



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE A BASE DE PLANTAS
ASTERÁCEAS Y SU CAPACIDAD EN EL AUMENTO DE GRADOS
BRUX EN UN FRUTO CULTIVADO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

PRESENTA

GI SELA GUADALUPE SALAZAR GARCÍA



CIUDAD DE MÉXICO

AÑO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: **Profesor: Alfonso Durán Moreno**
VOCAL: **Profesor: José Agustín García Reynoso**
SECRETARIO: **Profesor: Alejandra Mendoza Campos**
1er. SUPLENTE: **Profesor: Gema Luz Andraca Ayala**
2° SUPLENTE: **Profesor: David Fragoso**

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: Laboratorio de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM.

ASESOR DEL TEMA

M. en C. Alejandra Mendoza Campos

SUSTENTANTE

Gisela Guadalupe Salazar García

Agradecimientos

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, por la formación académica y cultural que recibí en sus aulas y espacios.

A la Facultad de Química por permitirme recibir una educación excepcional que ha hecho de mí una gran profesionalista.

A mi asesora de tesis la M. en C. Alejandra Mendoza Campos quien me brindó su apoyo y conocimientos en todo momento, además de darme la oportunidad de conocer otra área de la ciencia.

Al H. jurado Dr. Alfonso Durán Moreno, Dr. José Agustín García Reynoso, Dra. Gema Luz Andraca Ayala y al M. en C. David Fragoso por su entera disposición en la revisión de este trabajo y sus valiosas aportaciones.

Al Laboratorio de Ingeniería Química por permitirme el acceso a sus instalaciones y equipo para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS, ALCANCES E HIPÓTESIS | 3 |
| Objetivos | 3 |
| Alcances | 3 |
| Hipótesis | 3 |
| 3. ANTECEDENTES | 4 |
| Fertilizantes: ¿Qué es y qué tipos existen? | 4 |
| Definición | 4 |
| Tipos de fertilizantes | 5 |
| Biofertilizante: ¿Qué es y qué tipos existen? | 6 |
| Definición | 6 |
| Tipos de biofertilizantes | 6 |
| Clasificación de Biofertilizantes | 7 |
| La agricultura en México | 8 |
| Tipos de riego y fertilización en México | 9 |
| Riego | 9 |
| Fertilización..... | 13 |
| Grados Brix | 14 |
| Obtención de grados brix por método del refractómetro..... | 14 |
| Stevia rebaudiana Bertoni..... | 15 |
| El cultivo | 16 |

| | |
|---|-----------|
| Composición de la Stevia | 17 |
| Biofertilizantes hechos a base de Stevia rebaudiana Bertoni | 17 |
| Descripción de los Cultivos a Estudiar | 19 |
| Arándano azul (<i>Vaccinium corymbosum</i>)..... | 19 |
| Chabacano (<i>Prunus armeniaca</i>) | 21 |
| Chirimoyo (<i>Annona cherimoya mill</i>) | 22 |
| Duraznero (<i>Prunus pérsica</i>) | 24 |
| Fresa (<i>Fragaria</i>) | 25 |
| Higuera (<i>Ficus carica</i>) | 27 |
| Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)..... | 28 |
| Manzano (<i>Malus domestica</i>) | 30 |
| Naranja (<i>Citrus sinensis</i>)..... | 31 |
| Peral (<i>Pyrus communis</i>)..... | 32 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS | 34 |
| Materiales | 34 |
| Preparación de los biofertilizantes | 34 |
| Medición de grados Brix | 34 |
| Aplicación del biofertilizante..... | 35 |
| Métodos | 35 |
| Medición de grados Brix para cada árbol frutal..... | 41 |
| Fertilización..... | 42 |
| 5. DISEÑO EXPERIMENTAL | 45 |
| Elección de cultivos a estudiar..... | 45 |
| Elección de biofertilizantes..... | 46 |

| | |
|--|-----------|
| Periodo de fertilización..... | 48 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 49 |
| Efecto del riego por prueba de grado Brix..... | 49 |
| Gráficos de mediciones..... | 51 |
| Naranja | 51 |
| Árbol de Mandarina | 52 |
| Fresa..... | 53 |
| Duraznero y Chirimoyo | 53 |
| Arándano azul e Higo | 54 |
| Chabacano | 55 |
| Peral | 55 |
| Manzano | 57 |
| Variabilidad de datos | 57 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 59 |
| 8. RECOMENDACIONES..... | 60 |
| Análisis previos a la fertilización | 60 |
| Medición de Grados Brix..... | 60 |
| Fertilización..... | 61 |
| Elección de cultivos..... | 61 |
| 9. REFERENCIAS | 62 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Comportamiento fruto del naranjo..... | 51 |
| Figura 2. Comportamiento hoja del naranjo..... | 51 |
| Figura 3. Comportamiento fruto mandarina..... | 52 |
| Figura 4. Comportamiento hoja mandarina..... | 52 |
| Figura 5. Comportamiento fresa..... | 53 |
| Figura 6. Comportamiento hoja fresa..... | 53 |
| Figura 7. Comportamiento hoja durazno..... | 53 |
| Figura 8. Comportamiento hoja chirimoyo..... | 53 |
| Figura 9. Comportamiento hoja arándano..... | 54 |
| Figura 10. Comportamiento hoja higo..... | 54 |
| Figura 11. Comportamiento hoja chabacano 1..... | 55 |
| Figura 12. Comportamiento hoja chabacano 2..... | 55 |
| Figura 13. Comportamiento fruto pera 1..... | 55 |
| Figura 14. Comportamiento fruto pera 2..... | 55 |
| Figura 15. Comportamiento hoja pera 1..... | 56 |
| Figura 16. Comportamiento hoja pera 2..... | 56 |
| Figura 17. Comportamiento fruto manzano..... | 57 |
| Figura 18. Comportamiento hoja manzano..... | 57 |

CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Fertilizantes simples | 5 |
| Cuadro 2. Fertilizantes Multinutrientes | 6 |
| Cuadro 3. Conversión de grados Brix (rojo) a índice de refracción (negro) por ICUMSA. | 15 |
| Cuadro 4. Materia pesada para elaboración de biofertilizante..... | 38 |
| Cuadro 5. Cantidad y frecuencia de fertilización. | 43 |
| Cuadro 6. Arreglo biofertilizante/árbol frutal. | 44 |
| Cuadro 7. Árboles en Ciudad Universitaria..... | 45 |
| Cuadro 8. Listado de árboles restantes..... | 45 |
| Cuadro 9. Riego con stevia primer filtrado..... | 46 |
| Cuadro 10. Riego con stevia segundo filtrado | 46 |
| Cuadro 11. Riego con stevia tercer filtrado | 47 |
| Cuadro 12. Riego con stevia/albahaca primer filtrado | 47 |
| Cuadro 13. Riego con stevia/albahaca segundo filtrado | 47 |
| Cuadro 14. Riego con stevia/albahaca tercer filtrado | 47 |
| Cuadro 15. Propuesta de aplicación de los biofertilizantes | 48 |
| Cuadro 16. Valor de °Bx biofertilizante de stevia..... | 49 |
| Cuadro 17. Medición de °Bx biofertilizante stevia/albahaca | 49 |
| Cuadro 18. Evolución °Bx de cada árbol frutal | 50 |
| Cuadro 19. Evolución °Bx de cada árbol frutal | 50 |
| Cuadro 20. Evolución °Bx de cada árbol frutal | 51 |

ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Clasificación de los biofertilizantes..... | 7 |
| Ilustración 2. Cultivos inundados utilizando la técnica de riego por gravedad..... | 10 |
| Ilustración 3. Sistema de irrigación por microaspersión | 11 |
| Ilustración 4. Sistema de irrigación por aspersión | 12 |
| Ilustración 5. Sistema de irrigación por goteo..... | 13 |
| Ilustración 6. Hojas de Stevia rebaudiana Bertoni | 16 |
| Ilustración 7. Arbusto de arándano..... | 19 |
| Ilustración 8. Chabacano 1 | 21 |
| Ilustración 9. Chabacano 2 | 21 |
| Ilustración 10. Hojas de chirimoyo..... | 22 |
| Ilustración 11. Árbol de chirimoyo con fruto..... | 22 |
| Ilustración 12. Árbol de durazno | 24 |
| Ilustración 13. Fresa | 25 |
| Ilustración 14. Árbol de higo | 27 |
| Ilustración 15. Árbol de mandarina | 28 |
| Ilustración 16. Manzano..... | 30 |
| Ilustración 17. Flor de manzano | 30 |
| Ilustración 18. Árbol de naranja..... | 31 |
| Ilustración 19. Árbol de pera 1 | 32 |
| Ilustración 20. Árbol de pera 2..... | 32 |
| Ilustración 21. Pesado de hoja y tallo de stevia..... | 35 |
| Ilustración 22. Mezcla con 500 mL de agua destilada | 35 |
| Ilustración 23. Filtrado de producto | 36 |
| Ilustración 24. Segundo filtrado stevia | 37 |
| Ilustración 25. Tercer filtrado de stevia | 37 |
| Ilustración 26. Mezcla stevia y albahaca para primer filtrado | 38 |
| Ilustración 27. Primer filtrado stevia/albahaca | 39 |
| Ilustración 28. Segundo filtrado Stevia/Albahaca | 39 |
| Ilustración 29. Tercer filtrado Stevia/Albahaca | 40 |
| Ilustración 30. Refractómetro manual..... | 40 |
| Ilustración 31. Medición de grados Brix para primer filtrado de stevia..... | 41 |
| Ilustración 32. Hoja de durazno triturada..... | 42 |
| Ilustración 33. Aplicación de biofertilizante a árbol de durazno | 43 |
| Ilustración 34. Aplicación de biofertilizante a árbol de higo | 43 |

1. INTRODUCCIÓN

Según el Banco Mundial, para el año 2020 la población mundial será de siete mil millones de personas, lo que representa un reto para el sector agrícola ya que no sólo deben cubrirse las necesidades alimentarias de estas personas, sino también generar un ingreso satisfactorio para los agricultores. Introducir nuevas tecnologías que mejoren la productividad y los rendimientos de los cultivos es uno de los principales objetivos planteados por los gobiernos de todos los países en desarrollo.

Los fertilizantes son valorados por los agricultores debido a que mejoran los rendimientos de sus cultivos al proveer los nutrientes necesarios en el suelo, sin embargo, la contaminación derivada del uso excesivo de éstos se traduce en un impacto ambiental que afecta a todas las especies de vida presentes en el planeta. Su creciente uso ha traído como consecuencia problemas ambientales tales como la lluvia ácida, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la emisión desmesurada de gases de nitrógeno a la atmósfera y erosión del suelo.

La evidencia del deterioro ambiental y la creciente concientización del cuidado del planeta ha generado que la población considere como buena alternativa el uso de biofertilizantes para un manejo más sustentable de los recursos del suelo.

Los biofertilizantes son insumos preparados con microorganismos que, al ser aplicados al suelo o a la planta, pueden promover el crecimiento de ésta e inhibir el efecto de microorganismos patógenos; además, los biofertilizantes pueden sustituir total o parcialmente el uso de fertilizantes sintéticos generando con ello una disminución en la contaminación que estos generan.

En México, durante los últimos años se han introducido al mercado productos que han generado impactos positivos en plantas de invernadero, haciéndolas más

vigorosas y resistentes al trasplante a campo. Pese a esto, los biofertilizantes no han penetrado en el mercado debido a la incertidumbre que genera en los agricultores sobre sus beneficios, temiendo una pérdida en sus ganancias. Una propuesta para hacer del uso de biofertilizantes una práctica más común en el sector agrícola es la de brindar apoyo mediante centros de investigación y sectores públicos, que ayuden a optimizar esta actividad y generar no sólo mejores ganancias sino mejoras evidentes al medio ambiente.

En el presente trabajo se desarrollaron dos biofertilizantes microbianos hechos a base de *Stevia rebaudiana* Bertoni con la finalidad de aumentar el dulzor de frutos cultivados. Se realizó una extracción sólido/ líquido de stevia y de stevia/albahaca con agua, y los extractos se dejaron fermentar por un periodo de 90 días. Transcurrido el tiempo de fermentación estos biofertilizantes fueron aplicados a 10 variedades distintas de árboles frutales por un periodo aproximado de 11 meses con mediciones de grados Brix tanto en hoja como en fruto cada tres meses. Tanto la cantidad aplicada de biofertilizante como la frecuencia de riego aumentaron gradualmente hasta llegar a un máximo a los 10 meses. Se observó la evolución de los grados Brix a lo largo del periodo de fertilización mostrando, en la mayoría de los casos, un aumento de 1 - 3 grados Brix y una mejora en la apariencia de los árboles y frutos. Los resultados muestran que los biofertilizantes preparados son un posible sustituto de los fertilizantes químicos convencionales.

2. OBJETIVOS, ALCANCES E HIPÓTESIS

Objetivos

- Elaborar un biofertilizante a base de plantas asteráceas combinado con otro tipo de material orgánico herbáceo.
- Determinar su asimilación en el cultivo mediante el contenido de azúcar presente en éste.

Alcances

- Elaborar un fertilizante de Stevia y otro de Stevia/Albahaca.
- Obtener un producto fermentado después de tres meses de reposo.
- Medir los grados Brix del producto fermentado.
- Monitorear el contenido de azúcar en un cultivo frente a la aplicación periódica de un fertilizante, a través de la medición de los grados Brix ya sea en hoja o en fruto.

Hipótesis

Se puede determinar la asimilación del biofertilizante en el cultivo a través del cambio de los grados Brix.

3. ANTECEDENTES

Fertilizantes: ¿Qué es y qué tipos existen?

Todas las plantas requieren de ciertos minerales para poder vivir, éstos se encuentran disponibles de manera natural y generalmente en una cantidad suficiente en el suelo para mantener a las plantas saludables. Sin embargo, en algunas ocasiones las plantas consumen más de algunos minerales por lo que es necesario reabastecerlos, ya que con la ausencia de alguno de ellos éstas tienen un crecimiento limitado y los rendimientos de los cultivos tienden a disminuir.¹ Los minerales que comúnmente se aplican son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K).

