

## Evaluación del sustrato de olote en la retención de humedad en el suelo para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)

RODRIGUEZ-MARTINEZ, Nellybeth\*†, LUCAS-CIRIACO, Dulce Janet, NOGUEZ-ESTRADA, Juan y SANCHEZ-HERRERA, Susana Graciela

*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Programa de Trigo. Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Puebla, Programa Educativo de Ingeniería en Procesos Alimentarios*

Recibido Mayo 08, 2016; Aceptado Junio 27, 2016

### Resumen

Las condiciones climáticas de las áreas agrícolas del estado de Hidalgo, México, son diversas. En las zonas áridas, la presencia y frecuencia de lluvias así como las características edáficas dificulta establecer un programa de manejo en cultivos. Se evaluó el efecto de la agregación del sustrato de olote sobre el desarrollo del tomate, con el propósito de identificar la dosis adecuada de sustrato y régimen de humedad óptimo para la planta. El diseño experimental fue completamente al azar en parcelas divididas. Se evaluaron dos regímenes de humedad (50% y 100%) y sustrato (50% y 70% base volumen) y el testigo. Se determinó el porcentaje de humedad a capacidad de campo. Los resultados muestran que a mayor cantidad de olote agregado el porcentaje de humedad a capacidad de campo aumenta. En los tratamientos con olote se obtienen valores menos negativos. La agregación del sustrato permite minimizar el impacto de la sequía en los cultivos.

**Olote, retención, estrés, capacidad de campo, tensión del suelo**

### Abstract

The climatic conditions of the agricultural areas of Hidalgo state, Mexico are diverse. In the arid areas, the rainy season and frequency of rainfall, as well as the soil characteristics, difficult to establish a management program in the crops. The effect of addition of the corncob substratum in the tomato development was evaluated, in order to identify the proper dosage of the corncob substrate, and the optimum moisture regime for the plant. The experimental design was completely randomized in split plot. Two regimes of humidity (50% and 100%) and corncob substrate (50% and 70% volume base) and the control were evaluated. The percentage of moisture at field capacity was determined. The results showed that if more corncob is added, the percentage of moisture at field capacity, increases. In the treatments with corncob, negative values were obtained. The aggregation of the substrate can minimize the impact of the dry ground in the crops.

**Corn cob, retention, stress, field capacity, soil moisture tension**

**Citación:** RODRIGUEZ-MARTINEZ, Nellybeth, LUCAS-CIRIACO, Dulce Janet, NOGUEZ-ESTRADA, Juan y SANCHEZ-HERRERA, Susana Graciela. Evaluación del sustrato de olote en la retención de humedad en el suelo para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-7: 25-34.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nrodriguez@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyente como primer autor.

## Introducción

Las regiones áridas y semiáridas en México conforman cerca del 52% del territorio nacional (CONAZA, 1994). De la disponibilidad del agua en el suelo depende el desempeño de un gran número de funciones en beneficio de las plantas (Salisbury y Ross, 2000), y su deficiencia puede limitar el crecimiento (Méndez *et al.*, 2007).

## Estrés Hídrico

El estrés es el conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas.

Se define la resistencia al estrés como la capacidad de un organismo para resistir, evitar y escapar a los estímulos ambientales negativos o poder permanecer bajo un estado particular de estrés sin que su fenotipo se vea modificado de manera significativa; su estado ideal se identifica al ser observado bajo condiciones óptimas y se denomina “norma” (Benavides, 2002).

La falta de agua es el estrés abiótico de mayor incidencia en el crecimiento vegetal (Gao *et al.*, 2007) y es de especial interés en los sistemas agrícolas en los que causa pérdidas económicas. La respuesta más sensible al estrés hídrico es el crecimiento celular; y es durante esta condición que las células permanecen pequeñas y las hojas tienen menor desarrollo y, en consecuencia, se reduce el área foliar fotosintéticamente activa (Parra *et al.*, 1999).

El potencial hídrico de la hoja disminuye al incrementar el estrés hídrico, por lo que hay menor crecimiento vegetativo y producción de biomasa (Ismail, 2010; May *et al.*, 2011).

