

I. GENERALIDADES DEL CULTIVO

46718

Alvaro Tamayo Vélez¹
Manuel Hincapié Zapata

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

La estevia es una planta pequeña, semileñosa, que pertenece a la familia de las compuestas; es el más valioso entre los vegetales nativos del Paraguay y una verdadera maravilla de la naturaleza. Contiene un glucósido llamado esteviósido, cuyo poder edulcorante en estado puro y cristalino es 300 veces mayor que el azúcar de caña. No hay en el mundo otro sustituto edulcorante de origen natural con estas características.

La mayoría de los botánicos admiten que la estevia es una planta auténticamente paraguaya, originaria de la región oriental del país, donde era utilizada por los indios como edulcorante y para fines medicinales. Alrededor de 1970 comienza el cultivo en el sur de Japón (Figura 1).

Actualmente Japón, China, Brasil y Paraguay son los principales productores. Del Japón se ha extendido a todo el sudeste asiático.



Figura 1

¹ Respectivamente, I. A. MSc. Suelos y Tecnólogo Agropecuario. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Programa Recursos Biofísicos C.I. La Selva. Apartado Aéreo 100, Rionegro, Antioquia, Colombia.

ANALIZADO

HISTORIA

En la época de la colonización de América del sur, todo el territorio paraguayo y regiones limítrofes de Brasil, Argentina y Bolivia era habitado por los indios Tupi-guaraní. Ellos utilizaban las hojas de una pequeña planta que denominaban Kaá-Hé-é, que en guaraní, significa "erva doce", para endulzar diversas preparaciones medicinales. Las primeras noticias de Kaa-He-e para el mundo civilizado fueron dadas a través de relatos, contenidos en documentos informativos, enviados por los conquistadores a España. Estos documentos decían que la planta era conocida por los indígenas desde tiempos remotos.

En 1899, Bertoni la denominó *Eupatoriae rebaudianum* sp., luego en 1904 este mismo autor comprobó que se trataba de una Eupatoriae del género Stevia y como tal fue publicada en 1905, como *Stevia rebaudiana*, luego la sociedad botánica en homenaje a Bertoni, la denominó *Stevia rebaudiana* (Bertoni), apartir de ahí varias publicaciones de renombre mundial como The American Perfume Chemistry and Industry y Zucker-subwaren-wirtschaft, entre otras, revelaron a la estevia como una planta pródiga, con grandes perspectivas de comercialización e industrialización. En 1908, el principio edulcorante (glucósido), fue aislado por primera vez en forma cristalina, por Rasenack, luego Dieterich en 1909, en forma independiente, también aisló el glucósido.

En 1924, por decisión de la Unión Internacional de Química en Copenhague el esteviósido extraído fue considerado como principio edulcorante.

La designación de esteviósido, de la especie, se debe a los investigadores franceses Bridel y Lavielli que en 1931 cristalizaron el principio edulcorante de la especie y determinaron que no poseía efectos tóxicos, al realizar pruebas de laboratorio con animales; así mismo, se demostró que el esteviósido es el edulcorante natural no nitrogenado más dulce que se encuentra en la naturaleza y que está compuesto solamente de carbono, hidrógeno y oxígeno, siendo su fórmula química $C_{38}H_{60}O_{18}$.

En 1952, un equipo de investigadores del National Institute of Arthritis and Metabolic Diseases, dirigidos por el doctor Hewitt y Fletcher Jr, determinaron la estructura química del esteviósido, que resultó ser un glucósido diterpénico con un aglycon denominado steviol. En 1959, Laurence y Ferguson publicaron del poder edulcorante del esteviósido, que lo establecieron en cerca de 280 y 300 veces mayor que la sacarosa.

Durante la década de 1970, investigadores japoneses de las universidades de Hiroshima y Hokkaido, identificaron otros principios edulcorantes en las hojas de estevia, tales como rebaudiósidos A, B, C, D y E, dulcósidos A y B y otros de menor importancia. El rebaudiósido A es el que presenta el mayor grado de dulzura y, es por ello que se procura seleccionar individuos con altos contenidos de este componente.

En 1987 fue aprobado en Brasil como saborizante y edulcorante, en varias clases de alimentos.

En 1995 fue aprobado en Estados Unidos, como ingrediente para suplemento dietético.

En Colombia se tienen informes sobre la introducción de esta planta al Valle del Cauca y Antioquia, iniciando la década de los 90, desconociéndose su procedencia y año de introducción.

En el año 1994, Cordicafé y Secretaria de Agricultura de Antioquia, suscribieron un convenio de cooperación con la JAIDO LTD. del Japón. Para tal fin, importaron material vegetal proveniente de ensayos realizados en Santa Cruz de la Sierra Bolivia en convenio con la empresa MORITA Company, con el fin de observar su adaptabilidad al medio tropical.

En el mes de abril de 1994, se introdujeron a Colombia, los primeros plantines y esquejes de *Stevia rebaudiana* variedad Morita, los cuales, luego de cumplir la cuarentena exigida por el ICA, sirvieron como material de multiplicación para la siembra de diferentes ensayos de adaptación y ajuste de tecnología, en cuatro localidades del departamento de Antioquia y de esta forma dar cumplimiento a los objetivos del convenio. La estevia introducida inicialmente a Colombia, procedía de un material mejorado por Toyosigue Morita, el cual mostraba mayor rendimiento y mejor calidad del producto final, pero baja tolerancia al hongo *Septoria*. Para finales de 1995 ASOSTEVIA importó esquejes del Japón de una nueva selección hecha por el señor Morita, la cual mostraba mayor tolerancia a la *Septoria* enfermedad de las hojas.

La Secretaria de Agricultura de Antioquia continuó con los ensayos y para ello estableció parcelas en clima frío, medio y cálido.

En Colombia, la Secretaria de Agricultura continuó asesorando a un grupo de productores, logrando establecer las pautas técnicas para el cultivo de estevia en el país. Para tal fin, de común acuerdo entre las partes, se determinó realizar ensayos en los municipios antioqueños de Arboletes, Bello, Caucasia, Santo Domingo y Urrao, teniendo un cubrimiento en los diferentes pisos térmicos.

TAXONOMIA

Reino:	Vegetal
División:	Spermatophyta
Subdivisión:	Angiospermas
Clase :	Dicotiledóneas
Subclase:	Simpétala
Orden:	Campanulales
Orden :	Asterales
Familia:	(Asteraceae) Compositae
Genero:	<i>Stevia</i>
Especie:	<i>Stevia rebaudiana</i>
Sinónimos:	<i>Eupatorium rebaudiana</i>
Descriptor:	Bertoni

Nombres comunes

Colombia:	Estevia, Stevia
Brasil:	Estevia, Kaá -hé-é (hierba dulce), Azucá-caá (hierba de azúcar), Ca-á-yupé (dulce), Eira- caá (hierba de miel)
Paraguay:	Kaá -hé-é (hierba dulce), Azucá-caá (hierba de azúcar).

MORFOLOGÍA

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

TIPO DE PLANTA

Stevia rebaudiana Bert., pertenece, al igual que el crisantemo, a la familia de las compuestas. Fue descrita botánicamente en 1905, por el naturalista Moisés Santiago Bertoni, como una planta herbácea de 40 a 80 cm de altura (Figura 2).



Figura 2

RAÍZ

La raíz de la estevia es fibrosa, filiforme y perenne, formando una abundante cepa que apenas si ramifica y no profundiza, distribuyéndose cerca de la superficie del suelo. En plantas que se propagan asexualmente, por esquejes de tallos, en arena gruesa, se ha observado abundante ramificación del sistema radicular, las raíces finas abundan en la superficie y las gruesas en las zonas más profundas del suelo (Figura 3).



Figura 3

TALLO

El tallo es anual, erecto, semileñoso, más o menos pubescente, con tendencia a inclinarse y es más o menos ramificado. Durante su desarrollo inicial no posee ramificaciones, pero después de las podas, se convierte en una planta muy macollada, llegando a producir hasta 25 tallos después de cada corte. (Figura 4). En su centro de origen, el tallo puede llegar hasta un metro y medio de altura; en Colombia puede alcanzar apenas los 60 cm de altura.



Figura 4

HOJAS

Las hojas son elípticas, ovals o lanceoladas (Figura 5); algo pubescentes, pequeñas, simples, opuestas en sus estados juveniles y alternas como manifestación de la floración; de borde o margen dentado; a veces en verticilos. La hoja es el órgano con mayor contenido del edulcorante.



Figura 5

FLOR

La flor es hermafrodita, pequeña y blanquecina; viene en capítulos pequeños, terminales o axilares, agrupados en panículas corimbosas (Figura 6). Una planta tarda más de un mes en producir todas sus flores. En Colombia la estevia florece en cualquier época del año, por lo cual hay que cosechar cuando la planta presente un máximo del 5% de floración.



Figura 6

La polinización es entomófila (realizada por insectos); es una planta autoincompatible que presenta protandria, lo que significa que el polen o parte masculina de la flor madura primero que los óvulos o parte femenina y por lo tanto no puede haber autopolinización.

FRUTO

El fruto es un aquenio que es diseminado por el viento. Se clasifica en claro estéril, oscuro fértil y oscuro estéril (Figura 7).

El género *Stevia* tiene más de 100 especies en el continente americano, de donde es originaria, pero *Stevia rebaudiana* Bert, es la única especie con principios edulcorantes en las hojas.