Definición

Un fertilizante es una mezcla orgánica o inorgánica de origen natural o manufacturados en procesos químicos, que tiene como objeto mejorar el crecimiento y la fertilidad de las plantas. Generalmente contienen NPK en distintas proporciones combinado con otros nutrientes, como pueden ser magnesio, azufre y calcio.²

Tipos de fertilizantes

Existen dos tipos de fertilizantes según su contenido en nutrientes. Los que contienen sólo un nutriente primario son llamados *fertilizantes simples*, cuando poseen de dos a tres nutrientes primarios se denominan *fertilizantes multinutrientes*, fertilizantes binarios (dos nutrientes primarios) o fertilizantes ternarios (tres nutrientes primarios).

- Fertilizantes simples

En el siguiente cuadro se enlistan los más comunes.

Cuadro 1. Fertilizantes simples.¹

| Nombre del fertilizante | Análisis en porcentaje | | | | |
|---|------------------------|-------------------------------|------------------|-----|-------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg | S |
| Fertilizantes Nitrogenados | | | | | |
| Sulfato amónico (NH ₄) ₂ SO ₄ | 21 | - | - | - | 23 |
| Nitrato amónico NH ₄ NO ₃ | 33-34.5 | - | - | - | - |
| Nitrato amónico-cálcico NH ₄ NO ₃ +CaCO ₃ | 20.5-26 | - | - | - | - |
| Urea CO(NH ₂) ₂ | 45-46 | - | - | - | - |
| Nitrosulfato amónico NH ₄ NO ₃ ·(NH ₄) ₂ SO ₄ | 26 | - | - | - | 15 |
| Fertilizantes Fosfatados | | | | | |
| Superfosfato simple Ca(H ₂ PO ₄) ₂ +CaSO ₄ | - | 16-20 | - | - | 12 |
| Superfosfato tiple o concentrado Ca(H ₂ PO ₄) ₂ | - | 46 | - | - | - |
| Fosfato de roca molido (fosfato mineral) | - | 20-40 | - | - | - |
| Fertilizantes potásicos | | | | | |
| Muriato o cloruro potásico KCl | - | - | 60 | - | - |
| Sulfato potásico K ₂ SO ₄ | - | - | 50 | - | 18 |
| Sulfato potásico-magnésico K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄ | - | - | 26-30 | 5-7 | 16-22 |

- Fertilizantes multinutrientes

Los fertilizantes multinutrientes representan una ventaja para los agricultores pues éstos son de fácil almacenamiento, transporte y manipulación; además son fáciles

de aplicar y tienen una cómoda aplicación en el campo. A continuación, se enlistan los fertilizantes multinutrientes más comercializados del mundo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilizantes multinutrientes.¹

| Tipo de Fertilizante | %N | %P ₂ O ₅ | %K ₂ O |
|----------------------------|-------|--------------------------------|-------------------|
| Fertilizantes NPK | 5-26 | 5-35 | 5-26 |
| Fosfatos amónicos DAP, MAP | 16-18 | 42-48 | - |
| Nitrofosfatos NP | 11 | 52 | - |
| Fertilizantes PK | 20-26 | 6-30 | 6-30 |

Biofertilizante: ¿Qué es y qué tipos existen?

La evidencia del deterioro ambiental ha creado en la población una creciente concientización sobre el cuidado del medio ambiente. En la agricultura se ha visto como alternativa el uso de biofertilizantes, ya que suplen o complementan a los fertilizantes minerales que, a pesar de los buenos resultados que generan, se ha demostrado que poseen características negativas para el medio ambiente como la acidificación de los suelos por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados.³

Definición

Los biofertilizantes son mezclas que contienen microorganismos los cuales aceleran los procesos microbianos en el suelo y ayudan como fuente alternativa de nutrientes para éste, cubriendo las necesidades que las plantas requieran. Además, mejoran el rendimiento, crecimiento y aporte nutricional de los cultivos sin ocasionar daños a terceros a un bajo costo de producción.⁴

Tipos de biofertilizantes

Existen distintos tipos de biofertilizantes que poseen diversos tipos de microorganismos, por ejemplo

- Fijadores de nitrógeno

Estos microorganismos poseen la cualidad de transformar el nitrógeno de la atmósfera en amonio y así suministrarlo a la planta por distintos procesos.

- Promotores de crecimiento

Son microorganismos que durante su actividad metabólica producen y liberan sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas.

- Solubilizadores de fósforo

Promueven la liberación de fosfatos insolubles a formas disponibles para las plantas.

- Captación de fósforo

Algunos microorganismos tienen la capacidad de aumentar el área de absorción y captación de nutrientes (principalmente fósforo) a través de sus raíces.

Clasificación de Biofertilizantes

Los biofertilizantes pueden ser clasificados de distinta forma según sea su origen, véase Ilustración 1.⁵

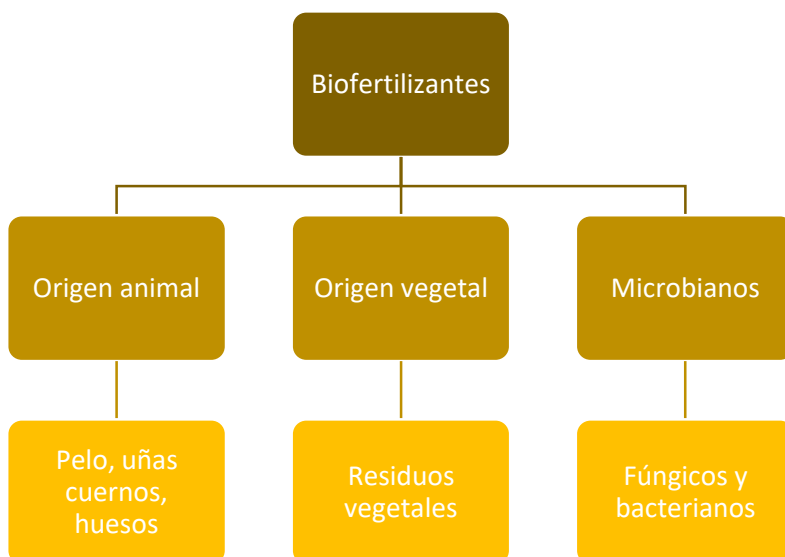


Ilustración 1. Clasificación de los biofertilizantes.

Los biofertilizantes de origen animal son ricos en proteínas fibrosas derivadas principalmente del colágeno y la queratina. Poseen ventajas tales como su biodegradabilidad y su bajo costo de producción.

Los biofertilizantes de origen vegetal son obtenidos mediante el procesamiento de residuos vegetales o mediante el compostaje, que consiste en agregar los residuos directamente en el suelo. Se ha comprobado que este tipo de biofertilizante es capaz de reemplazar a los fertilizantes de origen mineral, ya que poseen un alto aporte de NPK y materia orgánica.