Sin embargo, una reducción moderada de la humedad podría beneficiar a las plantas, pues en cultivos como tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) se mejora el rendimiento y el uso de agua es más eficiente cuando se riega con 80 % que con 100 % de la evapotranspiración potencial (González y Hernández, 2000).

Las manifestaciones fenotípicas de estrés se exteriorizan en deformaciones como el amarillamiento, manchas, necrosis, etcétera. Otras menos obvias requieren técnicas especiales para su detección, como la baja asimilación enzimática, inducción a transmisión de genes, cambios en la composición química, etcétera. Múltiples factores ambientales inducen estados de estrés en las plantas. El estrés hídrico es la principal barrera para incrementar la producción y la calidad; en conjunto con las plagas y enfermedades y la dinámica nutricional forman parte del objetivo de los sistemas de producción tecnificado (Cornejo, 2002). La caída de flores en tomate es estimulada por el estrés hídrico, aunado a otros factores como temperatura extrema (altas o bajas), falta de viento, luminosidad escasa y exceso de nitrógeno (Pilatti, 1997).

## Ajuste osmótico

A nivel celular, otra respuesta de resistencia es el ajuste osmótico, que consiste en una disminución del potencial hídrico en los tejidos vegetales, lo cual tiene como consecuencia la entrada de agua y, por tanto, no se presenta una disminución en la turgencia o en la productividad fotosintética. El ajuste osmótico se da en las plantas a través de la biosíntesis de osmolitos orgánicos de bajo peso molecular y por la acumulación de iones, fundamentalmente K<sup>+</sup> (Cushman, 2001).

En general, las enzimas son sensibles a las altas concentraciones de iones, como el Na<sup>+</sup>. La acumulación de iones durante el ajuste osmótico ocurre principalmente en la vacuola, mientras que en el citoplasma se acumulan solutos que no afectan negativamente la funcionalidad de macromoléculas celulares (Buchanan et al., 2000).

Una respuesta molecular de las plantas al estrés, y quizá una de las más importantes, es la modificación de la expresión de genes. Igualmente, se ha visto que muchos genes que no se expresan en condiciones de irrigación óptima pueden empezar a hacerlo bajo déficit hídrico. Como parte de esta respuesta molecular de las plantas al déficit hídrico se ha determinado la acumulación de proteínas nuevas utilizando electroforesis uni y bidimensional (Bray, 1993). Otro grupo de proteínas que se sobre-expresan durante el estrés hídrico son las enzimas antioxidantes que, junto con compuestos no proteicos, detoxifican a las plantas de los radicales libres. Estos radicales como el superóxido y el peróxido de hidrógeno se generan debido a un aumento en la tasa de fotorreducción del O<sub>2</sub> en los cloroplastos (Robinson y Bunce, 2000).

### Capacidad de Campo

La capacidad de campo es el contenido de agua que requiere un suelo después de ser saturado con agua (Lambers *et al.*, 1998). El agua capilar se encuentra en los tubos capilares del suelo, se distingue de la absorbible que se encuentra en los tubos capilares de 0.2 – 8 micras y la no absorbible, que se encuentra en los tubos capilares menores a 0.2 micras. El agua higroscópica se presenta como una fina película alrededor de las partículas del suelo, probablemente de solo tres capas de moléculas de agua de espesor, no está sometida a movimiento y no es asimilable para las plantas (Dorransoro, 2005).

Al desecarse el suelo, la retención de agua a capacidad de campo y al punto de marchitez permanente disminuye en forma irreversible hasta un 50% (Meza, 1996).

La disminución del contenido de humedad del suelo repercute en la cantidad de agua disponible para la planta, afectando directamente la transpiración. Con contenidos de humedad cercanos a la capacidad de campo, los estomas se mantendrán abiertos y la planta transpirará a su potencial, mientras que en las proximidades del punto de marchitez permanente los estomas se cierran y la transpiración se inhibe con el fin de evitar la pérdida de turgencia.