Figura 7

ECOTIPOS

Esta especie presenta numerosos ecotipos. Mitsuhashi (1975), seleccionó 28 ecotipos diferentes. Para diferenciarlos se basó principalmente en sus características morfológicas. Al determinar el contenido de esteviósidos, éstos variaron entre 2,07 y 18,34 %. Otro autor, describe una serie de experimentos donde 22 variedades de *Stevia rebaudiana* Bert., fueron estudiadas para correlacionar varias características de la planta, con la heredabilidad. Se observaron 11 características morfológicas y 6 características de contenido de edulcorante. De estas 17 características, solamente el peso seco de hojas mostró una baja correlación con la heredabilidad, lo que significa que características morfológicas y de contenido, principalmente de principios activos, tienen un efecto seleccionador evidente.

GENÉTICA

La estevia es una planta diploide, conteniendo 22 cromosomas. Estudios de poliploidía realizados por varios investigadores obtuvieron variedades de alta calidad. La poliploidía puede resultar un buen método para obtener aumentos de productividad en términos de masa foliar y contenido del principio activo, reduciendo el área plantada y por ello los costos.

ECOLOGÍA

En la zona tropical, la estevia presenta un amplio rango de adaptación, desde los 0 a los 2.100 metros sobre el nivel del mar, pero es en los climas cálidos donde mejor calidad de hoja se obtiene. La climatología sugerida para el cultivo de estevia en el trópico es la siguiente:

Altitud:	300 a 1.200 m.s.n.m
Precipitación:	1.000 a 2.000 mm/año
Temperatura:	24 a 28° C
Humedad relativa:	78% a 85%
Vientos:	Moderados
Requerimientos de luz:	12 horas

La condición de baja luminosidad en el trópico, hace que la planta de estevia presente ciclos mas cortos en la floración que en su centro de origen; este ciclo oscila entre los 45 a 60 días, dependiendo de las condiciones de precipitación, temperatura y luminosidad

ALTITUD

En el trópico, la altitud determina el piso térmico (temperatura) e influye directamente en la radiación solar, en la presión atmosférica y en la velocidad del viento. Desde el punto de vista biológico, la altitud incide sobre el crecimiento de las plantas, la longitud de los entrenudos, el tamaño de las hojas y los contenidos de los esteviósidos, ya que en altitudes por encima de los 1.300 m.s.n.m., la acumulación de éstos disminuye. El rango altitudinal en el cual se adapta y desarrolla la estevia está entre los 300 a los 1.200 m.s.n.m.

PRECIPITACIÓN

La exigencia de humedad de esta especie es alta y de manera continua; es decir, no debe existir falta de agua durante las diferentes etapas de su desarrollo. De ahí que la distribución natural de este cultivo en Paraguay, se observe en zonas donde las precipitaciones medias anuales son altas (1.400 mm. a 1.600 mm). En Colombia se comporta bien en zonas con precipitación entre 1.000 a 2.000 mm. La planta resiste la humedad pero no la sequía, y esto se explica por la morfología de su sistema radicular.

LUMINOSIDAD

Los fotoperíodos largos aumentan la longitud de los entrenudos, el área foliar, el peso seco y aceleran la aparición de las hojas. La materia seca se reduce a la mitad con fotoperíodos de días cortos. Azúcares, proteínas y esteviósidos aumentan tanto en valores absolutos como relativos, en días largos.

TEMPERATURA

La temperatura determina la duración de las etapas fenológicas y permite que se den procesos fisiológicos como la viabilidad del polen, la fecundación, la formación, y caída de flores, el tipo y concentración de esteviósidos en la hojas, la dinámica de nutrientes y la aparición y diseminación de los problemas fitosanitarios. Las diferencias muy altas entre las temperaturas diurnas y nocturnas, ocasionan el rompimiento de la pared celular y por lo tanto la entrada de patógenos en los tejidos foliares.

La estevia es una especie originaria de la zona subtropical, semihúmeda, con temperaturas extremas de -6 a 43°C , con promedio de 24°C . En Colombia prospera muy bien entre los 24 a 28°C

HUMEDAD RELATIVA

Este factor influye directamente sobre la temperatura del aire y del suelo y sobre el contenido del vapor de agua en el ambiente, lo que influye en la radiación solar, en la precipitación y la velocidad del viento; además, es un factor determinante en la incidencia de enfermedades. La humedad relativa determina procesos como caída de hojas, también regula la respiración, la transpiración, la deshidratación, la fotosíntesis y los procesos reproductivos. Para la estevia, el porcentaje de humedad relativa debe ser menor del 85%.

SUELOS

Esta planta se puede cultivar en suelos muy variados. En su estado natural, la planta crece en suelos, tanto de baja fertilidad, ácidos y de tipo arenoso, como orgánicos y con alta humedad. La tierra ideal es la areno-arcillosa, con regular proporción de humus. Se adapta bien a suelos arcillosos con buen drenaje, no así a lugares con exceso de humedad. Prospera bien en suelos de desmonte. La planta crece naturalmente en suelos de pH 4 a 5, pero crece bien entre 6.5 a 7.5, siempre que no sean salinos. En Colombia la estevia se adapta bien en suelos cafeteros, de clima medio y cálido, con buen contenido de materia orgánica, ligeramente ácidos (pH entre 5.5 a 6.5) y con texturas areno-arcillosas, franco-arenosas o franco-areno-arcillosas; deben evitarse los suelos pesados.

PROPAGACIÓN

Propagar es reproducir plantas seleccionadas, con el fin de aprovechar sus características más importantes, tales como la alta producción de materia seca y altos contenidos de esteviósidos.

En la gran mayoría de las plantas cultivadas, su multiplicación es básicamente de dos formas: sexual, por medio de semillas y asexual por medio de partes de las plantas mismas. Estas partes pueden ser, renuevos o hijos, esquejes o estacas, cortes de ramas o tallos secundarios o terciarios; también se utiliza la técnica *in vitro* de propagación masiva de plantas, en la cual se utilizan meristemos, explantes de hojas y embriones somáticos, entre otros. La propagación de la estevia en Colombia básicamente se realiza por medio de esquejes enraizados.

PROPAGACIÓN SEXUAL

La estevia se reproduce sexualmente por aquenios, el cual es un fruto indehiscente y seco (Figura 8), con un pericarpio independiente de la semilla, es decir, no soldado con ella. Por este mecanismo, se observa una alta heterogeneidad en las poblaciones resultantes. La planta es de polinización cruzada, es decir que necesita de los insectos para su reproducción y gran parte de sus aquenios son estériles; éstos son livianos y de fácil dispersión por el viento. La floración no es uniforme, lo mismo que la maduración de la semilla, siendo la recolección lenta y difícil. El porcentaje de germinación de la semilla varía entre un 10% y un 38%. Además, con el tiempo ésta se reduce, ya que a los 4 meses el potencial de germinación se disminuye en un 40-70%. Por lo anterior, este método de propagación no es el adecuado en el cultivo de la estevia. Las semillas deben guardarse en condiciones de baja humedad, baja temperatura, preferentemente en la oscuridad y en envases herméticos.



Figura 8

PROPAGACIÓN VEGETATIVA O ASEXUAL

Este es el tipo de propagación más comúnmente utilizado y el más recomendado en estevia. La reproducción vegetativa o asexual se hace por medio de esquejes (Figura 9), con el fin de conservar las características genéticas de las plantas madres. El promedio de enraizamiento de los esquejes es superior al 95%; este método, convenientemente ajustado, es usado a escala comercial.

La propagación asexual reproduce clones. Esta propagación implica la división mitótica de las células, en la cual, comunmente hay una duplicación íntegra del sistema cromosómico y del citoplasma de la célula progenitora, para formar dos células hijas. En consecuencia, el proceso de reproducción asexual tiene importancia especial en el cultivo de estevia porque la composición genética es sumamente heterocigota y las características de los contenidos de los esteviósidos se pierden al propagarlos por semilla. El método de propagación asexual es más fácil, más rápido y más económico que por semilla. Las plantas propagadas vegetativamente reproducen toda la información genética de la planta progenitora



Figura 9

Los esquejes deben reunir las siguientes características:

- Se deben obtener de plantas vigorosas y sanas. Tener como mínimo 5 pares de hojas abiertas y opuestas, las hojas alternas son síntomas de próxima floración.
- El esqueje no debe presentar flor o botón floral y debe tener entre 10 y 12 centímetros de longitud.
- Se deben sembrar lo más rápido posible y mantener a la sombra en sitio fresco, en lo posible y sembrarlos antes de que pasen 4 horas de cosechados.
- Se debe tener especial cuidado en el manipuleo de los esquejes para su preparación, de ello depende el buen enraizamiento de los mismos.
- Cortar el primer par de hojas, la mitad del área foliar del segundo y retirar la parte inferior del tallo, es decir, la parte oxidada, de tal forma que queden dos nudos del esqueje, al momento de sembrarlo.
- Aplicar un enraizador, como hormonagro No. 4 o una solución de ácido indolbutílico en alcohol y agua.

También se puede propagar por separación de hijuelos. En la base del tallo, o bajo tierra se presentan rebrotes que pueden separarse del tallo principal, este método sólo se puede utilizar para pequeñas plantaciones, ya que el número de hijos producidos es reducido.

CULTIVO DE TEJIDOS *in vitro*

Este sistema consiste en propagar plantas vegetativamente, utilizando diferentes partes de ella, bien sea tejido, órgano ó célula, para cultivarlas en un medio nutritivo y bajo condiciones asépticas, con el fin de obtener plantas idénticas en gran cantidad, más uniformes, además de la rápida multiplicación clonal. Por su alto costo solo se recomienda para mejoramiento genético y multiplicación de plantas madres (Figura 10).



