

UTILIZACIÓN DEL BAGAZO RESIDUAL DE LA INDUSTRIA DEL MEZCAL COMO SUSTRATO EN CULTIVO SIN SUELO DE TOMATE Y MAGUEY MEZCALERO

Gabino A. Martínez Gutiérrez, Yolanda D. Ortiz Hernández, Cirenio E. Tinoco, Luis Silva Santos, Cayetano Blanco Serrano

RESUMEN

En el mundo, el cultivo de plantas y cosechas bajo invernadero y cultivo sin suelo aumenta día con día. La tendencia de crecimiento de este moderno sistema de producción es muy clara y se dirige hacia la independencia del suelo para producir más y mejores alimentos bajo consideraciones muy serias de compatibilidad con el medio ambiente. El uso de subproductos de las agroindustrias o de los desechos de las zonas urbanas como medios de cultivo es cada vez mayor, por esta razón de del 2005 al 2007, se llevó acabo en el CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca, el desarrollo de la investigación para el uso del bagazo residual de la industria del mezcal (M) como sustrato en cultivo sin suelo de hortalizas y le correspondió el conocer el comportamiento agronómico de los cultivos de melón y tomate, cultivados en los subproductos: bagazo de maguey mezcalero (M), polvo de coco (C) y vermiculita (V), en forma pura y en mezclas. Todos los análisis se realizaron por triplicado y estuvieron sujetos a un análisis de la varianza y comparación de medias por la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 99 y 95 % de nivel de confianza. Los resultados obtenidos muestran que la mayor producción en melón se obtuvo utilizando el bagazo de maguey mezcalero como sustrato en forma pura y las combinaciones de 75 % de bagazo de maguey + 25 % de fibra de coco (v/v), fue la mezcla que mayor producción se obtuvo, mientras que el menor rendimiento se obtuvo al utilizar vermiculita en forma pura y la mezcla de 50 % de maguey mezcalero + 50 % de polvo de coco (v/v). Se concluye que el bagazo de maguey mezcalero puede ser utilizado como sustrato en cultivo sin suelo de hortalizas. Además el CIIDIR-IPN-OAXACA, cuenta con los prototipos para la molienda tanto del bagazo de maguey como del polvo de coco, ambos para ser industrializados y comercializados, además en estos tres años se formaron a tres alumnos de maestría en temas de sustratos para el cultivo sin suelo de hortalizas y se trabajaron con dos organizaciones de productores y como fuente financiera una Asociación Civil.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las hortalizas de mayor importancia. Esta hortaliza se le encuentra en los mercados durante todo el año; su fruto se consume tanto fresco como procesado y es una fuente rica de vitaminas. A pesar de cultivarse en 27 estados de México, solo cinco concentran en promedio el 74.2 % de la producción, destacándose Sinaloa como el principal productor, seguido de Baja California, San Luis Potosí, Jalisco y Nayarit. Es uno de los cultivos de mayor valor económico e importancia social por la cantidad de mano de obra que demanda. Se cuenta con cultivares altamente rendidores, por lo que es la especie que mas se cultiva en campo, invernadero y en sistemas hidropónicos en el mundo. (SAGARPA, 2002)

Durante las últimas décadas, la producción agrícola en México ha mostrado un crecimiento reducido, tanto en cantidad como en calidad. Esto se debe a varios factores, entre los cuales se puede mencionar que una gran parte de su territorio presenta limitaciones para incorporarse a la producción agrícola, ya que en su mayoría es demasiado montañoso o posee suelos muy delgados. En los trópicos los suelos presentan problemas de acidez, mientras que en las zonas áridas de regadío, presentan problemas de salinidad. El 80 % de la superficie de cultivo es de temporal, que

generalmente es errático e insuficiente, lo que ocasiona que la obtención de cosechas sea difícil y con rendimientos muy bajos.

El uso de invernaderos conjuntamente con los sistemas de cultivos sin suelo y la fertirrigación permiten reducir al mínimo las restricciones de clima, agua y nutrientes, logrando un eficiente control de plagas, enfermedades y maleza. Por ello, es importante la búsqueda de arquetipos que, en altas densidades de población, tengan gran potencial de rendimiento por unidad de superficie en ese ambiente no restrictivo. Debido a la fuerte inversión que requiere la instalación y operación de éstos sistemas modernos, la rentabilidad económica se restringe a cultivos de alto valor en el mercado, teniendo como requisito un manejo eficiente del espacio y tiempo para lograr una alta productividad. (Sánchez, 2001)

México es el centro de origen y evolución del maguey (*Agave spp*), planta que ha sido utilizada desde los primeros pobladores hasta la actualidad, para satisfacer y complementar una serie de necesidades básicas: bebidas, alimento, forraje medicamentos (Granados, 1999; Quiroz, 2003). Oaxaca y Jalisco son los estados mexicanos mundialmente conocidos por su producción de mezcal y tequila, respectivamente. Actualmente en Oaxaca existe una zona reconocida como “Región del Mezcal”, donde se cultivan alrededor de 11,756 hectáreas de maguey mezcalero, localizándose mayoritariamente en los Valles Centrales y en la Sierra Sur, abarcando aproximadamente 59 municipios y 152 comunidades (Arredondo *et al.*, 2003). En esta superficie el ICAPET en 1999, estimó la existencia de 11´329,553 plantas cultivadas de maguey mezcalero, como materia prima para la producción de 3´433, 768 L de mezcal. Cantidad que a la fecha ha ido en aumento.

II. JUSTIFICACIÓN

La industria mezcalera de Oaxaca produce anualmente como bagazo o desecho 4 807 275 toneladas (Silva *et al.*, 2003), producto que no se le ha encontrado algún uso, siendo vertido en ríos y arroyos y utilizado como combustible en hornos de ladrillos, ocasionado con esto un grave problema medioambiental. A pesar de la gran cantidad de bagazo producido por año en el estado de Oaxaca, actualmente no se tienen estudios de la utilización de este material como sustrato en cultivo sin suelo.

Sin embargo, por sus características físicas y químicas, además de su disponibilidad anual y abundancia, tiene amplias posibilidades de ser utilizado como sustrato orgánico alternativo o complementario a los existentes para la propagación de plantas ornamentales o forestales, así como para la producción de cultivos hortícolas sin suelo, similar a lo mostrado por el residuo de la fibra de coco, quien actualmente posee una alta demanda en el mercado mundial de los sustratos.

III. OBJETIVOS GENERAL

- v Estudiar las características y propiedades del bagazo residual de la industria del mezcal; un material orgánico y autóctono de Oaxaca, como sustrato alternativo para la el cultivo sin suelo de hortalizas bajo ambiente controlado.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- v Evaluar agronómicamente el bagazo residual de la industria del mezcal como sustrato en el cultivo sin suelo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero, en comparación a la fibra de coco.
- v Evaluar agronómicamente el bagazo residual de la industria del mezcal como sustrato en el cultivo sin suelo del maguey mezcalero.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

Situación agrícola en el Estado de Oaxaca.

En el estado de Oaxaca la agricultura está limitada por una serie de factores naturales, económicos, sociales y políticos, los cuales interactúan conjuntamente. Su accidentada topografía ha sido obstáculo para que se aumente la superficie agrícola, que aunado al constante crecimiento demográfico de la población, ha venido agudizando el minifundio, originando como consecuencias; subocupación o desocupación de los campesinos más pobres, marginación, deterioro ecológico y emigración.

La región de los Valles Centrales no es ajena a esta problemática; además, se caracteriza por la escasez de agua de lluvia, carencia cada vez mayor de suelos con potencial agrícola, debido al alto grado de erosión que sufren y lo errático del clima. Esto repercute en baja producción y productividad de los cultivos tradicionalmente sembrados, así como de las especies hortícolas; la producción de estas últimas no satisfacen la alta demanda del mercado regional, teniéndose que importar del centro y norte del país, como es el caso del jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) (López, 1999)

Ante esta problemática, se considera importante el desarrollo, adaptación, validación y generación de tecnologías adecuadas, las cuales deben presentar ciertas características; ser apropiadas para predios pequeños, permitir una producción rentable aún cuando el clima sea desfavorable, además que se pueda llevar a cabo bajo condiciones limitantes para agricultura convencional y donde no se cuente con agua suficiente para el riego comúnmente utilizado; además, que sea factible de llevarse a cabo por campesinos minifundistas como los existentes en la gran mayoría del estado. (López, 1999)

Una alternativa tecnológica que parece llenar estos requisitos y que ha sido probada con éxito en otras partes del mundo y en algunas localidades del país, es el sistema de producción denominado hidroponía (cultivo sin suelo), que posee como características más importantes el uso eficiente del agua, nutrientes y espacio. (López, 1999)

Como una respuesta a la concepción cara y sofisticada de la hidroponía, se hace necesario adaptar, diseñar y/o evaluar modalidades de este sistema de producción sin que pierda sus virtudes técnicas, utilizando materiales regionales de bajo costo y accesible a los habitantes del medio rural. (López, 1999).