A medida que el potencial hídrico de la hoja disminuye debido a baja disponibilidad de agua, los estomas se cierran. Este efecto es el más dominante de todos los factores debido a su valor protector durante la sequía, prevaleciendo incluso sobre niveles intracelulares bajos de CO<sub>2</sub> y sobre la luz intensa. Los niveles de absorción de agua desde el suelo y la transpiración usualmente no son iguales en la planta.

Cuando la transpiración es más lenta que la absorción, el exceso es almacenado en el tejido. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de agua en las plantas es muy limitada por lo que disminuye el gradiente de potencial entre la planta y el suelo, disminuyendo también la absorción.

Por el contrario, cuando la transpiración es mayor que la absorción, el déficit es cubierto por el agua del tejido, originando una disminución del potencial hídrico de la hoja y el posterior cierre estomático (Hsiao, 1973).

### Sustrato de olote

Es importante señalar que el término residuo hace alusión a aquellas materias originadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado, en el contexto en que se producen, ningún valor económico; ello puede deberse tanto a la falta de tecnología adecuada para su transformación y aprovechamiento, así como a la existencia de un limitado mercado para los productos recuperados (Costa *et al.*, 1991).

El olote es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote (CIMMYT, 1995). Datos recientes sobre la producción mundial de maíz en el 2010 (844 millones de toneladas) puede estimarse que se generan alrededor de 144 millones de toneladas de olote por año (FAOSTAT, 2012).

El olote del maíz (*Zea mays*) se encuentra entre las fuentes de recursos no maderables con un alto contenido de xilanas, por lo que ha sido considerado de interés como fuente alternativa de diferentes compuestos químicos de interés comercial o industrial, entre otras fuentes de biomasa (Córdoba *et al.*, 2010, Samanta *et al.*, 2012, Oliveira *et al.*, 2010).

En este sentido, el uso o aplicación química del olote ha estado muy restringido debido a la dificultad que existe para acceder a sus componentes (carácter recalcitrante) e incompleta caracterización química, así como la valoración de sus principales productos (lignina, celulosa y hemicelulosas). Córdoba *et al.*, en 2013 encontraron cenizas extraíbles, lignina, lignina estructural, holocelulosa, hemicelulosas, y  $\alpha$ -Celulosa.

Córdoba y colaboradores en 2010, encontraron holocelulosa, lignina total, extractivos y cenizas en aproximadamente el 100% del olote, así mismo, el contenido de cenizas y extraíbles totales coinciden con algunos otros autores, no así, el contenido de celulosa, lo cual obedece probablemente a la retención de trazas de lignina y hemicelulosas, debido a que no se practicó una corrección al respecto.

La composición de azúcares en el producto de la hidrólisis ácida de holocelulosa analizado mediante HPLC arrojó contenidos de glucosa (41%), xilosa (35%) y en menor proporción arabinosa. Es de destacar que en este análisis apareció celobiosa (5%), lo cual indica que la hidrólisis no fue completa. Estos resultados confirman que el olote es un material lignocelulósico con un alto contenido de hemicelulosas, particularmente xilosa (Samanta *et al.*, 2012).

Estos aspectos han limitado su utilización y conducido a la quema del olote como recurso o al esparcimiento de sus residuos a la intemperie, generando un problema de contaminación ambiental.

Entre los usos del olote que han sido reportados en la literatura se encuentran la aplicación como forraje para rumiantes, soporte para disminuir la erosión en la tierra y también como sustratos para la producción de la enzima xilanasas (Knob and Cano-Carmona, 2010). Sin embargo, hay pocos reportes en la literatura sobre su potencial para la obtención de compuestos orgánicos (Córdoba *et al.*, 2010, Radlein *et al.*, 1997) u otros productos de uso industrial.

Molidos o enteros los olotes de maíz son usados como cobertura de rosas en invernadero.

Ellos proveen la evaporación rápida de la humedad de la superficie y mantienen temperaturas más uniformes y protegen de la dispersión producida por el agua de riego. Conforme se descomponen liberan grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmosfera del invernadero. Este enriquecimiento de dióxido de carbono es el beneficio más importante derivado del uso de olotes y otros materiales orgánicos de rápida descomposición en invernadero.

