



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**REBAUDIÓSIDOS EN *Stevia rebaudiana* Bertoni  
FERTILIZADA CON LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOST,  
EN INVERNADERO**

**TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PRESENTA:  
ANA PATRICIA MARIANO ORTEGA**

**DIRECTORA DE TESIS:  
DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ**

**CODIRECTORA:  
DRA. ESTRELLA LARA CORTÉS**

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Junio de 2021



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**REBAUDIÓSIDOS EN *Stevia rebaudiana* Bertoni  
FERTILIZADA CON LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOST,  
EN INVERNADERO**

**TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**PRESENTA:**

**ANA PATRICIA MARIANO ORTEGA**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ**

**CODIRECTORA:**

**DRA. ESTRELLA LARA CORTÉS**

**ASESORES:**

**DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ**

**DR. J. REFUGIO TOBAR REYES**

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Junio de 2021

La presente tesis titulada: **Rebaudiósidos en *Stevia rebaudiana* Bertoni fertilizada con lixiviado de lombricompost, en invernadero** y realizada por Ana Patricia Mariano Ortega, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Directora: Dra. Delia Moreno Velázquez

  
\_\_\_\_\_

Codirectora: Dra. Estrella Lara Cortés

  
\_\_\_\_\_

Asesor: Dr. Sigfrido David Morales Fernández

  
\_\_\_\_\_

Asesor: Dr. J. Refugio Tobar Reyes

  
\_\_\_\_\_

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Junio de 2021

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico **BUAP-313 Manejo integral de cultivos agrícolas** y de la línea de investigación: **Cambios fisiológicos, fisicoquímicos y bioquímicos en el manejo de cultivos y productos hortofrutícolas.**

Dicho trabajo fue financiado por el Cuerpo Académico y la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

## DEDICATORIA

La realización de este trabajo se la dedico con mucho cariño y gratitud:

A mi madre **Maura Ortega Trejo** por ser la persona que más amo, por ser el pilar fundamental en mi vida, por su amor y apoyo moral e incondicional, por sus consejos y que siempre me ha impulsado a seguir estudiando, muchísimas gracias madrecita.

A mis hermanos **Nicolas, Estela y Josefina Mariano Ortega** les doy gracias por sus consejos, y apoyo tanto moral como económico, que me dieron el valor para no rendirme y seguir adelante.

A mis hijos **Javier Orlando y Jonathan Zahid** que aun con los problemas por mi ausencia, me apoyaron y formaron parte importante en la culminación de mi tesis.

A mi padre **Nicolás Mariano Santes E.P.D.** Gracias por enseñarme el trabajo de campo y el amor a la tierra.

A mi familia quienes han creído en mí, dándome un ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a cuidar y valorar lo que tengo, porque han fomentado el deseo de superación para desarrollarme en la vida.

A todos los maestros en general; por sus conocimientos consejos y apoyo otorgados durante la etapa de estudiante, que me brindaron su sabiduría contribuyendo a mi formación profesional.

A mis queridas amigas, por brindarme su amistad, por compartir momentos inolvidables durante y después de la etapa de estudiante.

A don **Jorge Alberto Hernández Zapiain E.P.D.**, por su amistad, consejos, motivación y enseñanza, muchas gracias.

A toda persona que tal vez no mencione, pero que de una u otra forma me impulsaron a seguir preparándome para la vida, aconsejándome o aportaron a mi desarrollo personal y profesión.

Gracias a todos los que han contribuido, ya sea intencional o involuntariamente para la culminación de este logro.

Después de escalar una gran colina, uno solo se encuentra con que hay muchas más colinas que escalar (Nelson Mandela)

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Autónoma de Puebla en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias** que me brindo la posibilidad de formarme profesionalmente durante los años de estudio y contribuyo en mi formación, preparación y acompañamiento durante la etapa de estudiante; así como su apoyo para la realización y conclusión de mi tesis.

A mi directora de tesis, **Doctora Delia Moreno Velázquez** quien supo orientarme y brindarme su conocimiento, paciencia, apoyo y desarrollo de este trabajo.

A mi codirectora de tesis, **Doctora Estrella Lara Cortés**, gracias por su aportación y enseñanza que hicieron posible este logro.

A mis asesores, **Doctor Sigfrido David Morales Fernández y Doctor J. Refugio Tobar Reyes**, por su contribución para la culminación de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	i
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
4.1. Origen e historia de la stevia.....	4
4.2. Clasificación taxonómica.....	4
4.2.1. Descripción botánica .....	5
4.3. Requerimientos edafoclimáticos .....	7
4.3.1. Altitud.....	7
4.3.2. Precipitación .....	7
4.3.3. Temperatura.....	7
4.3.4. Suelo .....	8
4.4. Características agronómicas de la stevia .....	8
4.5. Propagación de plantas en invernadero .....	8
4.5.1. Época de trasplante .....	8
4.5.2. Distancia .....	9

4.5.3. Poda .....	9
4.6. Plagas y enfermedades del cultivo .....	9
4.6.1. Plagas.....	9
4.6.2. Enfermedades .....	13
4.7. Fertilización .....	16
4.7.1. Fertilización orgánica .....	16
4.7.2. Lombricompost.....	17
4.8. Importancia económica de los edulcorantes de stevia .....	18
4.8.1. Importancia en México.....	19
4.9. Usos .....	20
4.9.1. Poder edulcorante.....	20
4.9.2. Formas disponibles en el mercado.....	21
4.10. Edulcorantes .....	23
4.10.1. Edulcorantes naturales calóricos procesados.....	23
4.10.2. Edulcorantes naturales calóricos .....	25
4.10.3. Edulcorantes calóricos artificiales (modificados y alcoholes de azúcar) .....	26
4.10.4. Edulcorantes artificiales acalóricos .....	27
4.10.5. Edulcorantes naturales acalóricos.....	27
4.11. Edulcorante natural –stevia .....	29
4.12. Glucósidos de stevia en base a la fertilización con lombricompost.....	29
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
5.1. Ubicación del área de investigación .....	31
5.2. Establecimiento del cultivo.....	31
5.2.1. Material vegetal .....	32

5.3.	Preparación de los sustratos .....	32
5.4.	Diseño experimental .....	32
5.5.	Riego del cultivo .....	32
5.6.	Fertilización .....	33
5.7.	Plagas y enfermedades .....	34
5.8.	VARIABLES EVALUADAS .....	34
5.8.1.	Caracterización del sustrato .....	34
5.8.2.	Temperatura del suelo .....	34
5.8.3.	Temperatura ambiental y Humedad relativa .....	35
5.8.4.	Altura de planta .....	35
5.8.5.	Diámetro de tallo .....	36
5.8.6.	Número de brotes .....	36
5.8.7.	Determinación de rebaudiósidos .....	37
5.9.	Análisis estadístico .....	38
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
6.1.	Caracterización de los sustratos .....	39
6.2.	Temperatura de los sustratos.....	42
6.3.	Humedad relativa y temperatura ambiental .....	42
6.4.	Altura de la planta.....	43
6.5.	Diámetro de tallo .....	45
6.6.	Numero de tallos por planta.....	45
6.7.	Peso fresco .....	45
6.8.	Peso seco.....	47
6.9.	Contenido de humedad .....	47

6.10. Concentración de rebaudiósidos.....	48
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b>	Formas disponibles y aplicaciones de la stevia.....	22
<b>Cuadro 2.</b>	Edulcorantes naturales y artificiales.....	23
<b>Cuadro 3.</b>	Edulcorantes naturales calóricos procesados.....	24
<b>Cuadro 4.</b>	Descripción y uso de edulcorantes naturales calóricos .....	25
<b>Cuadro 5.</b>	Descripción de azúcares modificados y alcoholes de azúcar.....	26
<b>Cuadro 6.</b>	Descripción y uso de edulcorantes artificiales no calóricos.....	27
<b>Cuadro 7.</b>	Descripción y usos de edulcorantes naturales.....	28
<b>Cuadro 8.</b>	Numero de tratamiento y dosis de fertilización con lixiviado.....	32
<b>Cuadro 9.</b>	pH, conductividad eléctrica (C.E) y contenido de materia orgánica (M.O) en los sustratos utilizados con el cultivo de stevia.....	39
<b>Cuadro 10.</b>	Contenido de macronutrientes en los sustratos utilizados en el cultivo de stevia.....	40
<b>Cuadro 11.</b>	Contenido de micronutrientes en los sustratos utilizados en el cultivo de stevia.....	41
<b>Cuadro 12.</b>	Altura, diámetro y número de tallos en plantas de stevia cultivada en sustratos orgánicos.....	44
<b>Cuadro 13.</b>	Altura, diámetro y número de tallos en plantas de stevia cosechada en tres tiempos de corte.....	44
<b>Cuadro 14.</b>	Peso fresco y seco de plantas de stevia cultivadas en sustratos orgánicos.....	46
<b>Cuadro 15.</b>	Peso fresco y seco en plantas de stevia cosechada en tres tiempos de cosecha.....	46
<b>Cuadro 16.</b>	Contenido de humedad de planta de stevia cultivada en sustratos orgánicos.....	47
<b>Cuadro 17.</b>	Contenido de humedad por el tiempo de corte.....	48
<b>Cuadro 18.</b>	Contenido de rebaudiósidos en hojas de stevia, cultivada con diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.....	49
<b>Cuadro 19.</b>	Contenido de rebaudiósidos en hojas de stevia, cosechada en tres tiempos.....	49

**Cuadro 20.** Análisis de correlación de las variables del desarrollo del cultivo de stevia con la cantidad de rebaudiósidos ..... 50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Planta de stevia.....	5
<b>Figura 2.</b>	Raíz de la planta de stevia.....	5
<b>Figura 3.</b>	Hoja de la planta de stevia.....	6
<b>Figura 4.</b>	Flor de planta de stevia.....	6
<b>Figura 5.</b>	Semillas de la planta de stevia.....	7
<b>Figura 6.</b>	Gusano de tierra.....	9
<b>Figura 7.</b>	Gusano defoliador.....	10
<b>Figura 8.</b>	Cochinilla algodonosa.....	10
<b>Figura 9.</b>	Hormiga arriera.....	11
<b>Figura 10.</b>	Pulgonos.....	11
<b>Figura 11.</b>	Mosquita blanca.....	12
<b>Figura 12.</b>	Babosas.....	12
<b>Figura 13.</b>	Seda blanca.....	13
<b>Figura 14.</b>	Tizón temprano.....	13
<b>Figura 15.</b>	Mancha foliar.....	14
<b>Figura 16.</b>	Fusarium.....	15
<b>Figura 17.</b>	Tizón tardío.....	15
<b>Figura 18.</b>	Septoria.....	16
<b>Figura 19.</b>	Superficie sembrada y cosechada durante el periodo 2011-2019.....	20
<b>Figura 20.</b>	Localización del área de investigación.....	31
<b>Figura 21.</b>	Aplicación de lixiviado de lombricompost.....	33
<b>Figura 22.</b>	Registro de temperatura del suelo.....	34

<b>Figura 23</b>	Registro de temperatura y humedad relativa.....	35
<b>Figura 24.</b>	Medición de altura de plantas.....	35
<b>Figura 25.</b>	Medición de diámetro de tallo.....	36
<b>Figura 26.</b>	Conteo de nuevos tallos.....	36
<b>Figura 27.</b>	Curva patrón obtenido de la dilución madre.....	38
<b>Figura 28.</b>	Temperatura de los sustratos orgánicos.....	41
<b>Figura 29.</b>	Humedad relativa y temperatura dentro del invernadero.....	43

## RESUMEN

Las hojas de (*Stevia rebaudiana* Bertoni) actualmente son de importancia en la industria de los edulcorantes, por presentar mayor dulzor que la caña de azúcar, siendo los esteviósidos y rebaudiósidos los compuestos responsables. En México el cultivo llegó en el año 2010 y se ha encontrado que los factores genéticos, ambientales y de manejo influyen en la cantidad de estos edulcorantes. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de plantas de stevia y el contenido de rebaudiósidos, fertilizadas con lixiviado de lombricompost y cosechadas en diferentes tiempos de corte. En la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la BUAP, se trasplantaron 40 plantas de stevia en bolsas de polietileno de 35 x 35 calibre 700 con dos sustratos, 20 plantas con tierra de monte y 20 plantas con tierra de monte más hormigón en una relación 4:1 (p:p), con y sin la aplicación de lixiviado de lombricompost como fertilizante a intervalos de 15 días, con una dosis de 15mL L<sup>-1</sup>. Se evaluaron cuatro tratamientos con diez repeticiones y una planta como unidad experimental, con un diseño completamente al azar y el análisis de varianza fue con la prueba de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de probabilidad de 0.05 ( $P \leq 0.05$ ). Se presentaron diferencias significativas en relación al número de cortes; el corte uno presento mayor aumento de diámetro de tallo, cantidad de tallos y contenido de humedad, en el corte dos se obtuvo mayor altura de la planta, así como mayor cantidad de peso fresco, pero se obtuvo una menor cantidad de peso seco. en cuanto a la cantidad de rebaudiósidos, los resultados muestran que la época estacionaria o número de corte, la temperatura, la humedad, el tipo de sustrato utilizado y la aplicación de lixiviado; influyen en el contenido de rebaudiósidos en la planta.