Figura 10

Varios autores, proponen la combinación de macro y micropropagación; las plantas micropropagadas se utilizan como banco de plantas madres y en sólo 3 ciclos de multiplicación (1 de micro y 2 de macropropagación), logrando así a partir de una sola planta, material para cultivar 3 ha (225.000 plantas)

ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

SELECCIÓN DEL LOTE

La elección del lugar donde se piensa establecer el cultivo de la estevia reviste mucha importancia, ya que una buena ubicación del cultivo, va a ser la base para un adecuado manejo. Debe estar situado cerca de vías carreteables, que faciliten el transporte de insumos y productos, que permitan su supervisión y que tenga agua para las épocas críticas.

Cuando se va a elegir un lote para establecer un cultivo de estevia, se deben descartar sitios que estén cubiertos por bosques o arreglos vegetales, porque la estevia es de días largos y necesita de la mayor luz posible.

La topografía más recomendada y usada para la siembra de la estevia es la plana y/o ondulada, con pendientes menores del 20%. La estevia es un cultivo exigente en desyerbas y labores, por lo cual ofrece poca protección al suelo, por eso es importante, en terrenos ondulados, realizar curvas a nivel antes de establecer el

cultivo (Figuras 11 y 12). Es importante proteger las eras con barreras muertas, de materiales de la zona; procurando realizar zanjillas de desague y acequias de ladera, en los terminales de las eras, los cuales se construyen a través de la pendiente (Figura 13).



Figura 11



Figura 12



Figura 13

PREPARACION DEL SUELO

La adecuada preparación del suelo, antes del establecimiento del cultivo, es esencial para alcanzar un buen desarrollo y producción.

La estevia exige una buena preparación del suelo, es decir, una arada, preferiblemente con arado de cincel y dos rastrilladas, no profundizando más de 25 cm.

PREPARACION DE ERAS

La preparación de las eras, puede hacerse de forma manual o mecánica; en esta última, se utiliza una surcadora. La era debe ser de un metro de ancho y de

una altura entre 30 y 40 centímetros y el largo que sea necesario, pero no mayor de 50 metros, para facilitar las labores del cultivo. En su construcción, se debe incorporar abono orgánico y cal, cuando las condiciones químicas y de fertilidad del suelo lo exijan (Figura 14).



Figura 14

DENSIDAD DE SIEMBRA

Es el número de plantas que se pueden sembrar por unidad de superficie; esto depende de diversos factores como el clima, la humedad relativa, la luminosidad y la fertilidad del suelo, entre otros.

Las distancias de siembra en estevia, pueden variar entre 20x20 cm, 20x16 cm y 20x14 cm, lo que nos daría densidades entre 140.000 y 216.000 plantas/ha, ya sea en hileras sencillas, dobles o triples. Altas densidades, reducen el desarrollo de ramas laterales y merman el rendimiento en peso seco por planta, aumentando el número de plantas muertas luego de la cosecha y causando dificultades en la misma. En Antioquia, las mayores producciones se han obtenido con distancias de 20x20 cm, para rendimientos de 8 toneladas de hoja seca en el primer año de producción.

AHOYADA

Esta labor se hace con un ahoyador artesanal construido con materiales livianos de la región y se construye de acuerdo a las distancias de siembra que se van a utilizar (Figura 15).



Figura 15

TRASPLANTE

En Colombia la estevia puede sembrarse en cualquier época del año, siempre y cuando se cuente con un sistema de riego; para asegurar el éxito del trasplante es recomendable iniciar las siembras, en los meses en que se inician las lluvias, en el primer semestre.

El plantín debe sembrarse profundo, dejando enterrados los dos primeros pares de hojas, con el fin de garantizar los rebrotes desde la superficie del suelo (Figura 16). El plantín, debe desinfectarse previamente antes de la siembra; para tal efecto puede utilizarse una solución al 2% de yodo orgánico, sumergiendo por 30 segundos el plantín en esta solución.



Figura 16

FENOLOGÍA

Durante su proceso de crecimiento, la estevia pasa por dos fases, vegetativa y reproductiva.

FASE VEGETATIVA

Es la fase en la cual se forman y desarrollan todas las estructuras y órganos vegetativos (hojas, tallos, raíces y ramas), y en los que se acumulan sustancias elaboradas (azúcares, carbohidratos, proteínas y grasas), que contribuyen a procesos en la formación de los esteviósidos, rebaudiosidos, dulcósidos y demás edulcorantes.

Dado que esta planta se multiplica en Colombia exclusivamente a partir de plantines, el esqueje procede de las ramas secundarias, terciarias y cuaternarias, de las plantas madres.

FASE REPRODUCTIVA

En esta fase, la planta emite los órganos reproductivos o flores, que forman el fruto, el cual es un aquenio, que es diseminado por el viento y se clasifica en: claro estéril, oscuro fértil y oscuro estéril.

Desde el trasplante hasta la formación del aquenio, transcurren entre 110 y 120 días, bajo condiciones de clima cálido. A partir de allí, hasta la madurez de cosecha, transcurren entre 45 y 60 días, dependiendo de la época del año.

PODAS

La poda en la planta de estevia es una de las labores más importantes para el desarrollo futuro de la plantación. La poda, es una práctica que consiste en hacer cortes de esquejes y ramas, para estimular la brotación de yemas que van a dar origen a nuevas ramas, dándole más arquitectura y volumen a la planta, estimulando la ramificación y los rebrotes, aumentando su vida útil y vigor y potenciando su capacidad productiva.

TIPOS DE PODA

Poda de formación

La poda de formación se realiza a los ocho días después de la siembra en campo. Esta poda consiste en cortar el ápice o yema terminal de la plántula, dejando como mínimo tres o cuatro pares de hojas, con el propósito de estimular la brotación de las ramas laterales (Figura 17).



Figura 17

Veinte días después de la primera poda, se continúa con la segunda poda, que consiste en la poda de las ramas secundarias; de aquí en adelante se realizan las podas de las ramas terciarias y cuaternarias que sean necesarias, hasta que la planta haya macollado y tenga unos 25 centímetros de alto, esto con el fin de darle arquitectura y volumen a la planta (Figura 18).



Figura 18

Después de cada poda es recomendable aplicar un fungicida protectante y un fertilizante foliar. El fungicida, con el fin de proteger la herida causada, de la entrada de patógenos y el fertilizante foliar, para estimular la brotación de las yemas o rebrotes (Figura 19).



Figura 19

PODA SANITARIA

Se hace para eliminar ramas que han sufrido daño mecánico, o que están afectadas por enfermedades, especialmente de *Septoria*; en ocasiones cuando las plantas presentan mucha floración, es conveniente podar toda la planta a unos 25 cm del suelo, con el fin de estimular un mayor crecimiento vegetativo (Figuras 20).



Figura 20

PODA DE RENOVACIÓN

Esta poda consiste en hacer un corte por parejo de toda la planta, a 25 cm del suelo (Figura 21), con el propósito de renovar el área productiva. Esta poda se realiza cuando la productividad de la planta está en descenso o cuando el follaje está muy afectado por ataque de *Septoria*; esto se comprueba, cuando la enfermedad ha avanzado al tercio medio y superior de la planta.



Figura 21

La herramienta más recomendada para realizar cualquier tipo de poda es la tijera podadora. Para realizar esta labor, las herramientas utilizadas se deben desinfectar antes de iniciar la poda (Figura 22) y cuando se va a cambiar de era, empleando para ello, cualquiera de las sustancias desinfectantes que existen en el mercado a base de yodo (Vanodine o Agrodine). Si no se dispone de estos productos, se puede usar una solución a base de hipoclorito de sodio (Clorox o Límpido); la dilución de estos productos debe ser al 2%.



Figura 22

Las podas se deben hacer en las primeras horas de la mañana o últimas de la tarde, evitando horas o días de alta radiación solar, para evitar deshidratación y secamiento de ramas secundarias y terciarias

COSECHA

En las condiciones tropicales de nuestro país, se han registrado hasta 5 cosechas al año, del mes de febrero al mes de septiembre, existiendo regularidad en el tiempo transcurrido entre cada una de ellas. Estas cosechas varían entre 45 y 60 días, siendo más corto el tiempo entre los meses de menor luminosidad (noviembre a enero) y más largo en las de mediados de año, para decrecer nuevamente al final del año. Se deben tener en cuenta los siguientes criterios para la ejecución de esta labor, así:

La cosecha se debe hacer cuando se presente un máximo de un 5% de los botones florales, pues esto afecta la calidad del producto final. Como se sabe, la planta de estevia cuando comienza su proceso de floración, interrumpe la acumulación de los esteviósidos

Para proceder a la cosecha se hace un corte parejo de todas las plantas, procurando que queden 5 a 7 pares de hojas por tallo, lo cual se logra haciendo el corte entre los 12 a 15 cm por encima de la superficie del suelo (Figura 23).

En ensayos realizados por CORPOICA, en varias localidades de los departamentos de Antioquia, Córdoba y Caldas, en climas medios y cálidos, se obtuvieron rendimientos para el primer año de producción, entre 7 y 8 toneladas de hoja seca por hectárea.