Los olotes raramente se usan como fuente de materia orgánica para medios de cultivo. En la producción de rosas, los olotes semidescompuestos de la cobertura pueden ser mezclados con el sustrato después de la remoción de las plantas viejas.

El tamaño de partícula disponible generalmente puede ser demasiado grueso para la mayoría de los cultivos. Contiene 6 a 7 % de azúcar lo que da un incremento muy rápido en la actividad microbiana después que son aplicadas en la superficie como cobertura o incorporadas en el medio de crecimiento.

La incorporación de olotes produce una reducción en la concentración de nitrato en el medio, por lo que es necesaria la aplicación complementaria para prever una deficiencia en los cultivos en crecimiento. (Organismo Internacional Regional de sanidad Agropecuaria – OIRSA, 2002).

### **Sustratos en la retención de humedad del suelo**

La retención de humedad por el sustrato, en cantidades adecuadas y en forma homogénea, determina la posibilidad a la planta, de utilizar el agua como vehículo para sus funciones metabólicas.

La retención es función de la granulometría del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen. Para escoger adecuadamente los materiales disponibles es muy útil conocer la capacidad de humedad a saturación y la retención a capacidad de campo, es decir, la cantidad total de agua que el sustrato puede contener y la cantidad que retiene después de que el líquido ha sido ya eliminado por gravedad a tensión cero.

Es de suma importancia porque indica en qué medida el material mantiene la humedad alrededor de las raíces y hasta qué punto permite que circule el aire. Cuando el sustrato es demasiado fino, o cuando el recipiente no tiene los orificios o la forma que permita un drenaje adecuado sucede que los espacios vacíos del sustrato se llenan de agua, desalojando el aire e impidiendo entonces la adecuada oxigenación de las raíces.

Al poco tiempo, las raíces se vuelven de un color café y después se van muriendo. Cuando un sustrato contiene materia orgánica como cascarilla de arroz, viruta o aserrín, son más graves las consecuencias de la inundación, ya que dichos sustratos se descomponen, consumiendo el oxígeno necesario para la respiración de las raíces.

Un sustrato nunca deberá permanecer inundado permanentemente. Una importante condición para el éxito en los cultivos hidropónicos es la respiración suficiente de las raíces. Algunas plantas requieren altas presiones parciales de oxígeno en el ambiente radicular como las orquídeas y los anturios, otras requieren menores tensiones como las Rosas y los Claveles, en consecuencia el tipo de sustrato y en especial su granulometría son de fundamental importancia. Las raíces respiran el Oxígeno contenido en los poros del sustrato. Un adecuado drenaje garantiza la respiración de las raíces. (Calderon F., Cevallos F., 2001)

### Tensión del suelo

Tal como lo describe el manual del usuario Irrometer®, un tensiómetro es un dispositivo que trata de actuar como una verdadera raíz y nos facilita la labor de decidir cuándo regar. El aparato consta de un depósito que se llena de agua, una cápsula porosa de cerámica y un vacuómetro para medir la presión. Su funcionamiento se basa en que conforme se va secando el suelo debido a la evaporación y a la absorción de agua por parte de las plantas, dicho suelo más agua extrae del tensiómetro a través de la cápsula porosa.

Esta extracción de agua crea una presión negativa en el depósito, valor que es registrado por un vacuómetro. De esta manera, cuanto más seco esté el suelo mayor presión de succión ejercerá sobre el dispositivo, y mayores valores de presión marcarán el vacuómetro. Cuando llueve o se riega ocurre el proceso contrario, el agua penetra a través de la cápsula al interior del depósito, reduciéndose la tensión hasta llegar a su valor inicial, cero, en caso de quedar el suelo saturado de agua.

### Metodología a desarrollar

El experimento se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (20° 11' N; 99° 10' W) bajo un diseño completamente al azar en parcelas divididas de 2.7 m de largo por 1.20 m de ancho y una profundidad de 0.15m. Se extrajo el suelo agrícola y se sustituyó en base a volumen por olote previamente secado y molido con un tamaño de partícula de aproximadamente 1 cm.

En cada unidad experimental se colocó un tensiómetro marca Irrometer® para contabilizar la tensión en el suelo, estableciendo los siguientes tratamientos:

Tratamiento uno: 50% de suelo agrícola, 50% de olote molido y 100 % de agua (T1 50-50-100).

