

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Producción de Tulipán Holandés (*Tulipa* sp.) en Mezclas de Sustratos con
Guishe de *Agave lechuguilla* Torrey y Soluciones Nutritivas Steiner
Reducidas

Por:

PEDRO RODRÍGUEZ NAVARRO

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Producción de Tulipán Holandés (*Tulipa* sp.) en Mezclas de Sustratos con
Guishe de *Agave lechuguilla* Torrey y Soluciones Nutritivas Steiner
Reducidas

Por:

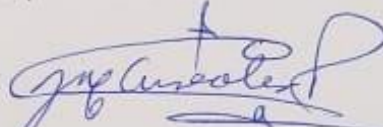
PEDRO RODRÍGUEZ NAVARRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

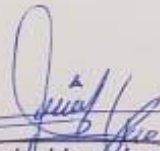
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



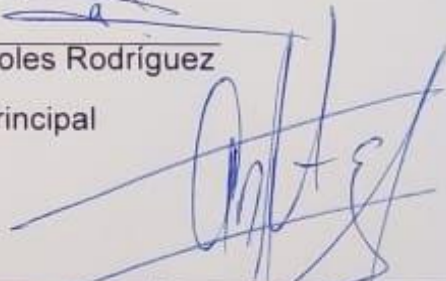
Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal



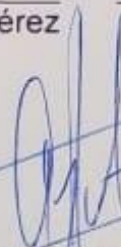
Dr. Armando Hernández Pérez

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2020

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por ayudarme a terminar este proyecto, por darme la fuerza y coraje para lograr que este sueño se hiciera realidad. Gracias por todo lo que me has dado, por permitirme estar en este mundo, por enseñarme día en día a luchar y perseguir lo que quiero.

A MI ALMA TERRA MATER, por formarme en lo que ahora soy al igual por darme la oportunidad de culminar mi carrera profesional y así poder colocarme en uno de los mejores campos laborales que es la agronomía.

A la Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez, por haberme permitido ser su tesista, por todo su apoyo desde el momento en que entre a la Universidad y consejos que me fueron muy útiles en mi desarrollo como profesionista. Y además por la paciencia que me ha tenido.

A todos los maestros que contribuyeron en mi formación profesional, por su apoyo, comprensión y tolerancia que me tuvieron a lo largo de mi estancia en la Universidad. Por todo lo que me han enseñado que me será útil en la hora de ejercer mi profesión en el campo laboral.

A mis amigos y compañeros: que fueron pocos pero siempre me brindaron su apoyo, prestándome una mano para levantarme de cada caída que tuve a lo largo de mi estancia en la UAAAN. Al igual porque me acompañaron en momentos difíciles y bellos momentos.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Rafael Rodríguez Martínez y Ma. Elena Navarro Gutiérrez. Ustedes que son mi mayor motivación, siempre han estado en mis mejores y peores momentos. Me ayudaron a ser la persona que soy ahora con sus consejos y regaños, sobre todo por confiar en mí. Infinitamente agradecido con ustedes que han sido un gran pilar y ejemplo para mí y mis hermanos.

A mis hermanos:

Félix Rafael, Jorge Alberto, Xóchitl Mariana, Mónica Citlali, Ana Alejandra y José Manuel Rodríguez Navarro. Tal vez no lo he demostrado pero los quiero demasiado, les agradezco todo su apoyo, todos esos momentos felices que he pasado con ustedes. Aunque en momentos hemos peleado siempre pueden contar conmigo.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	9
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
	2.1. El cultivo de tulipán holandés.....	11
	2.2. Agave lechuguilla.....	12
	2.3 Cultivo sin suelo.....	13
	2.3.1 Solución nutritiva.....	16
	2.3.2 Soluciones nutritivas usadas en hidroponía.....	16
	2.4. Sustratos.....	17
	2.4.1. Ventajas y desventajas de los sustratos.....	18
	2.4.2 Criterios para la selección de sustratos.....	19
	2.4.3 Sustratos utilizados en el mundo.....	19
	2.4.4. Beneficios de los sustratos en la producción de plantas ornamentales ..	21
	2.4.5. Sustratos alternativos para el cultivo de ornamentales.....	22
	2.4.7 Guishe como sustrato.....	22
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
V.	CONCLUSIONES.....	39
VI.	LITERATURA CITADA.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Masa molecular de iones presentes en la solución nutritiva.....	16
Cuadro 2. Rangos de concentraciones de los nutrimentos según diversos autores.....	17
Cuadro 3. Formación de tratamientos con tres concentraciones de sales nutritivas de la formulación Steiner y mezclas de sustatos con guishe de lechuguilla.....	25
Cuadro 4. Cuadrados medios, significancia estadística del ANVA ($P\leq 0.05$) y comparación de medias por Tukey ($P\leq 0.05$) de las variables altura de planta, diámetro de tallo y diámetro de botón.....	32
Cuadro 5. Cuadrados medios, significancia estadística del ANVA ($P\leq 0.05$) y comparación de medias por Tukey ($P\leq 0.05$) de las variables longitud de botón, días de siembra a cosecha, número de hojas y vida en florero	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología efectuada en el experimento.....	27
Figura 2. Efecto de la incorporación de guishe de lechuguilla en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable altura de planta	30
Figura 3. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable diámetro de tallo	31
Figura 4. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable diámetro de botón	32
Figura 5. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable longitud de botón...	33
Figura 6. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable días de siembra a cosecha	34
Figura 7. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable número de hojas	35
Figura 8. Efecto de la incorporación de guishe de lechuguilla en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable vida en florero.....	36

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en uno de los invernaderos del Departamento de Horticultura de la UAAAN con la finalidad de reducir la dependencia al peat moss y dar utilidad al guishe de Agave lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torrey) un residuo orgánico con fuerte impacto en el ambiente, se evaluó la incorporación de guishe en mezclas de sustrato y soluciones nutritivas reducidas elaboradas con la formulación Steiner en el cultivo sin suelo de tulipán holandés (*Tulipan* sp.). Para ello se obtuvo guishe parcialmente composteado de la comunidad de Jalpa, municipio de General Cepeda, Coahuila mismo que se trituró y desinfectó con vapor para después elaborar diferentes mezclas con sustratos comerciales. Los tratamientos se formaron con tres porcentajes de guishe (0%, 10% y 20%) y tres porcentajes de sales de la formulación Steiner (50%, 75% y 100%). El diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial de 3x3. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de botón, longitud de botón, días de siembra a cosecha, número de hojas y vida en florero. Después de realizar los análisis estadísticos se observó diferencia significativa en las variables altura de planta y diámetro de botón. La mezcla de sustratos donde se incorporó 10% de guishe y se agregó solución nutritiva Steiner al 100% proporcionó la mayor altura de planta, mientras que la solución con sales nutritivas Steiner al 50% proporcionó la mayor longitud de botón independientemente del tipo de sustrato. Sin embargo, se determinó como el mejor tratamiento la solución nutritiva con el 50% de sales Steiner y la incorporación del 20% de guishe en el sustrato en virtud de que proporcione plantas con crecimiento y desarrollo comercial aceptable y una respuesta similar a la obtenida en la mezcla de sustrato sin guishe (testigo). Lo anterior sugiere, que la incorporación de guishe al sustrato puede reducir costos en la producción de cultivos sin suelo de tulipán holandés y da utilidad al material de forma que se reduce el impacto ambiental.

Palabras clave: Sustrato alternativo, residuo orgánico, cultivo sin suelo, hidroponía, ornamentales, flor de bulbo.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de plantas ornamentales en México es una de las actividades agrícolas de gran importancia en nuestro país principalmente para estados como el Estado de México, Distrito Federal, Jalisco, Morelos, Guerrero y Puebla. Tan solo el Estado de México, la floricultura obtuvo en el año 2011 alrededor de 59.2% del PIB y generó 3 mil 341 millones de pesos, siendo el municipio de Villa Guerrero en que aportó mil 827 millones de pesos del valor nacional. Si bien las especies de mayor importancia económicas son la rosa, el clavel y el crisantemo otras flores se encuentran posicionándose ampliamente en el mercado como las bulbosas. El tulipán holandés (*Tulipa gesneriana* L.) es una de esas bulbosas que se cultivada en la época de invierno y es muy apreciada a nivel mundial y con gran crecimiento en el mercado nacional porque se cultiva tanto para flor de corte, planta en maceta y en jardinería.

La producción de flores demanda enormes cantidades de suelo y sustratos mismos que son cada vez más escasos y caros porque se tienen que importar. Tal es el caso del peat moss, un sustrato que sin dudas garantiza el buen crecimiento y desarrollo de las plantas, pero su uso impacta fuertemente en los costos de producción. Por ello, desde hace años se buscan alternativas para reducir la dependencia a este sustrato y aprovechar desechos de otras actividades rurales que además impactan en el ambiente. Tal es el caso del “guishe”, un residuo orgánico que se obtiene de la talla del agave lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) para la obtención de una fibra muy apreciada en el mercado conocida como ixtle.

La planta de agave lechuguilla crece de forma natural en las zonas áridas y semiáridas de México y los pobladores de comunidades rurales lo colectan y tallan para obtener la fibra y como desecho una masa que suele acumularse en zonas aledañas a donde se procesa ocasionando una un fuerte foco de infección y problemas serios al ambiente principalmente porque los lixiviados que emanan del material conocido como “guishe” ocasionan corrosión de los suelos modificando sus propiedades e inclusive dichos lixiviados llegan al

manto freático (Hoz-Zavala y Nava-Diguero, 2017). Por otra parte, si bien el guishe presenta particularidades que han dificultado su aprovechamiento masivo como es su alto contenido de fibra, espinas y presencia de compuestos químicos complejos como las sapogeninas, hay estudios serios donde se le ha tratado adecuadamente y ha demostrado su utilidad como suplemento alimenticio del ganado, en la industria química pero muy poco como sustrato (Narcia *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue:

Objetivo

Evaluar la incorporación de guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torrey) en mezclas de sustratos y soluciones nutritivas reducidas con la formulación Steiner en el cultivo sin suelo de tulipán holandés (*Tulipan* sp.).