Figura 23

BENEFICIO

Tan pronto se efectúa el corte, las ramas cortadas deben ser trasladadas a la sombra, en donde se acomodan convenientemente para que se sequen y conserven el color verde de las hojas, por lo tanto no se deben dejar los tallos expuestos al sol por muchas horas, ni apilarlos en el sitio de beneficio, pues en ambos casos se pueden quemar, quedando negras las hojas. Una vez en el sitio de beneficio, las ramas deben ser movidas varias veces al día, con horquillas, a fin de acelerar la desecación, mediante la ventilación y aireación conveniente.

SECADO

Esta labor se debe hacer con mucho cuidado, con el fin de lograr una excelente calidad final de la hoja seca. Para obtener la hoja seca de estevia se deben seguir los siguientes pasos:

Tan pronto se efectúa la cosecha, las ramas deben ser transportadas a los sitios de secado. El secado también puede hacerse directamente exponiendo los tallos al sol, si las condiciones de intensidad solar y humedad relativa lo permiten, en caso contrario, se hace necesario la construcción de un galpón rústico de secado o un secadero artificial (Figuras 24 y 25).

El tiempo de secado, en caso de la exposición directa del sol debe ser entre 4 y 6 horas, lo cual varía con la intensidad de luz de cada localidad.

En explotaciones de mayor extensión, el secado puede hacerse en estufas o secaderos de aire caliente, necesitando entonces menos espacio y menos tiempo y la cosecha se hace con mas economía y seguridad.

Una forma práctica para determinar cuando se ha alcanzado un adecuado secado consiste en tomar un puñado de hojas y apretarlas con la mano y éstas se tornan quebradizas.



Figura 24



Figura 25

Una vez las ramas están secas, es necesario desprender las hojas con un ligero golpeo; de esta forma caen fácilmente la mayor parte de ellas.

Posteriormente se deben retirar las hojas que hayan quedado adheridas a las ramas y retirar los tallos pequeños que se desprendan de las ramas (Figura 26).



Figura 26

EMPAQUE

Antes del empaque, se deben retirar los restos de tallos e impurezas de otras plantas que se cortan durante la cosecha. Luego, las hojas secas se prensan (Figura 27), para armar pacas, de aproximadamente 60 x 40 x 40 cm, (largo, ancho, grueso, respectivamente), con un máximo de 50 kilogramos de peso.

Finalmente se procede a envolver las pacas en papel, preferiblemente parafinado, para evitar el intercambio de humedad y sellar las pacas con cinta adhesiva.



Figura 27

CONSERVACIÓN

Una vez secas y empacadas las hojas, se guardan en depósitos secos y bien ventilados, pudiéndose conservar así, sin perder sus cualidades por varios años.

BIBLIOGRAFÍA

Brucher, H. 1974. Paraguay "Substoff" – Pflanze *Stevia rebaudiana* Bert. Naturw. Rdsch. 6:231-233 p.

Felippe, G. M. 1977. *Stevia rebaudiana* Bert.: Uma revisao. Ciencia e Cultura 29 (11) 1240-1248. p

Gattoni, L. A. 1945. Caa-Jhee a wild shrub native to Paraguay (*Stevia rebaudiana* Bert.) September . Typed Material. STICA, Paraguay.

Grashoff, J.L. 1972. A systematic a study of the North Central and Souther, American species of Stevia, PhD. dissertartion. University of Texas Austin 609 p.

Handro, W. 1994. *Stevia rebaudiana* Bert. Bertoni Estado Atual do Conhecimento. Monografía apresentada a Universidade Estadual de Maringá, referente a Relatório de Pesquisa. Em 20/06/1994.

Hartmann, T.; Kester, E.D. 1982. Propagación de plantas; principios y practicas. Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V.;México 814p.P.

Jordán, M.F. 1983. La propagación de ka'a he'e, *Stevia rebaudiana* Bertoni. Primer Simposio Nacional de la Stevia (ka'a he'e). Julio 1983 Asunción, Paraguay, 29 p.

Kang, K.H.; Lee, E.W. 1981. Physio-ecological studies on stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Korean J. Crop Sci. 26:69-89p.

Marcavillaca, M.C. 1985. Micropropagación "in-vitro" de *Stevia rebaudiana* Bertoni por medio de segmentos nodales y meristemas. 20p.

Marcavillaca, M.C.; Divo de Sesar, M.; Villela, F. 1993. Propagación vegetativa a gran escala de Ka'a He'e (*Stevia rebaudiana* Bertoni): combinación de micro y macropropagación. Libro de actas de la XVIII

Marcavillaca, M.C.; Dino de Sesar M. 1993. *Stevia rebaudiana* Bert. Informe Agronómico 72p.

Mitsubishi, H; Ueno, J.; Sumita, T. 1975. Studies on the cultivation of *Stevia rebaudiana* Bert Determination of stevioside II. Journal of the Pharmaceutical Society of Japan. (12):1501-1503.

Monteiro, R. 1982. Taxonomía e biología da reprodução de *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. I Seminario Brasileiro sobre *Stevia rebaudiana* Bertoni. 20p.



Sakaguchi, M.; Tatsuiko, K. 1982. As pesquisas japonesas com *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni e o esteviosídeo. *Ciencia e Cultura* 34(2) :235-248p.

Sato, T.; Kawakami, T. 1975. Cytological studies of artificial tetraploid in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Jap. Jour. Crop. Sci.* 25 : 88-89 p.

Shock, C.C. 1982. Experimental Cultivation of Rebaudi's Stevia in California. *Agronomy Progress Report No. 122.* April 1982. Univ. of California, Davis

Sumida, T. 1980. Studies on *Stevia rebaudiana* Bertoni as a new possible crop for sweetening resource in Japan. *J. Cent. Agric. Exp. Sta.* 31, 1-71p.

Tamayo V., A. 2005. Informe final proyecto: Validación, ajuste y transferencia de tecnología para la producción del cultivo de la *Stevia rebaudiana* Bert en Colombia. CORPOICA. La selva. Rionegro. Antioquia. 40p

Tamayo V., A.; Hincapié, M. 2005. El cultivo de la estevia. *Boletín Divulgativo* No 16. Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia 12p.

Utsunomiya, T. 1977. Cultivation of Stevia Containing Sweetening Agents. *Nogyo Oyobi Engei* 52 (4):543- 547. Reunión de Fisiología Vegetal. Bariloche Noviembre de 1993

Yang, Y. W.; Wei C. Ch. 1979. In vitro plant regeneration from Leaf explants of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Z. Pflanzphysiol.* Bd. 93. S 337-343. 1979.g

II. PRODUCCIÓN DE PLANTAS MADRES

2/6719

Alvaro Tamayo Vélez¹
Diego Maya Salinas²

INTRODUCCIÓN

Una plantación madre es aquella compuesta por material vegetal mantenido de modo permanente bajo un control especial, para ser usado como fuente primaria de todas las propagaciones siguientes. Su función principal es servir como repositorio de material limpio, fiel al tipo y en sí mismo, como fuente de material de propagación para el establecimiento de nuevas plantaciones.

Para que el material de propagación se preserve libre de organismos patógenos, requiere atención en tres aspectos principales: aislamiento, medidas de sanidad (inspección) y luz artificial. El aislamiento es necesario para separar a las plantas de agentes de contaminación. Un requisito mínimo, es aislar el bloque que se usa como fuente de material, de la zona de propagación.

El empleo de medidas de sanidad es esencial para eliminar los agentes causales de enfermedades que puedan estar en el equipo, herramienta, mezcla de suelo o similares.

El establecimiento y manejo agronómico de la plantación madre, es igual al del cultivo comercial, teniendo como única diferencia, la necesidad de proporcionar entre 1.5 a 2 horas de luz artificial por noche, dependiendo de la luminosidad de cada zona.

Las plantas que sirven de fuente de propagación, deben revisarse periódicamente, para detectar los posibles síntomas de contaminación; además, para asegurar que conserven las características originales.

Para el establecimiento de la plantación madre, se deben seleccionar las mejores plantas, que manifiesten algunas características deseables, como vigor, rusticidad y productividad.

¹ I. A. MSc. Suelos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Programa Recursos Biofísicos C.I. La Selva. Apartado Aéreo 100, Rionegro, Antioquia, Colombia.

² I.A. Asistente Técnico Particular. mayaduque@cis.net.co.

ANALIZADO

II. PRODUCCIÓN DE PLANTAS MADRES

En la plantación madre, hay necesidad de proporcionar luz artificial complementaria, entre 1.5 a 2 horas de luz durante las horas de la noche, esto con el fin de mantener una alta intensidad luminosa y aumentar el fotoperíodo, incrementar el crecimiento de las plántulas, mantener la planta en producción vegetativa y evitar que esta florezca o presente síntomas de floración (Figura 1).



Figura 1

OBTENCIÓN DE ESQUEJES

Los esquejes son secciones de las ramas juveniles de las plantas madres adultas y deben reunir las siguientes características:

Deben obtenerse de plantas vigorosas y sanas.

Deben tener como mínimo 5 pares de hojas abiertas y opuestas.

El esqueje no debe presentar flor o botón floral; las hojas alternas son un síntoma de próxima floración

Deben tener entre 10 y 12 centímetros de longitud y como mínimo 5 pares de hojas.

Es recomendable sembrar los esquejes lo más rápido posible, antes de 4 horas de cosechados y mantenerlos a la sombra en un sitio fresco (Figuras 2 y 3).