Los biofertilizantes microbianos son utilizados para mejorar la nutrición de las plantas. Éstos son formulados con microorganismos vivos que producen sustancias promotoras del crecimiento de las plantas, aplicado ya sea a una semilla, suelo o raíz, logrando colonizar el área de la rizósfera de la planta y con esto favorecer su desarrollo.⁵

Los biofertilizantes resultan una alternativa económica para todos los agricultores pues su producción y aplicación no requieren el uso de tecnologías muy elaboradas; también resultan una alternativa ecológica pues se pueden restaurar suelos que han sido dañados, proveyendo alimentos poseedores de una excelente calidad.⁶

La agricultura en México

En México, de la actividad agrícola depende la alimentación primaria de millones de personas y es considerada una de las tareas con mayor impacto pues genera una cantidad importante de empleos en el país. Los censos agrícolas indican que aproximadamente 27.5 millones de hectáreas del territorio nacional están dedicadas a la agricultura; de las cuales 22.4 millones son superficie sembrada. El 58% de superficie sembrada está destinada principalmente a maíz de grano blanco, sorgo, frijol, café, caña de azúcar y trigo.⁷

Aunque la agricultura es una actividad necesaria y fundamental ésta tiene un gran impacto en el medio ambiente y actualmente enfrenta problemas debido a la

contaminación por desechos orgánicos, residuos de pesticidas en suelo, agua y aire; además de causar daños en el bioma por el uso indiscriminado de pesticidas, erosión del terreno y agotamiento de minerales esenciales en el suelo. Es por esto que la agricultura sostenible (o agricultura orgánica) es imprescindible, ya que ésta se basa principalmente en regresar a las antiguas formas de cultivo, mejoradas en bases científicas y que han demostrado ser menos perjudiciales al medio ambiente debido a la disminución de uso de materiales dañinos.⁸

Una forma importante y que ha demostrado ser una estrategia útil de agricultura sostenible es el uso de biofertilizantes basados en microorganismos, pues, su utilización disminuye el uso de productos químicos reduciendo con esto el impacto ambiental. Aumentan los ahorros económicos, los rendimientos y la salud general de las plantas disminuyendo el ataque de plagas, además de regenerar paulatinamente las características biológicas, físicas y químicas de los suelos lo cual implica un incremento de productividad en el sector agrícola.

México ha ganado éxito mediante la agricultura orgánica colocándose como el primer exportador a nivel mundial de café orgánico; otros productos que comienzan a colocarse en el mercado internacional son las hortalizas y los cosméticos. A pesar del éxito, en el mercado nacional la demanda de estos productos aún es insuficiente, por lo que dependen totalmente de la exportación y de pequeños grupos en el mercado nacional.⁸

Tipos de riego y fertilización en México

Riego

En México existen al menos cuatro métodos de irrigación utilizados por los agricultores, se describen a continuación:

- Riego por gravedad o rodado

El riego por gravedad (ver Ilustración 2) tiene la característica de que el agua es alimentada a nivel del suelo y se distribuye a lo largo de la parcela con ayuda de la fuerza de gravedad. Debido a esto no es necesario disponer de una alta tecnología lo que supone una clara ventaja económica por encima de otros tipos de riego que requieren, por ejemplo, presurización de agua.⁹



Ilustración 2. Cultivos inundados utilizando la técnica de riego por gravedad.

- Microaspersión

El riego por microaspersión (véase Ilustración 3) permite un suministro de agua en pequeños volúmenes y de forma periódica a los cultivos, mediante una red de tuberías que utilizan unos difusores de agua en forma de lluvia denominados *microjets* o microaspersores. A diferencia del riego por gravedad, éste es un riego presurizado que consiste de una fuente de abastecimiento de agua, cabezal principal, tuberías de conducción principales y secundarias, cabezales de campo y laterales de riego con emisores.¹⁰



Ilustración 3. Sistema de irrigación por microaspersión

- **Aspersión**

El método de riego por aspersión (Ilustración 4) es mediante una lluvia parcialmente intensa y uniforme sobre todo el cultivo; al igual que el método de microaspersión, éste también requiere de un sistema presurizado, pero con diferentes capacidades de presión. Los componentes de la aspersión son un grupo de bombeo, tuberías principales con sus respectivos hidrantes, tuberías portaemisores y emisores tales como tuberías perforadas, toberas y aspersores.¹¹



Ilustración 4. Sistema de irrigación por aspersión

- Goteo

El sistema de riego por goteo, como se muestra en la Ilustración 5, conduce el agua por una red de tuberías y es entregada en pequeños volúmenes de forma periódica mediante goteros. El correcto diseño de este método de irrigación representa muchas ventajas, tales como la humedad constante en el suelo, el uso eficiente del agua, la prevención de enfermedades y crecimiento de malezas y la fácil aplicación de fertilizantes. Las presiones de operación son relativamente bajas pues para este método se utilizan emisores de caudales bajo.¹⁰



Ilustración 5. Sistema de irrigación por goteo

Fertilización

En México, más del 95% de los agricultores usan fertilizantes en sus cultivos. Éstos son comprados a un determinado distribuidor generalmente ubicado cerca de sus domicilios o en sitios donde predominan agricultores comerciales pues obtienen facilidades de pago y la atención es más personalizada.

Los fertilizantes nitrogenados (tales como la urea y el sulfato de amonio) son los más empleados en los cultivos junto con los fertilizantes potásicos, que han crecido de forma considerable en los últimos años (principalmente el cloruro potásico), mientras que los fosforados han ido presentado una considerable disminución.

El empleo de este tipo de fertilizantes está directamente relacionado al cambio en la estructura productiva agrícola. Por ejemplo, las zonas Centro Occidente y Centro Sur se caracterizan por consumir en mayor medida fertilizantes de baja concentración debido al cercano abastecimiento de fertilizantes de este tipo, mientras que la zona Noroeste consume productos relativamente nuevos, como los fertilizantes líquidos y los aerosoles.¹²

Los agricultores manejan los fertilizantes de acuerdo a procedimientos ya establecidos que se han convertido en una costumbre a través del tiempo, tanto en el tipo de fertilizante como en la proporción del mismo. Esto nos indica una

necesidad urgente en análisis más específicos de suelos (por cultivos y por regiones) y asistencia técnica especializada para el agricultor.

Grados Brix

Expresar el contenido de azúcar en una solución es de suma importancia para la industria alimenticia, principalmente aquellas en las que ésta (glucosa, fructosa, sacarosa) representa el mayor soluto, por ejemplo, la producción de miel y bebidas alcohólicas.¹³

Existen distintas escalas para expresar el contenido de azúcar en una solución, la escala Brix o grados Brix (°Bx) es una de las más comunes. Fue diseñada por el científico alemán Adolf F. Brix y consiste en medir directamente el porcentaje de azúcar (y otros sólidos disueltos) en soluciones.¹³ Es decir, si una solución es 16 grados brix significa que hay 16 g de azúcar y 84 g de agua por cada 100 g de solución, normalmente se considera que todo el soluto disuelto es azúcar.