Hipótesis

La incorporación de 10% y 20% de guishe de lechuguilla en la mezcla de sustratos y la aplicación reducida de sales nutritivas Steiner en el cultivo sin suelo de tulipán holandés será igual en calidad a la obtenida en la mezcla de sustratos sin guishe (testigo) y con el 100% de sales nutritivas Steiner.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de tulipán holandés

El tulipán holandés (*Tulipa gesneriana* L.) es una planta geófita (órgano subterráneo), monocotiledónea, que pertenece a la familia *Liliaceae*. El centro de origen se localiza en las montañas Pamir e Hindú Kush en las estepas de Kazajstán, aunque la mayoría de las variedades que se cultivan actualmente se desarrollaron de especies procedentes de las regiones montañosas de Asia Menor, Irán, el Cáucaso y el Turquestán (Román, 2009).

El tulipán es el cultivo de bulbo ornamental más importante en el mundo y sobresale por su elegancia, belleza y múltiples posibilidades de uso. El tulipán se utiliza como flor de corte y su valor depende de la vida en florero y de las cualidades decorativas que muestre el tallo floral durante este periodo (Ramírez *et al.*, 2010).

En 2005 se cultivaron 12 453 ha a nivel mundial, siendo Holanda el principal productor con 10,800 hectáreas, seguido de Japón, Francia y Estados Unidos (EUA), con 300, 293 y 280 hectáreas, respectivamente (Trejo-Téllez *et al.*, 2013). En América Latina destacan Chile y Argentina y, a pesar de que en México es un producto cotizado y de amplio mercado, su cultivo es escaso, para el 2018 solo se reportaron 2.4 ha cosechadas con una producción de 354,375 plantas (SIAP, 2019).

Trejo-Téllez *et al.*, (2013) menciona que la calidad de la flor cortada está determinada por factores como: variedad, sistema de producción, cosecha, almacenamiento y preservadores. El factor varietal es uno de los menos estudiados, ya que la mayoría de los trabajos de mejoramiento se enfocan a encontrar variedades resistentes a plagas y enfermedades o con alta productividad, aunque estos mismos cultivares pueden tener una vida en florero aceptable y sólo es necesario realizar investigaciones posteriores a la cosecha.

En México siete de cada diez productores florícolas residen en el Estado de México, Distrito Federal, Jalisco, Morelos y Puebla. El Estado de México, con un 59.2% del PIB generan 3 mil 341 millones de pesos; el

municipio de Villa Guerrero aportó mil 827 millones de pesos del valor nacional. En esta entidad se producen diferentes variedades de flores, de las cuales seis generan 85% del valor de la producción (rosa, crisantemo, lillium, clavel, gerbera y gladiola). El Estado de México cubre cerca del 21% de la superficie florícola y es el principal productor del país (SAGARPA, 2011).

2.2. Agave lechuguilla

El agave lechuguilla o lechuguilla (*Agave lechuguilla Torr.*) (Trópicos, 2017) es un recurso forestal no maderable, es un taxa nativo de las zonas áridas y semiáridas del sur de los Estados Unidos de América y del noreste de México (Castillo *et al.*, 2011). Su área de distribución nacional cubre una superficie aproximada de 20 millones de hectáreas, comprende los estados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Durango, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas (Castillo *et al.*, 2011).

En las zonas áridas y semiáridas de México una de las principales actividades económicas es la recolección de agave lechuguilla (*Agave lechuguilla Torrey*) para la obtención de una fibra conocida como ixtle en el mercado, este puede ser obtenido mediante tallado mecánico o manual donde el desecho es el guishe (85 % del peso fresco del cogollo.) también es una fuente de saponinas poco aprovechada.

La talla de lechuguilla aporta importantes beneficios socioeconómicos a los pobladores del área rural, ya que la extracción de su fibra ha constituido una actividad de subsistencia familiar por más de 70 años y representa empleos directos (Castillo *et al.*, 2013); además de, las ventajas que significa la comercialización de la materia prima que de ella se obtiene (Castillo *et al.*, 2011), cuya transformación origina diversos productos, como cepillos para uso industrial y doméstico, entre otros; su mercado fundamental es el internacional, de tal manera que 93% de su producción se exporta, principalmente a los Estados Unidos de América, los Países Bajos, Suiza y Honduras (Castillo *et al.*, 2011), naciones donde México es el único exportador.

Tradicionalmente la fibra de lechuguilla se obtiene del cogollo, al cual lo integran las hojas más tiernas de la planta, agrupadas en su porción central donde la fibra tiene menor lignificación en comparación con la de las hojas laterales. Una vez que se obtiene el ixtle mediante el tallado manual o mecánico se obtiene como subproducto el guishe que es el residuo de esta actividad económica (85% del peso fresco del cogollo). Este residuo puede ser una fuente de saponinas poco aprovechada (Narcia *et al.*, 2012).

En la actualidad el tallado de agave y su aprovechamiento en el campo está relacionado con altos índices de marginación, por ello es necesario buscar nuevas alternativas a la extracción de fibra, como la obtención de productos con valor agregado y que sería una oportunidad de mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de las zonas áridas y semiáridas, donde se desarrolla esta especie.

2.3. Cultivo sin suelo

Por cultivo sin suelo, se entiende cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, pudiéndose cultivar en una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutriente (Baixauli y Aguilar, 2002).

Desde un punto de vista práctico, los cultivos hidropónicos pueden clasificarse en: cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico) (Abad *et al.*, 2002). Por solución nutritiva se entiende, el agua con oxígeno (O²) y todos los nutrientes esenciales para las plantas, disueltos en una forma inorgánica completamente disociada, aunque en la solución pueden existir formas orgánicas disueltas, procedentes de los microelementos en forma de quelato.

Las ventajas y desventajas de los cultivos sin suelo de acuerdo a Baixauli y Aguilar (2002) son las siguientes:

Ventajas

a) Se obtiene una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo por tanto el desarrollo del cultivo.

- b) La nutrición está mucho más controlada que en los sistemas de cultivo en suelo, puesto que no existen interacciones. Se emplea una solución nutritiva directamente o aplicada a un sustrato totalmente inerte, sin actividad química, o sobre sustratos con una baja capacidad de intercambio catiónico.
- c) En sistemas cerrados, en donde el drenaje es reutilizado, se puede conseguir un ahorro de agua y fertilizantes. Por el hecho de tener controlados dichos drenajes se evita la contaminación de suelos y acuíferos.
- d) Se pueden emplear sustratos distintos a los comercialmente conocidos y procedentes de residuos, como la paja de cereales, la fibra de coco, ladrillo triturado, fibra de madera, residuo de la industria del corcho, etc., con muchas posibilidades y con posibles soluciones por explotar a nivel local.
- e) Al emplear en la mayor parte de los casos sustratos totalmente inertes, con ausencia de enfermedades típicas del suelo, convierten al sistema de cultivo sin suelo, como una buena alternativa al empleo de desinfectantes, entre los que cabe citar el bromuro de metilo, el cual se encuentra en fase de desaparición.
- f) Generalmente se obtiene en los cultivos una buena uniformidad que facilita las labores culturales, como podas, entutorados, etc. Se suprimen los trabajos de incorporación de abonados de fondo, preparaciones de suelo y eliminación de malas hierbas, mejorando en general las condiciones de trabajo.
- g) Se puede conseguir una mayor precocidad y mayor potencial productivo, debido a que la planta cuando toma la solución nutritiva, consume menos energía para su desarrollo que en los sistemas de cultivo en suelo.
- h) Generalmente se puede obtener una mejor calidad de cultivo y por lo tanto del producto.

Desventajas

- a) En las instalaciones donde se trabaja a solución perdida, el sistema puede ser contaminante, ya que se evacúan los drenajes al suelo ó a una fosa.
- b) El vertido tanto de sustratos como de plásticos de forma incontrolada, es también contaminante.

c) Pueden aparecer, y de hecho aparecen, enfermedades de raíz, por ausencia de mecanismos de defensa en los sustratos. Un ejemplo es el *Phytium* que actúa en sistemas de cultivo sin suelo sobre plantas adultas, produce enanismo acusado y llega a matar las plantas.

d) El sistema requiere de una mayor precisión en el manejo del riego y la nutrición. En cultivos sin suelo generalmente se trabaja con bajos volúmenes de sustrato, con poca reserva de agua y un error puede traer consecuencias fatales.

e) En sustrato se da una menor inercia térmica que en el suelo y los cultivos están más expuestos a los posibles cambios de temperatura ambiental.

f) El establecimiento de un cultivo sin suelo, supone un mayor costo de instalación, tanto por los elementos de riego, por la conveniencia de adecuar el cabezal de riego, la adquisición de contenedores y sustratos.

g) Por ser una técnica novedosa para el agricultor, requiere de un asesoramiento técnico, aunque en muchos casos pasa a ser una ventaja, puesto que dicho servicio termina siendo un asesoramiento integral del cultivo.