**Palabras clave:** *Stevia rebaudiana*, tierra de monte, lixiviado de lombricompost, rebaudiósidos.

## ABSTRAC

The (*Stevia rebaudiana* Bertoni) leaves are currently of importance in the sweetener industry, because they present greater sweetness than the sugar cane, the steviosides and rebaudiosides being the responsible compounds. In Mexico this crop arrived in 2010 and it has been found that genetic, environmental and management factors influence in the amount of these sweeteners. For the above, the objective of this work was to evaluate the increase in plants of stevia and the content of rebaudiosides, fertilized with vermicompost leachate and harvested at different cutting times. At BUAP's Faculty of Agricultural and Livestock Sciences, 40 Stevia plants were transplanted into 35 x 35 polyethylene bags 700 caliber with two substrates, 20 plants with bush soil plus limestone gravel "Hormigon" in a ratio 4:1 (p:p), with and without the application of vermicompost leachate, at 15-day intervals with a dose of 15mL L<sup>-1</sup>. Four treatments with ten repetitions and one plant per experimental unit were evaluated, with a completely random design, the analysis of variance was with the test of comparison of means by the Tukey method with a level of probability of 0.05 ( $P \geq 0.05$ ). There were significant differences in relation of the number of cuts; The cut one presented greater increase in stem diameter, number of stems and moisture content, in the cut two presented higher plant height, as well higher quantity of fresh weight but a lower quantity of dry weight. In regarding the amount of rebaudiosides, the results show that the stationary epoch of cut number, the temperature, the humidity, the type of substrate used and the leachate application; Influence in the content of rebaudiosides in the plant.

**Keywords:** *Stevia rebaudiana*, Bush soil, Vermicompost leachate, Rebaudiósides.

## I. INTRODUCCIÓN

Las hojas de stevia en su forma natural presentan un dulzor de 10 a 15 veces mayor que el azúcar común de mesa y el extracto en su forma líquida tiene un poder endulzante aproximadamente 70 veces más que la sacarosa. Los extractos refinados contienen compuestos a base de carbohidratos y los esteviósidos son glucósidos edulcorantes con efectos insulínotropicos (Midmore *et al.*, 2002), por lo que puede ser utilizado por los diabéticos, ya que no eleva los niveles de glucosa en la sangre, no aporta calorías al ser metabolizado, es antiácido y cardiotónico; no produce caries, pues no es fermentado por las bacterias orales (Brandle, 2005), regula la presión arterial, la ansiedad, combate las caries, induce al páncreas a producir más insulina y actúa como agente bactericida (Bhosle, 2004).

Como en otros países de Latinoamérica, el consumo de stevia ha crecido de manera considerable en los últimos años, el cultivo ha empezado a desarrollarse en varias partes de la República Mexicana durante la última década (SIAP, 2014). La stevia fue introducida en México en el 2010, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) con el fin de conocer si este cultivo se podía adaptar al país.

Las investigaciones sobre fertilización orgánica en stevia, son escasas (Liu *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2013), el uso de abonos orgánicos incrementa la concentración de glucósidos, sin embargo, la cantidad de esteviósidos y rebaudiósidos se ven afectados por el tipo de abonos orgánicos (Liu *et al.*, 2011). Otros factores que influyen en la cantidad de concentración de glucósidos en stevia son: la altitud, estación del año y clima en donde se cultiva la planta (Bradle y Telmer, 2007).

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de las plantas de stevia y el contenido de rebaudiósidos en hojas, fertilizada con lixiviado de lombricompost y cosechadas en diferentes tiempos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Evaluar el crecimiento de plantas de stevia y el contenido de rebaudiósidos en hojas, fertilizadas con lixiviado de lombricompost y cosechadas en diferentes tiempos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar parámetros físicos de crecimiento en plantas de stevia fertilizada con lixiviado de lombricompost y cosechada en diferentes tiempos.
- Cuantificar el contenido de rebaudiósidos en las hojas de stevia, con y sin aplicación de fertilizante de lixiviado de lombricompost y cosechada en diferentes tiempos.

### **III. HIPÓTESIS**

La fertilización orgánica con lixiviado de lombricompost, incrementa el crecimiento y la cantidad de rebaudiósidos en las hojas de la planta de stevia.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Origen e historia de stevia

La planta de *Stevia rebaudiana* Bertoni, comúnmente llamada stevia, es una planta originaria de las laderas montañosas semiáridas de Paraguay, específicamente de la región de la Cordillera de Amambay, se encuentra ubicada entre el sur de Brasil y el Norte de Paraguay (Rengifo, 2005). Durante siglos, los pueblos indígenas guaraníes de Paraguay utilizaron las hojas de stevia como un edulcorante natural y medicinal (Carakostas *et al.*, 2008).

Fue mencionada por primera vez por el botánico y médico español Pedro Jaime Esteve (1500-1556) del cual su segundo apellido sirvió para dar el nombre a la planta (Moliner, 2000). Otros autores atribuyen el descubrimiento a Moisés Bertoni quien, en 1899, luego de identificarla taxonómicamente con su esposa Vera Bertoni y el agrónomo Juan B. Aranda Giménez, comenzó a establecer los métodos de multiplicación y de producción que condujeron a su "domesticación" (CAPASTE, 2010).

El nombre científico inicial que se le dio a la planta, fue *Euparium rebaudianum*, pero en 1905 su nombre botánico cambio a *Stevia rebaudiana* Bertoni (Lemus-Mondaca *et al.*, 2012).

En 1900, el químico paraguayo Ovidio Rebaudi realizó los primeros estudios sobre la naturaleza y la aplicación del edulcorante extraído de esta planta (Gilbert, 2010). Descubrió a los glucósidos edulcorantes, al aislar los dos principios activos, conocidos como esteviósido y rebaudiósido (Álvarez, 1996).

### 4.2. Clasificación taxonómica

Según Lemus-Mondaca *et al.* (2012), la clasificación taxonómica de la planta de stevia es la siguiente:

Reino: Plantae	Orden: Asterales
Subreino: Tracheobionta	Familia: Asteraceae
División: Magnoliophyta	Tribu: Eupatorieae
Clase: Magnoliopsida	Género: Stevia
subclase: Asteridae	Especie: Stevia rebaudiana B

El género stevia tiene alrededor de 320 especies (Brandley, 2007); sin embargo, solo dos de ellas tienen glucósidos de steviol, siendo la variedad *Stevia rebaudiana* Bertoni, la que contiene los compuestos más dulces (CEDRSSA, 2018).

#### **4.2.1. Descripción botánica**

La planta de stevia pertenece a la familia Asteraceae, es una planta herbácea perenne, de tallo erecto y subleñoso, pubescente; durante su desarrollo inicial no posee ramificaciones y después del primer ciclo vegetativo aparecen numerosos tallos (Figura 1), llegando a producir hasta 20 tallos en tres o cuatro años; puede alcanzar hasta 90 cm de altura en su hábitat natural y en los trópicos puede llegar a tener alturas superiores a 100 cm (Jaramillo, 2009)



**Figura 1. Planta de stevia**

La raíz de la planta de stevia, es fibrosa, pivotante, filiforme, perenne formando abundante cepa y no profunda, distribuyéndose cerca de la superficie, rebrotando nuevos y numerosos brotes cada primavera desde debajo de las raíces (Figura 2).



**Figura 2. Raíz de planta de stevia**

Sus hojas son elípticas, ovales o lanceoladas, algo pubescentes (Figura 3), con disposición opuesta en sus estados juveniles y alternas cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica, previa a la floración (Bonilla *et al.*, 2007).



**Figura 3. Hoja de la planta de stevia**

La flor es hermafrodita, pequeña y blanquecina (Figura 4); su corola es tubular, pentalobulada, en capítulos pequeños terminales o axilares, estos están agrupados en inflorescencias corimbosas (Shock, 1982).



**Figura 4. Flor de planta de stevia**

La semilla es un aquenio que puede ser claro (estéril) u oscuro (fértil) tal y como se muestra en la Figura 5, es diseminada por el viento. Se clasifica como una planta de día corto, situando el fotoperiodo crítico de 12 a 13 horas según el ecotipo (Monteiro, 1980).



**Figura 5. Semillas de planta de stevia**

La planta es auto incompatible (protandria), por lo que su polinización es entomófila; se indica que es de tipo esporofítico y clasificada como apomítica obligatoria (Monteiro, 1982).

### **4.3. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **4.3.1. Altitud**

La stevia es una planta que soporta una gran variedad de climas ya que se desarrolla bien desde el nivel del mar hasta los 1600 msnm. Sin embargo, es muy susceptible a enfermedades en la raíz y hojas, en las zonas de alta precipitación y suelos pesados (Ramia, 2002).

#### **4.3.2. Precipitación**

La exigencia de humedad de esta especie es alta y de manera continua; es decir, no debe faltar agua durante las diferentes etapas de su desarrollo, crece en la región subtropical, semihúmeda de América, con precipitaciones que oscilan entre 1,400 a 1,800 mm (Midmore y Rank, 2002; y Ramia, 2002).

#### **4.3.3. Temperatura**

Las plantas de stevia no son capaces de mantener su temperatura constante por lo que los cambios de temperatura ambiental influyen sobre su crecimiento y desarrollo, siendo la ideal entre los 18 a 34° C. Resiste y prospera hasta los 43° C acompañado de precipitaciones frecuentes. Temperaturas entre los 5 a 15° C no matan a la planta, pero si inhiben o detienen su desarrollo foliar y temperaturas inferiores a estas, matan a la planta (Muñoz, 1987).

#### **4.3.4. Suelo**

La planta de stevia se adapta a diferentes tipos de suelos, con un pH entre 5.5 y 7.5, con texturas desde francos arenosos a franco arcillosos con alta humedad y con buena permeabilidad y drenaje, con un contenido medio de materia orgánica (Zubaite, 2007).

#### **4.4. Características agronómicas de la stevia**

Es una especie semiperenne por lo cual la vida útil del cultivo puede durar entre 5 a 6 años, con 2 o 3 cortes anuales; el rendimiento anual de la hoja seca en Paraguay oscila entre 1500 y 2500 kg ha<sup>-1</sup> en condiciones de temporal y alrededor de 4300 kg ha<sup>-1</sup> con riego (Herrera *et al.*, 2012).

#### **4.5. Propagación de plantas en invernadero**

Un invernadero es una estructura cerrada cubierta por materiales con plástico blanco y transparente dentro del cual es posible obtener las condiciones artificiales de microclima adecuadas para el cultivo de las plantas fuera de temporada y favorecer el desarrollo de las plantas.

El intervalo de temperatura recomendable para crecer plantas en el invernadero es de 10 a 30° C para lograr una condición benéfica para el crecimiento adecuado de las plantas, ya que la función del invernadero es facilitar la propagación y protección de las plantas que permiten regular la temperatura, humedad del aire y la intensidad de luz (Miserendino y Astoquizaga, 2014).

##### **4.5.1. Época de trasplante**

Es muy importante considerar para definir la época conveniente en realizar el trasplante, ya que diversos autores consideran que; las temperaturas adecuadas para este cultivo son de entre 15 y 35° C, por lo cual es necesario determinar en cada zona, la época en que se presenta este rango de temperaturas para elegir el momento más adecuado (Ramia, 2002; Landázuri y Tigrero, 2009).

#### 4.5.2. Distancia

El distanciamiento de siembra adecuada, para la buena obtención de cosecha, es de 0.40 X 0.20 m, con una densidad de siembra de 100 000 plantas ha<sup>-1</sup> (Yañez, 2014).

#### 4.5.3. Poda

Esta práctica limita la altura y promueve el desarrollo de ramas laterales, para plantas de porte bajo, la primera poda se realiza cuando la planta tenga al menos 6 nudos. La poda apical consiste en cortar el ápice central, denominado también líder central, esto permite la brotación lateral y aumento en el número de ramas y se estimulan las yemas laterales (Lemus-Mondaca, 2012).

#### 4.6. Plagas y enfermedades del cultivo

Cortés (2012) menciona que las plagas del cultivo de stevia y las principales enfermedades que atacan al cultivo de stevia (EDAC e INCAGRO, 2009), son las que se mencionan a continuación:

##### 4.6.1. Plagas

###### -Gusano tierrero (*Agrotis ipsilon*)

Son larvas de hasta 50 mm color tierra, como se muestra en la Figura 6, cuando es adulto puede medir de 45 a 55 mm, tiene hábitos nocturnos alimentándose por la noche, cuando la oruga completa sus estadios le aparecen alas marrones con 3 manchas triangulares, la hembra deposita los huevos en el envés de las hojas o en el suelo.



Figura 6. Gusano de tierra

Daños: en plantas jóvenes se alimentan de las yemas de la stevia, roen el tallo provocando la caída de las plántulas, en plantas adultas atacan las partes verdes más próximas al suelo.

**-Gusano defoliador (*Diaphania hyalinata*)**

Los huevos son colocados en forma agrupada sobre las hojas, las larvas son verde claro con 2 líneas longitudinales en el dorso en color blanco (Figura 7).



**Figura 7. Gusano defoliador**

Daños: en su estado larval devoran vorazmente las hojas, sus efectos más dañinos son en los meses de invierno.

**-Cochinilla algodonosa (*Crypticerya genistae*)**

Atacan raíces y brotes de hortalizas (Figura 8) causando pérdidas importantes en la agricultura, realizan desoves periódicos con un incremento progresivo de la cantidad de huevos por puesta.



**Figura 8. Cochinilla algodonosa**

Daños: normalmente se alimentan de materia orgánica vegetal en descomposición, cuando el crustáceo se instala en el cultivo comienza a alimentarse trozando tallos y hojas de las plántulas causándole la muerte.

**-Hormigas (*Atta* spp)**

Reciben el nombre de cortadoras de hojas o arrieras, viven en nidos subterráneos conectados por una serie de túneles (Figura 9).



**Figura 9. Hormiga arriera**

Daños: representan una plaga importante que limita la producción en gran cantidad y variedad de cultivos debido a su capacidad de cosechar hojas para cultivar el hongo del cual se alimentan (Linnaeus, 1758).

**-Pulgones (*Mysus persicae*)**

Los pulgones son insectos chupadores que extraen la savia de las plantas, son parásitos de plantas silvestres y comerciales, de las que extraen fluidos (Figura 10).



**Figura 10. Pulgones**

Daños: cuando expulsan el exceso de azúcares que ingieren, (sustancia pegajosa) donde se asientan los hongos de la “negrilla” impidiendo la fotosíntesis y respiración de la planta.