4.1. El cultivo de tomate en el estado de Oaxaca.

Hasta mayo del 2005, en el ciclo O. I. 2004-2005, se habían cosechado 442 hectáreas obteniendo una producción de 7,080 toneladas con un rendimiento de 16 toneladas por hectárea (AGROPRODUCE, 2007). En el estado se produce el 97% en superficies a cielo abierto con una muy baja tecnificación de los sistemas.

Los problemas que recaen en este cultivo en el Estado de Oaxaca son el cambio climático, sequías recurrentes, abatimiento de los mantos freáticos, pérdida de humedad relativa, temperaturas extremas, incremento en la radiación solar. Todo esto, aunado al estrés constante en el cultivo genera vulnerabilidad ante el ataque de plagas y enfermedades.

Así mismo, en la mayoría de la regiones del Estado se han construido invernaderos en los últimos años a través de diferentes instituciones, sin embargo lo que sigue siendo un punto importante es la capacitación para el manejo de los mismos, ya que en la mayoría de los casos no operan a su máxima eficiencia; para lo cual se necesitan cursos con técnicas experimentadas que le den seguimiento a las siembras durante todo el proceso; así mismo la orientación sobre la comercialización de su producto.

Todo esto se refleja en la poca productividad que tiene el cultivo en este Estado (tabla 1), donde los rendimientos son bajos y las superficies sembradas no siempre son cosechadas con éxito.

Tabla 1. Avance de siembras y cosechas de tomate rojo en el estado de Oaxaca al 31 de marzo del 2007.

Primavera - Verano				
REGIÓN	Superficie sembrada (Has)	Superficie cosechada (Has)	Producción obtenida (Ton)	Rendimiento obtenido (Ton/ha)
Cañada	40	40	842.1	21.05
Mixteca	44	44	764	17.36
Istmo	66	34	408	12.00
V. Centrales	33	32.5	684.5	21.06
Total	183	150.5	2698.6	71.47
Otoño - Invierno				
Cañada	23	21	386.5	18.40
Costa	12	4	32	8.00
Mixteca	82	67.5	1275.9	18.90
Istmo	87	24	234	9.75
V. Centrales	201.6	59.1	1285.4	21.76
Total	412.1	175.6	3213.8	76.81

Fuente: AGROPRODUCE, No 17. Año 2.

4.2 Sustratos.

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo *in situ*, ya sea natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical desempeñando en

papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta. (Abad y Noguera, 2000)

Durante estos últimos años, se tiene un espectacular desarrollo en las técnicas de cultivo de plantas en maceta y contenedor. El medio de cultivo ha ido evolucionando desde los primeros sustratos basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas, proporción mayoritaria de componentes orgánicos tipo turba, corteza de pino y similares. Paralelamente a la evolución de las técnicas y medios de cultivo, se ha experimentado una importante ampliación del campo de aplicaciones de los sustratos: planta ornamental y arbustiva, jardinería, campos deportivos, etc. El consiguiente aumento de la demanda se ha producido en un clima de creciente sensibilidad hacia el agotamiento de los recursos no renovables y las consecuencias del deterioro del medio ambiental. Todo ello ha favorecido el aprovechamiento de materiales muy diversos, que hasta fechas recientes eran considerados como residuos no deseables o subproductos de escaso valor como corteza de árbol, paja de cereales, etc. (Ansorena, 1994)

El estudio de los sustratos no ha terminado; no es posible decir que los materiales actualmente mas difundidos por razón de sus propiedades y de su buen respaldo comercial, están consolidados. Es necesario continuar buscando materiales que reúnan características adecuadas para las diversas aplicaciones hortícolas, buen precio y, algo importantísimo en el momento presente, que contribuya a evitar la continua agresión del hombre sobre el medio ambiente. El aprovechamiento de materiales disponibles localmente a precios interesantes, no debería descartarse por los grupos de investigadores ni por los horticultores. Tanto los materiales naturales como los residuales deben ser estudiados, caracterizados y ensayados como alternativas potenciales a otros sustratos de alto precio actualmente en uso. No debe olvidarse que cualquier sustrato que cumpla con unas características aptas para el cultivo, puede ser interesante, siempre y cuando se sepa manejar con buen conocimiento técnico, en relación con el cultivo, el clima y la calidad del agua y las técnicas de cultivo. (Florián, 1997)

4.2.1 Sustratos orgánicos

Los sustratos orgánicos son materiales que tienen elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible, suficiente suministro de agua, tienen baja densidad aparente, elevada porosidad total y estructura estable, que impide la contracción (o hinchazón) del sustrato y que a su vez pueden proceder de los rubros industriales, agrícolas o agroindustriales. Ejemplos de ellos son la turba, el aserrín, el bagazo del maguey, la cascarilla de arroz, la cascarilla de café, la fibra de coco o la corteza de pino, que requieren la adición de fertilizantes sólidos, y algunas veces materiales limosos, antes de la plantación.

Estos pueden ser clasificados como sustratos en cultivos sin suelo pero no como hidropónicos (Urrestarazu, 2004). A continuación se hace mención de algunos de ellos:

4.2.1.1. Aserrín

Es un sustrato muy barato y abundante en México, sobretodo el de pino. Su capacidad de retención de agua así como su espacio poroso se pueden hacer variar de acuerdo al tamaño de sus partículas o mezclando el aserrín con viruta. (Sánchez y Escalante, 1989)

Se trata de un material obtenido de aserrío de la madera en la industria forestal, un aserrín moderadamente fino o mezclado con una buena proporción de virutas planas, suele ser el más adecuado, a causa de que la humedad, se difunde lateralmente mejor que con el aserrín grueso (Resh, 2001).

Se ha demostrado que el jitomate prospera bien en un medio hidropónico compuesto completamente de aserrín, siempre y cuando se proporcionen las cantidades de nutrientes necesarios para su desarrollo. (López, 1999)

Sin embargo, no todas las maderas pueden ser utilizadas como sustratos en el cultivo sin suelo, ya que Ortega *et al.* (1996) utilizaron aserrín, y pedazos pequeños de madera del roble o alcornoque (*Quercus suber* L.) como sustrato hidropónico en tomate y otras hortalizas, demostrando que este sustrato contenía sustancias fenólicas fitotóxicas para el tomate y la lechuga, de este modo, quedando descartado este sustrato en el cultivo de ambos cultivos.

Aunque existen otros tipos de aserrín, como el de un árbol japonés llamado hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), el cual fue utilizado por Yu y Kamada (1999) como sustrato en tomate, y se encontró que este aserrín contenía sustancias que causaban inhibición de enfermedades como *Fusarium* y *Pseudomonas* en la raíz del cultivo.

4.2.1.2. Turba

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica¹.

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y altos contenidos en sales solubles. Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero son variables en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La propiedad física más negativa de las turbas es su bajo poder de mojabilidad (17 minutos). Esto ocasiona que cuando se seca excesivamente es muy difícil su rehúmedación. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico, estimada en torno a 100 meq L⁻¹ (Búres, 1999), interfiere en la nutrición vegetal. Además, presenta un pH que oscila entre 3,5 y 8,5. A pesar de estos valores, es ampliamente utilizada en la producción de especies ornamentales y de plántulas hortícolas en semilleros. Lo anterior, mostraron las características generales de un material típico muy utilizado sin embargo hay que tener en consideración que existe una importante variación dentro de la familia de las turbas puesto que hay una diferencia tanto en comparación con las turbas negra o las herbáceas negras, así como incluso entre diferentes turbas rubias en función de su procedencia geográfica.