Se puede decir que el sistema es eficaz en la mayor parte de los cultivos hortícolas y en algunos florales, como rosas, gerbera, clavel, cultivados en invernadero. La tecnología se está imponiendo principalmente en sistemas de cultivos hortícolas avanzados y con limitaciones del suelo. La instalación, antes de dar el paso debe estar totalmente justificada, existen casos claros como el establecimiento de un invernadero en un suelo incultivable o de malas características agronómicas, en suelos que por la repetición de cultivo y tras realizar desinfecciones continuadas, resulta difícil obtener una buena productividad, o bien en aquellos cultivos de plantas, especies o variedades locales, especialmente sensibles a enfermedades y plagas del suelo. Tras los puntos expuestos dicho sistema, por ser alternativo al empleo de desinfectantes más o menos agresivos, siempre que se cumplan una serie de normas de higiene en cuanto a los lixiviados y los materiales de desecho, podría contemplarse como compatible a los reglamentos de producción integrada que se están diseñados para los cultivos hortícolas producidos en invernadero (Baixauli y Aguilar, 2002).

2.3.1. Solución nutritiva

Benavides *et al.* (2014) definen la solución fertilizante como el conjunto de sales minerales disueltas en agua. Su composición varía según la especie y etapa fenológica de la planta tomando los nutrientes en un rango de concentración en forma de iones (cationes si tienen carga positiva y aniones si tienen carga negativa). Los iones nutrientes se pueden expresar en masa (mg), moles (mmol) o equivalentes (meq) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Masa molecular de iones presentes en la solución nutritiva.

Elemento	Masa atómica	Forma iónica	Masa molecular	Valencia
Nitrógeno (N)	14	NO_3^-	62	1
		NH_4^+	18	1
Fósforo (P)	31	H_2PO_4^-	97	1
		HPO_4^-	96	2
Potasio (K)	39.1	K^+	39.1	1
Calcio (Ca)	40.1	Ca^{2+}	40.1	2
Magnesio (Mg)	24.3	Mg^{2+}	24.3	2
Azufre (S)	32.1	SO_4^{2-}	96.1	2
Sodio (Na)	23	Na^+	23	1
Cloro (Cl)	35.5	Cl^-	35.5	1
Carbono ©	12	HCO_3^-	61	1
		CO_3^{2-}	60	2
Hierro (Fe)	55.9	Fe^{2+}	55.9	2
Manganeso (Mn)	54.9	Mn^{2+}	54.9	2
Boro (B)	10.8	B_4O_7	155.2	2
Zinc (Zn)	65.4	Zn^{2+}	65.2	2
Molibdeno (Mo)	95.9	MoO_4^{2-}	159.9	2

Fuente: Benavides *et al.*, 2014

2.3.2. Soluciones nutritivas usadas en hidroponía

Según Rodríguez y Chang (2013), la concentración de los elementos esenciales va en dependencia de la parte que se desee cosechar de la planta, estado de desarrollo, estación del año, calidad del agua y clima. Los nutrientes utilizados en hidroponía se diferencian por los niveles de concentración y han sido recomendados por diferentes autores a lo largo de los años (Cuadro2).

Cuadro 2. Rangos de concentraciones de los nutrimentos según diversos autores.

	Concentraciones (ppm)						
	Hoaglan d y Arnon (1938)	Resh (1987)	FAO (1990)	Jensen (sin fecha)	Larsen (sin fecha)	Cooper (1979)	Steiner (1984)
N	210	190	150-225	106	172	200-236	167
P	31	50	30-45	62	41	60	31
K	234	210	300-500	156	300	300	277
Mg	34	200	40-50	48	48	50	49
Ca	160	40	150-300	93	180	170-185	183
S	64	113	-	64	158	68	112
Fe	2.5	5	3.6	3.8	3	12	2-4
Mn	0.5	0.5	0.5-1	0.81	21.3	2	0.62
B	0.5	0.5	0.04	0.46	1	0.3	0.44
Cu	0.02	0.1	0.1	0.05	0.3	0.1	0.02
Zn	0.05	0.1	0.1	0.09	0.3	0.1	0.11
Mo	0.01	0.05	0.05	0.03	0.07	0.2	-

Fuente: Beltrano y Giménez (2015).

2.4. Sustratos

Cruz-Crespo *et al.* (2012) definen al sustrato como todo material que puede proporcionar anclaje, oxígeno, agua suficiente y en algunos casos nutrimentos para el óptimo desarrollo de las plantas, requerimientos que pueden cubrirse con un solo material o en combinación con otros, los cuales son colocados en un contenedor. Mientras que para Abad *et al.*, (2004) señalan que el sustrato es todo material sólido distinto del suelo, el cual puede ser de origen mineral, orgánico, de síntesis o residual, que colocado en un contenedor permite el anclaje de la raíz y sirve como soporte para la planta.

Por lo tanto, el medio de crecimiento tiene la función de proporcionar las condiciones para que las plantas se sostengan, absorban el agua y los nutrimentos y permitan el intercambio de gases en el sistema radicular. La presencia de suelos inadecuados para la producción por sobreexplotación, heterogeneidad, así como por no tener características físicas y químicas apropiadas para la producción de cultivos, ha llevado a desarrollar las técnicas de cultivo de plantas en contenedor (Cruz-Crespo *et al.*, 2012).

En los últimos años se han realizado un gran número de investigaciones en relación a la utilización de sustratos para la producción de cultivos sin suelo. Existen una infinidad de sustratos, estos se pueden usar solos o en mezclas, o bien darles un proceso de transformación de modo que se obtengan materiales con propiedades físico-químicas adecuadas para la producción de cultivos.

2.4.1. Ventajas y desventajas de los sustratos

Ventajas

- a) Hay mejor control de plagas y enfermedades de la raíz de un gran número de plantas hortícolas, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento (Chavez-Aguilera *et al.*, 2009).
- b) Con el uso de sustratos se obtiene una óptima relación aire/agua en el sistema radicular de la planta, lo que favorece el desarrollo del cultivo, en este sistema se tiene un control más adecuado de la nutrición en comparación al producir en suelo. Además, con la utilización de medios de crecimiento se pueden realizar mezclas de diferentes materiales, que permiten mejorar las propiedades para un óptimo desarrollo y crecimiento de los cultivos (Garbanzo-León y Vargas-Gutierrez, 2014).

Desventajas

- a) No amortigua la falta temporal de agua y nutrientes, por lo tanto la interrupción de estas puede afectar drásticamente el desarrollo del cultivo. Además, el cultivo en sustrato necesita de un 20% a 30% más de agua para permitir el drenado, y por ende, evitar la acumulación de sales en el medio.
- b) Los materiales que son empleados como sustrato por lo regular son importados de otros países por lo que adquirirlos es complicado, además el precio es muy elevado por lo que aumentan los costos de producción. En México, de la actividad minera se obtienen de manera natural materiales que se utilizan en la construcción, que pueden ser utilizados como medios de crecimiento, por ejemplo, la grava, pumita

(conocida localmente como jal), arena y el tezontle (Rodríguez-Díaz *et al.*, 2013).

2.4.2. Criterios para la selección de sustratos

Para elegir un material como sustrato se deben considerar varios aspectos para que el crecimiento de las plantas sea el óptimo. Dentro de los criterios más importantes se encuentran:

- Que posea propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento.
- Se debe considerar la relación beneficio/costo .
- Disponibilidad en la región o zona.
- La facilidad de manejo o compatibilidad, en el caso de realizar mezclas de materiales.

El costo de los sustratos es variable y dependerá del tipo de sustrato, lugar de procedencia, así como de su disponibilidad (Cruz-Crespo *et al.*, 2012).

Actualmente, existe preocupación mundial por reducir la contaminación y conservar los recursos naturales (Gayosso-Rodríguez *et al.*, 2016). Dada esta situación se han considerado otros factores para la selección de sustratos como:

- Que presenten supresividad respecto a patógenos.
- Que sean reciclables.
- Que eviten el lavado de nutrientes.
- Que optimicen el consumo del agua
- Evitar que causen daño al ambiente.
- Que estén libres de patógenos.

2.4.3. Sustratos utilizados en el mundo

Los sustratos se usan por la necesidad de transportar las plantas de un lugar a otro, el agotamiento de suelos agrícolas, la salinidad y el riesgo de enfermedades (Cruz-Crespo *et al.*, 2012). La producción de sustratos inició en los años sesenta en los Países Bajos, con sustratos como turba, arena, arcilla,

perlita y vermiculita; en los años ochenta se diversificaron los sustratos y emergieron residuos y subproductos, como la fibra de coco (Urrestarazu, 2013).

En el norte de Europa la turba es el sustrato principal y le siguen la fibra de coco (que superó a la lana de roca en las últimas dos décadas), corteza y perlita. En el sur usan mezclas de turba con cortezas, arena, productos de madera, productos volcánicos, compost con residuos de origen vegetal y estiércoles (Alonso *et al.*, 2012). En España se usa lana de roca, perlita y fibra de coco; y la aplicación y comercialización de roca volcánica, para el cultivo de hortalizas y plantas de ornato, por su disponibilidad en yacimientos de la península ibérica ha despertado interés (Urrestarazu, 2013; Pozo *et al.*, 2014).

En Argentina usan las cortezas de pino, suelo, arena, turba, acículas, estiércol vacuno, estiércol de caballo, viruta de madera blanda, y cáscara de arroz (*Oryza sativa*); pocos productores utilizan la perlita y vermiculita (Barbaro *et al.*, 2014).

En República Dominicana usan carboncillo de arroz y fibra de coco (Pérez *et al.*, 2010); similar a Venezuela donde además se usa bagazo de caña (Cásares y Maciel, 2009). En Brasil se usa suelo, arena, estiércol de bovinos, cama de aves, cáscara de arroz, corteza de coníferas, compost orgánicas, vermiculita, perlita, lana de roca y polvo de coco (Acosta *et al.*, 2008). En Colombia la cascarilla de arroz, parcialmente quemada o tostada, es el sustrato principal y se usa con lana de roca, perlita, fibra de coco y escoria de carbón (Quintero *et al.*, 2011).