Tratamiento dos: 50% de suelo agrícola, 50% de olote molido y 50% de agua (T2 50-50-50).

Tratamiento tres: 70% tierra agrícola, 30% olote molido y 100% de agua (T3 70-30-100).

Tratamiento cuatro: 70% de1 suelo agrícola, 30% de olote molido y 50% de agua (T4 70-30-50) y el Testigo (Suelo agrícola), cada uno con 10 repeticiones.

Las lecturas de la tensión se llevaron a cabo diariamente una vez estabilizados, bajo el criterio de riego establecido en el manual de uso y a 40 Centibares como rango usual para la mayoría de los suelos.

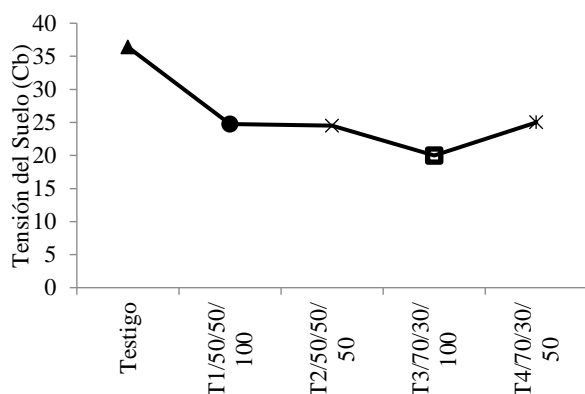
En los tratamientos sometidos a capacidad de campo (TCC, T1 50 – 50 CC y T2 70 – 30 CC), semanalmente se determinó humedad por gravimetría usando el método AS-05 establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-021- RECNAT-2000, así mismo se determinó el porcentaje de humedad in situ (TIN, T1 50 – 50 IN y T2 70 – 30 IN) para comparar condiciones de campo.

En cada unidad experimental se trasplantaron plántulas de tomate, variedad CID con una densidad de población de 10,375 plantas por hectárea.

Semanalmente se evaluaron variables agronómicas en la planta; Diámetro de tallo, área foliar, número de racimos, número de frutos por racimo y rendimiento por tratamiento.

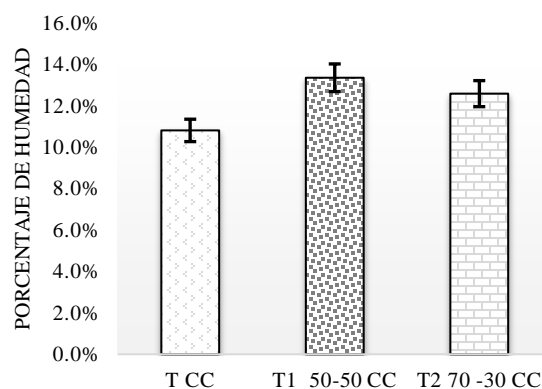
## Resultados

Una vez estabilizados los tensiómetros, se realizó la lectura diaria de la tensión arrojando los resultados plasmados en la Figura 1, cuya lecturas muestran que en los tratamiento adicionados con 50% de olote y 50% de suelo agrícola y un régimen de humedad del 100% y el tratamiento de 50% de suelo agrícola y el 50% de sustrato de olote sometido al 50% de agua suministrada registraron lecturas similares entre tratamientos (24.75 Cb y 24.5 Cb,) pero superando con un 67% y 67.3% respectivamente, con relación al testigo (36.4 Cb). El comportamiento en el tratamiento al cual se les adiciono el 50% de olote y 50% de suelo agrícola sometidos al 100% de agua con respecto al testigo, fue el que registro la tensión menos negativa con 20 Cb, lo que indica que prácticamente no sufrió estrés hídrico, sin embargo se observó que con la incidencia de lluvias las plantas presentaron moho blanco por exceso de humedad. A diferencia del T4 70-30-100 cuyo valor de la tensión incremento en un 68.68% respecto al testigo, indica que la agregación de sustrato de olote sirvió para minimizar el estrés en la planta de tomate ya que al reducir la cantidad de agua la tensión incremento.