**-Mosca blanca (*Bermisia tabaci*)**

Son insectos pequeños alrededor de 0.42 cm (Figura 11) que son atraídos por la planta dulce, se alimentan fundamentalmente de la savia de las hojas, son denominados vectores de virus ya que en su organismo trasladan un sin número de enfermedades de un cultivo a otro.



**Figura 11. Mosquita blanca**

Daños: al secretar azúcares a la par que se alimenta, origina un hongo llamado fumagina, que es una capa negra sobre las hojas que hace que la planta se debilite al evitar que se realice la fotosíntesis.

**-Babosas (*Helix spp*)**

Es un molusco gasterópodo terrestre emparentado con el caracol, pero con el caparazón representado por una placa córnea interna situado por encima de la cavidad respiratoria (Figura 12).



**Figura 12. Babosas**

Daños: Las babosas se alimentan de vegetación y a menudo suben a los árboles en busca de alimento, descendiendo después de ellos por medio de un hilo mucoso segregado por una glándula, puede causar grandes daños en los cultivos.

#### 4.6.2. Enfermedades

##### -Seda blanca (*Sclerotium rolfsii*)

Este hongo ataca al tallo de plantas adultas de stevia (Figura 13) y puede causar alta mortandad en el lugar definitivo.



**Figura 13. Seda blanca**

Daños: a medida que las plantas se infectan con una mancha algodonosa alrededor del cuello de la planta y se desarrolla rápidamente, la muerte de las plantas surge después de una semana de la infestación inicial.

##### -Tizón temprano (*Alternaria spp*)

Es un hongo patógeno, que para crecer necesita una humedad relativa en torno a 25-30 %, siendo su proliferación a humedades relativas más altas superiores a 90 % y temperaturas de 2° C a 33° C.



**Figura 14. Tizón temprano**

Daños: se presenta en las hojas en forma de manchas circulares de color café (Figura 14), donde se destacan anillos concéntricos de color más oscuro que se extiende a la parte superior de la planta, lo que origina amarillamiento y defoliación.

**-Mancha foliar** (*Cercospora arachidicola*)

Los síntomas se expresan como pequeñas manchas de color verde pálido en la superficie de las hojas más viejas, a medida que se desarrollan; se tornan de un color marrón rojizo a oscuro donde se puede ver un halo amarillo intenso rodeado de lesiones (Figura 15).



**Figura 15. Mancha foliar**

Daños: el patógeno sobrevive en residuos de cultivos anteriores, una vez las esporas germinan penetran directamente a través de las células de la epidermis o estomas abiertos provocando lesiones y formando grandes áreas de tejido muerto que ocasiona la caída de hojas.

**-Fusarium** (*Fusarium oxysporum*)

Es un hongo saprofito que vive en el suelo, penetra por la raíz moviéndose hasta llegar a la xilema (Figura 16), el micelio se desarrolla hasta taponar el flujo de la savia.

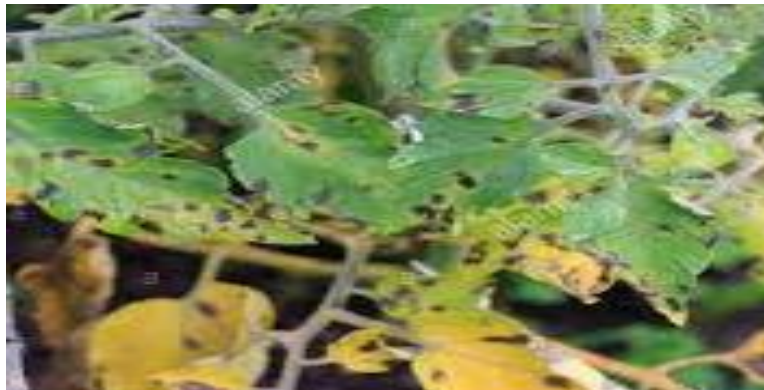
Daños: se observa un amarillamiento en las hojas, posteriormente marchitamiento y estas se secan, pero permanecen adheridas a la planta, las raíces principales y la base del tallo cuando se corta presenta necrosis vascular de color marrón.



**Figura 16. Fusarium**

**-Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)**

La enfermedad empieza a manifestarse normalmente en zonas con exceso de humedad, donde las esporas son transportadas por el viento y agua, el desarrollo de esta enfermedad está favorecido por la humedad elevada y temperaturas entre 17-25° C (Figura 17).



**Figura 17. Tizón tardío**

Daños: las primeras lesiones de las hojas se manifiestan con pequeñas manchas negras que se agrandan progresivamente, los tejidos infectados son edematosos, verde grisáceo, se vuelven necróticos colores marrones a negro en pocos días provocando la caída de hojas.

**-Septoria (*Septoria steviae*)**

Cuando la stevia se cultiva como perenne, el inoculo puede invernar en los restos de la planta y volver a infectar las plantas a medida que surgen nuevos tallos en la siguiente temporada, la

enfermedad se propaga más rápidamente en periodos de alta precipitación con temperaturas nocturnas frías.

Daños: comienzan con pequeñas lesiones necróticas en la base de la planta que gradualmente se mueven hacia arriba medida que avanza la temporada las lesiones se unen y dan lugar a la necrosis de las hojas enteras y causa defoliación del dosel (Figura 18).



**Figura 18. Septoria**

#### **4.7. Fertilización**

La fertilización en las plantas es uno de principales factores de mayor importancia en la producción, donde el objetivo es aportar los nutrientes esenciales para alcanzar el máximo potencial en relación a la calidad y rendimiento de las plantas (Galindo-Valdez, 2018).

##### **4.7.1. Fertilización orgánica**

Villagrán *et al.* (s/a) recomiendan aplicar de 10 a 20 toneladas de materia orgánica por hectárea, dependiendo del contenido nutricional del suelo en el momento de la preparación y la aplicación de dos toneladas de cal por hectárea cuando las condiciones de acidez (pH) del suelo lo requieran. El ambiente que rodea a la planta influye en su desarrollo, el sustrato para el cultivo debe ser poroso, Ramírez (2011) sugiere que una mezcla de turba, arena y hojarasca puede ser conveniente para el establecimiento de plantas en maceta.

Couton y Aspira (1979), indica que los fertilizantes, cuando se los utiliza juntamente con otros insumos, por ejemplo, las variedades de alto rendimiento y el agua de riego, originan una

interacción positiva por la cual se incrementa aún más su contribución al acrecentamiento de los rendimientos.

#### **4.7.2. Lombricompost**

El lombricompost o humus de lombriz, es un apreciable producto que es resultado de la ingestión y digestión de diferentes residuos orgánicos por parte de la lombriz de tierra, por un proceso que consiste en la biooxidación y estabilización de los sustratos orgánicos a través de la acción descomponedora conjunta de lombrices y micro organismos que los convierten en un material humificado y mineralizado (Martínez, 1996; Domínguez *et al.*, 1997; Bollo, 1999).

Las deyecciones de la lombriz poseen una riqueza en flora bacteriana, ello permite la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica, cuando este material es aplicado al suelo (Ferruzí, 1986).

El humus de lombriz está compuesto principalmente por C, O<sub>2</sub>, N, así como macros y micro nutrimentos en diferentes proporciones tales como: Ca, Mg, K, P, Fe, Mn y Zn entre otros, los contenidos finales dependerán básicamente de la fuente de origen y la humedad del material cuando el proceso finaliza (Fraile y Obando, 1994).

Algunos autores mencionan que las propiedades nutricionales del lombricompost puede variar mucho entre sí (Werner y Cuevas 1996; Ferruzi 1986; Bollo 1999) debido a los tipos de desechos utilizados, las proporciones de cada uno y el estado de descomposición de estos materiales, las condiciones en la cuales se lleve a cabo el lombricompostaje y el tiempo de almacenamiento (Chacón y Blanco 1999).

Ferruzi (1986) y Martínez (1996) concuerdan en que el conjunto de características químicas, físicas y microbiológicas son las que determinaran la calidad final y en consecuencia el uso apropiado de estos productos en los diferentes cultivos.

##### **4.7.2.1. Lixiviado de lombricompost**

El lixiviado de lombriz es la parte líquida integrada por ácidos húmicos, fúlvicos, uránicos melánicos e himatomeláticos, además se encuentran aminoácidos y fitohormonas, las cuales están presentes en la misma composición de los desechos orgánico- minerales en el proceso de compostaje (Musumeci y Paoletti, 2009). además, microorganismos vivos propios para la

nitrificación y solubilización de minerales quelatados en el suelo, el cual aplicado al suelo o a la planta actúa como racionalizante de fertilización, ya que se hace asimilable en todo su espectro a los macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales, además crea un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos etc. que impiden el desarrollo de patógenos reduciendo el riesgo al desarrollo de enfermedades además estimula la humificación propia del suelo ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes en el mismo (Mirabelli, 2013).

#### **4.7.2.2. Efectos de la fertilización con lixiviado de lombricompost**

Con fines de propiciar un rápido desarrollo de las plantas durante la etapa de crecimiento, se ha planteado suplementar sus requerimientos nutricionales mediante el uso de fuentes orgánicas de nutrientes, basados en el hecho que la hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos, en tal sentido Jyung y Wittwer (1964), encontraron que las hojas jóvenes son las que tiene mayor capacidad de absorción de nutrimentos con respecto a las hojas viejas.

Borges *et al.* (2014) menciona que la fertilización del líquido de la lombriz suministrado a una concentración del 50 % cada 7 días en las plantas de morera, incremento la biomasa aérea y radical durante su etapa de vivero.

#### **4.8. Importancia económica de los edulcorantes de stevia**

Los edulcorantes o glucósidos de esteviol han sido de gran interés científico y comercial por su intensa dulzura desde que se dieron a conocer en 1899 en Europa, en la actualidad son ampliamente usados en productos alimenticios y suplementos dietéticos en muchos países alrededor del mundo (Brandle y Telmer, 2007).

Actualmente no existen estadísticas oficiales sobre la oferta de stevia, ni de la superficie sembrada, rendimientos, volumen y valor de producción en el mundo; sin embargo, estudios realizados indican que, dentro de los principales países productores de plantas y hoja seca de stevia, se encuentra en China, Paraguay, Colombia, Argentina, Brasil, Israel, Tailandia y Japón, controlando así la totalidad de la producción y comercio mundial (Ramírez *et al.*, 2011).

En los últimos años ha aumentado la superficie sembrada de esta planta en el mundo, principalmente en el continente asiático y en Latinoamérica en Brasil, Colombia, y México (Rene *et al.*, 2011).

#### **4.8.1. Importancia en México**

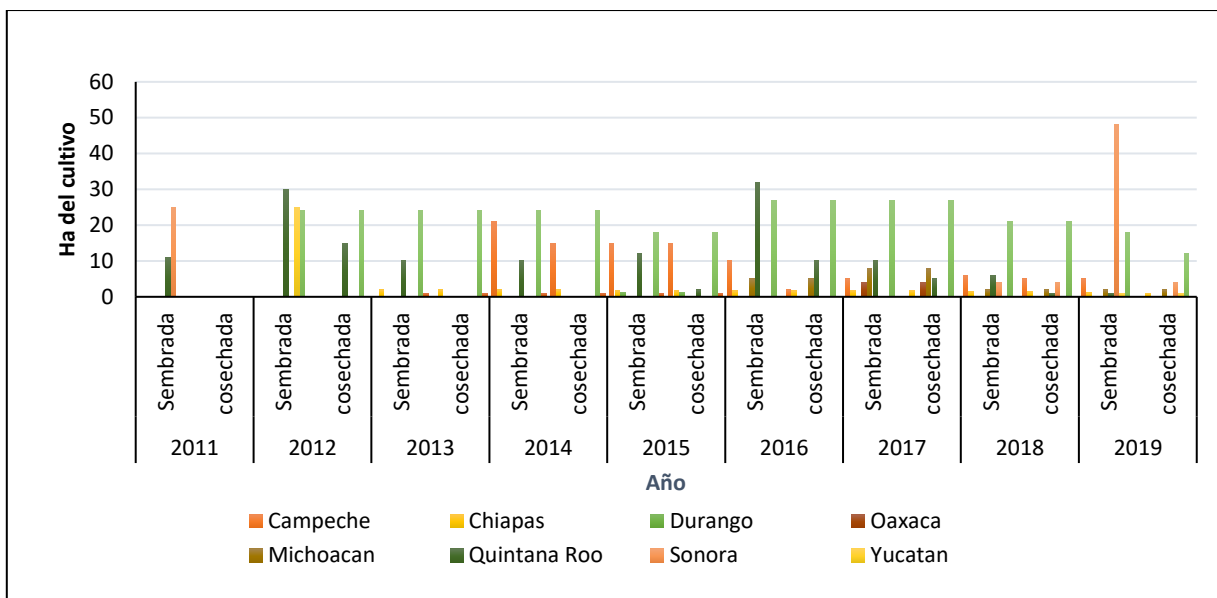
Como en otros países de Latinoamérica, el consumo de stevia ha crecido de manera considerable en los últimos años, el cultivo ha empezado a desarrollarse en varias partes de la República Mexicana durante la última década (SIAP, 2014).

Existen zonas que presentan condiciones agro potenciales para el cultivo de esta planta, tal es el caso de los estados: Yucatán, Chiapas, Quintana Roo, Veracruz, Oaxaca, Campeche, Michoacán y Nayarit. El Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) realizó una investigación y transferencia de tecnología en el Sur-sureste, con el objetivo de potenciar a nivel mundial el rol de México en la producción de la planta de stevia como edulcorante natural (SADER, 2016).

##### **4.8.1.1. Producción de stevia**

La stevia fue introducida en México en 2010, a través del instituto nacional de investigaciones forestales y agropecuarias (INIFAP) con el fin de conocer si este cultivo se podía adaptar al país, los primeros estados donde se sembró fueron Chiapas, Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Veracruz, zonas que representan agropotenciales para su cultivo, esto de acuerdo al Centro de Investigación Regional Sureste (SIRCE).