En México se usa principalmente tierra de monte, turba (peat moss), productos de madera (corteza, aserrín, virutas), compost de materia orgánica o desechos de jardinería, polvo de coco, lodos de depuradora, fango, estiércol, paja, cascarilla de arroz y de cacahuete, y materiales inertes, como tepojal, tezontle, basalto, perlita, arena, vermiculita, arcilla calcinada y piedra pómez (Zamudio, 2008). Pero, la búsqueda de materiales locales es permanente para reciclarlos, con énfasis en los de costo bajo y sin impacto ambiental (Cruz *et al.*, 2016).

2.4.4. Beneficios de los sustratos en la producción de plantas ornamentales

Las aportaciones de los residuos orgánicos como sustratos para producir plantas de ornato son diversas, como presencia de nutrientes de absorción fácil por la planta, reguladores de crecimiento vegetal, microorganismos que facilitan la absorción de nutrientes, y son medio para el crecimiento de organismos controladores de patógenos para las plantas (Puerta *et al.*, 2012).

Ayala y Valdez (2008) usaron sustrato a base de fibra de coco para evaluar la primera etapa de crecimiento de especies ornamentales de flor, como *Dianthus chinensis* (clavelina), *Gazania rigens* (gazania), *Tagetes erecta* (marigold), *Viola wittrockiana* (pensamiento), *Antirrhinum majus* (dragón) y *Petunia x hybrida* (petunia). Los resultados mostraron que las plantas cultivadas en polvo de coco retardaron su crecimiento, y los autores señalaron esto como ventaja, porque las plantas altas ocasionan volcamiento del contenedor (García *et al.*, 2010) y la calidad de la flor no se afectó.

Flores *et al.*, (2008) usaron polvo de coco para producir *Cyclamen persicum Mill.* y no observaron diferencias en área foliar o materia seca respecto a las plantas cultivadas en un sustrato comercial a base de turba. La fibra de coco también se evaluó mezclada con cáscara de arroz para producir *Anthurium x Cultorum* cv. Arizona (Cásares y Maciel, 2009); los resultados mostraron estabilidad física mayor del sustrato (ausencia de contracción), lo cual favoreció el crecimiento y número de inflorescencias comparada con la combinación de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar. La vermicompost aumentó crecimiento, floración, y desarrollo de raíz en *Ageratum houstonianum* y *Petunia hybrida*. Mezclas de bagazo de henequén, cerdaza y dzilziché (*Gimnopodium floribundum*) combinadas con proporciones diferentes de suelo se usaron para producir crisantemos; de ellas, la combinación suelo:bagazo de henequén (70:30) propició plantas con la calidad mayor de inflorescencia (Villanueva *et al.*, 2010).

2.4.5. Sustratos alternativos para el cultivo de ornamentales

Las investigaciones para encontrar opciones, y reemplazar el uso de la tierra de hoja como sustrato en el cultivo de plantas ornamentales han sido diversas. La zeolita es un material inerte, de origen sedimentario, del grupo de los aluminosilicatos, que se usa con esos fines. En México en al menos 13 estados hay yacimientos (Urbina *et al.*, 2011). Las características físicas de zeolita fueron evaluadas por Anicua *et al.* (2009) y comparadas con las de tezontle. Los resultados mostraron que el potencial hídrico y osmótico cambian con el tamaño de las partículas de la zeolita; los autores concluyeron que la zeolita se podría usar como alternativa, con resultados similares a los obtenidos con tezontle, porque no hay efectos ni interacción con la granulometría.

La corteza de pino (abundante en el estado de Oaxaca) se caracterizó fisicoquímicamente y se evaluó compostada y mezclada con estiércol bovino, turba, arcilla, vermiculita, bagazo de maguey, aserrín crudo y sustrato comercial. La mezcla con turba, vermiculita y bagazo de maguey mostró características físicas en los intervalos adecuados para el cultivo de las plantas (Masaguer *et al.*, 2013). El bagazo de café (*Coffea arabica* L.) y el residuo de palma de sombrero (*Brahea dulcis*) (Sustaita, 2009) también se caracterizaron, y ambos tienen características físicoquímicas apropiadas. El bagazo de agave tequilero (*Agave tequilana* Weber) en vermicompost y compost mezclada con estiércol de ovino (4:1; v/v) es un sustrato potencial para la agricultura (Rodríguez *et al.*, 2010).

2.4.7. Guishe como sustrato

Como se mencionó anteriormente el guishe es un residuo orgánico resultado de la talla de *Agave lechuguilla* para la obtención de ixtle que presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas. Una de las principales ventajas del uso de guishe en la agricultura es el bajo costo de este, ello debido a que la fibra de agave lechuguilla (guishe) es considerado un desecho, el sector profesional de los sustratos de cultivo es capaz de aprovechar muchos materiales que son

residuos o subproductos de nulo o escaso valor económico, facilitando así una demanda creciente de materiales de desecho y revalorizando, a la vez, dichos productos (Rodríguez-Narváez, 2013).

La fibra de lechuguilla destaca sobre otras fibras debido a su alta resistencia a solventes químicos, calor, productos abrasivos como ácidos diluidos y concentrados. Es resistente en agua a altas temperaturas, posee alta retención de líquidos (absorbe 65% más de agua que las fibras sintéticas), posee una única aspereza de su superficie debido a los cristales de oxalato de calcio incrustados en la misma. Por estas características no existe en la actualidad un sustituto sintético para la fibra de lechuguilla debido a su versatilidad de uso y bajo costo, por lo que representa una disminución en los costos de producción (Castillo *et al.*, 2011).

Desventajas. En años recientes la demanda de fibra de lechuguilla en el ámbito mundial se ha incrementado; sin embargo, la producción de fibra en el campo se ha visto reducida debido a varios factores, como:

- Falta de mano de obra para la extracción de la fibra
- Bajo costo de la misma
- Lo alejado de las áreas de recolección
- Manejo inadecuado de las poblaciones naturales
- Condiciones climáticas adversas que reducen el tiempo de regeneración del cogollo (Castillo *et al.*, 2011).

Hoz-Zavala y Nava-Diguero (2017) mencionan que los residuos donde se utilizan agaves para procesos como elaboración de bebidas alcohólicas, inulina, aguamiel, forraje, ixtle entre otros ocasionan daño severo al ambiente porque se acumulan en áreas aledañas a su proceso y dicho residuo es una gran masa orgánica que además de servir de nido de plagas y favorecer la acumulación de basura, corroe los suelos el generarse compuestos químicos que intoxican el suelo, modifican el pH, afectan la estructura del suelo, generan bacterias anaerobias nocivas, afectan el drenaje del suelo y los lixiviados inclusive llegan parar al manto freático. Por lo que dar utilidad dichos desechos es prioritario para reducir el impacto en el ambiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en uno de los invernaderos del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila ubicado en las coordenadas latitud 32°44'40.99" Latitud Norte y 129°52'25" Longitud Oeste, a una altura de 1,300 metros sobre el nivel de mar.

El tipo de invernadero utilizado fue de dos aguas con dimensiones de 7 m de ancho y 30 m de largo, con una estructura de metal con cubierta de fibra de vidrio. El invernadero tiene una pared húmeda y dos extractores de aire de activación automática.

Material vegetativo

El trabajo se realizó con bulbos de tulipán holandés importados de Holanda del cultivar Huntsville calibre 12/14 por una empresa ubicada en el estado de México. Dicha flor se caracteriza por tolerar las temperaturas bajas del invierno.

Descripción de tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron tres diferentes porcentajes de guishe (0%, 10% y 20%) variando así el porcentaje de peat moss (70%, 60%, 50%) y se adicionó a la mezcla 20% de pelita + 10% de vermiculita para completar un 100%. El tratamiento testigo no contenía guishe de lechuguilla. Además, se trabajó con soluciones nutritivas elaboradas con diferentes concentraciones de sales de la fórmula propuesta por Steiner (100%, 75% y 50%). Lo anterior dio como resultados un total de 9 tratamientos con 3 repeticiones cada uno (Cuadro 3).

Cuadro 3. Formación de tratamientos con tres concentraciones de sales nutritivas de la formulación Steiner y mezclas de sustratos con guishe de lechuguilla.

No. de Tratamiento	Solución Steiner (%)	Mezcla del sustratos
1	100	0%guishe+70% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
2	100	10%guishe+60% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
3	100	20%guishe+50% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
4	75	0%guishe+70% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
5	75	10%guishe+60% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
6	75	20%guishe+50% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
7	50	0%guishe+70% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
8	50	10%guishe+60% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita
9	50	20%guishe+50% peatmoss+20%perlita+10%vermiculita

Procedimiento

El 28 de noviembre del 2018, se recolecto guishe semi-compostado de la comunidad de Jalpa municipio de General Cepeda producto de la talla del agave lechuguilla el cual se trasladó en una camioneta a la universidad.

Al llegar el guishe a las instalaciones de la Universidad se trituró con machetes hasta obtener partículas más pequeñas del material. Para desinfectarlo se utilizó una vaporera y una parrilla de gas, para ello se colocó agua dentro del recipiente y se dejó hervir a fuego lento y constante por más de media hora haciéndole movimientos al contenido para lograr la eliminación total de insectos, bacterias, hongos, microorganismos, etc. Después de haber desinfectado el material se extendió en un plástico dentro del mismo invernadero para secar y evitar que se infectara. Secado el material se mezcló con el resto de los sustratos.