Figura 2



Figura 3

PREPARACIÓN DE LOS ESQUEJES

Se debe tener especial cuidado en la manipulación de los esquejes para su preparación y siembra (Figuras 4 y 5), de ello depende el buen enraizamiento de los mismos.

Para la siembra de los esquejes, es necesario cortar el primer par de hojas (Figuras 6 y 7), la mitad del área foliar del segundo par y retirar la parte inferior del tallo o parte oxidada (Figura 8), de tal forma que el esqueje quede con al menos dos nudos al momento de sembrarlo (Figura 9). Posteriormente, se debe aplicar un enraizador, como hormonagro No.4 o una solución de ácido indolbutírico en alcohol y agua, con el fin de estimular el enraizamiento.

Se deben descartar los esquejes que no tengan como mínimo 5 pares de hojas, los que tengan menos de 8 cm y los que estén próximos a florecer o con botón floral.



Figura 4



Figura 5



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9

INVERNADERO DE ENRAIZAMIENTO

Como se mencionó anteriormente, la estevia se propaga básicamente en forma asexual, siendo el método más utilizado el de plantines. Los esquejes se siembran en camas elevadas de enraizamiento (Figuras 10, 11 y 12). Los invernaderos deben estar ubicados en sitios planos, con buen drenaje y en lo posible, cerca de la plantación madre y de fuentes de agua, de tal forma que permitan el riego. El vivero donde permanecen las plantas hasta el momento del trasplante al sitio definitivo, debe estar protegido de la luz directa del sol, ya que ésta puede ocasionar deshidratación o quemaduras en las hojas y no debe estar expuesto a vientos fuertes y lluvias constantes. Para la construcción de los viveros, se deben emplear plásticos transparentes calibre 6, techo de zaran o polisombra, para proporcionar sombrio y maderas inmunizadas o materiales de la región como la guadua o maderas rústicas, lo cual disminuye los costos de instalación y brindan protección a los esquejes (Figura 13).



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13

CONSTRUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE CAMAS DE ENRAIZAMIENTO

Los semilleros para el enraizamiento de los esquejes se construyen en camas o eras a 1 metro de altura; normalmente miden 20 cm de alto, 1.20 m de ancho y el largo necesario. Para proceder a la siembra, se llenan los primeros 12 cm de la era con tierra arenosa y se completa hasta los 15 cm con arena lavada, previamente desinfectada. Posteriormente, se hace el ahoyado para sembrar los esquejes a 4 cm en cuadro y 6 cm de profundidad, con utensilios fabricados en la misma finca (Figuras 14 y 15)



Figura 14



Figura 15

Los plantines tardan en enraizar completamente 15 días, pero pueden permanecer hasta un mes en el vivero siempre y cuando se les realice una poda apical. El sustrato más adecuado para la brotación de los esquejes es arena de pega lavada; también es recomendable, la mezcla de dos partes de arena y una parte de humus de lombriz, o de tierra. Cuando se utiliza arena sola, es recomendable cambiarla cada cinco o seis cosechas. Los sustratos empleados deben ser desinfectados para evitar problemas fitopatológicos y así, llevar al sitio de siembra definitiva, plantines sanos y vigorosos, que aseguren el éxito del cultivo y disminuyan el riesgo de transportar plagas y enfermedades de un lugar a otro. La desinfección de los sustratos se puede realizar en forma química o física.

DESINFECCIÓN DEL SUELO

QUÍMICA

En la desinfección con productos químicos, se utilizan productos especiales como el Basamid (Dasomet), en dosis de 40-50 g/m² durante 15 días, dejando airear el suelo por igual período de tiempo, o el formol al 40%, teniendo cuidado en la cantidad utilizada del producto seleccionado, en el tiempo de desinfección y en la realización de una adecuada aireación antes de proceder a la siembra del material de propagación.

El Basamid es un producto químico granulado de acción nematicida, fungicida, insecticida y herbicida, de excelentes resultados en la desinfección del suelo. Cuando se utiliza arena sola, ha resultado muy positivo la desinfección con yodo agrícola.

FÍSICA

El método de desinfección física más recomendado, es la solarización; este es un proceso hidrotérmico, que permite la desinfección de los sustratos, utilizando la energía que proviene del sol o radiación solar. Este método ha demostrado ser el más económico, limpio y sencillo para la desinfección del suelo.

II. PRODUCCIÓN DE PLANTAS MADRES

La técnica consiste en tapar herméticamente un sustrato (suelo) completamente húmedo, con plástico o polietileno transparente, calibre 6, (Figura 16), para capturar la energía solar y así incrementar la temperatura en los primeros centímetros del suelo (Figura 17); el polietileno negro no presenta los mismos resultados que el polietileno transparente.



Figura 16



Figura 17

El proceso de solarización en clima medio y cálido oscilan entre 20 y 35 días, dependiendo de la zona y de las condiciones climáticas. Un proceso de solarización bien realizado garantiza la muerte de muchos patógenos presentes en los sustratos, así como la de varias semillas de plantas no deseadas dentro del cultivo (Figura 18)

La altura de la cama para la solarización no debe ser mayor de 20 cm, con el fin de garantizar la eficiencia en el proceso (Figura 19).



Figura 18



Figura 19

SIEMBRA DE LOS ESQUEJES

Luego de preparado el esqueje en la forma correcta y haber hecho el hoyo, se procede a la siembra, siguiendo los siguientes pasos:

- Se humedece la era.
- Se elimina la parte inferior del esqueje, la cual se encuentra oxidada.
- Se le aplica el enraizador.
- Se coloca el esqueje en el hoyo.
- Se compacta el suelo alrededor del esqueje, para ponerlos en contacto y evitar bolsas de aire.
- Se aplica riego inmediatamente después de la siembra (Figura 20).



Figura 20

RIEGO EN LAS CAMAS DE ENRAIZAMIENTO

La aplicación correcta de agua a los esquejes sembrados en las camas de enraizamiento, es la garantía para la obtención de un alto porcentaje de raíces.

El riego por nebulización debe hacerse todos los días en las horas de la tarde, entrapando bien el suelo de las camas, pero evitando su encharcamiento. Una practica para comprobar la eficiencia del riego es la siguiente:

II. PRODUCCIÓN DE PLANTAS MADRES

- En las horas de la mañana los esquejes deberán estar erectos, de no estarlo es conveniente aplicar un poco de agua.
- De las 12 del día en adelante los esquejes deben parecer marchitos, si están erectos, tienen exceso de agua y debe evitarse esta situación (Figuras 21 y 22).
- Luego del sexto día, el riego se hace cada dos días.



Figura 21



Figura 22

CONTOL FITOSANITARIO

Para evitar la propagación de enfermedades en las camas de enraizamiento, se deben retirar todas las plantas muertas y con síntomas de hongos (Figuras 23 y 24). Adicionalmente, se debe hacer solarización de las camas luego de cada cosecha de esquejes



Figura 23



Figura 24

RECOLECCIÓN DE LOS PLANTINES

Los plantines que tardan en enraizar completamente 15 días, preferiblemente se deben recoger en las horas de la mañana, utilizando para ello una pala de jardinería (Figuras 25, 26 y 27). Luego se les retira con cuidado la tierra, sacudiendo suavemente los manojos de plantines. Posteriormente se procede a separar manualmente cada una de las plántulas y a seleccionar aquellas que tengan un buen sistema radicular y que estén sanas. El sistema radicular debe tener abundante raíces, por lo que se deben eliminar los plantines que presentan raíces deformes, además se deben retirar todas las plantas muertas y con síntomas de hongos para evitar la propagación de enfermedades en las camas de enraizamiento.

Luego de cada cosecha de esquejes, se recomienda hacer solarización de las camas.

A los plantines es necesario desinfectarlos con yodo orgánico antes de transportarlos (Figura 28).



Figura 25



Figura 26



Figura 27



Figura 28

EMPAQUE DE LOS PLANTINES

Cuando se producen plantines para la venta, los cuales se deben transportar de una zona a otra, se pueden utilizar cajas de cartón de 40 cm x 30 cm x 30 cm, (ancho, largo y profundo, respectivamente), las cuales pueden dar capacidad para cerca de 3.000 a 3.500 plantines. La caja se reviste con plástico y los plantines se colocan en capas separadas con papel periódico humedecido (Figuras 29 y 30). De esta manera, los plantines pueden permanecer frescos durante 5 o 6 días.



Figura 29



Figura 30

BIBLIOGRAFÍA

Bernal E., J.A.; Díaz D., C.A. 2005. (Compiladores). Tecnología para el cultivo del brevo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación la Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico No 4. 160 p.

Hartmann, T. H.; Kester, E. D. 1982. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. CIA. Editorial Continental, S. A. de C.V.. México 814p.

Maya, S.D. 2005. Stevia rebaudiana Bertoni. Documento de trabajo. 26p mayaduque@cis.net.co

Tamayo V., A. 2005. Informe final proyecto: Validación, ajuste y transferencia de tecnología para la producción del cultivo de la *Stevia rebaudiana* Bert en Colombia. CORPOICA. La selva. Rionegro. Antioquia. 40p

Tamayo V, A.; Maya, D. 2005. Producción de plantas madres. Boletín Divulgativo No 17. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro, Antioquia 12p.