Obtención de grados brix por método del refractómetro

Existe una relación directa entre el índice de refracción y los grados Brix. La conversión directa entre uno y otro está basada en la *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis (ICUMSA)*. En el Cuadro 3 se muestran sus resultados.¹⁴

Cuadro 3. Conversión de grados Brix (rojo) a índice de refracción (negro) por ICUMSA.

| | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 1.33299 | 1.33313 | 1.33327 | 1.33342 | 1.33356 | 1.33370 | 1.33385 | 1.33399 | 1.33413 | 1.33428 |
| 1 | 1.33442 | 1.33456 | 1.33471 | 1.33485 | 1.33500 | 1.33514 | 1.33529 | 1.33543 | 1.33558 | 1.33572 |
| 2 | 1.33587 | 1.33601 | 1.33616 | 1.33630 | 1.33645 | 1.33659 | 1.33674 | 1.33688 | 1.33703 | 1.33717 |
| 3 | 1.33732 | 1.33747 | 1.33761 | 1.33776 | 1.33791 | 1.33805 | 1.33820 | 1.33835 | 1.33849 | 1.33864 |
| 4 | 1.33879 | 1.33893 | 1.33908 | 1.33923 | 1.33938 | 1.33952 | 1.33967 | 1.33982 | 1.33997 | 1.34012 |
| 5 | 1.34026 | 1.34041 | 1.34056 | 1.34071 | 1.34086 | 1.34101 | 1.34116 | 1.34131 | 1.34146 | 1.34160 |
| 6 | 1.34175 | 1.34190 | 1.34205 | 1.34220 | 1.34235 | 1.34250 | 1.34265 | 1.34280 | 1.34295 | 1.34310 |
| 7 | 1.34325 | 1.34341 | 1.34356 | 1.34371 | 1.34386 | 1.34401 | 1.34416 | 1.34431 | 1.34446 | 1.34461 |
| 8 | 1.34477 | 1.34492 | 1.34507 | 1.34522 | 1.34537 | 1.34553 | 1.34568 | 1.34583 | 1.34598 | 1.34614 |
| 9 | 1.34629 | 1.34644 | 1.34660 | 1.34675 | 1.34690 | 1.34706 | 1.34721 | 1.34736 | 1.34752 | 1.34767 |
| 10 | 1.34783 | 1.34798 | 1.34813 | 1.34829 | 1.34844 | 1.34860 | 1.34875 | 1.34891 | 1.34906 | 1.34922 |
| 11 | 1.34937 | 1.34953 | 1.34968 | 1.34984 | 1.34999 | 1.35015 | 1.35031 | 1.35046 | 1.35062 | 1.35077 |
| 12 | 1.35093 | 1.35109 | 1.35124 | 1.35140 | 1.35156 | 1.35172 | 1.35187 | 1.35203 | 1.35219 | 1.35234 |
| 13 | 1.35250 | 1.35266 | 1.35282 | 1.35298 | 1.35313 | 1.35329 | 1.35345 | 1.35361 | 1.35377 | 1.35393 |
| 14 | 1.35409 | 1.35424 | 1.35440 | 1.35456 | 1.35472 | 1.35488 | 1.35504 | 1.35520 | 1.35536 | 1.35552 |
| 15 | 1.35568 | 1.35584 | 1.35600 | 1.35616 | 1.35632 | 1.35648 | 1.35664 | 1.35680 | 1.35697 | 1.35713 |
| 16 | 1.35729 | 1.35745 | 1.35761 | 1.35777 | 1.35793 | 1.35810 | 1.35826 | 1.35842 | 1.35858 | 1.35875 |
| 17 | 1.35891 | 1.35907 | 1.35923 | 1.35940 | 1.35956 | 1.35972 | 1.35989 | 1.36005 | 1.36021 | 1.36038 |
| 18 | 1.36054 | 1.36070 | 1.36087 | 1.36103 | 1.36120 | 1.36136 | 1.36153 | 1.36169 | 1.36186 | 1.36202 |
| 19 | 1.36219 | 1.36235 | 1.36252 | 1.36268 | 1.36285 | 1.36301 | 1.36318 | 1.36334 | 1.36351 | 1.36368 |
| 20 | 1.36384 | 1.36401 | 1.36418 | 1.36434 | 1.36451 | 1.36468 | 1.36484 | 1.36501 | 1.36518 | 1.36535 |

Stevia rebaudiana Bertoni

La *Stevia rebaudiana* Bertoni es una planta de tipo arbustivo, perteneciente a la familia de las *compuestas* o *asteráceas* originaria de Amambay, ubicada al noroeste de Paraguay, aunque actualmente se cultiva con éxito en países de Asia y Europa. La stevia es conocida por su alto contenido de dulzor (acumulando en sus hojas la mayor cantidad de glucósidos), sin embargo, esta cantidad es muy variable por lo que el dulzor puede oscilar entre 4 y 20% entre una especie y otra.¹⁵



Ilustración 6. Hojas de *Stevia rebaudiana* Bertonii¹⁶

La stevia, Ilustración 6, ha sido utilizada como sustituto de la sacarosa para el tratamiento de padecimientos tales como obesidad, hipertensión e incluso en diabetes mellitus. Aunado a lo anterior, numerosos estudios demuestran que la stevia posee características antimicrobianas, antioxidantes y antimicóticas; además de vitamina C, ácido fólico y todos los aminoácidos indispensables con excepción del triptófano, lo que la convierte en una especie atractiva para su mayor producción y consumo en todo el mundo.¹⁷

El cultivo

La stevia es un arbusto de entre 65 – 80 cm de altura que presenta hasta 20 tallos al cabo de 4 años. Posee raíces fibrosas y poco profundas, por lo que se encuentran cerca de la superficie. Es una especie semiperenne, y su cultivo puede durar entre 5 y 6 años.¹⁸

Al ser una especie subtropical y semihúmeda su crecimiento es relativamente fácil; requiere de un suelo arenoso-arcilloso que le permite un correcto drenaje y un pH entre 6.5 – 7.5 libre de sales.

La stevia ha sido cultivada exitosamente en climas cálidos y húmedos con baja probabilidad de heladas prolongadas y con máximas temperaturas de hasta 43°C sin demasiada exposición al sol.¹⁹

Composición de la Stevia

Los componentes naturales dulces presentes en las hojas de stevia son llamados glucósidos de steviol y son los responsables de las propiedades edulcorantes de ésta. Son identificados como steviósidos, steviolbiósidos, rebaudiósidos A, B, C, D, E, F y dulcósidos. Los steviósidos son los más abundantes en las hojas de stevia seguidos del rebaudiósido A, rebaudiósido C y dulcósido A. Según el tipo de cultivo, las cantidades presentes de éstos variarán.¹⁷

Los glucósidos presentes además de ser endulzantes bajos en calorías son alrededor de 300 veces más dulces que la sacarosa y son estables a temperaturas mayores a 200 °C lo que los hace ideales para su uso en alimentos que requieren cocción.

Biofertilizantes hechos a base de Stevia rebaudiana Bertoni

En los últimos años, ha existido un auge en el desarrollo de biofertilizantes hechos a base de Stevia. Existen estudios en donde se reporta desde la composición microbiológica de extractos fermentados de Stevia, diferentes métodos de preparación de dichos extractos hasta el efecto de la aplicación de los biofertilizantes en distintos cultivos.