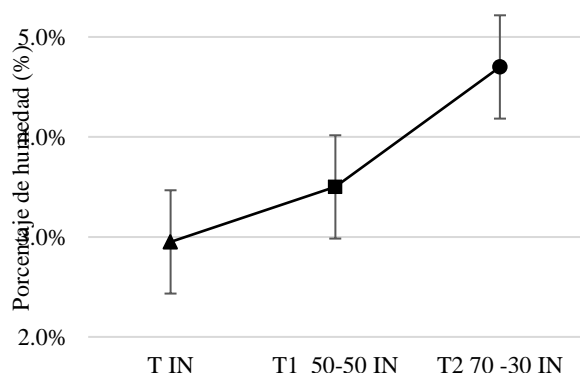
**Gráfico 1** Tensión de humedad en el suelo en cada tratamiento adicionado con sustrato de olote

Los valores obtenidos de la medición del porcentaje gravimétrico de humedad a capacidad de campo, muestran que en los tratamientos adicionados con olote y sometidos al punto de saturación de agua incrementaron el líquido retenido en el suelo mezclado, cuyos valores arrojan que por cada 100 gramos de suelo la mezcla retendrá 12.3 gramos de agua, esto para el caso del tratamiento suministrado con 50% de suelo agrícola y 50% de sustrato de olote quien registro el valor más alto con respecto al testigo. El tratamiento 2, adicionado con 70% de suelo agrícola y 30% de sustrato sometido a capacidad de campo, retendrá hasta 11.64 gramos de agua por cada 100 gramos de suelo (Ver Gráfico 2)



**Gráfico 2** Porcentaje de humedad a Capacidad de Campo obtenido de los tratamientos adicionados con olote

En relación al contenido de humedad gravimétrico tomado antes de alcanzar la tensión para otorgar el riego (40 Cb), se obtuvo que el tratamiento con mayor porcentaje de humedad fue el T2 70 – 30 IN (70% suelo agrícola, 30% residuo de olote) cuyo valor arroja que por cada 100 gramos de suelo, el sustrato retiene 4.7 gramos de agua, así mismo pero en menor proporción el tratamiento 1, incrementa su retención de humedad en un 120.68% con respecto al testigo (Ver. Gráfico 3).



**Gráfico 3** Contenido de Humedad gravimétrico in situ, en tratamientos dosificados con sustrato de olote

## Conclusiones

La mezcla de 50% de suelo agrícola y 50% de residuo de olote favoreció el porcentaje de humedad a capacidad de campo en el suelo. La dosis que permite retener mayor cantidad de agua en el suelo en condiciones in situ antes del riego es la que corresponde a una agregación de 70% de suelo agrícola y 30% de olote.

El registro de lecturas de menor tensión en el suelo correspondió al tratamiento de 70% suelo agrícola, 30% residuo de olote y 100% de humedad, esto aparentemente por formar una mezcla porosa que permite la evaporación de agua de manera más acelerada.

El sustrato de olote representa una alternativa viable en zonas áridas donde la precipitación es de poca cantidad y frecuencia

## Referencias

Benavides, M.A. *Ecofisiología y química del estrés en plantas*”, Departamento de agricultura/UAAAN, 2002.

Bray, E.A. 1993. Molecular responses to water deficit. *Plant Physiol.* 103, 1035-1040.

Buchanan, B.B., W. Gruissem y R.L. Jones. 2000. *Biochemistry and molecular biology of plant*

Calderón F. Ceballos F, 2001. Los sustratos, Bogotá D.C. Colombia. *Rev. Nov.* 10/2002.

CIMMYT (1995). *Manejo de los ensayos e informes de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz*, México DF, ISBN: 970-648-045-5, 20 p.

CONAZA: *Plan de acción para combatir la desertificación en México*, Sedesol-FAO, 1a. Ed., 1994, p. 110.

Cornejo, O.E.: “Factores ambientales que originan el estrés. *Ecofisiología y química del estrés en plantas*”, Departamento de agricultura/UAAAN, 2002.