Universidad Nacional de Asunción. 1997. El cultivo de la stevia. Revista de Ciencia y Tecnología. Dirección de investigación. Paraguay. Vol 1 N3,2001 29

III. FERTILIZACIÓN

416720

Alvaro Tamayo Vélez¹

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS EN COLOMBIA

CLIMA MEDIO

En Colombia, el piso térmico medio o templado abarca la franja altitudinal entre los 1.200 y 1.600 metros. Los suelos en este piso térmico se distinguen por un relieve quebrado que favorece los procesos erosivos. Son suelos moderadamente evolucionados y su naturaleza mineralógica es acentuadamente variable. Predominan los suelos de naturaleza volcánica, particularmente en las zonas cafeteras. Predominan las tierras con pH intermedios (5.6 – 7.2), bajas en aluminio intercambiable, medias en materia orgánica (3-5%), bajos en fósforo disponible (< 15 ppm) y de medios a altos en potasio intercambiable (> 0.3 c mol/kg de suelo). En resumen, las tierras de clima medio son de mediana fertilidad, con una alta probabilidad de respuesta a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo. Un alto porcentaje de estas tierras son de bajo contenido de magnesio intercambiable y la relación calcio/magnesio es amplia, mayor de 3. El exceso de calcio, por antagonismo iónico puede inducir deficiencia de magnesio. En relación con los elementos menores, estos suelos presentan contenidos bajos de boro (< 0.5 ppm), cobre (< 1,0 ppm), y zinc (< 1.5 ppm). Los suelos generalmente tienen buen contenido de hierro y manganeso.

CLIMA CÁLIDO

En términos generales, las tierras más fértiles de Colombia se presentan en clima cálido, sin que esto signifique necesariamente que todos los suelos de clima cálido sean fértiles. El clima cálido comprende regiones localizadas a altitudes inferiores a los 1.000 m.s.n.m. y con temperaturas superiores a los 24°C, cubre aproximadamente el 80% de la extensión territorial del país e incluye las llanuras costeras del Caribe y del Pacífico, los Valles del Magdalena, Cauca, Cesar, Sinú, Catatumbo y Patía, entre otros y las extensas regiones de la Orinoquía y Amazonia. Las características generales de las principales regiones de clima cálido, se resume a continuación:

ANALIZADO

¹ I. A. MSc. Suelos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Programa Recursos Biofísicos C.I. La Selva. Apartado Aéreo 100, Rionegro, Antioquia, Colombia.

Costa Atlántica: Sus suelos son de origen aluvial, marino y/o lacustre, más o menos bien drenados y originados de áreas aledañas a los ríos, que sufren inundaciones periódicas. Son suelos no inundables, mecanizables y con fertilidad variable.

Valle del Bajo Magdalena: Los suelos de esta región son predominantemente de naturaleza aluvial, originados de sedimentos arenosos, limosos y arcillosos. La mayor parte de esta área está siendo utilizada en la explotación de ganadería de carne y en menor proporción, en cultivos como algodón, arroz, sorgo y maíz. El mayor limitante para el uso de la tierra es el exceso de agua durante la estación lluviosa.

Llanos Orientales: Los suelos de esta región se han desarrollado bajo condiciones de alta precipitación y temperatura, a partir de sedimentos aluviales lavados, ácidos y pobres. Son suelos que presentan concentraciones tóxicas de aluminio y su fertilidad es baja o muy baja, ya que presentan deficiencias en casi todos los nutrientes esenciales. Las zonas de Piedemonte y de los planos aluviales son los que presentan mejores condiciones de fertilidad.

Valle del Alto Magdalena: Esta región está localizada en la parte central del país, entre las cordilleras Central y Oriental, incluye terrazas y planadas aluviales, así como planicies semidesérticas. En términos generales, los suelos de esta región son fértiles y apropiados para el desarrollo de una agricultura tecnificada.

Valle del Cauca: Sus suelos se han desarrollado principalmente a partir de depósitos aluviales, compuestos principalmente de sedimentos arcillosos y de arenas volcánicas, existiendo también en los extremos sur y norte fuertes influencias de cenizas volcánicas. Tradicionalmente se han considerado los suelos del Valle del Cauca como de alta fertilidad; sin embargo, en los últimos años una buena parte de los suelos se ha tornado deficiente en potasio y ocasionalmente en fósforo, particularmente en aquellas áreas bajo explotación agrícola intensiva; de otra parte, la ocurrencia de suelos salinos y sódicos se ha incrementado acentuadamente.

FUNCIONES DE LOS MACRONUTRIENTES

NITRÓGENO (N)

El papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de las moléculas de proteína, de aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas y fosfolípidos. En consecuencia, está involucrado en la mayoría de las reacciones bioquímicas determinantes de la vida vegetal. El nitrógeno tiene también un importante papel en el proceso de la fotosíntesis, debido a que es indispensable para la formación de la molécula de clorofila. El nitrógeno es el componente de vitaminas que tienen una importancia extraordinaria para el

crecimiento de la planta. Entre otras funciones importantes del nitrógeno, están las de aumentar el vigor general de las plantas, dar color verde a las hojas y demás partes aéreas, favorecer el crecimiento del follaje y el desarrollo de los tallos y promover la formación de frutos y granos; contribuye, en resumen, a la formación de los tejidos y se puede decir que es el elemento del crecimiento.

El exceso de nitrógeno retarda la maduración del cultivo y la formación de frutos, provocando un escaso desarrollo del sistema radicular de la planta y un crecimiento excesivo del follaje, reduciendo la producción de compuestos fenólicos (fungistáticos) de lignina de las hojas y disminuyendo la resistencia a los patógenos obligados, pero no de los patógenos facultativos. Como regla general, todos los factores que favorecen las actividades metabólicas y de síntesis de las células y que retardan la senescencia de la planta hospedera (como la fertilización nitrogenada), aumentan la resistencia a los parásitos facultativos, que prefieren tejidos senescentes. Por otro lado, las aplicaciones altas de nitrógeno aumentan la concentración de aminoácidos y de almidos en el apoplasto y en la superficie foliar, las que aparentemente tienen mayor influencia que los azúcares en la germinación y desarrollo de las conidias, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fúngicas.

FÓSFORO (P)

Aunque de los tres elementos primarios (N, P, K) el fósforo es el requerido en cantidades menores, la disponibilidad de este elemento en la mayor parte de los suelos agrícolas del trópico es muy limitada. El fósforo es un elemento que juega un papel clave en la vida de las plantas. Es constituyente de ácidos nucleicos, fosfolípidos, las coenzimas NAD, NADP, y más importante aún, forma parte del ATP, compuesto transportador de energía en la planta. El fósforo se requiere en altas concentraciones en las regiones de crecimiento activo. Además, es indispensable en los procesos donde hay transformación de energía. Otras de sus funciones son las de estimular el desarrollo de la raíz, interviniendo en la formación de órganos de reproducción de las plantas y en la maduración de los frutos, en los cuales generalmente se acumula en concentraciones altas. El exceso de este elemento, acelera la maduración a expensas del crecimiento y puede generar efectos adversos sobre la utilización de otros elementos nutritivos, tales como el zinc.

El potencial de fijación de fósforo en andisoles parece estar relacionado con la presencia de diferentes materiales en la fracción arcilla, como resultado de las diferentes condiciones de meteorización de la ceniza volcánica. Los suelos dominados por complejos humus-Al, parecen tener mayor potencial de fijar fósforo, la cual aparentemente es difícil de satisfacer. El contenido de carbono total, podría ser una arma de diagnóstico complementaria que ayuda a determinar la capacidad de fijación de fósforo en andisoles.

Potasio (K)

Para un crecimiento vigoroso y saludable, las plantas deben tomar grandes cantidades de potasio. Este nutriente altamente móvil, está envuelto en la mayoría, sino en todos los procesos biológicos de la planta, sin embargo no forma parte de la estructura de los compuestos orgánicos de la planta. Se conoce que el potasio tiene un papel vital, debido a que cataliza procesos tan importantes como la fotosíntesis, el proceso por el cual la energía del sol en combinación con agua y dióxido de carbono, se convierten en azúcares y materia orgánica, interviniendo en la formación de clorofila y la regulación del contenido de agua en las hojas. Se ha demostrado también que el potasio juega un papel fundamental en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos en las plantas. También es importante en la formación del fruto, ya que se le reconoce como un elemento que mejora la calidad de éste, pues extiende el período de llenado e incrementa el peso del fruto; además fortifica los tallos, mejora la resistencia a plagas y enfermedades y ayuda a la planta a resistir mejor el estrés.

Otra función básica del potasio es la de regular la entrada de dióxido de carbono (CO_2) en las plantas a través de los estomas, cuya función de abrirse y cerrarse es regulada por el suplemento de este elemento. Las células guardianes a cada lado del estoma acumulan grandes cantidades de potasio, forzándolo a que se abra. En plantas bien provistas de potasio, se incrementa el número y tamaño de estomas por unidad de área, facilitando de esta manera el intercambio de CO_2 y oxígeno del tejido de la hoja. La función primaria del potasio está ligada al transporte y acumulación de azúcares dentro de la planta y esta función permite el llenado de la fruta.

CALCIO (Ca)

El calcio forma parte de los compuestos que constituyen las paredes de la células que mantienen unidas entre sí esas mismas células. Ejerce un efecto neutralizador de los desechos orgánicos de la planta, influye en la utilización del magnesio, potasio y boro en el movimiento de los alimentos producidos por las hojas. La deficiencia del calcio se observa porque el crecimiento de la planta se detiene; las hojas del cogollo se enroscan y comienzan a secarse por las puntas y los bordes. Algunas veces las hojas nuevas no se desarrollan.