¹

Entre los mayores inconvenientes de las turbas, se encuentra el del impacto ambiental que su extracción ejerce sobre la biosfera. Mientras que entre las ventajas a destacar son sus excelentes propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas (Abad y Noguera, 2000).

4.2.1.3. Fibra de coco

El bonote de coco es un material de deshecho de la industria coprera en todo el mundo, por lo que el polvo de bonote viene siendo un subproducto, que se acumula la mayoría de las veces en grandes cantidades fuera de las instalaciones copreras. (González, 2005)

La apariencia de este material es similar a la turba y está compuesta básicamente por lignina y celulosa proveniente del mesocarpio del fruto del cocotero. Según los anuarios de producción de la FAO entre los años 1980 y 1996 la producción mundial de coco fue de 35, 442 hasta las 44,723 miles de toneladas de coco (excluyendo el mesocarpio), el cual permite el suministro de la propia fibra y polvo de coco que es un producto residual de la parte aprovechable del fruto.

Las ventajas de la fibra de coco se han enumerado por diversos autores, por ejemplo Meerow (1994) las enuncia como:

- 1) Alta capacidad de retención de agua, igual o superior a la turba
- 2) excelente capacidad de drenaje
- 3) Ausencia de semillas y patógenos
- 4) Más resistente físicamente que la turba
- 5) Se trata de un recurso renovable, sin consecuencias medioambientales en su uso
- 6) Descomposición más lenta que la turba
- 7) Niveles aceptables de Ph, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y conductividad eléctrica (CE)
- 8) Mayor mojabilidad que la turba

Estas propiedades son similares a los citados por otros autores; Noguera *et al.* (2000) indica que la fibra de coco tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6,3-6,5) y una densidad aparente de 200 kg m⁻³; así mismo, su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee la cual puede ser de 3.52 dS m⁻¹. En realidad se pueden encontrar muestras de diversas procedencias donde existe una variación entre 0.39 y 6.77 dS m⁻¹.

Islam *et al.* 2002, Utilizaron bagazo de coco sin procesar, fibra de coco y cascarilla de arroz como sustratos para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), y lo compararon con lana de roca, tanto en las características físicas y químicas, como en productividad. Los resultados que obtuvieron fueron en general que estos sustratos no afectan en la respuesta de las plantas y que la productividad del tomate utilizando estos sustratos fue similar al caso de la lana de roca; la cual se considera como el sustrato con las propiedades cercanas a las ideales.

Así mismo, basándose en las características físicas y químicas de los sustratos, rendimiento del cultivo, parámetros de calidad, incidencia de plagas y enfermedades y análisis beneficio/costo, se encontró que la fibra de coco fue el mejor sustrato para el cultivo de tomate hidropónico en esta investigación en particular.

4.3. Otros sustratos orgánicos.

4.3.1. Cascarilla de arroz

Se trata de un material que pese a estar descrito su potencial uso como sustrato hortícola desde hace algunos años, de hecho hasta la actualidad no se ha mostrado su interés en utilizarlo como sustrato alternativo o simplemente como componente de sustrato hortícola mediante mezclas. Existen en la actualidad ensayos en cultivo sin suelo que esperamos que aporten experiencias sobre su manejo. Entre las características negativas más destacables es sin duda la escasa capacidad de agua fácilmente disponible, mientras que como ventaja más notable se podría destacar su escasa salinidad que presenta.

Fibra de coco, madera de pino triturada (Hortifibra), turba, corteza de pino y paja de trigo fueron comparados con lana de roca como testigo. Hubo una productividad razonable de todos los sustratos, pero las plantas cultivadas en Hortifibra se comportaron particularmente bien, en términos de rendimiento y calidad de fruto. Esta prueba mostró que el pepino puede cultivarse con éxito en todos estos sustratos, siendo los mejores aquellos que no se descomponen fácilmente (Hardgrave y Arriman, 1995)

Inden y Torres., 2004 realizaron una comparación entre lana de roca, perlita, cascarilla de arroz, corteza de ciprés y fibra de coco como sustratos para el cultivo sin suelo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. T-148). Siendo la cascarilla de arroz el sustrato que obtuvo la mayor productividad. Los frutos obtenidos con el sustrato fibra de coco obtuvieron un contenido mayor de sólidos solubles totales. Siendo bajo el número de frutos no comerciales en cascarilla de arroz y fibra de coco.

Allaire *et al.* (2004) probaron siete sustratos orgánicos en tomate, obteniendo que la turba y la corteza de pino composteada solos o mezclados dieron rendimientos similares a la lana de roca, mientras que el aserrín y la viruta de madera dieron un rendimiento menor al segundo año de producción.

Muro *et al.* (2005), realizaron una prueba con residuos de aserradero (aserrín), fibra de coco y perlita como sustratos para la producción sin suelo de tomate (cv. Jack), dejando el sustrato en cuatro ciclos sucesivos en la misma bolsa, y se obtuvo que durante los tres primeros ciclos no hubo diferencias en rendimiento entre los diferentes sustratos, mientras que en el último ciclo, el rendimiento en fibra de coco fue menor que en perlita y en el aserrín respectivamente.

Monitor y Brückner (1997) probaron con un nuevo medio de cultivo, al utilizar papel de desecho tratado mecánicamente dejándole una estructura escamosa tipo turba. Los primeros resultados arrojaron un crecimiento reducido de las plantas. Esto lo atribuyeron principalmente al alto nivel de pH y a la pobre capacidad de conducción del agua de este medio. Además, la cantidad de nitrógeno que es necesario adicionar fue difícil de predecir durante el cultivo.

Basados en esta experiencia, se hicieron nuevas pruebas pero en esta ocasión con el sustrato composteado para aumentar la inmovilización de N, bajar el nivel de pH y aumentar las propiedades de conducción de agua. Mucho mejores resultados se pudieron obtener con este material composteado; sin embargo se mantuvo una reducción del

crecimiento de la planta al inicio del cultivo. Un análisis a la planta indicó una deficiencia clara de fósforo. Una adición de fósforo al material crudo (papel) promovió fuertemente el proceso de composteo y resultó en un medio óptimo como sustituto a la turba.

4.3.2. Sustratos orgánicos en México

Torreón *et al* (2005) evaluó el desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) var. Flora-Dade, bajo condiciones de invernadero, utilizando diferentes mezclas de vermicomposta/arena. Estudiaron vermicomposta de, a) estiércol de caballo; b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (principalmente pasto y hojas). Concluyendo que las variables sólidos solubles (° Brix), número de racimos y número de frutos, en los tratamientos con las mezclas de vermicomposta/arena 25:75 y 50:50 (%) presentaron diferencias significativas; mientras que las variables diámetro de fruto, altura de planta y rendimiento no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

4.3.3. Bagazo de maguey

El bagazo de maguey no tiene ningún antecedente para su uso como sustrato en cultivos sin suelo, sin embargo como parte de las investigaciones realizadas en el CIIDIR-IPN, se tomaron los datos de las características físicas del bagazo de maguey (tabla 2), donde nos revela que los valores de densidad real y aparente, se encuentran en el nivel óptimo, esto indica que es un material ligero, de fácil transporte y manejo en los contenedores de cultivo. Los valores de los parámetros espacio poroso total, capacidad de retención de agua y porcentaje de humedad, estuvieron cercanos al nivel óptimo, pudiéndose mejorar en el cultivo a través de mayor frecuencia en la fertirrigación.

Cuadro 2. Algunas propiedades físicas de la fibra de coco, bagazo de maguey mezcalero y nivel óptimo.

Materiales	Densidad (g cm ⁻³) ¹		E.P.T (%)	C.R.A (mL agua/ litro de sustrato)	Humedad (%)
	Aparente	Real			
Fibra de coco	0.13	1.64	91.48	585.15	81.13
Bagazo de maguey	0.41	1.75	78.51	410.45	46.55
Nivel optimo ²		1.45 – 2.65	>85	461 - 584	85.9 - 87

E.P.T.; Espacio poroso total; C.R.A.; Capacidad de retención de agua

¹: Datos propios

²: Abad y Noguera (2000)

4.4. EL CULTIVO DEL JITOMATE

Clasificación taxonómica

Nombre común: Tomate

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *Esculentum*

4.4.1. Características

El tomate tiene su desarrollo óptimo con temperaturas que oscilan entre los 23 y 25° C durante el día, y entre 15 y 17° C durante la noche. Por debajo de 8° C tiene dificultades para su desarrollo y a 0° C se huela.