Takaishi y colaboradores²⁰ realizaron un extracto con hojas y tallos secos de Stevia en agua caliente, el cual dejaron fermentar. De este extracto aislaron cuatro microorganismos, tres de ellos bacterias (dos lactobacilos y una micobacteria) y una levadura (*Issatchenkia*). Adicionalmente analizaron el contenido de steviósidos del extracto (antes y después de la fermentación) por medio de cromatografía de líquidos de alta eficiencia/ espectrometría de masas. Observaron que la

concentración de steviósidos aumentó en el extracto fermentado presumiblemente por la descomposición de éstos a steviósidos más simples, como efecto del metabolismo microbiano.

La preparación convencional de un biofertilizante hecho a base de Stevia se lleva a cabo de forma similar a la reportada por Silez y colaboradores.²¹ De forma general, se pesan hojas y tallos secos de Stevia, se realiza una extracción con agua caliente, se filtran los residuos sólidos y el filtrado se deja fermentar. Al término del tiempo de fermentación, se obtiene el biofertilizante. Se han reportado variaciones en este proceso según las necesidades de cada cultivo. Por ejemplo, se han agregado semillas de algodón,²² se ha realizado la fermentación sin retirar los residuos sólidos y se han agregado minerales, como calcio²³ y atapulgita,²⁴ ésta última para la liberación controlada del biofertilizante.

Además de su actividad microbiana, estos biofertilizantes tienen la capacidad de aumentar los grados Brix tanto de las hojas como de los frutos. Existen reportes donde se usan estos biofertilizantes en cultivos de papa,²⁵ tomate,²¹ sandía,²⁶ y fresa²⁷. Chuanlong²⁸ aplicó un biofertilizante hecho a base de Stevia para aumentar el dulzor en un cultivo de granada. Observó un incremento en el contenido de azúcares de los frutos, así como una mejora en el sabor de éstos reportando adicionalmente beneficios económicos.

Descripción de los Cultivos a Estudiar

Todas las ilustraciones de este apartado corresponden a los cultivos utilizados en el desarrollo experimental.

Arándano azul (*Vaccinium corymbosum*)



Ilustración 7. Arbusto de arándano

El arándano azul (Ilustración 7), también conocido como mora azul, es un arbusto perenne, nativo del hemisferio Norte y perteneciente a la familia de las ericáceas. Su tamaño varía entre los 20 - 40 cm de altura, posee un fruto carnoso de piel tersa con pulpa jugosa y aromática de sabor agridulce. Este fruto forma parte de los *berries*, de forma esférica y, según su especie su tamaño varía entre los 0.7 - 1.6 cm de diámetro, el color puede ser azul claro u oscuro. El periodo de desarrollo del fruto desde floración hasta maduración es de 90 días, la cosecha comienza a finales de noviembre y termina en marzo.

Las plantaciones de arándano requieren de diversas condiciones edafoclimáticas para su correcto crecimiento. El suelo debe ser suelto y con un buen sistema de drenado, contener entre un 3 - 5% de materia orgánica, un pH ácido entre 4.4 - 5.5

permitirá un correcto crecimiento del arbusto por lo que debe ser verificado anualmente, además de la importancia de mantenerlos libres de malezas. El clima que requieren los arándanos varía según la especie, generalmente se requieren entre 400 - 1200 h de frío, es importante que se analicen las temporadas de frío en cada región, pues la floración del arándano no debe coincidir con el periodo de heladas. El arándano es muy perceptivo a exceso y déficit de agua debido a sus raíces superficiales y no tan fibrosas, por ello es importante que el agua sea de buena calidad y limpia, para asegurar lo anterior es recomendable hacer análisis químico y microbiológico al agua de riego que se utilice.

Para el cultivo de arándano, el manejo nutricional del suelo es uno de los factores más importantes, por lo tanto, es recomendable primero hacer un análisis del suelo (cada 2 - 3 años) y un análisis foliar (cada año) para lograr una fertilización balanceada. El uso de fertilizantes con un contenido de NPK balanceado sumado a fertilizantes ricos en calcio, magnesio, sodio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro proporcionarán un cultivo saludable de arándano.

El arándano es un fruto valorado por sus propiedades antioxidantes, su elevado contenido de Vitamina C, y su alto contenido en fibra.²⁹

Chabacano (*Prunus armeniaca*)



Ilustración 8. Chabacano 1



Ilustración 9. Chabacano 2

El chabacano (véase Ilustración 8 – 9) es un árbol proveniente de Asia central, tiene entre 3 - 10 m de altura con copa redondeada y amplia, posee un tallo con corteza agrietada y una raíz principal vertical. Sus hojas son dentadas y acorazonadas por la base, las flores son de pétalos rosados o blancos y generalmente aparecen en primavera, antes de las hojas.

El chabacano da un fruto redondeado y carnoso de sabor dulce ligeramente perfumado, su piel es más o menos anaranjada y está cubierta por una fina capa de vello suave.

Esta especie frutal necesita de un reposo invernal más o menos prolongado (entre 100 y 1000 horas de frío) pues de no ser así el brote de flor se atrasa y su desarrollo es disperso provocando un déficit en el amarre del fruto, además de aumentar los ataques de patógenos y la muerte prematura del árbol.

Para un crecimiento adecuado, el chabacano requiere de suelos profundos para garantizar un drenaje óptimo, además de necesitar de un pH generalmente ácido y con poca salinidad. El riego depende directamente del tipo de suelo, de la presión climática y de la edad de los árboles, sin embargo, este cultivo es sumamente susceptible a déficit y exceso de agua produciendo daños severos en las cosechas. La fertilización requiere primero de un análisis de suelo, generalmente las cantidades de NPK (kg/ha) van en aumento de un árbol joven hasta uno maduro (4 años de edad).

El chabacano es un fruto valorado por su contenido de Vitamina C y Vitamina E, además de su alto contenido en potasio, que ayuda a combatir la retención de líquidos.³⁰

Chirimoyo (*Annona cherimoya* mill)



Ilustración 10. Hojas de chirimoyo



Ilustración 11. Árbol chirimoyo con fruto

El árbol chirimoyo (Ilustración 10 - 11) es originario de los andes del norte de Sudamérica y perteneciente a la familia de las anonáceas. Posee un fruto

comestible llamado chirimoya que resulta de un agregado de frutos adheridos sobre un solo receptáculo, esto debido a la fecundación por separado de pequeñas flores. Este fruto tiene forma de corazón y su tamaño oscila entre los 7 - 12.5 cm de longitud, su piel exterior es delgada, verde y con escamas las cuales demarcan el límite de cada fruta agregada, su interior es blanco y posee una textura carnosa de sabor dulce que alberga una gran cantidad de semillas brillantes de aproximadamente 1 cm de longitud repartidas por toda la pulpa, fáciles de desprender.³¹

El chirimoyo requiere de ciertas condiciones edafoclimáticas. El clima debe ser seco y sin cambios extremos de temperatura, entre 25 – 28 °C se logran buenos frutos con humedades entre 60 - 70% durante la época de floración. El chirimoyo puede adaptarse a distintos tipos de suelo tales como arenoso, limo-arenoso y arcilloso, aunque es recomendable que el suelo tenga un sustrato ligero, con un alto contenido en materia orgánica y un buen drenaje para evitar encharcamientos, su pH debe ser entre 6 - 7.5. Es fundamental que el agua de riego esté siempre disponible, sobre todo en épocas de sequías, ésta debe ser analizada para garantizar una buena calidad.