Uno de los elementos minerales quizás más importantes en la determinación de la calidad de los frutos en lo referente a conservación, es el calcio. Es así como los frutos con altos contenidos de calcio, pueden resistir más el transporte y permanecer en buenas condiciones durante más tiempo. La concentración del calcio necesaria para lograr estos resultados en el tejido, es usualmente superior a las concentraciones que acumulan normalmente los frutos.

MAGNESIO (Mg)

El magnesio es el componente principal de la clorofila e interviene en la síntesis de carbohidratos. Además participa en la síntesis de proteínas, nucleoproteínas y el ácido ribonucleico y favorece el transporte de fósforo dentro de la planta. Es un elemento móvil en la planta, por lo que su deficiencia se presenta primero en las hojas más viejas.

Del total del magnesio absorbido, aproximadamente la mitad se encuentra en el tronco y ramas del árbol, un tercio en las raíces y el resto en las hojas. Durante la floración y fertilización se produce una translocación significativa del magnesio hacia los brotes y frutos.

AZUFRE (S)

El azufre es el cuarto elemento esencial para el desarrollo vegetal. Para el crecimiento de las plantas es requerido en cantidad similar al fósforo y al magnesio. Algunos cultivos de importancia en el trópico y en el mercado mundial, tales como el café, algodón, palma africana y caña de azúcar, absorben más azufre que fósforo.

En la planta, el azufre es constituyente de las proteínas, varias vitaminas, como la tiamina y biotina y es componente importante de numerosas enzimas. Además, forma parte de algunos compuestos orgánicos responsables del olor y sabor de algunas hortalizas, como la cebolla y el ajo.

FUNCIONES DE LOS MICRONUTRIENTES

Algunos investigadores están muy de acuerdo en que, los llamados micronutrientes, desempeñan una función importante en la absorción y asimilación de los principales nutrientes de las plantas. Es decir, la deficiencia de un nutriente mayor, ya sea el nitrógeno, el potasio o el magnesio pueden ocasionar la deficiencia de otro microelemento.

HIERRO (Fe)

El hierro es el microelemento más abundante en la mayoría de los suelos cultivables, pero en la mayor parte de ellos se encuentra en forma no asimilable. La química de este elemento al igual que la del manganeso es muy compleja, pues se sabe que se oxida y reduce fácilmente según las condiciones del suelo. Cuando el hierro se oxida queda no asimilable. El papel más conocido del hierro en el metabolismo de la planta, es su participación en el grupo prostético del sistema citocromo, un grupo de enzimas implicadas en la oxidación terminal de la respiración.

Algunas de las enzimas y de los portadores que actúan en el mecanismo respiratorio de las células vivas, son compuestos de hierro; ejemplos específicos son la catalasa, la peroxidasa, la oxidasa citocrómica y los citocromos. La participación del hierro, en la forma de tales compuestos en los mecanismos oxidativos de las células, es indudablemente uno de los papeles más importantes en el metabolismo celular.

El hierro interviene en la formación de clorofila y es por lo tanto indispensable en la formación de alimentos en la planta; hace parte de la secuencia de reacciones que sintetizan los componentes de la clorofila; actúa como parte de un mecanismo enzimático que opera el sistema respiratorio de las células vivas; participa en reacciones que incluyen la división y el crecimiento celular. El hierro, asociado a cobre, manganeso y boro aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra el ataque de organismos causantes de enfermedades.

COBRE (Cu)

El cobre está presente en diversas enzimas o proteínas relacionadas con los procesos de oxidación y reducción. Dos ejemplos notables son la citocromo-oxidasa, una enzima respiratoria que se halla en las mitocondrias, y la plastocianina, una proteína de los cloroplastos. El cobre induce formación de polen viable, por ello su más alta demanda se presenta en la floración.

MANGANESO (Mn)

El manganeso tiene una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto y actúa en la disociación fotosintética de la molécula de agua. El manganeso es un factor esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno, en ambos procesos actúa como activador enzimático. El manganeso interviene en la activación de numerosas enzimas que actúan en el metabolismo de los carbohidratos, tales como la hexoquinasa, adenosina y la fosfoglucoquinasa. Es el ión metálico predominante en el metabolismo de los ácidos orgánicos y activa la reducción de nitrito e hidroxilamina en amoníaco.

El manganeso es el ión metálico predominante en las reacciones del ciclo de Krebs. El manganeso genera resistencia en la planta a varios patógenos, inhibiendo la enzima fungosa fentin metilesterasa, esencial para iniciar el proceso infeccioso. Inhibe además enzimas productivas por hongos ya establecidos.

El manganeso es esencial en el proceso que controla en la raíz la producción de la microflora, reduciendo la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos causantes de enfermedades.

MOLIBDENO (Mo)

El molibdeno es esencial para el proceso de fijación de nitrógeno por parte de las bacterias en los nódulos de las raíces de las leguminosas. El molibdeno es parte estructural de una oxidasa que convierte el aldehído del ácido abscísico en la hormona ABA, regulador de crecimiento que protege las plantas contra factores de estrés fisiológico. El molibdeno induce efectos positivos en la formación de polen viable al momento de la floración y fecundación.

BORO (B)

Una vez que el boro ha sido utilizado por los tejidos en crecimiento activo de la planta, no puede trasladarse y ser utilizado nuevamente. Esto significa que debe existir una fuente permanente de boro disponible para la planta durante todo su ciclo de crecimiento y desarrollo.

El boro actúa sobre la diferenciación de tejidos y en la síntesis de fenoles y auxinas, interviene en la germinación y crecimiento del tubo polínico, es importante en el metabolismo de ácidos nucleicos y en la elongación y división celular, interviene en el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos en formación. Disminuye la caída de flores y aumenta la producción de frutos. Además está asociado con la actividad celular que promueve la maduración.

En resumen, el boro participa de una serie de procesos fisiológicos, dentro de la planta y en ocasiones su deficiencia se confunde con la de otros nutrientes como la de fósforo y potasio. Entre las funciones del boro en las plantas, dos están muy bien definidas, la síntesis de la pared celular y la integridad de las membranas plasmáticas. Por esta razón, en presencia de una deficiencia de boro no crecen nuevas raíces y tampoco nuevas brotaciones.

ZINC (Zn)

El zinc es indispensable en la formación de clorofila. Es componente de varias enzimas entre ellas las que promueven el crecimiento. Interviene en la utilización del agua y otros nutrientes. El zinc regula el crecimiento de meristemas al nivel de la raíz y parte aérea, mediante el control de la síntesis de triptófano, aminoácido precursor de la hormona del crecimiento conocida como ácido indolacético, AIA (auxina). El zinc activa diversos procesos enzimáticos, como la fosforilación de la glucosa, y a través de ella la formación del almidón. De igual manera actúa la anhidrasa carbónica para la utilización del ácido carbónico, asociada a la asimilación del CO₂. Además está involucrado en la reducción de nitratos y síntesis de aminoácidos que se transformarán en proteínas.

CLORO (Cl)

Las plantas absorben el cloro como ion Cl^- . Está involucrado en la apertura de los estomas y por lo tanto interviene en la turgencia de las células y ayuda al metabolismo del nitrógeno. Las plantas tienen su mecanismo de tolerancia a los excesos, acumulándose en las vacuolas. Generalmente las aguas de riego son ricas en cloruros, por tanto casi nunca es necesario hacer aplicaciones de este elemento.

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS

Las deficiencias de macronutrientes en estevia afectan el crecimiento y sus síntomas visuales son comunes a los observados en la mayoría de las plantas. En condiciones experimentales, estas deficiencias ocurren en el siguiente orden: Calcio, nitrógeno, potasio, magnesio, fósforo, azufre y boro.

NITRÓGENO

Las plantas con deficiencia de nitrógeno presentan clorosis en las hojas basales, la cual avanza hacia las hojas del tercio medio y superior, posteriormente se generaliza en toda la planta y las hojas basales que estaban cloróticas se necrosan y se presenta caída de las hojas. En general las plantas con deficiencia de nitrógeno presentan poca ramificación y reducción generalizada del crecimiento.

FÓSFORO

Las plantas deficientes en fósforo presentan crecimiento reducido. En el tercio medio y superior de la planta, las hojas que están expandidas se tornan de una coloración verde oscura, presentando curvatura en los bordes y ápices hacia abajo. Las hojas más nuevas presentan los limbos más estrechos. El sistema radicular presenta una coloración más oscura y menor cantidad de raicillas.

POTASIO

Las plantas deficientes en potasio presentan en las hojas más viejas curvaturas hacia abajo, con clorosis intervenal en las hojas nuevas. Inicialmente las hojas presentan un color verde más intenso y oscuro, luego de 3 a 4 semanas aparece un amarillamiento y necrosis de las hojas más viejas, comenzando por el ápice foliar, luego las áreas cloróticas se tornan bronceadas y enroscadas, hay caída de hojas basales y reducido crecimiento radicular.

CALCIO

La deficiencia de calcio se caracteriza por la reducción en el crecimiento de los tejidos meristemáticos, siendo observado inicialmente en las extremidades

de las hojas más jóvenes. Al principio se presentan puntos oscuros en el ápice del limbo foliar, generalmente en el segundo par de hojas, luego se presenta necrosis apical de los primordios foliares y muerte descendente típica. Ocurren también puntos necróticos en los ápices radiculares y las raíces presentan diámetro reducido. Las ramas presentan susceptibilidad a quebrarse.

