0,06	0,49 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,01
Apan	62,55 $\pm$ 0,87	37,78 $\pm$ 0,61	1,54 $\pm$ 0,38	34,54 $\pm$ 0,91	6,27 $\pm$ 0,18	0,33 $\pm$ 0,07	0,15 $\pm$ 0,01
E. Zapata	75,04 $\pm$ 1,20	30,65 $\pm$ 0,71	0,04 $\pm$ 0,07	69,27 $\pm$ 1,82	3,68 $\pm$ 0,27	0,84 $\pm$ 0,09	0,32 $\pm$ 0,01

Cuadro 5. Análisis de humedad y cenizas en granos del cultivo de cebada maltera (*Hordeum sativum* Jess) en los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

Municipio	Humedad (%)			Cenizas (%)		
	Almoloya	Apan	Emiliano Zapata	Almoloya	Apan	Emiliano Zapata
Promedio	7,15	10,79	7,58	2,46	3,41	1,27
DE	0,05	0,21	0,24	0,23	0,20	0,09
CV (%)	0,72	2,74	3,11	9,24	6,00	7,38

DE: Desviación estándar y CV: Coeficiente de variación

bioacumulado (Figura 2) y seguido de los contenidos de calcio (Figura 3) y de magnesio (Figura 4). Se puede indicar que la presencia de potasio (K) fue mínima y solamente detectable en hojas y tallos. Estos contenidos tan bajos de K en órganos del cultivo en los tres municipios, están en correspondencia con los bajos contenidos que se reportaron en los suelos.

El contenido de sodio se bioacumula de forma preferencial en las raíces, indicando un cierto grado de salinidad de los suelos. Posteriormente es trasladado a través de los tallos a las hojas, espigas y granos. De manera particular los incrementos de Na bioacumulado se observaron en mayor grado en hojas y espigas para los Municipio de Apan y Emiliano Zapata. Esto se puede corresponder con el mayor grado de madurez en la cosecha para los municipios de Almoloya y Apan. En la bioacumulación del Ca (Figura 3) se pudo observar la misma tendencia en los tres municipios, siendo más elevada en raíces, disminuyendo en tallos (órgano para transporte), aumentando en hojas y nuevamente vuelve a disminuir discretamente hasta los mínimos en granos.

Tanto para la bioacumulación de Na como para Ca se apreció que en los cultivos de Almoloya se presentan los menores valores. Sobre el Mg (figura 4) es distinguible que en las hojas ocurre un nivel de bioacumulación igual en los cultivos de los tres municipios. Estas apreciaciones son correspondientes con lo señalado por algunos autores (Fancelli, 2006) que indican que en los cultivos de cereales (arroz, trigo, maíz, sorgo y cebada), los índices y requerimientos de Mg son similares para todos y

suelen ser más elevados en los órganos donde se desarrolla la fotosíntesis por cuanto forma parte de la clorofila e interviene en el crecimiento de la planta a través de la activación hormonal.

## CONCLUSIONES

Los valores de pH de los suelos en los tres municipios son clasificados como neutros según lo establecido por la norma. Los valores de potencial redox (Eh), indicaron que los suelos cebaderos de los municipios evaluados resultan reductores intermedios. Esta característica se corresponde también con suelos de bajas concentraciones de sales disueltas en la fase acuosa.

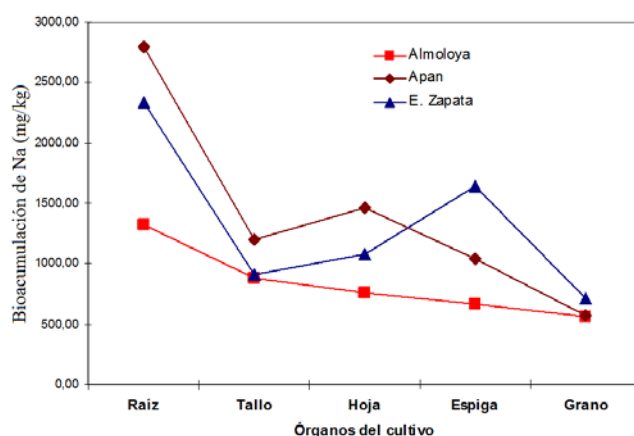


Figura 2. Bioacumulación de sodio (mg/kg) por órganos de las plantas de cebada maltera (*Hordeum sativum* Jess) en los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