Posee un sistema radical amplio, constituido por una raíz principal que puede alcanzar hasta 50-60 cm de profundidad, provista de una gran cantidad de ramificaciones secundarias, reforzadas por la abundancia de raíces adventicias surgidas desde la base del tallo. Debido al gran sistema radicular que posee ha contribuido a favorecer que sea una planta ampliamente cultivada en los diferentes sistemas hidropónicos.

El tallo es el eje sobre el cual se van desarrollando las hojas, flores y frutos; su grosor oscila entre 2-4 cm y puede ser de porte determinado o indeterminado. Determinados son los tallos que cuando han emitido un número determinado de ramilletes detienen su crecimiento. Indeterminados son aquellos que nunca detienen su crecimiento.

Las hojas van surgiendo de modo alternativo sobre el tallo, son compuestas e imparipinnadas, suelen tener entre 7-9 folíolos lobulados o dentados, también están recubiertos de pelos glandulares. El fruto es una baya globosa, ésta puede tener diferente aspecto según el tipo varietal; liso, asurcado o aperado. La variedad "Patrona" que es de nuestro interés posee un fruto tipo guaje o aperado.

4.4.2. Calidad

La calidad es la combinación de atributos o características de un producto que tiene una significancia en la determinación del grado de aceptabilidad del producto al usuario, y que determina el precio. Es usado por la industria, y envuelve: grados de pureza, firmeza, sabor, color, tamaño. Madurez, resistencia al transporte y algunas otras características distintivas del producto. (Bernabé y Solís, 1999)

Los componentes de calidad lo determinan principalmente tres factores, apariencia física (color, tamaño, forma, defectos y descomposición), textura (firmeza, frescura, jugosidad y dureza) y sabor (dulzura, acidez, astringencia, amargosidad y aroma), aunque también las características nutricionales del fruto aumentan el interés del consumidor. (Hernández, 2006)

Los factores que afectan la calidad de las frutas son muchos y de gran diversidad, entre los cuales se encuentran el cultivar utilizado, temperatura, suelo, aspectos nutrimentales, riegos, podas, oportunidad de cosecha, almacenamiento, etc. (Bernabé y Solís, 1999)

La calidad del fruto depende de la época de la cosecha; el contenido de vitamina C y azúcar disminuyen cuando el jitomate se corta en la etapa verde-maduro y su maduración ocurre durante el transporte y almacenamiento; por el contrario, los frutos que maduran en la planta, presentan un mejor sabor (Villareal, 1982)

4.4.3. Calidad externa

La nutrición mineral, determina directa o indirectamente la calidad externa e interna de los productos hortofrutícolas, influyendo sobre atributos como resistencia al almacenamiento, tamaño, peso, color, firmeza, acidez, dulzor, vitaminas y sabor, entre otros. (Bernabé y Solís, 1999)

La calidad externa es una característica esencial a tener en cuenta y tan importante como la productividad del cultivar utilizado. Cualidades como uniformidad en la forma son exigidas para cada variedad en función de las exigencias del mercado al que se va a destinar el producto. (Bernabé y Solís, 1999)

4.4.4. Tamaño del fruto

El tamaño del fruto es un componente primordial del rendimiento, es un carácter fuertemente influenciado por diversos factores ambientales, como la radiación solar recibida. Otro factor de importancia es el genético, por lo que el tamaño final del fruto varía entre cultivares. (Hernández, 2006)

Así mismo el número de semillas afecta en gran medida al tamaño del fruto, debido a que el desarrollo de la semilla producida actúa como un promotor para el incremento de hormonas. (Hernández, 2006)

El tamaño y peso del fruto se encuentran determinados en su aspecto genético y estos caracteres son heredables; sin embargo, pueden modificarse por condiciones ecológicas (temperatura, agua, suelo) y las labores culturales en el cultivo (fertilización, podas, raleo de frutos, riegos, etc.) (Santos y Vargas, 2004)

4.4.5. Firmeza

La firmeza del jitomate es un atributo de calidad que se considera en la clasificación de las normas de calidad. Se sabe que el cambio en las sustancias pécticas están relacionadas al ablandamiento del fruto dentro de una variedad. Sin embargo la evaluación de la firmeza dentro de estas normas no necesariamente refleja diferencias entre variedades o cultivares debido al manejo. (Bernabé y Solís, 1999)

La firmeza del pericarpio es un componente importante para el procesamiento y el empaque de frutos frescos y es afectado de manera importante por diversos factores ambientales como nutrición y excesos de nitratos, la interacción entre la cantidad de agua y el contenido de calcio en el fruto. Las plantas que reciben fertilización con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tienden a tener frutos mas firmes que las fertilizadas con CaSO_4 . (Taylor et al, 2002)

La salinidad provoca la disminución significativa de la firmeza del fruto; por ejemplo, el exceso de nitrato de amonio altera las atribuciones físicas del fruto fresco por el estrés de sal y por las altas concentraciones de nitratos y amonio. (Flores *et al.* 2003)

La baja firmeza puede estar relacionado con un diámetro más grande del pedúnculo de los frutos, el cual puede inducir mayor respiración y pérdida de peso y firmeza (Villareal *et al.*, 2002)

4.4.6. Vida de anaquel

La vida de anaquel es una característica importante, ya que la durabilidad del producto en el mercado le da más ventajas al productor-vendedor de obtener más ingresos y la preservación total de las características del fruto durante más tiempo dará al producto un mayor precio. Esta característica disminuye con el tiempo si no se le da las condiciones adecuadas en la cosecha, empaque, transporte y almacenamiento, aunque esto también depende del genotipo o cultivar. (Vallespir, 1999)

4.4.7. Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales, es afectado principalmente por las podas y aclareos, y se incrementa durante la maduración y senescencia de los frutos, dicho incremento se debe a la conversión de almidones en azúcares. (Bernabé y Solís, 1999)

Los frutos con altas concentraciones de SST son los de mayor demanda por el consumidor. (Bernabé y Solís, 1999)

Los esfuerzos para incrementar el contenido de sólidos solubles totales (SST) no han sido exitosos debido a la relación negativa con el rendimiento de fruto. Por tal motivo la selección directa para incrementar el contenido de SST se dificulta, de tal modo que es necesario considerar a otros factores fisiológicos con influencia sobre este carácter, tales como la concentración de azúcares libres, la eficiencia en el transporte de fotoasimilados y su transformación a glucosa y fructosa, entre otros. (Nuez, 1995)

Se ha investigado el papel del contenido de SST, ácidos y azúcares en la intensidad del sabor de jitomate; la dulzura tiene alta asociación con el contenido de sólidos solubles, pH y la conversión de almidones en azúcares reductores. No obstante, estas relaciones son ambiguas ya que el perfil y contenido de estas sustancias contribuyen a que exista variación entre cultivares (Fernández *et al.*, 2004)

Generalmente los sólidos solubles totales, en la mayor parte de las variedades se sitúan entre los 4.5 y 5.5 % de ° Brix.