Las mezclas de sustratos se realizaron en base a volumen para ello un recipiente de un litro representó el 10% de cada sustrato. Las mezclas se colocaron en 27 cajas de plástico (gammaplas) plenamente identificadas las

cuales se llenaron a $\frac{3}{4}$ de su capacidad y dichas cajas previamente fueron lavadas con jabón, cloro y abundante agua para desinfectarlas y evitar futuros problemas.

Después de llenar las cajas fueron sembrados 15 bulbos de tulipán por caja el día 12 de diciembre del 2018.

El día 9 de enero del 2019 inició la aplicación de soluciones nutritivas para ello los fertilizantes correspondientes a los tratamientos (100%, 75%, 50% de sales Steiner) se prepararon en tanques de 200 litros en base a un análisis de agua realizado previamente por el laboratorio de Fertilab. Los riegos se realizaron cada tercer día donde como medida se aplicaron dos a tres litros por caja dependiendo de la cantidad de humedad que tuviera el sustrato. Además, se aplicó riegos al suelo del invernadero para mantener elevada la humedad relativa y reducir la temperatura del invernadero de forma que se favoreciera el crecimiento adecuado de las plantas y así evitar pérdidas excesivas de agua en el sustrato.

Como algunos bulbos proporcionaron dos tallos uno de ellos fue removido para tener un mejor aprovechamiento de nutrientes y mejor desarrollo de una sola flor.

Durante la realización del experimento la única plaga que se presentó fueron roedores la cual se controló con un rodenticida. No hubo presencia de enfermedades.

La evaluación de las variables comenzó el día 25 de enero y conforme el botón iba tomando color (punto color) continuaron cada día hasta cosechar el total de las flores. Para ello se tomaron 10 plantas por repetición de cada tratamiento dando un total de 270 plantas evaluadas.



Figura 1. Metodología efectuada en el experimento: A= extracción del ixtle y guishe, B= colecta del guishe, C= composteo y lavado del guishe, D= preparación de sustratos, E= montaje del experimento, F= brotación de bulbos, G= acomodado de cajas, H= preparación de solución Steiner, I= medición de niveles de pH y CE, J= manejo del cultivo, K= riegos con solución, L= evaluación de variables y corte de flor, M= etiquetado en flor cortada, N= evaluación de vida en florero.

Variables evaluadas

La evaluación de las variables se realizó como se describen a continuación:

Altura de la planta. Con una cinta métrica se tomó la medida de la planta en cm, midiendo a partir de la base del sustrato hasta la altura máxima alcanzada por el tallo al momento del corte, cuando esta se encontró en punto color.

Diámetro de tallo. Se obtuvo en mm con un vernier a la altura de 2 cm sobre el nivel del suelo al inicio de la floración.

Diámetro de botón. Para esta variable se obtuvo tomando la parte ecuatorial más grande del botón y se le sacó la medida en cm con el vernier cuando el botón estaba en punto color.

Longitud de botón. Con el vernier se tomó la lectura desde la base del botón hasta la punta cuando alcanzó el punto color y se reportó la medida en cm.

Días de siembra a cosecha. Se hizo el conteo desde que se sembró el bulbo hasta el momento en que el botón comenzó a mostrar el color de la variedad.

Número de hojas. Se contabilizaron las hojas que produjo la planta desde la siembra hasta que se realizó el corte de la flor.

Vida en florero. Una vez cortadas las flores se pusieron en floreros únicamente en agua potable y a temperatura ambiente donde se contaron los días que duró la flor con aspecto atractivo.

Diseño experimental

El experimento fue distribuido en un diseño completamente al azar con 9 tratamientos y 3 repeticiones donde la unidad experimental fue una planta.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se obtuvo un ANOVA ($P \leq 0.05$) y una comparación de medias con la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) bajo el diseño indicado anteriormente. El primer factor fue la concentración de sales nutritivas Steiner (SNS) y el segundo factor el porcentaje de guishe en la mezcla de sustratos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

La altura de planta del tulipán para flor de corte es un parámetro de importancia para su comercialización siendo las flores más aceptadas las que alcanzan una mayor altura. En el experimento después de realizar el análisis de varianza y la comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) no se observó una tendencia definida al incrementar la cantidad de guise de lechuguilla para esta variable.

Sin embargo, se observó que las flores cultivadas en la mezcla de sustratos donde se agregó 10% de guishe y solución nutritiva con el 100% de las sales Steiner alcanzaron una longitud de tallo de 42 cm, seguida del tratamiento donde se utilizó la misma mezcla y cantidad de guishe, pero con la solución Steiner al 50%, en este tratamiento se alcanzó una longitud de tallo de 40.5 cm.

También se observó, que al utilizar 20% de guishe en la mezcla de sustratos independientemente de la solución nutritiva se obtuvo un comportamiento similar al obtenido en los tratamientos donde se utilizó peat moss en lugar de guishe con respecto a la altura de planta (Figura 2 y Cuadro 4).

Resultados similares encontraron Rodríguez-Macías *et al.*, (2010) en la variable altura en plántulas en el cultivo de brócoli al utilizar fibra de agave y Peat Moss como sustrato y Rodríguez-Mendoza *et al.* (2011) encontraron que a mayor concentración de la solución nutritiva se incrementó la altura en el cultivo de tulipán.

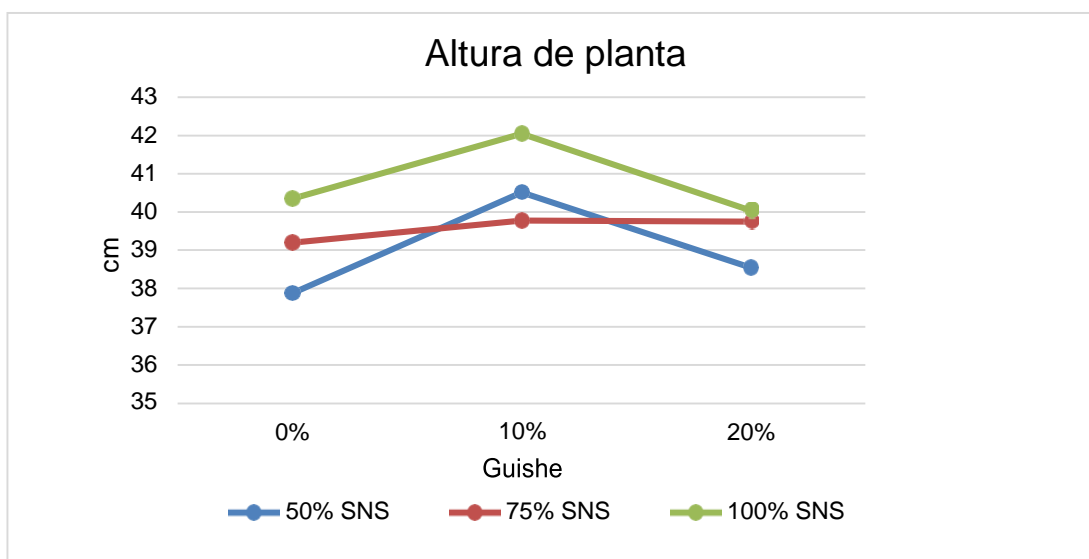


Figura 2. Efecto de la incorporación de guishe de lechuguilla en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable altura de planta.

Diámetro de tallo

El diámetro de tallo es una de variable de importancia en la producción de tulipán, ya que tallos más gruesos favorecen la calidad de la flor de corte y la resistencia del tallo al acame. Los resultados mostraron que a medida que aumenta el porcentaje de guishe en la mezcla de sustratos la tendencia fue a disminuir el diámetro de la planta. En el factor de concentración de solución nutritiva el valor más alto se obtuvo utilizando el 100% de sales Steiner en la solución, sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Figura 3 y Cuadro 4). Crespo-González *et al.* (2013) obtuvieron un incremento del 40% el diámetro de tallo en plántulas de agave azul al utilizar como sustrato una mezcla de 50% de fibra de agave y 50% de peat moss, superando ampliamente a otros sustratos utilizados en forma individual (Peat Moss y Fibra de coco).

Rodríguez-Mendoza *et al.* (2011) encontraron que a mayor concentración de la solución nutritiva se incrementó el diámetro de tallo en el cultivo de tulipán.

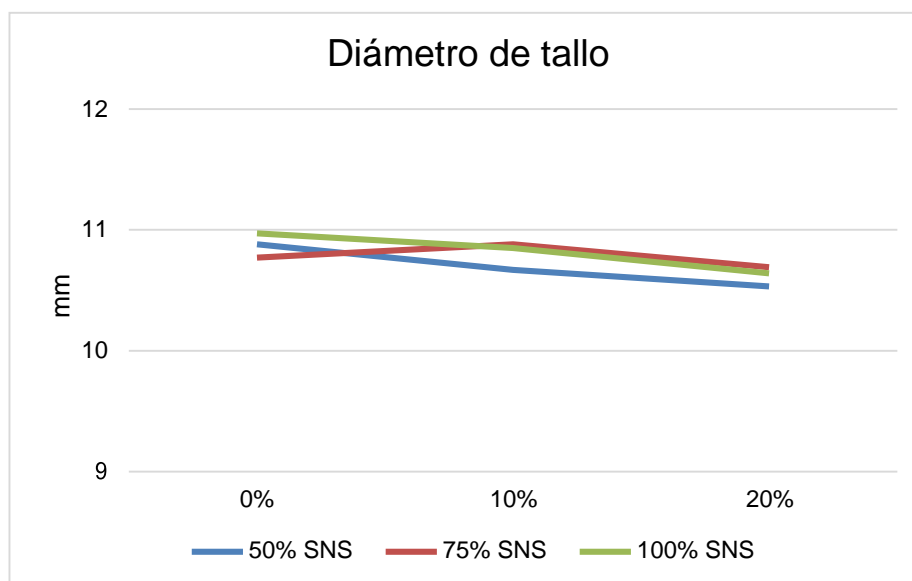


Figura 3. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable diámetro de tallo.