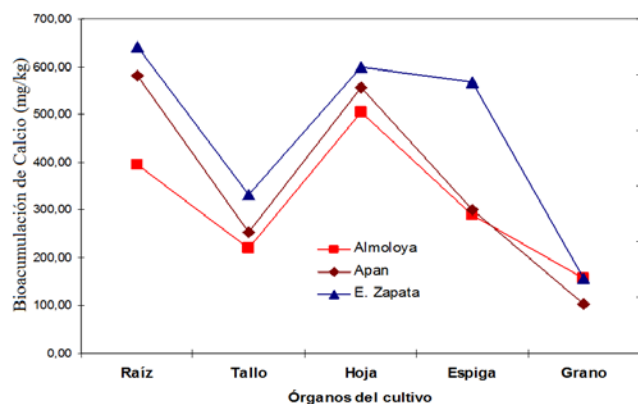


Figura 3. Bioacumulación de calcio (mg/kg) por órganos de las plantas de cebada maltera (*Hordeum sativum* Jess) en los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

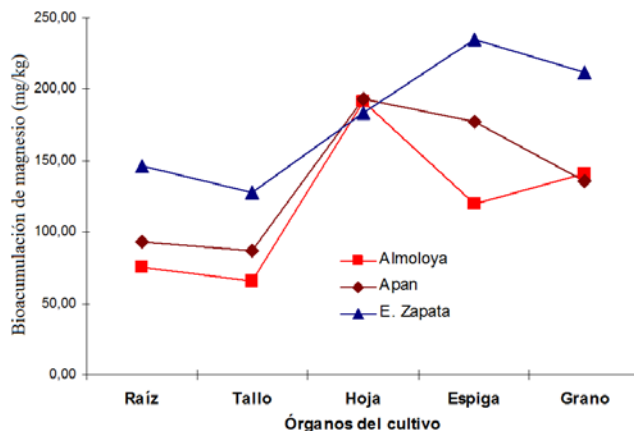


Figura 4. Bioacumulación de magnesio (mg/kg) por órganos de las plantas de cebada maltera (*Hordeum sativum* Jess) en los municipios de Almoloya, Apan y Emiliano Zapata, en el Estado de Hidalgo, México.

Los bajos contenidos de arcilla y de materia orgánica en estos suelos, provocan una baja retención de agua, implicando también por ello una relativa baja CIC con lo cual no son óptimamente aprovechados los nutrientes principales y las lixiviaciones y escurrimientos de los mismos pueden resultar elevadas. Estas capacidades de escurrimiento pueden afectar mantos acuíferos lo cual no ha sido estudiado hasta el momento.

Los bajos contenidos de potasio para los suelos de los tres municipios resultan poco favorables para el cultivo de cebada que requiere concentraciones elevadas de dicho metal, en sus primeras etapas de desarrollo. Resulta entonces perjudicial para el rendimiento del cultivo.

Los análisis del cultivo mostraron un mayor grado de madurez en las cosechas en el municipio de Apan que en Almoloya y en Emiliano Zapata. Este criterio coincide con los resultados de los suelos y sus calidades, siendo los suelos de menor calidad los de Emiliano Zapata.

Los niveles de absorción de materias minerales en la cebada cultivada en los tres municipios resultan muy elevados y al parecer se produce al comienzo de la fase vegetativa, por aplicaciones de fertilizantes y algunas prácticas de encalado. Esto se manifiesta por los altos contenidos de cenizas.

Los resultados de Nitrógeno proteico, a pesar de encontrarse en valores idóneos para los granos de cebada con calidad maltera, pueden ser debidos a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados durante la etapa vegetativa ya que no fueron encontrados en suelos.

El uso continuado de un sistema de monocultivo por más de 40 años en estos municipios ha propiciado serios cambios de las texturas de los suelos. Por ello hay relativos bajos valores de materia orgánica, bajos contenidos de nitrógeno y baja capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico.

La composición proximal por contenidos en fibras, grasas y carbohidratos pueden considerarse sin afectaciones y normales.

Los niveles de potasio resultan despreciables, esto se corresponde con los bajos niveles en suelos y

además, esta carencia de potasio puede provocar una disminución en la calidad cervecera y una disminución a la resistencia al encamado de las variedades cultivadas.

Las afectaciones al rendimiento en las cosechas por fisiopatías de encamado se deben no a los niveles de nitrógeno en el cultivo, sino a la carencia de potasio.