4.4.8. Sustratos y la calidad del fruto

Diferentes sustratos utilizados en cultivos hidropónicos puede afectar el peso del fruto y el rendimiento total, así como su composición química; al cultivarse en hidroponía pura se incrementa el rendimiento en 10%, pero el contenido de SST disminuye de 1 a 2 ° Brix; sin embargo la firmeza y el diámetro del fruto no son afectados, así la calidad del fruto de jitomate es influenciada, en gran medida, por el suministro de riegos, solución nutritiva y el sustrato utilizado. (Sen y Sevgican, 1999)

El rendimiento del cultivo de jitomate sembrado en diferentes sustratos como composta, perlita y roca volcánica es mayor con respecto al cultivo en suelo. El contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C y pH no muestran diferencias significativas. (Celikel, 1999)

4.4.9. Rendimiento en invernadero

La producción que puede obtenerse en un cultivo de invernadero oscila entre los 8 y 15 kg/m². Santiago (1998) comparando 12 genotipos de habito determinado e indeterminado en invernadero bajo las condiciones del estado de Coahuila, obtuvo un rendimiento de 5.42 kg por planta. (Bernabé y Solís, 1999)

El jitomate es la hortaliza que con mas frecuencia se cita en la bibliografía referente a los cultivos hidropónicos relajados en todo el mundo; en la mayoría de los casos se señalan mas altos rendimientos en promedio (100 a 400 toneladas por hectárea por año) y mas calidad cuando se les compara con los sistemas convencionales de cultivo en suelo (20 a 30 toneladas por hectárea por cosecha y con mucho mas riego). Esto constituye un atractivo comercial para agricultores con poca extensión de terreno, con poco agua o con serias limitantes del suelo. (Resh, 2001)

Tüzel *et al* (2001) obtuvieron un rendimiento máximo de 7.4 kg/planta a la decima semana, utilizando como sustrato una mezcla de perlita y turba (4:1, v/v). Utilizando fibra de coco como sustrato, Rincón *et al.* (2005) obtuvieron un rendimiento de 19.9 kg m⁻², presentando una densidad de 2 plantas m⁻².

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo en el año de 2007 en el Campo Experimental del Centro de Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional dependiente del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Oaxaca (CIIDIR-IPN-OAXACA), localizado entre los paralelos 15° 38' 30" de latitud norte y en los meridianos 93° 38' 30" de latitud oeste, posee una altura de 1,550 msnm, presenta un clima clasificado como C (w'') (w) b (i) g; correspondiendo al semicálido, el mas cálido de los templados, con temperatura media anual mayor a 18 °C y la del mes mas frío menor a 18 °C.

5.2. Desarrollo del experimento

El material utilizado fue bagazo de maguey mezcalero, compostado durante 4 meses en el lugar de origen, que fue en la destiladora de mezcal, Unión de Sociedades de Producción Rural Antequera Siglo XXI. S.P.R. de R.I. en Mitla, Oaxaca. Dicho sustrato se colocó bolsas negras 40 x 40 calibre 700, dentro de un invernadero tipo túnel con ventilación cenital.

La variedad de tomate empleada fue "Don Raúl" o "Patrona" de la casa comercial De Ruitter la cual se caracteriza por ser una planta de hábito indeterminado, vigorosa y de entrenudos cortos. Dicha variedad se especifica como apta para ciclos largos, siendo que en la presente investigación la planta fue productiva por un tiempo aproximadamente de 5 meses

Las plántulas se transplantaron colocando dos plantas por bolsa, en seis hileras de 85 bolsas, lo que resulta con una densidad aproximada de 4.2 plantas/ m².

5.2.1. Riego y aplicación de nutrientes

El sistema de riego fue por goteo, para ello se dispuso de tres tanques de plástico de 1100 L. La inyección del agua y los fertilizantes estuvieron controlados por un sistema automático de riego. Los fertilizantes fueron agregados a los tanques de plástico formando soluciones nutritivas, las cuales se inyectaban directamente a las plantas por medio de los goteros. Las disoluciones nutritivas de partida estuvieron basadas en las recomendaciones de Sonneveld (1980), modificada por Urrestarazu (2000).

Los caudales unitarios de los goteros eran de 3 L hora⁻¹ a una atmósfera de presión. El tipo de emisor fue el denominado autocompensante y antidrenante, directamente

insertado sobre la tubería portagotos y unido a la pinza por un microtubo de 60 cm de longitud y 3 mm de diámetro.

5.2.2. Poda

Se realizaron podas de hojas, para aumentar la iluminación y mejorar la aireación en el cultivo con el objetivo de evitar la presencia de enfermedades fungosas. Así mismo se realizó la poda de brotes o chupones para mantener una sola punta o guía y evitar la dispersión de los nutrientes hacia otras partes de la planta.

5.2.3. Control de plagas y enfermedades

Las plagas y enfermedades que incidieron en el cultivo fueron araña roja (*Tetranychus urticae*), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia argentifolii* y *Bemisia tabaci*), cenicienta (*Leveillula taurica* (*Oidiopsis simula* *Scalia*) y tizón temprano del tomate (*Alternaria solani*) las cuales se controlaron con aplicaciones de agroquímicos, siendo el intervalo de las aspersiones entre 10 y 15 días dependiendo del grado de incidencia de la plaga.

5.2.4. Cosecha

Se cosecharon frutos de color rojo y rosa, con un intervalo aproximado de cosecha de una semana. La primera fecha de toma de datos se realizó el 5 de febrero del 2007 y la última toma de datos fue el 28 de mayo del mismo año.

5.2.5. Toma de datos

Para la toma de datos se utilizaron únicamente 10 plantas por bloque, dando un total de 30 plantas.

El rendimiento se midió pesando los frutos de cada planta por corte en kg.planta^{-1} . Así mismo, el calibre de los frutos se obtuvo midiendo el diámetro ecuatorial a cada fruto y clasificándolo en 5 calibres distintos (tabla 3) basados en la clasificación propuesta por Nuez (1995) los cuales entraban en dos categorías: frutos comerciales y frutos no comerciales.

Tabla 3. Calibres con los cuales fueron evaluados los frutos de tomate y su clasificación en comerciales y no comerciales.

Calibre	Diámetro ecuatorial (mm)	Tipo de fruto
M	>67	Comercial
MM	57 – 67	Comercial
MMM	47 – 57	Comercial
P	37 -47	No comercial
<P	<37	No comercial

Por otro lado, las características de calidad (firmeza externa, interna y SST) se tomaron a un fruto por planta por colecta, tomando frutos de coloración roja. La estimación de la firmeza se realizó con un penetrometro con el cual se midió la firmeza en kg/cm^2 , así mismo, la cantidad de sólidos solubles totales fue medida con un refractómetro manual, dando los resultados en °Brix.

5.3. Análisis experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

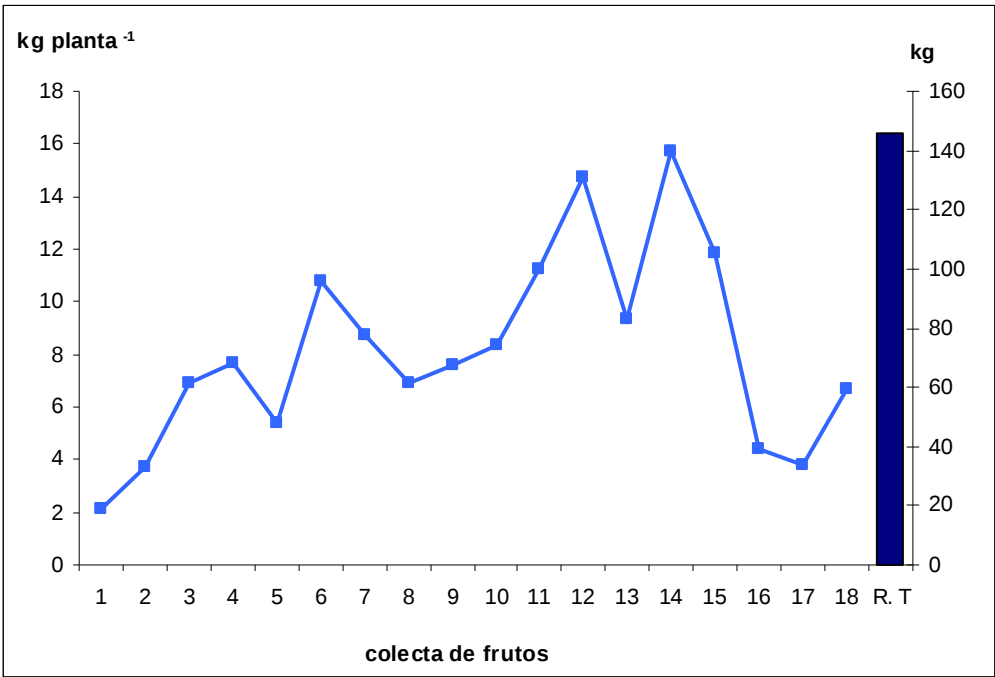
6.1. Rendimiento

El rendimiento obtenido en el sustrato de bagazo de maguey zcalero, fue de 6.01 kg.m^2 , con un rendimiento promedio por corte de $8.1 \text{ kg.planta}^{-1}$. Y un rendimiento total de las 30 plantas muestreadas de 146 kg.