Diámetro de botón

El diámetro del botón en flores de tulipán es una característica determinante al momento de su venta. Las flores de mayor tamaño y colores brillantes tienden a ser más llamativas que los botones pequeños y más demandadas por los compradores. En el análisis de varianza y comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$) realizadas en este experimento no se observó diferencia estadística numérica entre tratamiento (Figura 4 y Cuadro 4).

Resultados diferentes encontraron Villanueva *et al.* (2010) al utilizar una combinación suelo y fibra de agave en una proporción 70:30 se obtuvo un mayor diámetro de inflorescencias en el cultivo de crisantemo.

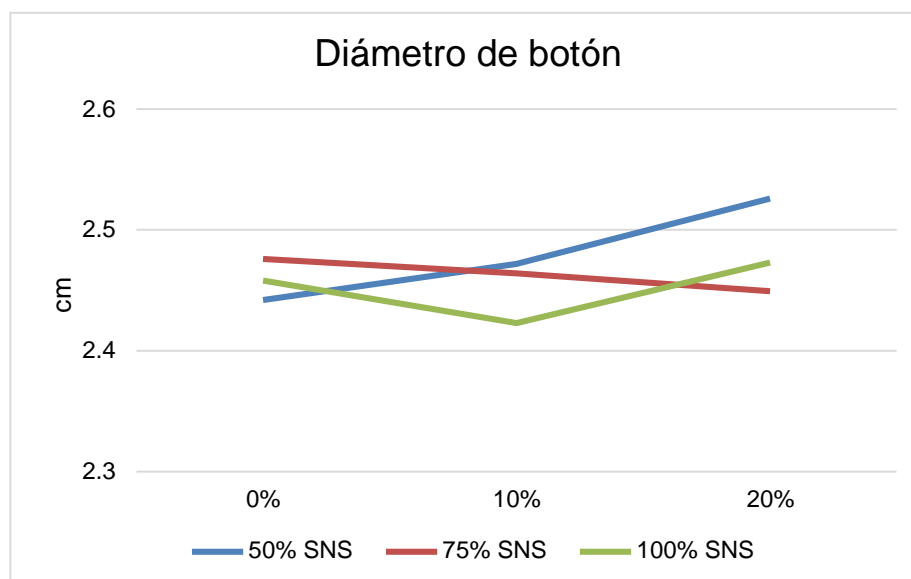


Figura 4. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable diámetro de botón.

Cuadro 4. Cuadrados medios, significancia estadística del ANVA ($P \leq 0.05$) y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables altura de planta, diámetro de tallo y diámetro de botón.

Factor	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Diámetro de botón (cm)
Solución nutritiva Steiner (SNS)			
100%	40.776 a [‡]	10.819 a	2.480 a
75%	39.576 b	10.777 a	2.463 a
50%	39.012 b	10.694 a	2.514 a
DSM	1.176	0.331	0.655
Mezcla con guishe (M)			
0%	39.1093 b	10.8740 a	2.459 a
10%	40.8073 a	10.7977 a	2.453 a
20%	39.4477 b	10.6180 a	2.483 a
DMS	1.176	0.331	0.655
Significancia			
SNS	*	ns	ns
M	*	ns	ns
SNS X M	ns	ns	ns
C. V.	4.79	4.99	4.31

[‡]=Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). *=Significativo a una probabilidad del 0.05, ns= no significativo.

Longitud de botón

La longitud del botón determinará el tamaño de los pétalos de la flor en el momento en que esta habrá. En esta variable al realizar el análisis de varianza y comparación de medias se observó diferencia estadística en el factor solución nutritiva siendo la mejor la elaborada con 50% de sales nutritivas Steiner independientemente del tipo de sustrato (Figura 5 y Cuadro 5).

Resultados diferentes encontraron Borges *et al.* (2003) en un estudio realizado con el cultivo de crisantemo. Estos investigadores reportaron un incremento en el tamaño del botón en el cultivo al utilizar mezclas de sustrato conformadas con bagazo de henequén y excretas porcinas y mencionan que la relación C:N aumenta con los altos contenidos de bagazo de henequén en la mezcla de sustrato lo cual tiene un efecto positivo en la producción de biomasa de la planta.

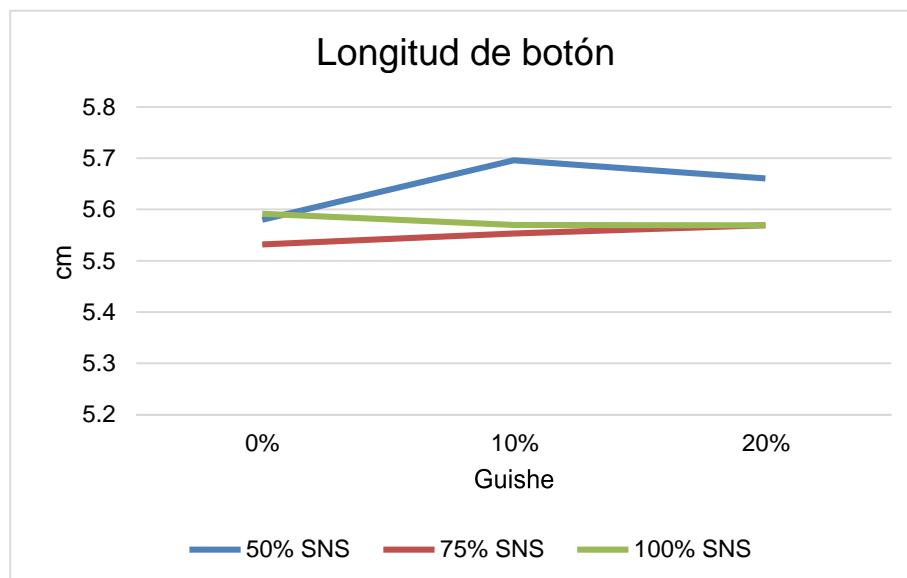


Figura 5. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable longitud de botón.

Días de siembra a cosecha

La fecha de establecimiento de un cultivo es muy importante ya que por medio de esta se hace una programación para la cosecha de las flores y así hacer que el producto salga a la venta en las fechas esperadas y lograr el

mejor precio por los clientes y consumidores potenciales. En esta variable no se encontró diferencia estadística al realizar el análisis de datos (Cuadro 5) y al observar la gráfica de la Figura 6 se observó que si bien los tulipanes cultivados con el 100% de sales y 20% de guishe en el sustrato se redujo el número de días de siembra a cosecha de 53-54.5 días en promedio a 52 días lo cual es solo un día y medio o dos de diferencia.

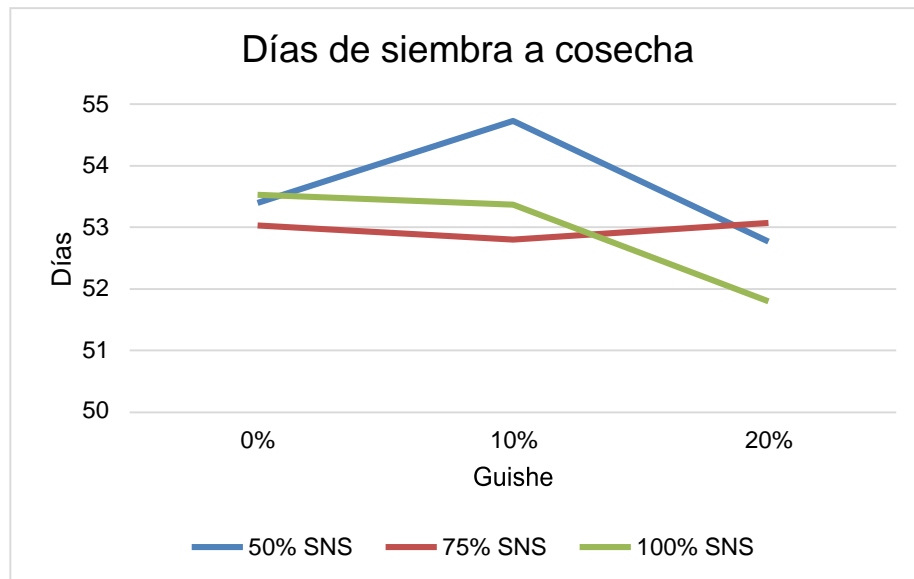


Figura 6. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable días de siembra a cosecha.

Número de hojas

La cantidad de hojas es muy importante para la fotosíntesis, creando más carbohidratos para el crecimiento de la planta. Además de que en el tulipán son hojas muy gruesas de color verde oscuro, que le ayudan en la apariencia de la planta. En el experimento después de realizar el análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) no se observó diferencia estadística ni numérica en los tratamientos (Figura 7 y Cuadro 5). En promedio el número de hojas que presentaron las plantas de tulipán fue 3 a 4.

Resultados diferentes obtuvo Rodríguez-Macías *et al.* (2010) reportaron un incremento en el número de hojas en plántulas de brócoli al utilizar bagazo de agave como sustrato y Juárez-Rosete *et al.* (2019) mencionan un incremento en biomasa en el cultivo de tomate al utilizar la Solución nutritiva de Steiner al 75%.