## LITERATURA CITADA

- Abollino, O.; M. Aceto, M. Malandrino, E. Mentaste, C. Sarzanini and R. Barberis. 2002. Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles. *Environmental Pollution* 119 (2): Pages 177-193.
- Aguilar, J. y R. Schwentesius. 2004. La producción de cebada maltera en México. Ventaja comparativa no capitalizada. Reporte de Investigación Núm. 72. Universidad Autónoma Chapingo, México. p. 61.
- Álvarez, R. y H Steinbach. 2006. Valor agronómico de la materia orgánica. p. 13-29 *En: Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos.* Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2001. Approved methods of American Association of Cereal Chemists. 10<sup>th</sup> edition. Volume II. Method 42-10.
- Angelova V., R. Ivanova, V. Delibaltova and K. Ivanov. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). *Industrial Crops and Products* 19: 197-205.
- AOAC. 1995a. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17<sup>th</sup> edition. Volume I. Edited by Kenneth Helrich. p. 657-681.
- AOAC. 1995b. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17<sup>th</sup> edition. Volume II. Edited by Kenneth Helrich. p. 777-781, 1095-1096.
- Boulding J. R. 1995. Description and sampling of contaminated soils. A field guide, 2<sup>nd</sup>, Boca Raton, FL7 Lewis Publishers; Chapter 3.



- Dendy, D. A. y B. J. Dobraszczyk. 2004. Cereales y productos derivados. Química y tecnología. Editorial Acribia, S. A. p. 87-107; 127-130; 341-358; 380-382; 389-394.
- De Vos, B.; S. Lettens, B. Muys and J. A. Deckers. 2007. Walkley-Black analysis of forest soil organic carbon: recovery, limitations and uncertainty. *Soil Use and Management* 23: 221-229.
- Fancelli, A. L. 2006. Micronutrientes en la fisiología de las plantas. p 11-27. *En: M, Vázquez (ed.). Micronutrientes en la agricultura. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.*
- Ferreras, L.; G. Magra, P. Besson, E. Ovalevski y F. García. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *Ci. Suelo* 25 (2): 159-172,
- Flores, J. 2008. Globalización de cadenas agroalimentarias, el caso de la cebada-malta-cerveza en México y su impacto en las condiciones de vida de los productores de cebada del Altiplano Central (1985-2005). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Economía Aplicada I (Economía Internacional y Desarrollo). Universidad Complutense de Madrid, España. p. 197-198.
- García, I. y C. Dorronsoro. 2005. Contaminación por metales pesados. *En: Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.* <http://edafologia.ugr.es>. Consultado 14/05/2012.
- Isla, R. 2004. Efectos de la salinidad de los suelos sobre los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare* L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. Salamanca, España. p.5-17.
- Kabata Pendias, A. 2000. Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC Press, Inc. Boca Raton, USA. p. 365, 413.
- La Manna, L.; V. Alonso, C. Buduba, M. Davel, C. Puentes y J. Irisarri. 2007. Contenido de materia orgánica del suelo en la Región Andino Patagónica: comparación entre métodos analíticos. *Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta y Jujuy, Argentina.*
- Lettens, S.; B. De Vos, P. Quataert, B. Van Wesemael, B. Muys and J. Van Orshoven. 2007. Variable carbon recovery of Walkley-Black analysis and implications for national soil organic carbon accounting. *European Journal of Soil Science* 58 (6): 1244-1253
- López, P.; F. A. Guzmán, E. M. Santos, F. Prieto y A. D. Román. 2005. Evaluación de la calidad física de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum* Jess) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala, México. *Revista Chilena de Nutrición* 32: 247-253.
- Martí, L.; J. Nicolás y M. Cavagnaro. 2002. Metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y otros. *Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIV. N° 2:43-48.*
- Norma Oficial Mexicana. 2000. NOM-021-RECNAT-2000. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. *Diario Oficial de la Federación del 14 de febrero de 2001. p. 17.*
- United States Department of Agriculture (USDA). 2000. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Traducción al Español del: "Soil Quality Test Kit Guide". Instituto de Suelos. CRN-CNIA-INTA. Argentina. p. 20-22.
- Zhao, F. J.; C. P. Rooney, H. Zhang and S. P. McGrath. 2006. Comparison of soil solution speciation and diffusive gradients in thin-films measurement as an indicator of copper bioavailability to plants. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 733-742.