La figura 1 nos muestra el rendimiento promedio por planta en las distintas colectas de fruto, donde se puede observar que dicho rendimiento fue aumentando gradualmente, con algunos altibajos debidos a algunos problemas en el sistema de riego y a las altas temperaturas presentes durante el ciclo, lo que trajo un estrés hídrico y la consecuente disminución de la polinización y del amarre de frutos.

Así mismo, se puede apreciar que a partir del corte 15, el rendimiento comenzó a disminuir rápidamente. Esta disminución se debió a que las plantas, al tener un mayor tamaño, fueron mas difíciles de maneja y hubo una mayor incidencia de plagas y enfermedades que no fueron tratadas con prontitud, principalmente Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) la cual transmitió a las plantas el Virus del mosaico del tomate (ToMV), lo que mermó notablemente el rendimiento, sin embargo, también puede deberse al avejentamiento de la misma planta.

Figura 1. Comportamiento de la producción de tomate (*L. esculentum* Mill.) utilizando bagazo de maguey mezcalero como sustrato.

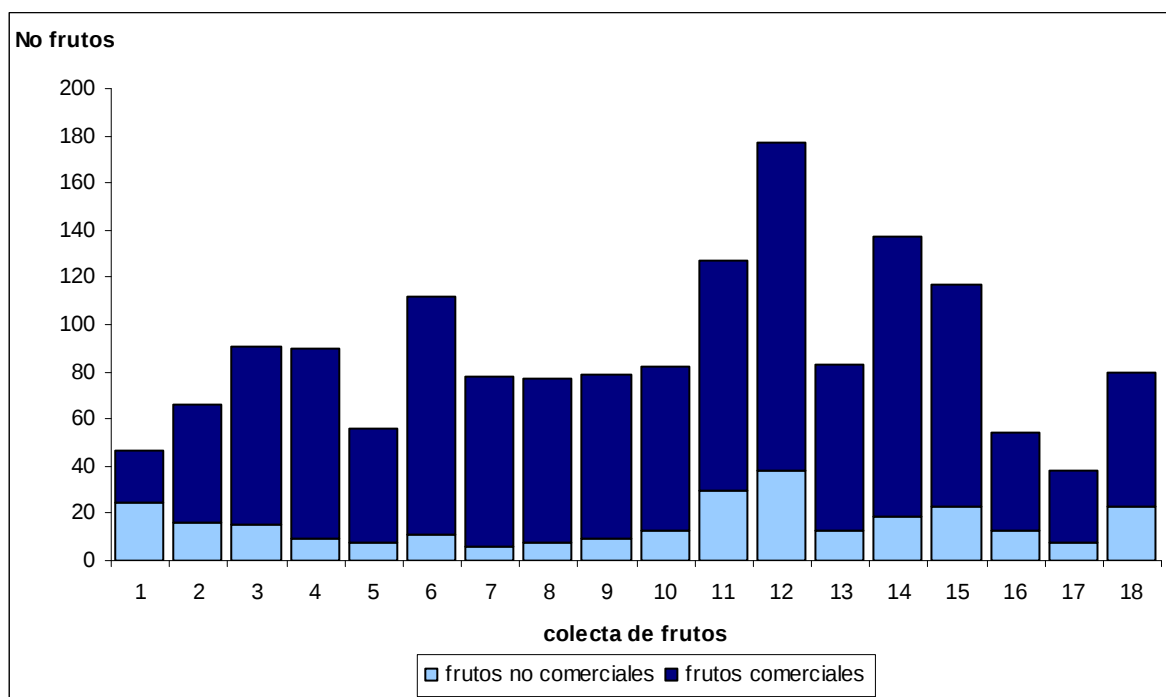


R.T: Rendimiento total de 30 plantas.

6.2. Tamaño de fruto

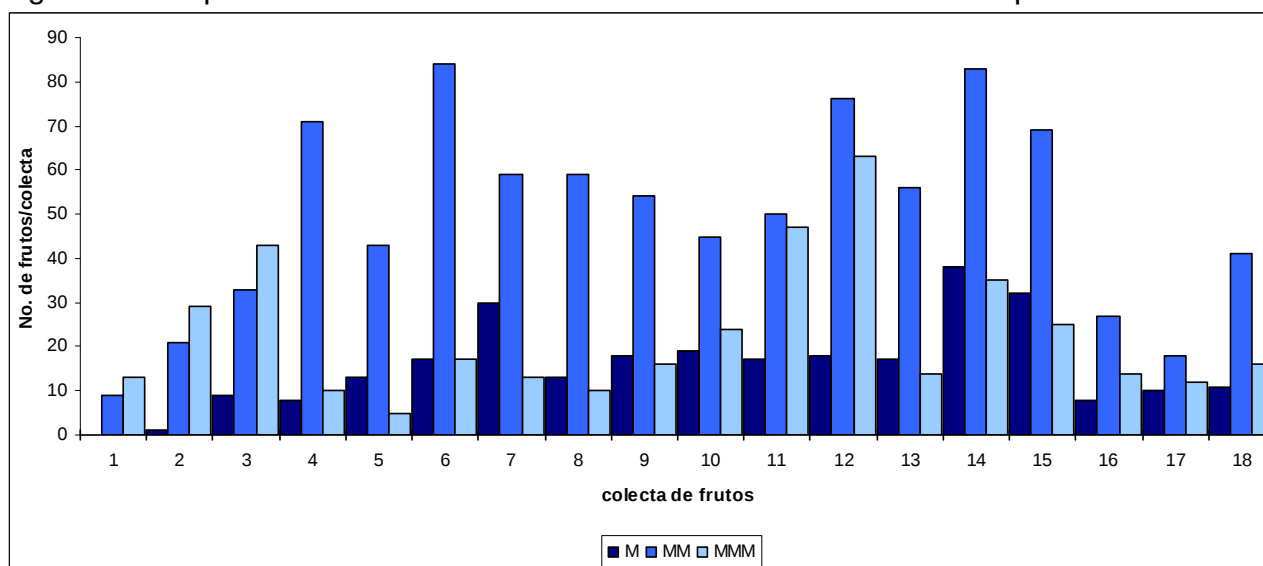
En cuanto a tamaño de fruto, se puede observar que el número de frutos comerciales fue considerablemente mayor al número de frutos no comerciales durante todo el ciclo, siendo comerciales el 81% del total de frutos (figura 2), lo que incrementó el rendimiento total y la calidad de la cosecha. Cabe resaltar que la mayoría de frutos no comerciales pertenecientes al calibre <P fueron frutos provenientes de flores no polinizadas.

Figura 2. Comportamiento de la producción en frutos comerciales y no comerciales.



En la figura 3 se puede observar que durante la mayor parte del ciclo del cultivo, la gran mayoría de frutos comerciales pertenecen al calibre MM (57% de los frutos comerciales), siendo estos frutos de un tamaño promedio y bien aceptados en el mercado. Así mismo, los frutos grandes (M) fueron pocos (18%) y los frutos tamaño MMM, pequeños pero aceptables en el mercado fueron el 26% del total de frutos comerciales.

Figura 3. Comportamiento de los frutos comerciales durante el ciclo de producción.



M: >67 mm de diámetro ecuatorial; MM: 67 – 57 mm de diámetro ecuatorial; MMM: 57 – 47 mm de diámetro ecuatorial.