Fertilizar el chirimoyo depende de los análisis de suelo realizados, especialmente de NPK. Es importante saber que a medida en que la planta se va desarrollando se presenta una carencia de nitrógeno, por lo que las dosis deberán ser mayores; también se presentan carencias de potasio que son visibles en las decoloraciones de las hojas. Previo a la maduración de los frutos es necesario incrementar las dosis de calcio y de magnesio. Una vez al año es recomendable realizar una grande aplicación de estiércol perfectamente descompuesto.

La chirimoya además de poseer Vitamina C y Vitamina A, posee un alto valor vitamínico del grupo B (B1, B2 y B6).³²

Duraznero (*Prunus pérsica*)



Ilustración 12. Árbol de durazno

El duraznero (véase Ilustración 12) es un árbol de raíces profundas y altura media originario de Asia, específicamente de China. Posee un fruto de entre 5 - 7.5 cm de forma ovalada y color amarillo, con piel aterciopelada por fuera y pulpa carnosa de sabor dulce en su interior; su hueso se encuentra en el centro, éste es bastante duro y posee algunas hendiduras donde la pulpa de la fruta suele estar adherida.

El duraznero es un árbol de zonas templadas que requiere entre 400 - 800 h de frío al año, sin embargo, es importante que estas horas de frío no coincidan con el período de floración en primavera, pues el fruto sufriría daños graves.

Los suelos para la plantación del duraznero deben ser fértiles, poco profundos, de textura arcillosa y escaso drenaje; su tolerancia a altos niveles de sales solubles tanto en agua como en suelo es muy poca por lo que debe evitarse ya que la cosecha puede verse seriamente afectada. El pH debe situarse en un rango de 6 - 7.5.

El requerimiento nutricional del cultivo de durazno varía según cada especie, suelo, clima y ambiente. Este frutal presenta periodos de absorción de nutrientes mucho más prolongados y no tan intensos por lo que no demanda de una riqueza tan alta, aunado a su capacidad de acumular reservas en sus ramas y raíces para años siguientes.

El durazno tiene un alto contenido de agua, lo que lo convierte en un fruto de fácil digestión, además de contener un importante contenido en fibra.³³

Fresa (*Fragaria*)



Ilustración 13. Fresa

La fresa o fresal, Ilustración 13, es una planta rastrera, de tipo perenne que posee un fruto cónico de un tamaño entre 15 a 22 mm de diámetro con hojas pequeñas en forma de corona y sabor entre ácido y muy dulce, además de aromático. La fresa no es rigurosamente un fruto, es producto del engrosamiento del receptáculo floral. Según las variedades, un fresal puede florecer en el invierno hasta principios del verano, dando oportunidad a madurar toda la primavera.

El cultivo de fresa requiere de distintas condiciones climáticas y de suelo según la especie. Comúnmente requieren de una temperatura entre 18 – 35 °C soportando una mínima de hasta 3 °C por las noches. De no cubrir con estas necesidades la planta podría sufrir daños en sus frutos y hojas, ocasionando daños severos a los tejidos y por lo tanto la muerte de la planta. En cuanto a la luz solar son necesarias aproximadamente 3000 h de sol al año y una humedad de entre 60 - 75%, generalmente mantenida por sistemas de riego de alta frecuencia como es el sistema de riego por goteo, donde además se pueden agregar los fertilizantes y algunos insumos para el control de enfermedades y plagas.

El suelo de la fresa es de textura arenosa y tiene un pH entre 5.7 - 6.5 con necesidades altas de fertilizantes. Actualmente al suelo destinado para cultivo de fresa se le realizan análisis (10 muestras por hectárea) y se le desinfecta por solarización e incorporación de microorganismos benéficos.³⁴

La fresa contiene en su pigmento antocianinas que actúan como un potente antioxidante, además de una cantidad importante de vitamina C y fibra, lo que la hace esencial para el consumo diario.³⁵

Higuera (*Ficus carica*)



Ilustración 14. Árbol de Higo

El árbol de higo (o higuera), Ilustración 14, originario de las zonas tropicales y subtropicales de Europa, Asia, África y el Pacífico, es un árbol que oscila entre los 6 - 8 metros de altura con una copa amplia en comparación con su altura, ya que posee ramas muy largas y casi horizontales. El árbol de higo posee un fruto de forma ovalada, de piel púrpura casi negra y un interior rojizo y dulce de alto valor nutricional, rico en azúcares y vitaminas A, B y C, además de poseer una acción laxante.

A pesar de acondicionarse a toda clase de suelos y de pH básico o ácido, el árbol de higo presenta una mayor productividad cuando se encuentra en suelos profundos con un buen drenaje y un alto contenido de cal. Este árbol puede formar raíces profundas que le permiten almacenar nutrientes y mejorar su retención de agua.

Las temperaturas altas favorecen su crecimiento vegetativo y la maduración pronta de sus frutos, sin embargo, en zonas templadas dicho árbol puede sobrevivir debido al estado de latencia que le permite soportar bajas temperaturas.

El árbol de higo no requiere de una alta fertilización, aunque el uso de éstos permite aumentar su fructificación y el vigor de la planta en general. A diferencia de otros frutales, la higuera no suele presentar carencias de hierro o zinc, pero sí deficiencias de nitrógeno, se recomienda usar fertilizantes con relaciones similares entre fósforo y nitrógeno, y potasio y nitrógeno.

El higo es valorado por su alto contenido en Vitamina K y Vitamina B6, sin embargo, su principal característica es el contenido de magnesio, manganeso y calcio, que fomentan la densidad ósea.³⁶

Mandarina (*Citrus reticulata*)



Ilustración 15. Árbol de Mandarina

La mandarina es un árbol (ver Ilustración 15) originario de Asia, particularmente de China e India, que alcanza un tamaño entre 2 - 6 m de altura. Posee un tronco generalmente torcido y ramas angulosas, sus hojas son verde oscuro por la parte de enfrente y por detrás se tornan más amarillas, produciendo un aroma cítrico cuando son cortadas.

Los frutos de la mandarina son casi redondos, de tamaño variable entre 4 - 7 cm de longitud y entre 5 - 8 cm de diámetro. Su color va desde el amarillo/verdoso hasta el naranja; su cáscara posee diferentes hendiduras y al igual que las hojas, son bastante aromáticas cuando se les desprende de la pulpa, siendo ésta jugosa y dulce.

El árbol de mandarina es una especie subtropical que no tolera heladas pues sus flores y sus frutos resultan seriamente afectados, las mínimas temperaturas que soporta son de 3 – 5 °C, lo que nos indica que esta especie no requiere de reposo invernal. El cultivo de mandarina requiere de una humedad de entre 60 - 70%, además de necesitar una cantidad importante de luz solar para la correcta maduración de los frutos.