Durante el periodo del 2011 al 2019 (Figura 19), la mayor producción de stevia fue en el año 2012 y 2019, con una superficie sembrada de aproximadamente 78 has, pero con pérdidas superiores al 50 % y en los años restantes a pesar de tener menor superficie sembrada, las pérdidas fueron menores (SIAP, 2019).



**Figura 19. Superficie cosechada y sembrada durante el periodo 2011-2019**

Fuente: SIAP (2019)

#### 4.9. Usos

Las hojas de stevia contienen compuestos a base de carbohidratos, los esteviósidos son 200-300 veces más dulces que el azúcar; los cuales tienen efectos insulínotropicos en las células beta pancreática, esto es debido, a que aumenta la secreción de insulina y por lo tanto disminuye el nivel de glucosa en la sangre (Midmore *et al.*, 2012), por lo que puede ser utilizado por los diabéticos, ya que no eleva los niveles de glucosa en la sangre, no aporta calorías al ser metabolizado, es antiácido y cardiotónico; no produce caries, pues no es fermentado por las bacterias orales (Brandle, 2005), regula la presión arterial, la ansiedad, combate las caries, induce al páncreas a producir más insulina y actúa como agente bactericida (Bhosle, 2004).

##### 4.9.1. Poder edulcorante

El poder edulcorante del compuesto activo depende de la forma en que se encuentre en la planta; es decir, en su forma natural es 10 a 15 veces más dulce que el azúcar común de mesa, y el extracto en su forma líquida tiene un poder endulzante aproximadamente 70 veces más que la sacarosa, mientras que los extractos refinados de stevia, llamados esteviósido (polvo blanco conteniendo 85-95 % de esteviósido) son 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa (Ramírez *et al.*, 2011).

Este edulcorante podría sustituir al resto de su clase, en la formulación de alimentos y bebidas en general, actualmente es adicionado a bebidas de bajo contenido calórico (refrescos), caramelos, goma de mascar, pastelería, yogurt, dulces, encurtidos, salsas, productos farmacéuticos y de higiene bucal (Razo, 2011). También en derivados lácteos y productos de cosmetología tal y como lo menciona Fisher (2016).

#### **4.9.2. Formas disponibles en el mercado**

El 18 de septiembre de 1995 la FDA (Food and Drug Administration), anuncio que la stevia podía venderse y consumirse como suplemento dietético y no como aditivo alimenticio (endulzante). En junio del 2004, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, concluyo que la stevia es inocua, veredicto que abrió amplias posibilidades de evaluar su ingreso al Códex alimentario mundial.

Un dato importante menciona que el 70 % del total de la producción mundial de stevia se utiliza para procesar cristales de esteviósidos, mientras que el 30 % restantes es destinado al uso de la hoja en su estado natural, ya sea fresco o seco, es decir, si un procesamiento industrial (Trujillo-Mota, 2010).

La stevia es empleada en diversas áreas y en diferentes presentaciones, tal como se describe en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Formas disponibles y aplicaciones de la stevia**

<b>Presentación</b>	<b>Descripción del producto</b>
<b>Hojas frescas</b>	Tiene sabor suave y licoroso. Es la forma más sencilla, natural de la stevia, usada para preparar salsas, con mayor preferencia para té herbario y consumo directo, no se disuelven. Se pueden adquirir sueltas o en sacos de té, son 10 a 15 veces más dulces que el azúcar.
<b>Hojas secas</b>	Presentan de un 15 a 30 veces más dulce que el azúcar. Su proceso de secado es mediante un deshidratador, tiene las mismas aplicaciones que en la hoja fresca, es empleada en la industria para la extracción del esteviósido y su tiempo de almacenamiento es mayor.
<b>Hojas molidas o en polvo</b>	Pueden encontrarse a granel y en saquitos de té. Presentan un color verdoso, se usa como realzador de sabor y edulcorante en té, ensaladas, frutas, café, etc. Las hojas molidas no se disuelven
<b>Subproductos</b>	Los partes restantes de la planta incluyendo tallos, semillas, flores e incluso hojas que no fueron seleccionadas para la industrialización, pueden ser usadas para la alimentación de animales o fertilizantes.
<b>Extracto líquido oscuro</b>	Jarabe concentrado echo de las hojas secas a base de agua y alcohol. Es usado como edulcorante de bebidas.
<b>Extracto líquido claro</b>	Una solución de cristales de esteviósido disueltos en agua, alcohol etílico. En polvo resultante, blanquecino, tiene 40%- 50% de glucósidos dulces y es 100 veces más dulce que el azúcar. Usado como edulcorante de comidas y bebidas.
<b>Polvo con 40 %-50% de glucósidos</b>	Las hojas de stevia se procesan a través de uno de los varios métodos de extracción, normalmente con una base de agua o alcohol etílico. En polvo resultante, blanquecino, tiene 40-50% de glucósidos dulces y es 100 veces más dulce que el azúcar. Usado como edulcorante de comidas y bebidas.
<b>Polvo con 85%-97% de glucósidos</b>	Mayor concentración que la anterior, mismo proceso, normalmente es 200-300 veces más dulce que el azúcar. Se usa principalmente como edulcorante. Sabor, dulzura y el costo de los diversos polvos, dependen del grado de refinamiento y calidad de la planta utilizada.

Fuente: Gonzales- Moralejo (2011).

#### 4.10. Edulcorantes

La palabra edulcorante viene de la palabra latina “dulcor” que significa dulzor, los edulcorantes son sustancias capaces de endulzar un alimento, bebida o un medicamento, existen los edulcorantes calóricos y acalóricos (Martínez, 2002). Algunos de ellos son extractos naturales mientras que otros son sintéticos, en este último caso se denominan edulcorantes artificiales, como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Edulcorantes naturales y artificiales**

Naturales			Artificiales		
Calóricos	Acalóricos		Calóricos	Acalóricos	
Azúcares	Edulcorantes naturales calóricos	Edulcorantes naturales sin calorías	Azúcares modificados	Alcoholes del azúcar	Edulcorantes artificiales
Sacarosa	Miel	Luo han guo	Jarabe de maíz de alto contenido en fructuosa	Sorbitol	Aspartamo
Glucosa	Sirope de arce	Stevia		Xilitol	Sucralosa
Dextrosa		Taumatina		Manitol	Sacarina
Fructuosa	Azúcar de palma o coco	Pentadina	Caramelo	Eritritol	Neotamo
Lactosa	Jarabe de sorgo	Monelina	Azúcar invertido	Maltitol	Acelsufame k
Maltosa		brazzeina		Isomaltulosa	Ciclamato
Galactosa				Lactitol	Nehosperidina DC
Trehalatosa				Glicerol	Alitamo
Tagatosa					Advantamo
Sucramalat					

Fuente: García et al., (2013).

##### 4.10.1. Edulcorantes naturales calóricos procesados.

La azúcar refinada es nociva debido a que el refinamiento convierte un nutriente en anti nutriente, en el proceso al ser separado en sus componentes con lo que se desechan algunos de

sus nutrientes complementarios, el alimento tiene vitaminas, minerales y factores necesarios para que, al ingerir, se metabolicen correctamente (SAGARPA, 2003).

En el cuadro 3 se muestra la descripción y usos de algunos edulcorantes calóricos, la sacarosa o azúcar esta entre ellos. El azúcar está asociada a la caries dental, acidificación de la sangre, descalcificación, arteriosclerosis, infarto al miocardio, obesidad, acné, úlceras del estómago, colesterol, tensión nerviosa, problemas de circulación, degeneración hepática y diabetes (López y Peña, 2014).

**Cuadro 3. Edulcorantes naturales calóricos procesados**

<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Usos</b>
<b>Azúcar refinada</b>	Es el resultado de la industrialización de la caña de azúcar, el jugo color oscuro es sometido a procedimientos químicos para la clarificación, calentamiento, destilación y centrifugación, para la separación de cristales puros, de los residuos como la (melaza).	Bebidas refrescantes, chocolate, yogurt, leche, pastelería industrial, jarabes, mermeladas, pastelería, alimentos, postres, helado etc.
<b>Azúcar pulverizada</b>	Sacarosa finamente triturada.	Cubiertas de pasteles, escalfar frutas, elaboración de nieve, dulces y caramelos, prolonga sabor y frescor de los alimentos horneados.
<b>Dextrosa</b>	Glucosa combinada con agua.	Usos en la industria alimenticia, medicamentos, refrescos, jugos y productos lácteos.
<b>Sacarosa</b>	Se compone de la glucosa y fructuosa, se fabrica al concentrar el azúcar de la remolacha y/o caña de azúcar.	Se usa en gomas de mascar, caramelos, bebidas de bajo contenido calórico, salsas dulces, etc.

Fuente: Herrera (2012).

#### 4.10.2. Edulcorantes naturales calóricos

Otros edulcorantes naturales calóricos como la miel y el jarabe de arce son más antiguos, contienen azúcar como se muestra en el Cuadro 4, pero también presentan otras cualidades nutritivas (García *et al.*, 2013).

**Cuadro 4. Descripción y uso de edulcorantes naturales calóricos**

Producto	Descripción	Usos
<b>Azúcar sin refinar</b>	Es granulada, solido, grueso de color café, se obtiene de la evaporación de la humedad de jugo de la caña de azúcar	Bebidas refrescantes, bebidas calientes, salsas para carnes y repostería, conservas de frutas y verduras, jugos, galletas, postres y mermeladas
<b>Azúcar morena o cruda</b>	Se obtiene de la remolacha azucarera, constituido por cristales de sacarosa cubiertos de una película de su miel madre.	Es utilizado en repostería, pastas y panes que dan el aspecto aterciopelado para su característica pegajosa.
<b>Fructuosa</b>	Azúcar que está en forma natural en todas las frutas.	Se le emplea en bebidas carbonatadas, alcohólicas, jugo de frutas, también se usa como humectante y agente texturizador.
<b>Glucosa</b>	Se encuentra en las frutas en cantidades limitadas, también en almíbar formado de la harina de maíz.	Se la emplea en conjunto con el azúcar para caramelos, duce de leche.
<b>Miel</b>	La miel es una sustancia dulce, no fermentada, producida por las abejas ( <i>Apis melífera</i> ) que recogen y procesan el néctar de las flores o de las secreciones de ciertas especies de plantas.	Usos en la industria alimentaria, medicinas y productos de belleza Schencke <i>et al.</i> , 2016.
<b>Azúcar de palma</b>	El azúcar de coco es un sustituto natural del azúcar. Se hace de las flores del árbol de coco por evaporación de la savia del árbol.	se obtiene a partir de la savia de los brotes de las flores de la palma de coco, de los que se extrae un jarabe, se utiliza como suplemento de minerales antioxidantes

Fuente: García *et al.* (2013).

#### 4.10.3. Edulcorantes calóricos artificiales (modificados y alcoholes de azúcar)

La formación de azúcares modificados por la conversión de almidón, a través del uso de enzimas, que a menudo se utilizan en la cocina industrial o en los alimentos procesados (Cuadro 6), da lugar a una mezcla de carbohidratos habitualmente de índice glucémico elevado y con elevado contenido calórico. Un producto de uso frecuente en la industria perteneciente a este gran grupo y colorantes, o incluso con una pequeña cantidad de azúcar como en algunas bebidas "light" o "zero" (García *et al.*, 2013).

Thompson *et al.*, (2020) menciona que los alcoholes de azúcar como se muestra en el Cuadro 5, son un tipo de edulcorante que se utiliza en los alimentos etiquetados como sin “azúcar”, ya que estos contienen aproximadamente la mitad a un tercio menos de calorías, se encuentran en alimentos dietéticos, ya que estos se convierten en glucosa más lentamente y no aumentan repentinamente los niveles de azúcar en la sangre.

**Cuadro 5. Descripción de azúcares modificados y alcoholes de azúcar**

Producto	Descripción	Usos
<b>Jarabe de maíz</b>	Líquido resultante de la combinación de la maltosa, glucosa y dextrosa.	Se utiliza en productos horneados, en algunos productos enlatados y en polvo, mermeladas entre otros.
<b>Azúcar invertida</b>	Es un producto líquido que contiene cantidades iguales de glucosa y fructuosa.	Se utiliza para retrasar la cristalización del azúcar y retener la humedad de los alimentos envasados
<b>Alcoholes de azúcar</b>		Se utilizan para endulzar los alimentos dietéticos. También se utilizan en chicles, pastas dentífricas y enjuagues bucales. Las personas diabéticas comen alimentos preparados con alcoholes de azúcar porque estos se convierten en glucosa más lentamente
<b>Los nombres comunes son: eritritol, glicerol, isomalt, lactitol, maltitol, manitol, sorbitol, xilitol e hidrosilatos de almidón hidrogenados</b>	Se encuentran de manera natural y en pequeñas cantidades en alimentos de origen vegetal, como las bayas y las frutas.	

Elaboración propia

#### 4.10.4. Edulcorantes artificiales no calóricos

Desde mediados de la década de los años 70s, con los altos precios de azúcar en el mercado internacional, se desarrollan alternativas de edulcorantes, tanto naturales como artificiales, (Cuadro 6), con ciertas características para ser utilizado; deben ser inocuos, el sabor debe percibirse y desaparecer rápidamente sin dejar un sabor residual, ser resistente a las condiciones de procesamiento en los alimentos, así como los tratamientos a los que se vayan a someter.

**Cuadro 6. descripción y uso de edulcorantes artificiales no calóricos**

<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Usos</b>
<b>Aspartame</b>	Es una combinación de fenilamina y ácido aspártico, los cuales son dos aminoácidos.	Se emplea en gran mayoría de los productos light como principal sustituto de azúcar.
<b>Acesulfame K</b>	Edulcorante artificial, conocido como sunette 130-200 veces más dulce que la sacarosa, no se metaboliza por el cuerpo y es excretado, sin sufrir cambios por los riñones.	Bebidas refrescantes, néctares de fruta, concentrado de bebidas, edulcorantes de mesa, productos lácteos, al horno, pasta dental, enjuagues bucales, y productos farmacéuticos.
<b>Sacarina</b>	Edulcorante artificial.	Se emplea en varios alimentos y bebidas dietéticas.