Costa, F., García C., Hernández T. & Polo A. (1991). *Residuos orgánicos urbanos, manejo y utilización*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada de Segura. Murcia - España, 181 p.

Córdoba, A., Delgado, F. & Toriz, G. (2010). *Generación de compuestos orgánicos en el olote, mediante la oxidación en húmedo*. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 29, 186 -200

Córdoba et al, 2013. *Caracterización y Valoración Química del Olote: Degradación Hidrotérmica Bajo Condiciones Subcríticas*. Departamento de Botánica, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de Guadalajara México, *Revista Latinoamericana Química*, 41/3(2013).



Cushman, J.C. 2001. Osmoregulation in plants: implications for agriculture. *Amer. Zool.* 41, 758-769.

Donorroso Carlos, 2005, introducción a la edafología (En Línea) Universidad de Granada, <http://edafologia.ugr.es/index.htm>, consultada el 01 de Octubre de 2016

FAOSTAT. (2012). Producción mundial de maíz.

Available:<http://http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.

Gao JP, DYChao, HXLin (2007) Understanding abiotic stress tolerance mechanisms: recent studies on stress response in rice. *J. Integrative Plant Biol.* 49:742-750.

González M A, B A Hernández L (2000) Estimación de las necesidades hídricas del Tomate. *TERRA Latinoam.* 18:45-50.

Hsiao TC (1973) Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:519-570.

Ismail S M (2010) Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annum* L.). *Meteor. Environ. Arid Land Agric. Sci.* 21:29-43.

Knob, A. & Cano-Carmona, E. (2010). Purification and characterization of two extracellular xylanases from *Penicillium sclerotiorum*: A novel acidophilic xylanase. *Appl Biochem Biotechnol*, 162, 429-443.

Lambers, H., F.S. Chapin III and T.L. Pons. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer-Verlag, Berlin, 540 p.

May L C, A Pérez G, E Ruiz S, A E Ic C, A García R (2011) Efecto de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de *Capsicum chinense* Jacq. y su relación con el desarrollo de *Bemisia tabaci* Genn. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14:1039-1045.

Méndez N J R, L Lara, J A Gil M (2007) Efecto del riego por goteo en el crecimiento inicial de tres cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). *Idesia* 25:7-15.

Meza, P.E. 1996. Estudio comparativo de las propiedades físicas e hídricas entre los Andosoles de cultivo y bosque del Cofre de Perote, estado de Veracruz, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 191 p.

Oliveira, E. E., Silva, A. E., Nagashima, T. J., Salgado, G. M. C., Aguiar, I. M., Rodríguez, M. H., Batista, A. I., Bayer, M. P., Ricardo, M. P. S. N., Gomes, o. A. & Tabosa, E. E. S. (2010). Xylan from corn cobs, a promising polymer for drug delivery: production and characterization. *Bioresource Technolo.*, 101, 5402–5406.

Organismo Internacional Regional de sanidad Agropecuaria – OIRSA, 2002. Producción de sustratos para viveros. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no tradicional VINIFEX. Costa Rica.

Parra Q R A, J L Rodríguez O, V A González H (1999) Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. *TERRA Latinoam.* 17:125-130.

Pilatti, R.A. 1997. Cultivos bajo invernadero Tomate, Pimiento, Frutilla y Apio. Centro de publicaciones Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.

Radlein, A. G., Piskorz, J. K. & Majerski, P. A. (1997). Method of producing slow release nitrogenous organic fertilizer from biomass. Ontario, Canada patent application No. 5,676.727.

Robinson, M. y J.A. Bunce. 2000. Influence of drought-induced water stress on soybean and spinach leaf ascorbate dehydroascorbate level and redox status. *Int. J. Plant Sci.* 161, 271-279.

Samanta, A. K., Senania, S., Kolte, A. P., Sridhara, M., Sampatha, K. T., Jayapala, N. & Devia, A. (2012). Production and in vitro evaluation of xylooligosaccharides generated from corn cobs. *Food Bioprod. Process.*, 90, 466–474.

Salisbury F B, C W Ross (2000) *Fisiología de las Plantas*. Ed. Paraninfo Thomson Learning, Madrid. 758 p.