MAGNESIO

Las plantas deficientes en magnesio presentan una clorosis que se inicia en la base de la hoja, formando una v invertida, los bordes y el ápice del limbo volteados hacia abajo. La clorosis en v invertida se torna bronceada y necrosada hacia el ápice del limbo. El sistema radicular es reducido.

AZUFRE

Las plantas de estevia con deficiencias de azufre, presentan coloración verde pálida, reducción de las hojas nuevas y reducción de raíces.

BORO

Las plantas deficientes en boro presentan en las hojas más viejas un engrosamiento, enrollándose hacia adentro. También se manifiesta clorosis en las nervaduras o alrededor de éstas, iniciándose en el ápice foliar. Las hojas deformadas, presentan formas irregulares, con nervaduras salientes. Eventualmente, ocurren necrosis en las puntas de los folíolos del ápice.

El contenido de esteviósido en las plantas, es reducido cuando se presentan deficiencias de los macronutrientes, excepto en la de fósforo. La cantidad de esteviósido producido depende de la producción de materia seca foliar, por lo tanto cualquier condición que reduzca la producción de hojas, conducirá a una disminución en el contenido de esteviósido en la planta.

La composición química de los últimos cinco pares de hojas extendidas, representa bien el estado nutricional de la planta, por lo tanto si se piensa en realizar análisis foliar, se deben tomar las muestras de hojas de estos últimos cinco pares.

TOMA DE MUESTRAS DE SUELO

El adecuado muestreo del suelo, permite evaluar la fertilidad natural del mismo con anticipación a la siembra o durante el crecimiento del cultivo. Los resultados del análisis físico químico del suelo, indicarán la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, proporcionando información necesaria para las recomendaciones de abono orgánico, enmiendas y fertilizantes.

En el campo, es de primordial importancia realizar un correcto muestreo del suelo, para que sea representativo del área o lote del que se desea la información. En esta fase, se deben tener criterios claros para seleccionar el área uniforme por su posición fisiográfica, topografía y relieve, drenaje natural, grado de erosión, uso y manejo.

Una muestra de suelos representativa de áreas homogéneas está conformada por submuestras obtenidas de 12 a 15 lugares distintos al azar de todo el campo, las cuales se pueden tomar de manera sistemática, siguiendo una trayectoria en zig-zag, en cruz o en equis (Figura 1).



Figura 1

La profundidad de muestreo debe corresponder con la profundidad a la que se encuentre la mayor densidad de raíces absorbentes del cultivo, es decir para el cultivo de la estevia, el mayor número de raíces se encuentra en los primeros 20 cm.

Las muestras para análisis de suelo en cultivos establecidos, se deben tomar de lotes uniformes, con respecto al tipo de suelo, edad de la planta, manejo y nivel de producción. Estas propiedades delimitan la unidad de muestreo. Las muestras se deben tomar de eras escogidas, de modo que se pueda obtener una muestra representativa del campo.

Un procedimiento común consiste en recorrer el lote siguiendo dos líneas diagonales en forma de X, en las cuales se escogen las camas o eras en forma sistemática (dos o tres muestras por era), dependiendo del tamaño de la era. Se puede usar cualquiera otra forma sistemática de muestreo, tratando de cubrir adecuadamente el lote, acomodándose a las condiciones particulares de cada de cultivo (Figuras 2 y 3).



Figura 2



Figura 3

Las submuestras de cada era, se recolectan en un recipiente plástico limpio, se mezclan completamente y de esta mezcla, se retira una porción de aproximadamente 1 kg de suelo, que se envía al laboratorio.

EXIGENCIAS NUTRICIONALES

Estudios realizados en Japón, demostraron que la máxima acumulación de materia seca en estevia, ocurría cuando las plantas acumulaban 1.4% de nitrógeno, 0.3% de fósforo y 2.4% de potasio. En Ontario-Canada, algunos investigadores demostraron que de una producción total de biomasa de 7500 kg/ha, el 26% corresponde a las raíces, el 35% a los tallos y el 39% a las hojas. Esta cantidad de biomasa requiere aproximadamente de 105 kg/ha de nitrógeno, 23 kg de fósforo y 180 kg/ha de potasio.

III. FERTILIZACIÓN

La aplicación de nutrientes en estevia debe basarse en los análisis de suelo. Esto ayuda a obtener el mayor beneficio agronómico y económico en la aplicación de los fertilizantes. Los análisis de suelo deben estar acompañados, en lo posible, con registros rigurosos de producción. Esto permite ajustar las dosis de nutrientes utilizadas a través de los años.

Trabajos realizados por CORPOICA en clima medio del suroeste antioqueño, en el municipio de Tamesis, vereda San Isidro, a una altitud de 1.100 m.s.n.m., en un suelo fuertemente ácido, con contenidos altos en materia orgánica, medios en potasio y bajos en calcio, magnesio, fósforo y en elementos menores, a excepción del hierro que es alto, se evaluó el efecto de la fertilización química sobre la producción de hoja seca de estevia, en dosis crecientes de nitrógeno y potasio (60, 120 y 180 kg/ha) y una dosis constante de 100 kg/ha de fósforo. Luego de analizar los resultados obtenidos en cinco cortes de cosecha (primer año de producción), se obtuvo la mayor producción de 54.12 gramos/planta de hoja seca, cuando se fertilizó con 180 kg/ha de nitrógeno, más 60 kg/ha de potasio.

La mayoría de las dosis estudiadas superan las siete toneladas por hectárea de hoja seca, estos resultados son relativamente altos máxime que se trata del primer año (cinco cortes); hay que resaltar que con la máxima dosis de nitrógeno y la mínima de potasio, los rendimientos superan las 8 t/ha de hoja seca.

En otros trabajos realizados en fertilización orgánica se evaluó el efecto de dosis crecientes de abono orgánico (5, 10 y 15 t/ha), en la producción de estevia como respuesta a la aplicación de diferentes dosis de materia orgánica. La mayor producción de hoja seca por planta en cinco cortes, se presentó cuando se fertilizó con 5 t/ha de abono orgánico, en cada corte, esta situación nos dice que el cultivo de la estevia responde a la aplicación de abonos orgánicos, sobre todo en suelos de baja fertilidad. Estos rendimientos fluctuaron entre 6.2 y 7.2 t/ha/año de hoja seca, la producción fue un poco menor a la obtenida con fertilización química, sin embargo son aceptables.

BIBLIOGRAFÍA

Avilan, R.L.; Leal, P.F.; Bautista, A.D. 1989. Higo En: Manual de fruticultura. Cultivo y Producción. Editorial América, C. A. p 869-887.

Devlin, R. 1982. Fisiología Vegetal. Cuarta edición. Barcelona, España, Editorial Omega, S.,A, 516p.

Guerrero R. R., 1996. Los nutrientes de las plantas. En : Fertilización de cultivos de clima cálido. Ricardo Guerrero Riascos (ed.) Monómeros. 37-43p.

Inpofos. 1978 ? Potasa : Su necesidad y uso en agricultura moderna. P.44.

Jaramillo, N.; Tamayo V, A.; Mazo, J. 1998. Abonamiento orgánico y químico de lechuga, brócoli, coliflor y zanahoria en suelos derivados de cenizas volcánicas en clima frío moderado. En : Frutos de la Investigación Agrícola. 1994-1997. CORPOICA, Regional 4. Rionegro, 11 de Junio de 1998, 181p.

León, S.A. 1971. Teorías modernas sobre la naturaleza de la acidez del suelo. Suelos Ecuatoriales. 3(1) : 42P.

Lima Filho, O.F. de.; Malavolta 1997. Síntomas de desordenes nutricionais em estevia *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. Sci. Agri. Vol 54 N 1-2 Piracicaba 11p

López, M.A.; Espinosa, M. 1995. Manual de nutrición y fertilización del banano. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Inpofos. Quito-Ecuador. P.82.

Malavolta, E. 1998. Importancia de la fertilización en la calidad de los productos agrícolas. Inpofos. Informaciones Agronómicas. Quito-Ecuador. 30 : 7-13-

Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. San Diego. Academic Press. P.674.

Microfertisa. 2001. Manual Técnico. Cuarta Edición. Bogotá, D.C. 100p

Muñoz A, R.; Molina M. 1980. Informe Anual de Progreso. ICA Reginal 4. P. 32-36.

Regitano, O. 1964. Cultura de Figueira. Sao Paulo. Ediciones Melhoramiento N. 35 p31.

Simao, S. 1971. Manual de Fruticultura. Sao Paulo. Editora Agronómica. Ceres. 530 p.

III. FERTILIZACIÓN

Tamayo V., A. 2005. Informe final proyecto: Validación, ajuste y transferencia de tecnología para la producción del cultivo de la *Stevia rebaudiana* Bert en Colombia. CORPOICA. La selva. Rionegro. Antioquia. 40p

Tamayo V., A.; Hincapié Z, M Bernal E., J.; Londoño M. 1998. Abonamiento orgánico y químico en clon de lulo La Selva (*Solanum quitoense* Lam) a plena exposición solar en un andisol del Oriente Antioqueño. En : Memorias Segundo Seminario Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales 12 al 14 de Agosto 1998, pp.161-165.

Toro, E. et al. 1979. Suelos del Departamento de Antioquia. Tomo I y II. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección Agrológica. Bogotá. Tomo I, 780p. y Tomo II, 900p.

Yamada, T. 1996. La nutrición mineral y la resistencia de las plantas a las enfermedades. Inpofos. Informaciones Agronómicas. Quito-Ecuador No.23. Enero de 1996. P.7-10.