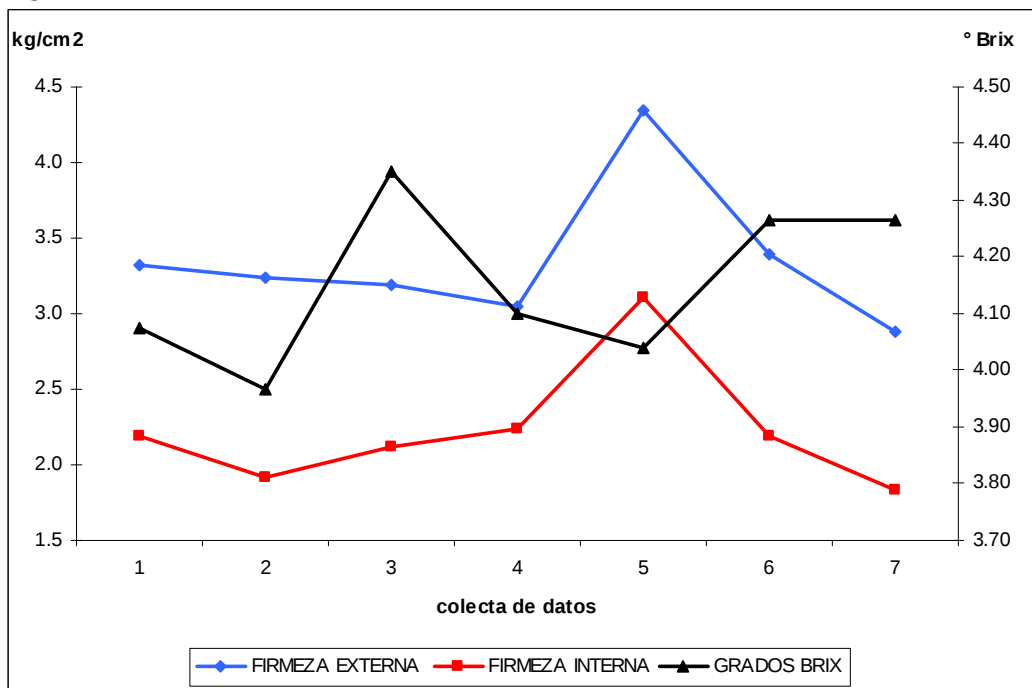
6.3. Firmeza y Sólidos Solubles Totales (SST)

La calidad de fruto, en términos de firmeza externa, firmeza interna y sólidos solubles totales (SST), fue medida durante 7 colectas de datos en la segunda mitad del ciclo de producción, mostrando poca variación en los tres factores.

Estos resultados nos arrojan unos promedios de 3.3 kg/cm² en firmeza externa, 2.2 kg/cm² en firmeza interna, y 4.2 °Brix en SST.

Sin embargo, como se puede ver en la figura 4, en la quinta colecta de datos, los valores de firmeza se elevan y el valor de SST disminuye, quizá debido a que la toma de datos se efectuó con frutos menos maduros que en las anteriores tomas, por lo que la cantidad de azúcares era menor, reflejándose esto en la cantidad de Sólidos Solubles Totales.

Figura 4.



6.4. Vida de anaquel.

Se tomaron frutos de color rosado y se colocaron en un sitio adecuado para su maduración con una temperatura promedio de 18 °C, con el objetivo de medir su vida de anaquel, resultando un promedio de 25 días desde corte, con un mínimo de 10 días y un máximo de 29 días.

La vida de anaquel, otro factor importante dentro de la comercialización del tomate, fue afectado de manera positiva, al tener frutos con vida de anaquel larga que soportarían un largo periodo hasta su llegada al consumidor final.

6.5. Comparación entre sustratos

Se tomaron datos de un experimento anterior en donde se probaron diferentes mezclas de fibra de coco y bagazo de maguey y estos mismos sustratos solos. De este modo se compararon los resultados obtenidos en este experimento con los obtenidos en la actual investigación.

De este modo, el T5 corresponde a la fibra de coco al 100%, T9 a bagazo al 25% y fibra de coco al 75%, T12 al 50%-50%, T14 75% bagazo y 25 % fibra de coco y T15 al bagazo de maguey al 100%, numerando a los resultados de esta investigación como T16.

La comparación que se hizo entre fibra de coco, un sustrato ampliamente utilizado en nuestro país en la producción de hortalizas sin suelo y el bagazo de maguey, fue esclarecedora al obtener resultados interesantes que logran posicionar al bagazo de maguey como un sustrato alternativo para la región, ya que el rendimiento obtenido del mismo y la calidad de los frutos fueron similares o superiores incluso a los obtenidos en fibra de coco.

6.6. Firmeza externa

Una variable a tomar en cuenta es la firmeza externa entre estos tratamientos, ya que se puede observar una mejor calidad de fruto en cuanto a esta variable

VII. CONCLUSIONES

La producción de jitomate utilizando el bagazo de maguey mezcalero como sustrato, no mostró diferencias significativas con la producción obtenida en fibra de coco, como sustrato de referencia.

No se encontraron diferencias en calidad del fruto y rendimiento de jitomate al utilizar como medio de cultivo al bagazo de maguey mezcalero y fibra de coco

El bagazo del maguey mezcalero compostado puede utilizarse, como sustrato en cultivo sin suelo de jitomate bajo invernadero y fertirriego.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Abad Berjon y Noguera Murria. 2000. los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Manual de cultivo sin suelo. 2ª ed Ediciones Mundiprensa. Almería, España.

Allaire S., Caron J., Ménard C., Dorais M.. 2004. Growing media varying in particle size and shape for greenhouse tomato. Acta Horticulturae 644.

Ansorena Miner. 1994. Sustratos: propiedades y caracterización. Ed. Mundiprensa. Madrid, España.

Arredondo V. C., Cano, G.M., Espinoza, P.H., Bravo, M.E., Contreras, H. R., Canseco, L. M., 2003. Fertilización en plantaciones comerciales de maguey mezcalero en Oaxaca (avances). INIFAP- Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. En: Foro regional para el aprovechamiento y mejoramiento del agave y del mezcal. CIIDIR-IPN- OAXACA.

Bernabé Antonio Antonio; Solís Velásquez Francisco Javier. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad, precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en Chapingo, México. Tesis Profesional. Chapingo, México.

Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos. Aspectos generales. En: Tecnología de sustratos. Aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. pp. 19-36. Universidad de Lleida.

Celikel G. 1999. Effect of different substrates on yield and quality of tomato. Acta Horticulturae 486: 353-356.

Fernandez R.V; Sanchez M. M. C; Camara M; Torija M. E; Chaya C; Galiana B. L; Rosello S. y Nuez F. Internal quality characterization of fresh tomato fruits. Hort Science 39 (2): 339-345.

Flores P; Navarro J. M; Carvajal M; Martínez V. Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. Agronomie 23: 249-256.

Florian M. P. 1997. Sustratos: propiedades, ventajas y desventajas. Conferencia Internacional en Hidroponía Comercial. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

García, O.C., Alcantar, G.G., Cabrera, R.I., Gavi, R.F., Volke, V.H., 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. Terra 19, 249-258.

Garra E. R. S; Osuna E. T; Armenta B. A. D. Efecto de dosis y fuente de nitrogeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. Terra 20: 311-320.

Gonzalez Castellanos Alberto. 2005. Sustratos y soluciones nutritivas organicas en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero. Tesis de maestría en ciencias. Chapingo, Mexico.

Granados S. D., 1999. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapíngo.

Hardgrave M., Arriman M.. 1995. Development of organic substrates for hydroponic cucumber production. Acta Horticulturae 401.

Inden H., Torres A.. 2004. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. Acta Horticulturae 644.

Islam Shahidul, Ito Tadashi, Maruo Toru, Hohjo Masaaki, Tsukagoshi Satoru, Shinohara Yutaka. 2002. Effect of Organic Substrates on Growth, Morphological, Reproductive and

Quality Characteristics of Tomato Crops. Japanese Society for Tropical Agriculture. Vol.46, No.4. pp. 272-278

Konduru, S., Evans, M., Stamps, R., 1999. Coconut Husk and Processing Effects on Chemical and Physical Properties of Coconut Coir Dust. *HortScience* 34 (1), 88-90.

Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., 2000. Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: un nuevo material para el cultivo en sustratos. Ph D. Thesis en CD-Rom. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, Spain.

Nuez F. 1995. El cultivo del tomate. Mundiprensa. Madrid, España.

Meerow, A.W. 1994. Growth of Two Sub tropical Ornamentals Using Coir (Coconut Mesocarp Pith) as a Peat Substitute. *HortScience*, 29(12), 1484- 1486.

Molitor H.-D., Brückner U.. 1997. Waste paper - a substitute for peat in horticulture (refereed). *Acta Horticulturae* 450.