Fuente: Herrera (2012).

#### 4.10.5. Edulcorantes naturales no calóricos

Las reacciones negativas a la salud de los edulcorantes no calóricos sintéticos, son un reflejo de la necesidad de impulsar en el mercado un producto natural libre de efectos nocivos para los

consumidores y que a su vez cumpla con las funciones tanto del azúcar como de los edulcorantes artificiales, en el Cuadro 7 se describen los edulcorantes naturales conocidos.

**Cuadro 7. Descripción y usos de edulcorantes naturales**

<b>Producto</b>	<b>Descripción</b>	<b>Usos</b>
<b>Taumatina</b>	Se obtiene a partir del fruto del katemfe de África occidental <i>taumatococcus danielli</i> , conocida como la fruta del milagro.	Bebidas a base de café, gomas de mascar, aperitivos, productos bajo en grasa, yogures, postres, productos farmacéuticos, bebidas alcohólicas.
<b>Neohesperedina</b>	Se produce por hidrogenación de neohesperidina, un flavoide que se encuentra de modo natural en las naranjas amargas.	Goma de mascar, caramelos, bebidas carbonatadas y no carbonatadas, postres, edulcorantes de mesa.
<b>Monelina</b>	Está formada por dos aminoácidos y cadenas compuestas, de los edulcorantes naturales más dulces.	Útil en nuevas variedades de tomate y lechuga con mejor sabor.
<b>Hernandulcina</b>	Endulzante natural usado por los aztecas.	Su principal uso es en infusiones.
<b>Esteviósido</b>	Es un glucósido diptereno cristalino y dulce, su sabor es considerado excelente.	Su uso es en edulcorante de mesa, en bebidas, pastelería, dulces, confituras, mermeladas, yogures, chicles, entre otros.
<b>Brazzeina</b>	Una proteína dulce, extraída de la baya originaria del África occidental "brazeina".	Utilizado en África como edulcorante natural en comidas y bebidas.

Fuente: Herrera (2012).

Existen una gran variedad de edulcorantes tanto sintéticos como naturales, cada uno de ellos con características propias.

#### **4.11. Edulcorante natural –stevia**

Los factores que contribuyen a la cantidad y tipo de glucósidos son la variedad de stevia, así como las condiciones climáticas y de siembra. Por otro lado, en una investigación realizada por Brandle (1999); reporta que existen variedades de stevia cuya composición de esteviósidos, es distinta a las variedades generalmente cultivadas, como es el caso de una variedad que no contiene rebaudiósido A ni rebaudiósido C, otra donde el principal componente es rebaudiósido C y otra denominada Morita que fue mejorada para tener 2.5 veces más rebaudiósido A que esteviósido y es la que se utiliza principalmente como edulcorante (Morita, 2000).

En EE.UU., el rebaudiósido A y glucósidos de esteviol altamente purificados recibieron el estatus GRAS (generalmente reconocido como seguro) en los años 2008 y 2009, al rebaudiósido A para usarse como edulcorante y no sólo como suplemento (FDA, 2008) y en ese mismo año el Comité de Expertos en la Alimentación FAO/OMS en aditivos alimentarios (JECFA). En el año 2008 se estableció elevar la IDA (Ingesta Diaria Admisible) para los glucósidos de esteviol expresadas como esteviol 2-4 mg kg<sup>-1</sup> de peso corporal (Woelwer *et al*, 2010). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que extractos de *S. rebaudiana* y al menos un glucósido derivado de esteviol presente en el mismo –el esteviósido–, tienen capacidad anti hiperglucemiante en modelos animales (Lailerd y Raskovic, 2004) y en humanos respectivamente, y están siendo utilizados como aditivos alimentarios.

#### **4.12. Glucósidos de stevia en base a la fertilización con lombricompost**

Las investigaciones sobre fertilización orgánica en stevia, son escasas (Liu *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2013). Se sabe, con el uso de abonos orgánicos hay aumento en la concentración de glucósidos, se mejora la actividad de la raíz y se incrementa la tasa fotosintética en la etapa de crecimiento vegetativo y en consecuencia la biomasa total, este comportamiento obedece a que las fuentes orgánicas de nutrición, contiene la mayoría de los nutrientes requeridos por las plantas, además mejora la estructura física del medio de crecimiento mejorando la aireación y la retención de agua (Villalva *et al.*, 2018).

En un estudio realizado por Villalva (2018), menciona que la lombricompost favorece el crecimiento vegetativo de la stevia de acuerdo a los resultados del estudio realizado, el cual utilizo un sustrato que contenía suelo-tezontle tamizado a 0.5 mm en proporción 60:40 (v/v),

junto con 20 % de abono de lombricompost, con el fin de no perder los nutrimentos del sustrato, adicionó al riego por goteo 4 g de nitrógeno por planta<sup>-1</sup> de lixiviado de lombricompost, el resultado arrojó un mayor número de brotes y en consecuencia mayor biomasa en relación de peso fresco peso seco, pero en el resultado de mayor concentración de esteviósidos y rebaudiósidos, los obtuvo con 2 g de N por planta adicionados al riego en base a la cantidad requerida diariamente.

La fertilización orgánica en el cultivo de stevia, incrementa la concentración de glucósidos, sin embargo, la cantidad de esteviósidos y rebaudiósidos se ven afectados por el tipo de abonos orgánicos (Liu *et al.*, 2011). El peso es reflejo de número de brotes basales de la planta (Carneiro *et al.*, 2007) Otros factores que influyen en la cantidad de concentración de glucósidos en stevia son: la altitud, estación del año y clima en donde se cultiva la planta (Bradle y Telmer, 2007; Serfaty *et al.*, 2013).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Ubicación del área de investigación

La presente investigación se realizó en el mes de agosto de 2019, en un invernadero de 120 m<sup>2</sup>, de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicada en la Junta Auxiliar de san Juan Acateno, del municipio de Teziutlán, perteneciente al estado de Puebla (Figura 20). Está localizada a una altitud de 1675 msnm, en las coordenadas 19°52'31'' de latitud norte y 97°22'02'' de longitud oeste, este municipio es de clima templado con lluvias en verano, con una temperatura promedio mensual de 20° C y una precipitación media anual de 1609 mm.



**Figura 20. Localización del área de investigación**

### 5.2. Establecimiento del cultivo

Se establecieron 40 plantas de stevia de aproximadamente 20 cm de altura, las cuales se trasplantaron a macetas previamente preparadas y regadas con agua, con una separación de 35 cm entre plantas y 55 cm entre hileras, con una densidad de 5,194 plantas por ha<sup>-1</sup>

### 5.2.1. Material vegetal

Se utilizaron plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni variedad morita II, las cuales fueron adquiridas de un vivero del Municipio de Jalacingo, Veracruz.

### 5.3. Preparación de los sustratos

Se colectó tierra de monte de los alrededores de la Universidad y se tamizó en un cernidor de malla número 5, se desinfectó el suelo por solarización y se colocó el sustrato en bolsas negras de polietileno de 35 X 35, calibre 700. Se trasplantaron las 40 plantas, 20 plantas en sustrato de tierra de monte y 20 plantas en sustrato de tierra de monte y hormigón en una relación de 4:1 (p:p).

### 5.4. Diseño experimental

Las plantas se establecieron en el invernadero bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (Cuadro 8), 10 repeticiones por tratamiento y una planta como unidad experimental.

**Cuadro 8. numero de tratamiento y dosis de fertilización con lixiviado**

Tratamiento (T)	Sustrato	Lixiviado de lombricompost (mL L <sup>-1</sup> )
T1	Tierra de monte	0
T2	Tierra de monte	15
T3	Tierra de monte + hormigón	0
T4	Tierra de monte + hormigón	15

La fertilización con lixiviado de lombricompost se aplicó junto con el agua de riego, cada 15 días.

### 5.5. Riego del cultivo

Se colocaron cintas de riego, estableciendo un gotero por cada una de las plantas de stevia, con una separación de 35 cm entre cada emisor; para determinar el tiempo de riego se realizó

un aforo en la descarga de los emisores, seleccionando 3 goteros en la parte del inicio, centro y final de la cinta de riego de cada una de las cuatro líneas.

Se registraron los mL de agua por minuto mediante una probeta para determinar la correcta aplicación diaria de riego al cultivo de stevia de acuerdo a sus necesidades, ya que la planta no tolera periodos largos de sequía.

Formula:

$$Q \left( \frac{L}{H} \right) = \frac{\text{Volumen}}{\text{tiempo(seg)}} \times 3,6$$

Otro factor que se tomó en cuenta para el riego, fueron las condiciones del invernadero donde fue realizado el experimento, esto por altas y bajas temperaturas y alta humedad relativa, ajustando a lo más mínimo el riego, ya que el desarrollo foliar se detiene y el consumo de agua por parte de la planta es mínimo. Esto se hizo para evitar pudriciones a nivel radicular por exceso de agua.

## 5.6. Fertilización

La fertilización con lixiviado de lombricompost, se realizó manualmente cada 15 días, aplicando 380 mL de solución (Figura 21).

**Figura 21. Aplicación de lixiviado de lombricompost**



## **5.7. Plagas y enfermedades**

Se realizó un control de plagas y enfermedades conforme se presentaron durante el experimento, las plagas más comunes fueron mosquita blanca, gusano terrero y la enfermedad Septoria.

## **5.8. Variables evaluadas**

### **5.8.1. Caracterización del sustrato**

Se colectó una muestra de un Kg de sustrato al inicio y al final del experimento de cada uno de los tratamientos y se enviaron al LABORATORIO CEDEFRUTS. DE R.L. DE C.V. de Martínez de la Torre, Veracruz, para registrar el contenido de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, macro y micronutrientes.

### **5.8.2. Temperatura del suelo**

Se registró la temperatura del suelo en grados Celsius, con un termómetro marca Tel-tru (Figura 22), diariamente desde el inicio hasta el final de la investigación, dos veces por día, esto para conocer la temperatura media del sustrato donde se estableció la planta de stevia.



**Figura 22. Registro de temperatura del suelo.**

### 5.8.3. Temperatura ambiental y Humedad relativa

Se registró la temperatura en grados Celsius y humedad relativa en porcentaje del invernadero (Figura. 23) diariamente desde el inicio hasta el término de la investigación, con un instrumento de registro de temperatura y humedad de la marca Datalogger Extech Instruments RHT10.



Figura 23. Registro de temperatura y humedad relativa.

### 5.8.4. Altura de planta

Se midió la altura de la planta, utilizando un flexómetro marca Stanley 30-608 a partir de la base del tallo de la planta hasta el extremo terminal superior de la misma (Figura 24), cada 15 días a partir del trasplante y hasta el término de la investigación



## **Figura 24. Medición de altura de planta.**

### **5.8.5. Diámetro de tallo**

Se realizó la medida del diámetro de tallo en centímetros (Figura 25), con un vernier marca Mitotuyo, a un centímetro arriba del suelo desde la base del tallo de cada una de las plantas de stevia.



**Figura 25. Medición de diámetro de tallo.**

### **5.8.6. Número de brotes**

Para esta variable se realizó el conteo de los nuevos tallos formados y desarrollados (Figura 26), así como las ramas extraídas de la planta de stevia en el momento del corte.



**Figura 26. Conteo de nuevos tallos.**

### **5.8.7. Determinación de rebaudiósidos**

Para la determinación de rebaudiósidos de stevia, se realizaron 3 cortes durante el año de experimentación, cuando las plantas de stevia presentaron un 5 % de floración, se cortaron los tallos a 8 cm arriba del suelo, se pusieron a secar las muestras en una estufa marca Riosa Digital a 50° C, durante 15 días hasta obtener un peso constante, después del secado se eliminaron los tallos fibrosos, para facilitar la molienda del material vegetal. Las muestras se molieron en un mortero de porcelana y se registró el peso en gramos.

Para la determinación se utilizó la metodología descrita por Bondarev *et al.* (2003) y Bravo *et al.* (2009), con ligeras modificaciones, las cuales son las siguientes:

#### **a) Obtención del extracto**

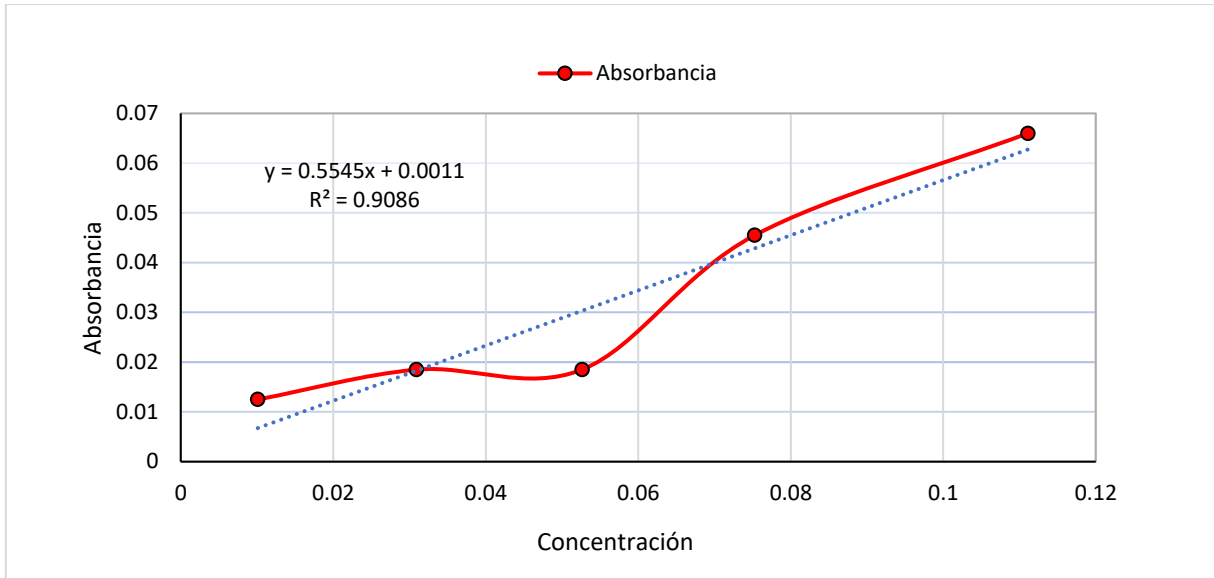
Se pesaron 0.10 g de cada muestra de stevia molida por separado en una balanza marca Ohaus Pioneer, se le agregaron 10mL de etanol al 96 %, se cubrió la boca del frasco con papel Parafilm para evitar la evaporación del alcohol, se colocaron en agitación durante 4 horas a 180 rpm en un agitador orbital, marca Shaker, mod TS-100, enseguida, se dejaron macerar por 24 horas en refrigeración, posteriormente se filtraron con papel filtro marca Whatman del núm. 2, y se dejaron reposar por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad.