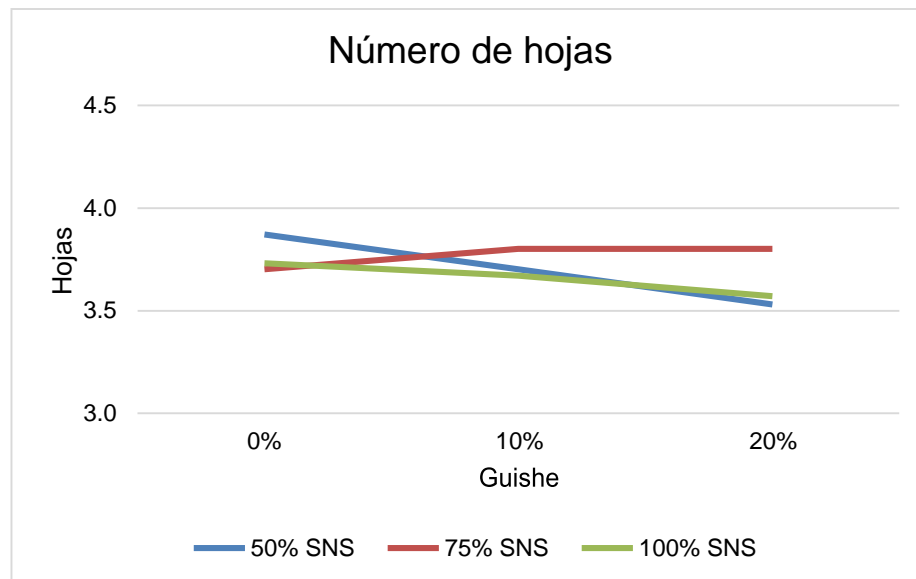


Figura 7. Efecto de la incorporación de guishe en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable número de hojas.

Vida en florero

Vida en florero es un factor muy importante para la comercialización de flor de corte, una flor cortada tiende a morir mucho más rápido que una que se mantiene aún en la planta. Se han buscado métodos diferentes para la conservación de las flores en florero incluyendo el uso de soluciones nutritivas ricas en nutrientes durante su cultivo. En el experimento al realizar el análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) no se observó diferencia estadística ni numérica de importancia (Figura 8 y Cuadro 5). En promedio la vida en florero de las flores de tulipán del cv. Huntsville fue de 12 días al colocarse en floreros solo con agua de grifo y a temperatura ambiente.

Resultados diferentes encontraron Ramírez *et al.* (2010) al suministrar solución nutritiva Steiner al 50% en flores de tulipán se obtuvo el mayor periodo de vida en florero (11.3 días). También, Rodríguez-Mendoza *et al.*

(2011) en el cultivo de tulipán holandés cv. Golden Apeldoorn encontraron que con la formulación del 100% de sales Steiner se obtuvo una mayor vida en florero en comparación con concentraciones inferiores de sales nutritivas.

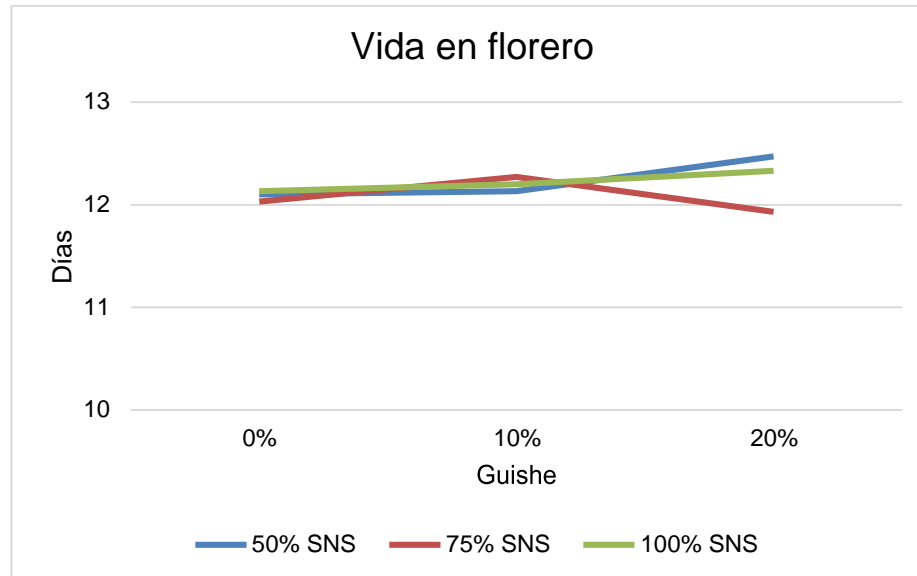


Figura 8. Efecto de la incorporación de guishe de lechuguilla en la mezcla de sustratos y tres niveles de sales nutritivas Steiner (SNS) en la variable vida en florero.

Hay evidencia de que muchos residuos de actividades económicas pueden ser utilizados como sustratos en la producción de cultivos sin suelo, pero pueden presentar el inconveniente de presentar sustancias nocivas que dañan a la planta si no se descomponen bien. En el caso particular de los agaves Hoz-Zavala y Nava-Diguero, (2017), Narcia *et al.*, (2012), Carmona *et al.* (2017) y Cervantes (2003) mencionan que los desechos de agaves pueden contener alcoholes, celulosa, hemicelulosa, ligninas solubles, ligninas insolubles, pectinas y saponinas que además de dañar el ambiente pueden dañar a las plantas. Y si bien, en este experimento se utilizó material parcialmente descompuesto no se observó toxicidad alguna, al menos en las proporciones probadas que fueron 10% y 20%. Quizás, también debido a que durante el proceso de desinfección con vapor, las altas temperaturas pudieron alterar cualquier sustancia tóxica que dañara las plantas.

Cuadro 5. Cuadrados medios, significancia estadística del ANVA ($P \leq 0.05$) y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables longitud de botón, días de siembra a cosecha, número de hojas y vida en florero.

Factor	Longitud de botón (cm)	Días de siembra a cosecha	Número de hojas	Vida en florero (días)
Solución nutritiva Steiner (SNS)				
100%	5.652 a	53.5660 a	3.700 a	12.22 a
75%	5.552 b	53.1773 a	3.767 a	12.078 a
50%	5.598 a	52.9327 a	3.654 a	12.366 a
DSM	0.876	1.459	0.215	0.512
Mezcla de sustratos con guishe (M)				
0%	55.747 a	53.398 a	3.7670 a	12.089 a
10%	56.082 a	53.733 a	3.7217 a	12.300 a
20%	56.191 a	52.545 a	3.6327 a	12.278 a
DMS	0.876	1.459	0.215	0.512
Significancia				
SNS	*	ns	ns	Ns
M	ns	ns	ns	ns
SNS X M	ns	ns	ns	ns
C.V.	2.53	4.44	9.43	6.79

*=Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). *=Significativo a una probabilidad del 0.05, ns= no significativo.

Además, se observó que si bien no existe un sustrato ideal para el cultivo sin suelo a fin a todos los cultivos agrícolas, se pueden elaborar mezclas de sustratos para aprovechar las propiedades físicas, químicas y biológicas de cada uno de modo que en su conjunto se logre el buen crecimiento y desarrollo de las plantas.

Del mismo modo si se incorpora guishe parcialmente descompuesto en dichas mezclas, los costos se pueden reducir significativamente, además, se reduce el impacto que este desecho tiene en el ambiente y se reduce el uso de recursos no renovables como las turberas.

Por otra parte, si bien, una de las ventajas de las ornamentales de bulbo es el ir equipadas con reservas que le servirán en las primeras etapas del crecimiento y desarrollo de la planta, después de un tiempo dichas reservas se acaban y la planta requiere un suministro de nutrientes constante al cultivarse si suelo y una de las formulaciones más utilizadas en la producción de cultivos de este tipo ampliamente probadas son las Steiner tal como lo menciona Rodríguez-Mendoza *et. al.* (2011).

En base a los resultados mostrados anteriormente se consideró para este cultivo como mejor solución nutritiva la concentración de 50% de sales Steiner en virtud de que se requiere menor cantidad de fertilizantes y como mejor mezcla de sustratos la que contiene 20% de guishe de lechuguilla+ 50% de peat moss+20% de perlita y 10% de vermiculita, dado que se requiere menor cantidad de peat moss para producir flores de tulipán con calidad comercial. Esto contradice lo obtenido por Rodríguez-Mendoza *et. al.* (2011) quienes lograron el buen crecimiento y desarrollo de tulipán holandés cv. Golden Apeldoorn con la formulación del 100% de sales Steiner.

V. CONCLUSIONES

La incorporación del 10% al 20% de guishe en la mezcla con sustratos comerciales peat moss, perlita y vermiculita permitió el crecimiento y desarrollo satisfactorio del tulipán holandés cv. Huntsville cultivado sin suelo.

La mezcla con el 10% de guishe y 100% de sales Steiner fue la que proporcionó diferencia estadística en la variable altura de planta mientras que la mayor longitud de botón se logró con la aplicación de 50% de sales Steiner independientemente de la mezcla de sustratos.

Se determinó como mejor tratamiento la solución nutritiva elaborada a 50% de las sales Steiner y la mezcla de sustratos donde se incorporó 20% de guishe en virtud de que se obtuvo flores de tulipán holandés con calidad comercial similar a la obtenida en la mezcla de sustratos sin guishe (testigo).