Muro J., Irigoyen I., Samitier P., Mazuela P., Salas M.C., Soler J., Urrestarazu M.. 2005. Wood fiber as growing medium in hydroponic crop. *Acta Horticulturae* 697.

Quiroz, M. J., 2003. El árbol de las maravillas. Fundación del maguey y rescate cultural del mezcal. Pino Suárez, 401- c, Oaxaca, Oaxaca. En: Foro regional para el aprovechamiento y mejoramiento del agave y del mezcal. CIIDIR-IPN- OAXACA.

Resh H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. 5ª ed. Mundiprensa. Madrid, España.

Rincón, L., Pérez, A., Abadia, A. and Pellicer, C. 2005. Yield, water use and nutrient uptake of a tomato crop grown on coconut coir dust. *Acta Hort. (ISHS)* 697:73-79

SAGARPA. 2002. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Vol. 1. Centro de Estadística Agropecuaria. D.F, México.

Sanchez Del C. F. 2001. Producción de hortalizas basada en doseles escaleriformes. Sexto simposium internacional de fertirriego. Morelia, Michoacán.

Sanchez de C. F y E. Escalante R. 1989. Hidroponía: un sistema de producción. 3ª ed. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Santos C. J. F y Vargas S. A. 2004. Caracterización morfológica y de calidad de 70 genotipos comerciales de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis profesional. Chapingo, México.

Sen F. y Sevgican A. 1999. Effect of water and substrates cultures on fruit quality of tomatoes grow in greenhouse. *Acta Horticulturae* 486: 349-351.

Silva, S.L., Caballero, C.M., Diego, N.F., 2003. Diseño de un equipo de molienda y desgarre del agave mezcalero para el proceso de fabricación del mezcal en el estado de Oaxaca. En: Foro regional para el aprovechamiento y mejoramiento del agave y del mezcal. CIIDIR-IPN- OAXACA.

Taylor M.D; Locascio S.J; Alligood M. R. 2002. Incidente of blossom-end rot and fruit firmness of tomato affected by irrigation quantity and calcium source. Droc. Fla. State Hort. Soc. 115: 211-214.

Tüzel, I.H., Tüzel, Y., Gül, A., Altunlu, H. and Eltez, R.Z. 2001. Effect of different irrigation schedules, substrates and substrate volumes on fruit quality and yield of greenhouse tomato. Acta Hort. (ISHS) 548:285-292

Vallespir Namesny. 1999. Post-recolección de hortalizas. Vol III-Hortalizas de fruto. Ediciones de Horticultura, S. L. España

Velazco, Hernández Ezequiel. 2003. Evaluación de sustratos y variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía e invernadero en la mixteca alta oaxaqueña. Tesis profesional, Chapingo, Mexico.

Villareal R. R. 1982. Tomates. Instistuto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Tablas

Tabla 1

Propiedades físicas de diversos sustratos orgánicos en comparación a la lana de roca y su nivel de referencia deseable como

		sustrato hortícola "ideal" considerado óptimo (NO)			Turba		Compost de Posidonia		Cascarilla
Propiedad		<i>Sphagnum</i> rubia	Fibra de (1)	y restos vegetales (2)	Cáscara de	Lana de	de arroz coco**	almendra(2)	
roca(3)	NO	índice de grosor (%)	46		29	88,5(2)*	34(7)	92(2),	
Densidad aparente ($g\ cm^{-3}$)		0,07	0,47		0,103(6)	0,059(7)	0,44(2),	0,068	
		<0,40(4)	Densidad real ($g\ cm^{-3}$)				1,39(6)		
1,51(8)	1,46(2), 1,48 (9)		1,45-2,65(4)	Espacio poroso total (% vol)	96	78,8	92,6(6)		
96,1(7)	69,8(2), 85,74(9)	97,4	85(4)	Capacidad de aireación (%vol)	41	55,4	84,4(6)		
41,2(7)	45,8(2), 31,42(9)	35,9	20-30(4)	Agua fácilmente disponible (% vol)	25		0,46(6)		
19,9(7)	3,44(9)	58,8	20-30(4)	Agua de reserva (% vol)	6				
	0,4(6)	3,5(7)	4,69(9)	0,3	4-10(4)	Agua			
total disponible (% vol)	31		0,86(6)	23,4(7)	5,86	59,1	24-		
30(4)	Agua difícilmente disponible (% vol)	24				29,25	2,4		
Capacidad de retención de agua ($mL\ L^{-1}$)	687	243	75(2)*	523(7)	241(2)	600-			
1000(4)	Mojabilidad (minutos)	17		< 7(8)		≤ 5 (5)			
Contracción (% vol)	22	na	na(2)*	14(7)	na(2)	< 30(5)			

Fuentes: (1) Abad *et al.* (1996); (2) Laboratorio de sustrato Universidad Politécnica de Valencia; (3) Benoit y Ceustermans (1990); (4) Abad *et al.* (1993); (5) Abad y Noguera (2000); (6) Pagés y Matallana (1984); (7) Abad *et al.* (1997); (8) Noguera *et al.* (2000); (9) Datos propios Laboratorio de sustratos de la Universidad de Almería. * Media de muestras de Sevilla y Valencia; ** Valores medios provenientes de una amplia gama de muestras y variación; na = No apreciable

Tabla 2

Propiedades químicas y fisicoquímicas de diversos sustratos orgánicos en comparación a la lana de roca y su nivel de referencia deseable como sustrato hortícola “ideal” considerado óptimo (NO)

Propiedad	Turba <i>Sphagnum</i> rubia	Compost de Posidonia y restos vegetales ⁽²⁾	Cascarilla de arroz	Fibra de coco ^{**}	Cáscara de almendra ⁽⁷⁾	NO Valor	Observación
pH (pasta saturada) y suspensión acuosa (1/6 vol:vol) v6	3,9 ⁽¹⁾	8,14	6,7 ^{(7)*} v6	5,71 ⁽⁶⁾	5,4	5,2-6,3 ⁽³⁾ 5,5-6,8 ⁽³⁾	Ornamentales Hortalizas
Conductividad eléctrica (extracto de saturación; $dS\ m^{-1}$)	0,4 ⁽¹⁾	7,4	0,11 ^{(7)*} v6	3,52 ⁽⁶⁾	0,40	2,00-3,50 ⁽⁴⁾	Para la mayoría de las plantas
Capacidad de intercambio catiónico (m.e. 100 g ⁻¹)	99 ⁽¹⁾			61 ⁽⁶⁾		0,75.1,99 ⁽¹⁾ >20 ⁽¹⁾	Fertirriego intermitente
						Nula	Fertirriego permanente
Materia orgánica total (%)	98 ⁽¹⁾	48,1	82,2 ^{(7)*}	93,8 ⁽⁶⁾			
Cenizas (%)	2 ⁽¹⁾	51,9				<20 ⁽³⁾ C/N	
N-NO ₃ ⁻	4 ⁽¹⁾	48		0,21 ⁽⁶⁾		100-199	
N-NH ₄ ⁺	7,4 ⁽⁶⁾	2,8		0,14 ⁽⁶⁾		0-20 ⁽³⁾	
P	0,5 ⁽¹⁾	790		41 ⁽⁶⁾		6-10 ⁽³⁾	
K ⁺	17 ⁽¹⁾	8300		956 ⁽⁶⁾		150-249 ⁽³⁾ Ca ²⁺	
Cl ⁻	22 ⁽⁶⁾			1,085 ⁽⁶⁾		<180 ⁽³⁾	
SO ₄ ²⁻	20 ⁽⁶⁾			23 ⁽⁶⁾		<960 ⁽³⁾	
Na ⁺	10 ⁽⁶⁾			137 ⁽⁶⁾		<115 ⁽³⁾	

Fuentes: ⁽¹⁾ Abad *et al.* (1996); ⁽²⁾ Orquín *et al.* (2001); ⁽³⁾ Abad *et al.* (1993); ⁽⁴⁾ Abad y Noguera (2000); ⁽⁵⁾ Bunt (1988); ⁽⁶⁾ Abad *et al.* (1997); ⁽⁷⁾ Laboratorio de sustrato

Universidad Politécnica de Valencia; * Media de muestras de Sevilla y Valencia; ** Datos medios provenientes de una amplia gama de muestras y variación