#### **b) Determinación por colorimetría**

Se analizaron las muestras del extracto de stevia en un espectrofotómetro de luz visible marca Velab, modelo VE 5000-V, se ajustó la longitud de onda a 360 nm, se utilizó alcohol de 96° como blanco, las lecturas se tomaron y se registró la absorbancia. Se realizaron dos repeticiones por muestra y los resultados se reportaron en  $\text{mg g}^{-1}$ ; utilizando la ecuación obtenida de la curva patrón.

#### **c) Curva patrón de rebaudiósidos**

Se preparó una solución madre de rebaudiósidos, utilizando el estándar Rebaudioside A marca Sigma (Pureza > 96 %). Se pesaron 2.5 g del estándar, se le agregaron 2.5 mL de agua desionizada, se mezcló hasta obtener una solución homogénea (Solución madre). A partir de la solución madre se realizaron 5 diluciones, y se obtuvieron las absorbancias.



**Figura 27. curva patrón obtenido de la solución madre. Elaboración propia.**

Con las lecturas registradas, se obtuvo la curva patrón y la ecuación a utilizar (Figura 27).

### **5.9. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los datos se realizó como un diseño completamente al azar y las diferencias significativas se analizaron con la prueba de Tukey al 5 % con el paquete estadístico SAS versión 9.0 para Windows.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Caracterización de los sustratos

Durante el desarrollo del cultivo de stevia, el pH en los sustratos utilizados se modificó, incrementó al adicionar hormigón al sustrato y viceversa. La conductividad eléctrica se incrementó en la mayoría de los sustratos y lo contrario sucedió con el contenido de materia orgánica (Cuadro 9).

Ramírez *et al.* (2017) señalan que la stevia se adapta bien en suelos con un pH de 5.5. a 7.5 y un suelo no salino; además, Casseres (1980) menciona que los suelos deben tener una buena proporción de materia orgánica, esto en base a la propagación de hortalizas por esqueje y obtuvo buenos resultados en sustratos mezclados con tierra negra, materia orgánica y arena, en proporción de (3:2:1) teniendo un mayor número de hojas y raíces.

De acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, el sustrato de tierra de monte + hormigón se clasificó como neutro y los demás como ligeramente ácidos. Los valores de conductividad eléctrica se interpretaron como efectos despreciables de salinidad. En relación con el contenido de materia orgánica, se inició el desarrollo con un valor alto y terminó con valores medio y bajo al utilizar tierra de monte + hormigón fertilizada y solo tierra de monte, respectivamente.

**Cuadro 9. pH, conductividad eléctrica y materia orgánica en los sustratos utilizados en el cultivo de stevia.**

Tratamiento	pH	C.E (dS m <sup>-1</sup> )	M.O (%)
<b>Inicio</b>	5.93	0.62	13.11
<b>Final</b>			
<b>Tierra de monte</b>	5.88	0.87	5.37
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	5.68	0.54	13.78
<b>Tierra de monte + hormigón</b>	6.75	1.01	11.76
<b>Tierra de monte + hormigón fertilizado con lixiviado de lombricompost</b>	6.47	1.00	8.40

En relación con los nutrimentos el contenido de Ca, P y B disminuyó al terminar el experimento en todos los sustratos utilizados y el contenido de N, K, Mg y Na fue variable (Cuadro 10) el calcio permite a la planta una mejor regulación ante los periodos críticos en la nutrición que ocurren en épocas de elevadas temperaturas, máximo crecimiento vegetativo y comienzo de la floración (Bataller, 2014). El B es fácilmente perdido por lixiviación, es importante en la utilización y distribución de los glucósidos de las plantas, las deficiencias de este elemento dificultan el transporte de calcio (InfoAgro, 2021). Lian *et al.* (2005 y 2006) reportan que el crecimiento de los cultivos es lento ante la escasez de N. De lima y Malavolta (1997) mencionan que encontraron menor proporción de ramas en stevia ante deficiencias de K, ya que este es un activador de enzimas esenciales para la fotosíntesis y respiración, el Mg es esencial porque tiene diversos mecanismos en las plantas, como la formación de raíces, clorofila y fotosíntesis, así como también en la formación de la síntesis de los glucósidos de steviol (Jarma, 2010).

**Cuadro 10. Contenido de macronutrimentos en los sustratos utilizados en el cultivo de stevia.**

Tratamiento	Macronutrimentos (Mg kg <sup>-1</sup> )						
	N %	P ppm	K	Ca	Mg	Na	B
<b>Inicio</b>	0.66	26.53	150.24	1605.39	150.24	0.45	0.51
<b>Final</b>							
<b>Tierra de monte</b>	0.27	14.52	1132.02	1104.60	135.20	0.69	0.42
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	0.69	20.30	145.31	1033.65	175.62	0.40	0.40
<b>Tierra de monte + hormigón</b>	0.59	22.30	155.26	1568.54	145.26	0.99	0.46
<b>Tierra de monte + hormigón fertilizado con lixiviado de lombricompost</b>	0.42	19.65	141.20	1465.20	162.1	0.98	0.40

Con los micronutrimentos el Mn fue el único que disminuyó en todos los sustratos utilizados (Cuadro 11). Existe una gran interacción entre los elementos minerales que afectan el contenido

de un elemento en la nutrición de los cultivos (Robson y Pitman 1983) las interacciones entre los elementos minerales son importantes en cuanto al contenido de cada uno cuando se encuentra cerca del rango de deficiencia, cuando se adiciona alguno de los elementos de la relación puede estimular el crecimiento o desarrollo de la planta, sin embargo también puede inducir en la deficiencia de otro elemento por efecto de dilución (Marschner, 1995).

No hay suficiente información del efecto de las deficiencias nutricionales sobre la cantidad de glucósidos de stevia, de Lima (1997) reporta que solo la deficiencia severa de calcio ocasionó reducción en la concentración foliar de los edulcorantes.

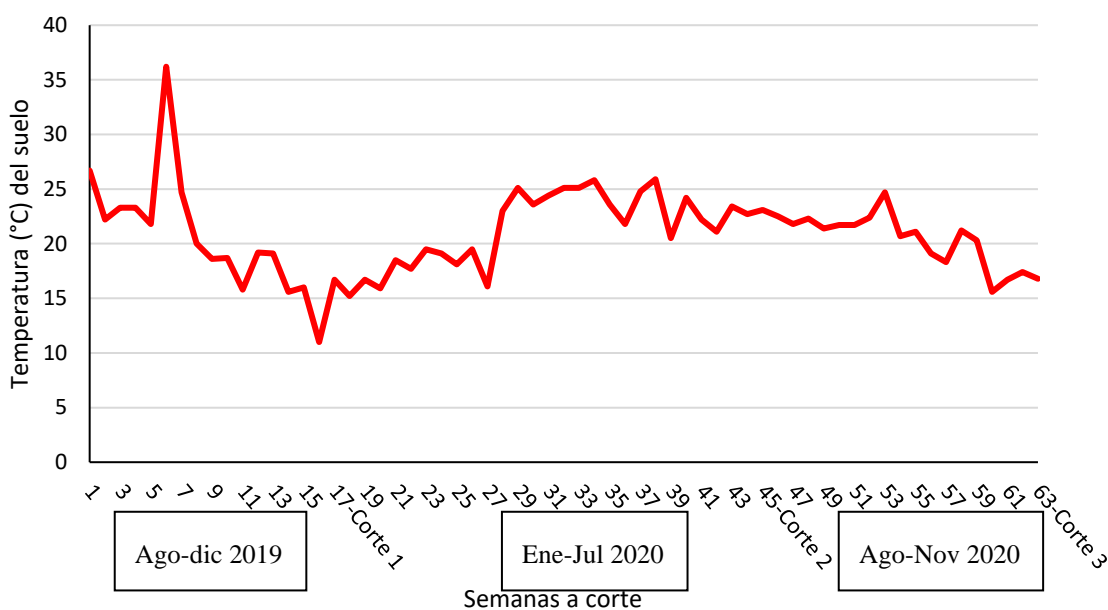
Los resultados de macro y micronutrientes en los sustratos donde se establecieron las plantas de stevia, se encuentran dentro de los parámetros para la nutrición de cultivos, de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

**Cuadro 11. Contenido de micronutrientes en los sustratos utilizados en el cultivo de stevia.**

Tratamiento	Micronutrientes (Mg kg <sup>-1</sup> )					
	Cu	Mn	Fe	Zn	Mb	Al
<b>Inicio</b>	0.77	2.15	3.20	1.65	0.17	0.99
<b>Final</b>						
<b>Tierra de monte</b>	0.85	1.08	3.05	1.99	0.10	2.00
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	0.71	2.10	3.66	1.45	0.16	0.25
<b>Tierra de monte + hormigón</b>	0.88	1.20	3.55	1.96	0.18	1.10
<b>Tierra de monte + hormigón fertilizado con lixiviado de lombricompost</b>	0.74	1.10	3.25	2.33	0.12	1.95

## 6.2. Temperatura de los sustratos

La temperatura media del sustrato varió durante todo el experimento, el valor más alto se registró en la semana 7 del mes de octubre del 2019 en el primer corte, con una temperatura de 36.2° C; y la más baja fue de 11° C, en la semana 17 en el mes de diciembre, del primer corte (Figura 28). Existe poca información en relación con la temperatura adecuada que requiere el suelo para el desarrollo de la planta de stevia o familia de Asteráceas. La temperatura media durante el desarrollo del experimento fue de 21° C.

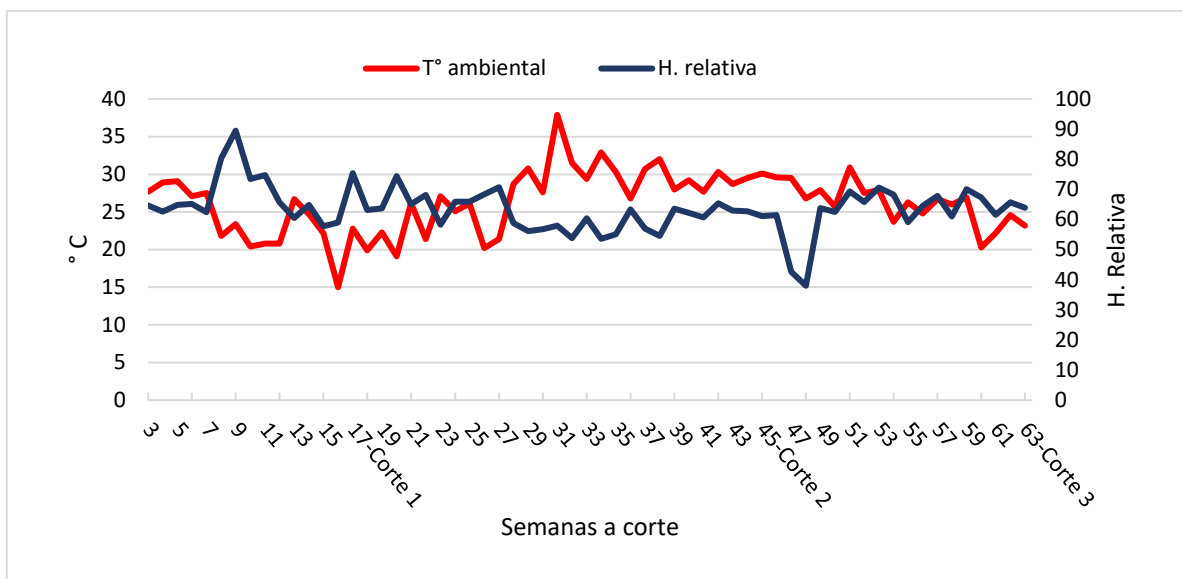


**Figura 28. Temperatura de los sustratos orgánicos durante el experimento**

## 6.3. Humedad relativa y temperatura ambiental

La humedad relativa más alta registrada en el invernadero fue de 89.05 %, en la semana 9 en el mes de noviembre durante el desarrollo del primer corte y la más baja fue de 38 % en la semana 49 en el mes de agosto de 2020 en el crecimiento de la planta del tercer corte (Figura 29). Este fue un factor muy importante en las plantas ante la resistencia a plagas y enfermedades. Ramírez *et al.* (2016) menciona que la humedad relativa debe estar por abajo del (85 %) para evitar la incidencia a plagas y enfermedades.

La temperatura ambiental más alta se registró en la semana 31 del mes de abril con 37.9° C y la más baja registrada fue de 15° C en la semana 16 en el mes de enero (Figura 29). Barathi (2003) menciona que para un crecimiento favorable de stevia, la temperatura debe ser menor de 40° C durante el día y mayor de 10° C durante la noche; en base a lo anterior se puede mencionar que el cultivo de stevia se desarrolló con las temperaturas adecuadas.