Lo anterior sugiere que el guishe de lechuguilla mezclado con peat moss y otros sustratos comerciales de menor costo puede ser usado para reducir costos en el cultivo sin suelo de tulipán. Además, al incorporar guishe en los cultivos sin suelo como en esta ornamental, se le da uso a este material de desecho reduciendo en consecuencia el impacto ambiental.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad B., Noguera M. y Carrión, B. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo: En: Urrestarazu-Gavilan. Cultivo sin suelo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 168 p.
- Acosta D., C. M., S. Gallardo C., N. Kämpf, y F. Carvallo B. 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Inv. Agrop.* 5: 93-106.
- Alonso F., R. Miralles De I., J. V. Martín, C. Rodríguez, y M. M. Delgado. 2012. Response of chrysanthemum plant to addition of broiler manure as a substitute for commercial substrate. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 28: 259-263.
- Anicua S., M. C. Gutiérrez C., P. Sánchez G., C. Ortiz S., V. H. Volke H., y J. E. Rubiños P. 2009. Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agric. Téc. Méx.* 35: 147-156.
- Ayala S., A., y L. A. Valdez. 2008. El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 14: 161-167.
- Baixauli S. C. y Aguilar O. José M. 2002. Cultivos sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Ed. Generalitat Valencia. España. 110 p.
- Barbaro L., A., D. C. Imhoff S., y E. Morisigue D. 2014. Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical. *Cien. Suelo (Arg.)* 32: 149-158.
- Beltrano J. y Giménez, D. 2015. Cultivo en hidroponía. Universidad Nacional de la Plata. Primera edición., Buenos Aires: Argentina.
- Benavides A., Preciado P. and Favela E. 2014. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Segunda edición., Lima-Perú: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Borges G., L., M. Soria-Fregoso y N. Ruz-Febles. 2003. Contenido de macronutrientes en sustratos de bagazo de henequén y excreta porcina y su efecto en el desarrollo de crisantemo. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 9: 291–304.
- Carmona J. E., Morales-Martínez T. K., Mussatto S. I., Castillo-Quiroz D., Ríos-González S. J. 2017. Propiedades químicas, estructurales y funcionales de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 8 (42): 100-122.
- Cásares M. C. y N. Maciel. 2009. Estabilidad del medio de crecimiento y comportamiento del anturio (*Anthurium x Cultorum* cv. Arizona) en sustratos de disponibilidad local. *Bioagro* 21: 99-104.
- Castillo Q. D., A. O. Mares y G. E. E. Villavicencio. 2011. Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) planta suculenta de importancia económica y social de las zonas áridas y semiáridas de México. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas* 8: 6-9.
- Castillo, Q. D., R. J. T. Sáenz, V. M. Narcia y R. J. A. Vázquez. 2013. Propiedades físico-mecánicas de la fibra de *Agave lechuguilla* Torr. de cinco procedencias bajo plantaciones. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4: 78-91.
- Cervantes R., M., 2003. Plantas de Importancia Económica en las Zonas Áridas y Semiáridas de México. *Temas Selectos de Geografía de México. I. Textos Monográficos. 5. Economía.* Instituto de Geografía, UNAM. 153 pp.
- Chávez-Aguilera N.; Romantchik-Kriuchkova E.; Gracia-López C. y Velázquez-Borja M. 2009. Diseño y construcción de un equipo tipo remolque para desinfección en estático con calor de sustratos. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 2: 127-136.
- Crespo-González M. R., González-Eguiarte D. R., Rodríguez-Macías R., Rendón S. L. A., del Real Laborde J. I. & Torres-Morán J. P. 2013. Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de

sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 4(8): 1161-1173.

Cruz C., J. M., J. M. Álvarez S., M. D. J. Soria F., y C. Martínez B. 2016. Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados. Rev. Cien. Téc. Agropec. 25: 44-49.

Cruz-Crespo E.; Can-Chulim A; Sandoval-Villa M.; Bugarin-Montoya R.; Robles-Bermúdez A. y Juárez-López P. 2012. Sustratos en la horticultura. Revista Bio Ciencias. 2:14-26.

Flores A. R., M. Livera M., M. T. Colinas, L., E. A. Gaytán A. y A. Muratalla L. 2008. Producción de plántulas de ciclamen (*Cyclamen persicum* Mill.) en sustratos basados en polvo de bonote de coco. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 14: 309-318.

Garbanzo-León G. y M. Vargas-Gutiérrez. 2014. Determinación fisicoquímicas de diez mezclas de sustratos para la producción de almácigos, Guanacaste, Costa Rica. Revista InterSedes 15:151-168.

García A., J. C., L. I. Trejo T., M. A. Velásquez H., A. Ruíz B., y F. C. Gómez M. 2010. Crecimiento de petunia en respuesta a diferentes proporciones de composta en sustrato. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 16: 107-113.

Gayosso-Rodríguez S., Borges-Gómez L., Villanueva-Couoh E., Estrada-Botello M. A., & Garruña-Hernández R. 2016. Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50(5), 617-631.

Hoz-Zavala M. E. E. y Nava-Diguero P. 2017. Los residuos de agave como factor de corrosión del suelo donde se vierte. Revista del Desarrollo Tecnológico. 1(2): 11-24.

Juárez-Rosete C. R., Aguilar-Castillo J. A., Aburto-González C. A., and Alejo-Santiago Gelacio. 2019. Biomass production, nutritional requirement of nitrogen, phosphorus and potassium, and concentration of the nutrient solution in oregano. Revista Chapingo. Serie horticultura, 25(1): 17-28. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.02.006>

- Masaguer A., V. Gómez M., J. Cámara, H. Zárate B., L. Guzmán D., y V. González V. 2013. Transformación de subproductos forestales en medios de cultivo en Oaxaca (México). *In: VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*. Madrid, España. 22 p.
- Narcia V., M., D. Castillo Q., J. A. Vázquez R. y C. A. Berlanga R. 2012. Turno técnico de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(9): 81-88.
- Pérez A., I. Almonte, E. Avilés Q., C. Martínez P., G. López, y P. Núñez. 2010. Caracterización de sustratos utilizados en la producción de vegetales en invernaderos. *In: Proceedings of the Caribbean Food Crops Society. 46th Annual Meeting*. Lugo, W. I. y Colón W. (ed.). Boca Chica, Dominican Republic 46: 67-72.
- Pozo J., J. E. Álvaro, I. Morales, J. Requena, T. La Malfa, P. C. Mazuela, and M. Urresterazu G. 2014. A new local sustainable inorganic material for soilless culture in Spain: Granulated volcanic rock. *HortScience* 49: 1537-1541.
- Puerta A., C. E., T. Russián L., y C. A. Ruíz S. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. *Rev. Cient. UDO Agríc.* 12:298-306.
- Quintero C., M. F., C. A. González M., y J. M. Guzmán P. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. *In: Flórez R., V. J. (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo*. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia. pp: 79-108.
- Ramírez M.M., Trejo-Téllez L.I., Gómez-Merino F.C., Sánchez-García P. 2010. La Relación K^+ /Ca^{2+} de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. *Rev. Fitotecnia Mex.* 33(2): 149-156.
- Rodríguez M., R., E. G. Alcantar G., G. Iñiguez C., F. Zamora N., P. M. García L., M. A. Ruíz L., y E. Salcedo P. 2010. Caracterización física y química de sustratos agrícolas a partir de bagazo tequilero. *Interciencia* 35: 515-520.

- Rodríguez Narváez D. 2013. Evaluación de sustratos orgánicos alternativos en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *REPOSITORIO NACIONAL CONACYT*.
- Rodríguez A. y Chang M. 2013. Soluciones nutritivas en hidroponía. Segunda edición, Republica del Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rodríguez-Díaz E., Salcedo-Pérez E., Rodríguez-Macías R, Gonzales-Eguiarte D. y Mena-Munguía S. 2013. Reuso del tezontle: efecto en sus características físicas y en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Terra Latioamericana* 31:275-284.
- Rodríguez-Macías R., Alcántar-González G.; Ruíz-López M.; Salcedo-Pérez, E. y Larios-Ulloa, M. 2010. Agave tequilero como sustrato en la producción de plántulas de brócoli. *Interciencia*. 35. 515-520.
- Rodríguez-Mendoza M. de las N., Osorio-Rosales B., Trejo-Téllez L. I., Arévalo-Galarza M. de L. & Castillo-González Ana María. 2011. Producción organomineral de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) para flor de corte. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(3): 117-127.
- Román C.E. 2009. El cultivo del Tulipán *Tulipa* spp. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 20 p.
- SAGARPA.2011.SuperficieMundialdeOrnamentales.<http://www.siap.gob.mx/opt/123/90/89.html>.
- SIAP. 2019. Cierre de la producción agrícola. Consultado 20 de enero de 2020. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sustaita R., F. 2009. Utilización de residuos de palma de sombrero (*Brahea dulcis*) como sustrato de cultivo. Consultado 10 de enero del 2020. Disponible en: www.utm.mx/~mtello/Extensos/Agosto.html.
- Trejo-Téllez L. I., Ramírez-Martínez M., Gómez-Merino F. C., y Castillo-González A. M. 2013. Caracterización de cultivares de tulipán (*Tulipa gesneriana* L.) en postcosecha. *AGROProductividad*, 6(3), 28-37.

- Trópicos. 2017. Missouri Botanical Garden. Consultado 15 de enero del 2020.
Disponibile en: <http://www.tropicos.org>
- Urbina S., E., G. A. Baca C., R. Núñez E., M. T. Colinas L., L. Tijerina C., y J. L. Tirado T. 2011. Zeolita como sustrato en el cultivo hidropónico de Gerbera. *Terra Latinoam.* 29: 387-394.
- Urrestarazu M. 2013. State of the art and new trends of soilless culture in Spain and in emerging countries. *Acta Horticulturae* 1013: 305-312.
- Villanueva C., E., G. Alcántar G., P. Sánchez G., M. Soria F., y A. Larqué S. 2010. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio para la producción de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. con sustratos regionales en Yucatán, México. *Terra Latinoam.* 28: 43-52.
- Zamudio G, B. 2008. Avances de la nutrición de ornamentales en México. *In: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo.* Quito Ecuador. pp: 1-22.