**Figura 29. Humedad relativa y temperatura dentro del invernadero.**

#### 6.4. Altura de la planta

La altura de la planta no tuvo efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) al utilizar diferentes sustratos; sin embargo, los valores superiores se registraron en los sustratos que se fertilizaron con lixiviado de lombricompost (Cuadro 12), en relación con el número de corte si hubo efecto significativo. En el segundo corte se registró la altura máxima de 59.98 cm (Cuadro 13). Flores (2011) encontró en promedio una altura de 26.79 cm después de 90 días de desarrollo lo cual coincide con lo registrado en el corte 1 y 3. Ruiz (2013) menciona que los lixiviados aumentan la altura de las plantas, Herrera y Ortiz (2016) señalan que las plantas fertilizadas con 29 y 14.5 ml de lixiviado de humus de lombriz tiene tendencia a aumentar la altura en *Capsicum chinense*. Lo anterior se observó también al fertilizar la stevia con lixiviado de lombricompost.

**Cuadro 12. Altura, diámetro y número de tallos en plantas de stevia cultivada en sustratos orgánicos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro del tallo (mm)</b>	<b>Núm. de tallos Planta<sup>-1</sup></b>
<b>Tierra de monte</b>	36.82 a	4.6330 a	17.633 a
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	38.96 a	4.2513 a	17.567 a
<b>Tierra de monte + hormigón</b>	38.21 a	4.8617 a	16.375 a
<b>Tierra de monte + hormigón fertilizado con lixiviado de lombricompost</b>	38.83 a	4.0307 a	16.233 a
<b>DMSH</b>	4.51	0.862	6.3672

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

**Cuadro 13. Altura, diámetro y número de tallos en plantas de stevia cosechada en tres tiempos de corte.**

<b>Número de corte</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro del tallo (mm)</b>	<b>Núm. De tallos</b>
<b>1 (90 días)</b>	27.18 b	5.3020 a	7.619 b
<b>2 (180 días)</b>	59.98 a	3.5675 b	11.48 b
<b>3 (90 días)</b>	27.45 b	3.7130 b	31.750 a
<b>DMSH</b>	3.56	0.6798	5.0218

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

## **6.5. Diámetro de tallo**

Para esta variable no hubo diferencia significativa en relación al tipo de sustrato, pero si con el número de corte ( $P \leq 0.05$ ). El diámetro mayor fue en los sustratos donde no se fertilizó con lixiviado de lombricompost (Cuadro 12) y fue significativamente mayor en el primer corte (Cuadro 13). Pajas (2000) registro 4.65 mm, con la incorporación de materia orgánica y Apaza (2003) obtuvo un mayor resultado de 4.83 mm de diámetro de tallo en stevia, señalando que las condiciones ambientales también influyen en el desarrollo de diámetro de tallo. En base a lo anterior, los valores del experimento se encuentran dentro de lo reportado por los autores antes mencionados.

## **6.6. Numero de tallos por planta**

El número de tallos por planta más alto se registró en los sustratos donde no se utilizó lixiviado de lombricompost, aunque no hubo diferencias significativas estadísticamente en todos los sustratos utilizados (Cuadro 12). La cantidad de tallos por planta en relación con el número de cortes (Cuadro 13) fue mayor estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) en el tercer corte. Pajas (2000) menciona que obtuvo el mayor número de tallos en la segunda cosecha con 12 tallos por planta con la incorporación de materia orgánica. Sumida (1997) menciona que después del primer corte llega a rebrotar mayor número de ramificaciones laterales desde la base del tallo principal. En el experimento conforme se realizaron los cortes, incrementó el número de ramificaciones iniciando con 7 y terminando con 31.

## **6.7. Peso fresco**

El peso fresco no presentó diferencias significativas entre los sustratos, pero si entre el número de corte ( $P \leq 0.05$ ). En los sustratos con aplicación de lixiviado de lombricompost el peso fresco fue mayor (Cuadro 14). De acuerdo con el número de cortes, el peso estadísticamente fue mayor en el segundo corte (Cuadro 15) Borges *et al.* (2014) mencionan que al aplicar fertilización con lixiviado de lombricompost al 50 % cada 7 días, incrementó la biomasa aérea en plantas de morera. Pajas (2000) reporta que obtuvo en el primer corte de stevia pesos de 25.44 g y en el segundo corte 32.75 g en promedio. Apaza (2003) registró el mayor peso con 141.11 g como consecuencia de las condiciones ambientales que influyen en el contenido de peso de las plantas.

En base a lo anterior, se puede mencionar que tanto la aplicación de lixiviado de lombricompost, cómo un incremento de aproximadamente 2° C durante el segundo corte se reflejó en el incremento de peso fresco.

**Cuadro 14. Peso fresco y seco de plantas de stevia cultivadas en sustratos orgánicos.**

<b>Tratamiento / días de desarrollo</b>	<b>Peso fresco (g)</b>	<b>Peso seco (g)</b>
<b>Tierra de monte</b>	59.68 a	12.31 a
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	61.82 a	11.98 a
<b>tierra de monte con tierra + hormigón</b>	56.08 a	11.26 a
<b>Tierra de monte + hormigón fertilizado con lixiviado de lombricompost</b>	62.92 a	12.46 a
<b>DMSH</b>	12.19	2.29

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

**Cuadro 15. Peso fresco y seco en plantas de stevia en tres tiempos de cosecha.**

<b>Numero de corte</b>	<b>Peso fresco (g)</b>	<b>Peso seco (g)</b>
<b>1 (90 días)</b>	33.71 b	7.39 b
<b>2 (180 días)</b>	108.55 a	21.10 a
<b>3 (90 días)</b>	38.11 b	7.51 b
<b>DMSH</b>	9.61	1.81

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

## 6.8. Peso seco

En relación al tipo de sustrato no se encontró diferencia significativa en el peso seco, pero si en relación al número de corte (Cuadro 14). el peso seco mayor se registró en el segundo corte al utilizar el sustrato con aplicación de lixiviado de lombricompost (Cuadro 15).

Gutiérrez (2005) menciona que la relación de secado a la sombra y a sol, redujo el peso a 3.83. y 1.10 de peso por planta y secado en estufa a 1.35, el secado en estufa por 3 horas de 11.63 de peso fresco paso a 3.827 g en peso seco. Pajas (2000) obtuvo un peso seco de 10.55 g en el primer corte y 15.98 g en el segundo corte.

## 6.9. Contenido de humedad

No se registraron diferencias significativas en el contenido de humedad en relación con el tipo de sustrato, pero si con el número de corte; el máximo valor se obtuvo al utilizar el sustrato tierra de monte 29.56 % (Cuadro 16). En relación con el número de cortes, estadísticamente el primer corte fue mayor (Cuadro 17). Kolmans (1999) señala que la planta al estar en contacto con un sustrato con abundante materia orgánica, facilita la absorción de agua por la planta.

Esta diferencia significativa influye por la época de mayor humedad; así como la absorción del agua del ambiente e interviene en el desarrollo de la planta, por lo que los resultados indican que existe una diferencia en la cantidad de agua absorbida por la planta en las diferentes épocas.

**Cuadro 16. Contenido de humedad de planta de stevia cultivada en sustratos orgánicos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>
<b>Tierra de monte</b>	29.56 a
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	26.03 a
<b>Tierra de monte + hormigón</b>	25.86 a
<b>Tierra de monte + hormigón fertilizado con lixiviado de lombricompost</b>	24.89 a
<b>DMSH</b>	5.52

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

**Cuadro 17. Contenido de humedad por el tiempo de corte**

<b>Número de corte / días de desarrollo</b>	<b>Contenido de humedad</b>
<b>1 (90 días)</b>	37.94 a
<b>2 (180 días)</b>	21.26 b
<b>3 (90 días)</b>	20.55 b
<b>DMSH</b>	4.35

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

#### **6.10. Concentración de rebaudiósidos**

El cultivo de stevia cultivada baja condiciones de invernadero, no presentó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la interacción tipo sustrato\*número de corte; sin embargo, si hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) por separado (Cuadro 18 y 19).

La cantidad de rebaudiósidos fue mayor al utilizar tierra de monte con y sin aplicación de lombricompost (Cuadro 18). Verdonck *et al.*, (1981) señalan que la capacidad de retención de humedad y porosidad de los sustratos, influye en aumentar el número de tallos y la cantidad de rebaudiósidos.

De acuerdo con el autor y en base a los datos obtenidos de humedad y número de tallos en relación con el tipo de sustrato (Cuadro 12 y Cuadro 13), se puede indicar que el sustrato de tierra de monte solo o con la aplicación de lixiviado de lombricompost, favoreció la capacidad de retención de humedad y el incremento en el número de tallos, lo cual pudo incrementar la cantidad de hojas y por ende la cantidad de rebaudiósidos.

**Cuadro 18. Contenido de rebaudiósidos en hojas de stevia, cultivada con diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Contenido de rebaudiósidos A (mg g<sup>-1</sup>)</b>
<b>Tierra de monte</b>	0.07413 a
<b>Tierra de monte fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	0.0693 ab
<b>Tierra de monte + hormigón</b>	0.0571 bc
<b>Tierra de monte + hormigón, fertilizada con lixiviado de lombricompost</b>	0.0553 c
<b>DMSH</b>	0.0126

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

En relación con el número de cortes si hubo diferencia significativa en el contenido de rebaudiósidos, estadísticamente fue mayor en el corte uno y tres (Cuadro 19). Aunque la nutrición orgánica es importante en los cultivos de stevia para su crecimiento, otras variables como la luz, agua, temperatura y edad de las plantas son determinantes en el contenido de glucósidos presentes en la stevia (Ramesh *et al.*, 2006 y Bondarev *et al.*, 2003). En base a lo anterior, se puede señalar que un factor determinante en el presente experimento fue el tiempo de crecimiento y altura a alcanzar para obtener la mayor cantidad de rebaudiósidos, encontrándose un efecto inverso con el tiempo y altura; es decir, la mayor cantidad de rebaudiósidos fue en el corte uno y tres, los cuales registraron los valores inferiores en altura, peso fresco, peso seco, en el periodo mínimo de crecimiento.

**Cuadro 19. Contenido de rebaudiósidos en hojas de stevia, cosechada en tres tiempos.**

<b>Número de corte</b>	<b>Contenido de rebaudiósidos (mg g<sup>-1</sup>)</b>
<b>1 (90 días)</b>	0.0873 a
<b>2 (180 días)</b>	0.0263 b
<b>3 (90 días)</b>	0.0785 a
<b>DMSH</b>	0.0099

Donde: DMSH= Diferencia significativa mínima honesta.

Letras iguales dentro de columnas son estadísticamente iguales ( $P \leq 0.5$ ).

Al realizar un análisis de correlación de las variables del desarrollo del cultivo con la cantidad de rebaudiósidos, se presentó un efecto positivo y altamente significativo con el número de tallos (Cuadro 20). Lo anterior permite asumir de manera indirecta que la cantidad de rebaudiósidos depende de la cantidad de hojas presentes en los tallos.

**Cuadro 20. Análisis de correlación de las variables del desarrollo del cultivo de stevia con la cantidad de rebaudiósidos.**

	<b>Altura</b>	<b>Diámetro tallo</b>	<b>Número de tallos</b>	<b>Peso fresco</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Humedad</b>	<b>Rebaudiósidos</b>
<b>Altura</b>	1.000	-0.06047	0.42190	0.40905	-0.1023	-0.9317	-0.5732
		0.3953	0.5781	0.5910	0.897	0.0682	0.4268
<b>Diámetro tallo</b>	-0.6047	1.000	0.07888	-0.9645	-0.7302	0.4656	0.1559
	0.3953		0.9211	0.0355	0.298	0.5344	0.8441
<b>Número de tallos</b>	-0.4219	0.0788	1.000	0.1566	0.2452	0.7206	0.98382
	0.5781	0.9211		0.8433	0.7548	0.2793	0.0162
<b>Peso fresco</b>	0.4090	-0.9645	0.1566	1.000	0.8506	-0.2200	0.09700
	0.5910	0.0355	0.8433		0.1494	0.7800	0.9030
<b>Peso seco</b>	-0.1023	-0.7302	0.2452	0.8506	1.000	0.2105	0.2807
	0.8976	0.2698	0.7548	0.1494		0.7895	0.7193
<b>Humedad</b>	-0.9317	0.4656	0.7206	-0.2200	0.2105	1.000	0.83122
	0.0682	0.5344	0.2793	0.7800	0.7895		0.1688
<b>Rebaudiósidos</b>	-0.5732	0.1559	0.9838	0.0970	0.28073	0.83122	1.000
	0.4268	0.8441	0.0162	0.9030	0.7193	0.1688	

## VII. CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales y el manejo influyen en la iniciación floral del cultivo de *Stevia rebaudiana* bajo condiciones de invernadero.

El sustrato tierra de monte fertilizado con lixiviado de lombricompost cada 15 días presenta las mejores características físicas y químicas para el desarrollo vegetativo del cultivo de stevia.

Existe una relación directamente proporcional del número de hojas de stevia con la cantidad de rebaudiósidos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Apaza A. 2003. Evaluación agronómica de la estevia (*Stevia rebaudiana Bert.*) bajo tres niveles de fertilización nitrogenada en los Yungas de La Paz Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Mayor De San Andrés Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia, pp. 80 – 90.
- Barathi, N. 2003. Stevia-the calorie free natural sweetener natural product radiance. Niscair-CSIR. India. Research journals. Vol. 2.120-122.
- Bataller G. V. 2014. El calcio y su asimilación por parte de las plantas. Cannabis magazine: La revista de los profesionales y amantes del cáñamo. ISS-e1889-5158. N°125.pags. 58-63.
- Bollo E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito. Soboc Grafic, pp. 149.
- Bondarev N.I.; M.A. Sukhanova; O.V. Reshetnyak and A.M. Nosov. 2003. Steviol glycoside content in different organs of (*Stevia rebaudiana Bertoni*) and its dynamics during ontogeny. Biol. Plant 47: 261-264.
- Bonilla C.; Carmen R.; Sánchez O.; Manuel S. y Perlaza, Diego F. 2007. Evaluación de métodos de propagación, fertilización nitrogenada y fenología de stevia en condiciones del valle del cauca. Acta agronómica 56 (3), 131-134.
- Borges J.A.; M. Barrios y O. Escalona. 2012. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Zoot. Trop 20 (1): 495-501.
- Boshle. 2004. Commercial cultivation of stevia rebaudiana. Boletín Agrobios Newsletter 3 (2): 43-45.
- Brandle J. and P. G. Telmer. 2007. Steviol glycoside biosynthesis. Phytochemistry 68 (14): 1855-1863.
- Brandle J.E.; Richman A.; Swanson A. y Chapman B. 2005. leaf ests from stevia rebaudiana. a resource for gene discovery in diterpene synthesis plant molecular biology 50: 613-622.

- Bravo, M., N. Ale, D. Rivera, J. Huamán, D. Delmás., M. Rodríguez, M. Polo, y M. Bautista. 2009. Caracterización química de la Stevia rebaudiana. Rev. Per. Quím. Ing. Quím, 12, 5-8.
- CAPASTE (Cámara paraguaya de la Stevia). 2009. Pasos en la implementación de sellos para el Desarrollo Rural, San José, Costa Rica, Participación de la Cámara Paraguaya de la Stevia CAPASTE, la Dirección de Acreditación de Laboratorios, del ONA-CONACYT, Mesa Sectorial de Stevia REDIEX.
- Carakostas MC., Curry L.L., Boileau AC, Brusick DJ. 2008. Overview: the history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring esteviol glycoside, for use in food and beverages. Food Chem 41 Toxicol.46 (7), 1-10.
- Cardozo, V. 1986. Estudio de Posibilidades de Desarrollo de la Stevia rebaudiana Bert. En el Paraguay informe preparado para el Centro internacional de Comercio GATT / UNCTAD Asunción, Paraguay pp: 35.
- Carneiro, J. W. P. 2007. Stevia rebaudiana (Bert.) Bertoni: Stages of plant development. Canadian Journal of Plant Science 87 (4), 861-865.
- Carracedo y Rivero. 1999. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante. Revista Facultad de Agronomía Maracay 25: 83-93.
- Casseres, E. 1980. Producción de hortalizas. San José, Costa Rica. Tercera edición. Editorial IICA. 387 p.
- Cedrssa. 2018. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria: reporte oportunidades para la agricultura en México. la estevia. Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México.
- Chacon A.G., Blanco J.M. 1999. Manual práctico para la fabricación de abono orgánico utilizando lombrices. San José. Costa Rica pp: 39.
- Clementelli, A. y Zerballos, R. 1999. Fertilización nitrogenada mineral y orgánica en el cultivo de stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). Iniv. Cienc. Soc. 1 (1): 47-50.

Disponible en: <[http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S8888-88882009000100007&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S8888-88882009000100007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 8888-8888.

Cortés, J. E. 2012. Análisis de crecimiento del cultivo de stevia (*Stevia rebaudiana B.*) con proyección agroindustrial en el Valle del Cauca. Santiago de Cali – Colombia, Universidad de San Buenaventura Cali pp: 32-35.

Domínguez J., Edwards E., Subler S. 1997. A comparison of vermicomposting and composting. BioCycle. BioCycle 38, (4), 57-59.

EDAC e INCAGRO. 2009. Manual Técnico de Producción de Stevia: “Adaptabilidad biológica para la introducción de la Stevia. (*Stevia rebaudiana B.*) en seis zonas agroecológicas andinas de San Ignacio y Chota”, Cajamarca pp: 3-7.

Ferruzi C. 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España, Mundi-Prensa. 138 p.

Fisher, J. C. 2016. Asociación americana de la stevia. Trifón Benítez Vera. Asunción de Paraguay. 571 p.

Flores J. 2011. Efecto de tres niveles de N, P, K y cuatro promotores de crecimiento en el rendimiento de Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) en Selva Alegre, Imbabura. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte. pp. 58.

Fraile J.; Obando R. 1994. Lombricultura: alternativa para el manejo racional de los desechos del banano. Aqua 3 (4): 17-22.

García-Almeida J. M.; Casado F. G. M. y García A. J. 2013. Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. Nutrición Hospitalaria 28 (4): 17-31.

Gilbert P. M. V. 2010. Origen de la planta de Stevia rebaudiana. Simposio Internacional del “Ka’a He’e”. Red de inversiones y exportaciones, de (REDIEX). Recuperado de: Sitio web: <http://www.rediex.gob.py/beta/userfiles/file/V->.

González-Moralejo S. A. 2011. Aproximación a la comprensión de un endulzante natural alternativo, la Stevia rebaudiana Bertoni: producción, consumo y demanda potencial. Revista Agroalimentaria 17 (32): 57-69.

- Gutiérrez C, A, M. 2005. Efecto de las características agronómicas y el secado en el contenido de esteviósidos de la stevia (*stevia rebaudiana Bertoni*) en la provincia de Canavi. Universidad mayor de san Andrés Facultad de Agronomía la Paz Bolivia. Tesis de Licenciatura pp: 51-67.
- Herrera S A. E. y O. N. J. J. 2016. Efecto de la dosificación de lixiviado de lombriz (*Eisenia foetida*) en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense jacq*), Tesis de Licenciatura. Instituto tecnológico de la zona maya. Quintana Roo. 24 p.
- Herrera S. G J. 2012. el cultivo de stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) en condiciones agroambientales de Nayarit México. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico núm. 19. pp: 8-14.
- InfoAgro. 2021. El boro como nutriente esencial. Parte II. dpto. producción agraria. Universidad politécnica de Cartagena. Área de edafologíay química agrícola. 12p.
- Jaimez, R. E.; N. Nava; Rivero Trompiz, k. 2002. Efectos de diferentes intensidades de poda sobre floración y producción de ají dulce (*Capsicum chinense Jacq*). Revista de la facultad de agronomía 132 (3) pp: 1121-1132.
- Jaramillo V.A. 2009. Stevia: Producción y Procesamiento de un Endulzante Alternativo. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Jarma O., Alfredo de Jesus y Combatt C., E, M y Cleves L, J A. 2010. Aspectos nutricionales y metabolismo de Stevia rebaudiana (Bertoni). Una revisión. Agronomía Colombiana 38 (2): 199-208. [Fecha de consulta 27 de junio de 2021] ISSN: 0120-9965. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180315602009>
- Jyung W. and S. Wittwer. 1964. Foliar absorption-an active uptake process. Amer. J. Bot 51: 437-444.
- Lailerd N.; Saengsirisuwan V.; Sloniger J.A; Toskulkao C. and Henriksen E.J. 2004. Lailerd N, Saengsirisuwan V, Sloniger JA, Toskulkao C, Henriksen EJ. Metabolism 53 (1): 101-7. doi: 10.1016/j.metabol.2003.07.014. PMID: 14681850.

- Lemus-Mondaca R.; Vega-Gálvez A.; Zura-Bravo L. y Kong A.H. 2012. Stevia rebaudiana Bertoni, source of high-potency natural sweetener. A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. Food chemistry 132 (3): 1121-1132.
- Lima O. y Malavolta E. 1997. Síntomas de desordens nutricionais em estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) Sci.Agric. 54 (1-2): 53-61.
- Liu X.; R. G. Ren and Y. Shi. 2011. The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of Stevia rebaudiana Bertoni. Ener. Proc 5: 1200-1204.
- López T. Peña. 2004. Plan estratégico para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización del edulcorante a base de stevia. Pontificia universidad javeriana, Bogotá, Colombia. 125p.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. Londres pp:461-479.
- Martínez C. 1996. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. A. Carballo; S. Bravo, (eds.) Texcoco, MX, 140 p.
- Martínez P.T. 2002. La hierba dulce. Historia, usos y cultivo de la stevia rebaudiana Bertoni. Ciencias de la salud, Madrid. 125 p.
- Midmore D, J.; Rank A. H. 2002. Una nueva industria Rural: Stevia para reemplazar edulcorantes químicos importados. publicación web. RIRDC, Proyecto no. UCQ-16.
- Mirabelli E. 2009. Extractos acuosos del compostaje y lombricompostaje. Centro de lombricultura. Facultad Agronomía de Buenos Aires. pp: 14.
- Miserendino E. y Astorquiza R. 2014. Invernaderos: aspectos básicos sobre estructuras, construcción y condiciones ambientales. Agricultura 23: 93-100.
- Moliner F. J. 2000. La aportación valenciana a los primeros grabados de especies botánicas americanas en Aleza Izquierdo, M. y López García, A. (Coord.) Estudios de filología, historia y cultura hispánicas, Universidad de Valencia. 102 p.
- Monteiro R. 1980. Taxonomía e biología da reprodução da Stevia rebaudiana Bert. Univ, Estadual de Campinas.

- Monteiro R. 1982. Estudos taxonómicos em *Stevia* serie *Multiaristatae* no Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 5: 5-15.
- Morita T. & Bu Y. 2000. Variety of *Stevia rebaudiana* Bertoni. U.S. Patent No. 6,031,157, Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Muñoz S. 2008. Dulzura y poder: el lugar de la historia moderna. *Revista de estudios sociales*. 29:172-175.
- Musumeci, S.; Paoletti M.G. 2002. *Binomium chitin-chitinanse*. Recent insues. *Nova Biomedical*. USA.
- Noda Y.; G.J. Martín y D.E. García. 2005. Noda Y., G.J. Martín y D.E. García. *Pastos y Forrajes* 28 (2): 133-139.
- Pajas G. 2000. Niveles de Fertilización Orgánica en el Cultivo de la Estevia. En *La Localidad de San Buenaventura Tesis de Ingenieria*. Universidad Mayor De San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp: 80 – 90.
- Pinaya, A. 1996. Densidades de Siembra en el Cultivo de *Stevia* en la Localidad de Palos Blancos. *Tesis de Ingenieria*. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp: 60 – 75.
- Ramia A. N. C. 2002. Estudio económico para la producción y comercialización de *Stevia rebaudiana*. Proyecto de titulación de nivel Profesional. Carrera de Gestión de Agronegocios, Universidad El Zamorano, Honduras.
- Ramírez G. 2011. Paquete tecnológico estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). Establecimiento y mantenimiento. Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur-sureste de México- trópico húmedo. pp: 1-15.
- Raskovic A.; Jakovljevic V.; Mikov M.; Gavrilovic M. 2004. Joint effect of commercial preparations of *Stevia rebaudiana* Bertoni and sodium monoketocholate on glycemia in mice. *Eur J Drug Metab Pharmacokinet* 29 (2): 83-6.

- Razo E. F. 2011. Diseño de una planta piloto para la industrialización de stevia en la comunidad Cueva de los monos, Caton Sacha. Provincia de Orellana, Región Norte de Ecuador 185 p.
- Rengifo T.; Jarma A.O.; Araméndiz - Tatis H. 2008. Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*) en el Caribe Colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa, Agronomía colombiana 23 p.
- Robson A. D. and M. G. Pitman. 1983. Interactions between nutrients in higher plants. In: A. Lauchli y R. L. Bieleski (eds). Encyclopedia of plant physiology. New Series. Vol 15<sup>a</sup>. Springer. Berlín pp. 147-180.
- SADER. 2016. En México la stevia conquista el mercado de los edulcorantes. Secretaria de agricultura y desarrollo rural, México. D. F.
- Sánchez J. A. 2017. Análisis Sectorial del Cultivo de Stevia (111). Análisis Sectoriales y Subsectoriales Elaborados. Secretaria de Desarrollo Económico. Honduras 6 p.
- Scholes J., N. Bundock., R. Wilde and S. Rolfe. 1996. The impact of reduced vacuolar invertase activity on the photosynthetic and carbohydrate metabolism of tomato. *Planta* 200: 265-272.
- Serfaty M.; M. Ibdah; R. Fischer; D. Chaimovitsh y Saranga and N. Dudai. 2013. Dynamics of yield components and stevioside production in *Stevia rebaudiana* grown under different planting times, plant stand and harvest regime. *Ind. Crops Prod* 50: 731-736.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2004. Cierre de la producción agrícola por cultivo. 5 de enero de 2018, Sitio web: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>.
- Sumida T. 1997. Posibilidades de Desarrollo Agro – Industrial de la *Stevia rebaudiana Bert.* En Bolivia IICA, La Paz, Bolivia pp: 165 – 168.
- Tigrero J y Landazuri P. 2009. *Stevia rebaudiana Bertoni* una planta medicinal, iasa, escuela politécnica del ejercito departamento de ciencias de la vida, carrera de ciencias agropecuarias. Boletín técnico edición especial, sbn-978-9978-301-05-0.

- Villalba Martínez, C. J., R. M. López Romero, A. Trinidad Santos, A. Quevedo Nolasco y A. Muratalla Lúa. 2018. Glucósidos en respuesta a dos fuentes de nutrición en Stevia rebaudiana Bertoni. *Terra Latinoamericana* 36: 411-421.
- Woelwer-Rieck U.; C. Lanke; A. Wawrzun and M. Wüst. 2010. Improved HPLC method for the evaluation of the major steviol glycosides in leaves of Stevia rebaudiana. *Eur. Food Res. Technol.* 231: 581-588
- Yang J.; X. Liu and Y. Shi. 2013. Effect of different mixed fertilizer on yield, quality and economic benefits in stevia rebaudiana Bertoni. *Adv. Food Sci. Technol* 5: 588-1863.
- Yáñez H. 2014. Cultivo y proceso industrial de la stevia- Endulzante natural. *Ingeniería de proyectos industriales*. Murcia- España. pp: 6.
- Zubiate F. 2007. Manual del cultivo de la Stevia (yerba dulce). Universidad la molina. Lima Perú, disponible en: [http://apicultura.wikia.com/wiki/Stevia\\_rebaudiana](http://apicultura.wikia.com/wiki/Stevia_rebaudiana).