Los tipos de suelos que requiere este cultivo son los arenosos y profundos con un pH entre 6 - 7; su fertilización requiere de grandes cantidades de macro y micronutrientes, pues sufre deficiencias de magnesio y zinc.

Como es común en los cítricos, la mandarina es un fruto rico en Vitamina C, ésta además posee ácido fólico y Vitamina B6.³⁷

Manzano (*Malus domestica*)



Ilustración 16. Manzano



Ilustración 17. Flor de manzano

El manzano es un árbol (Ilustración 16 – 17) caducifolio que crece bien en zonas templadas y relativamente húmedas. Alcanza una altura máxima de 10 m y posee una copa en forma de globo, su tronco es recto de color verde grisáceo y textura lisa, sus flores son blancas con tintes rosas y tienden a aparecer a finales de invierno y principios de primavera.

El cultivo de manzana requiere de suelos generalmente arenosos, profundos y bien drenados, con abundante materia orgánica y un pH entre 5.5 - 6. No demanda demasiada luz solar y prefiere la humedad al calor excesivo. Soporta temperaturas mínimas de -10 °C y máximas de 30 °C.

El manzano posee un fruto carnoso y firme de forma redondeada, y según la especie, esta puede variar en sabor y color. La manzana es considerada un alimento completo debido a su alto contenido de agua (85% aproximadamente) y fibra; éste

fruto es uno de los más consumidos por las familias mexicanas, según la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.³⁵

Naranja (*Citrus sinensis*)



Ilustración 18. Árbol de naranja

El árbol de naranja, véase Ilustración 18, es originario del sureste de Asia, caracterizado por ser un árbol pequeño con flores blancas que poseen un aroma fuerte y dulce. Su fruto es cilíndrico, y sus características físicas son distintas según la especie, la cáscara puede ser verde/amarilla o naranja brillante, además esta puede ser delgada o gruesa, la pulpa es jugosa y sus sabores varían entre ácido y dulce; todas las variedades poseen gajos bien definidos.

El naranja presenta poca resistencia al frío por ser una especie subtropical. Requiere de grandes cantidades de luz solar para el correcto crecimiento de los

frutos y su desarrollo se ve beneficiado en suelos arenosos profundos con buen drenado que mantienen un pH entre 6 – 7.

El cultivo del naranjo requiere de grandes cantidades de nutrientes, pues llega a presentar deficiencias en minerales esenciales para su crecimiento por lo que es recomendable hacer análisis de suelo constantemente y suplir estas necesidades, generalmente de potasio, calcio, hierro y zinc.

México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en producción de naranja, siendo el mercado nacional el principal consumidor de este cítrico, valorado por su alto contenido en vitamina C.³⁰

Peral (*Pyrus communis*)



Ilustración 19. Árbol de pera 1



Ilustración 20. Árbol de pera 2

El peral (ver Ilustración 19 – 20) es un árbol originario principalmente de Europa aunque algunas variantes provienen de Asia. Tiene una forma piramidal que alcanza una altura de hasta 20 m y posee un tronco alto, grueso de color grisáceo y textura agrietada. El fruto es generalmente ovalado, con cáscara delgada que puede tomar

distintos colores según la variedad y su pulpa es dulce, sus semillas son negras, pequeñas y sin brillo.

El árbol de pera se desarrolla en ambientes templados ligeramente húmedos, resistente a temperaturas de hasta -40 °C, por ello su cultivo se extiende principalmente en Europa.

El suelo debe contener proporciones iguales de arcilla, sílice y cal, debe ser profundo, con buen drenaje y con cantidades moderadas de humus. Los primeros años de cultivo, el peral debe ser fertilizado con estiércol, llegada su etapa adulta (alrededor de 3 años de edad) se comienzan las aplicaciones de fertilizantes químicos, especialmente aquellos que son ricos en sulfatos amónicos y potásicos.

La pera es un fruto altamente demandado debido a su bajo contenido calórico, además de que posee una gran cantidad de agua y fibra.³⁸

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

A continuación, se describen los materiales empleados para cada parte experimental.

Preparación de los biofertilizantes

- 100 g de hojas secas y 10 g de tallos secos de Stevia rebaudiana
- 20 g de hojas y 20 g de tallos de albahaca
- Agua destilada
- Balanza digital
- Parrilla de calentamiento
- Vaso de precipitados de 500 mL
- Embudo
- Agitador de vidrio
- Soporte universal
- Pinzas de 3 dedos
- Papel filtro
- 6 botellas de plástico de 500 mL

Medición de grados Brix

- Refractómetro manual
- Agua destilada

- Algodón
- Cuchillo
- Tabla para picar
- Mortero y pistilo

Aplicación del biofertilizante

- Agua
- Pipeta Pasteur
- Recipiente genérico

Métodos

Preparación del biofertilizante *Stevia rebaudiana*

Se pesaron las hojas (85.5 g) y los tallos (5.3 g) de stevia, como se muestra en la Ilustración 21, y se mezclaron con agua destilada (500 mL), ver Ilustración 22.

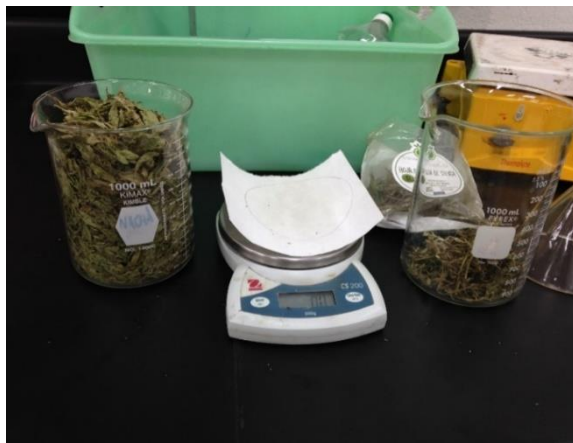


Ilustración 21. Pesado de hoja y tallo de stevia

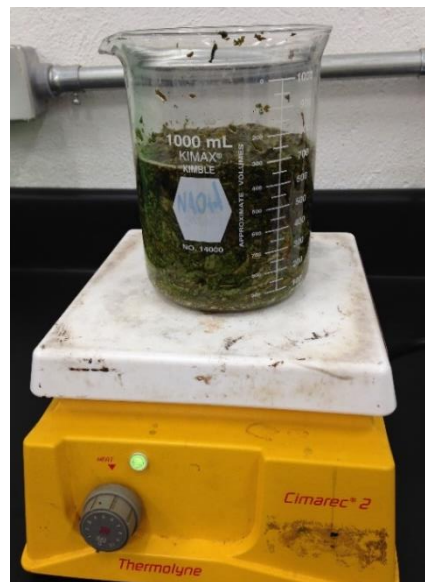


Ilustración 22. Mezcla con 500 mL de agua destilada

Se calentó la mezcla a ebullición por 10 minutos bajo agitación constante y se agregó agua para compensar las pérdidas por evaporación. Posteriormente, se filtró por gravedad (Ilustración 23) y se exprimieron los sólidos hasta obtener la mayor cantidad de filtrado posible obteniéndose el primer filtrado como un líquido negro (240 mL).

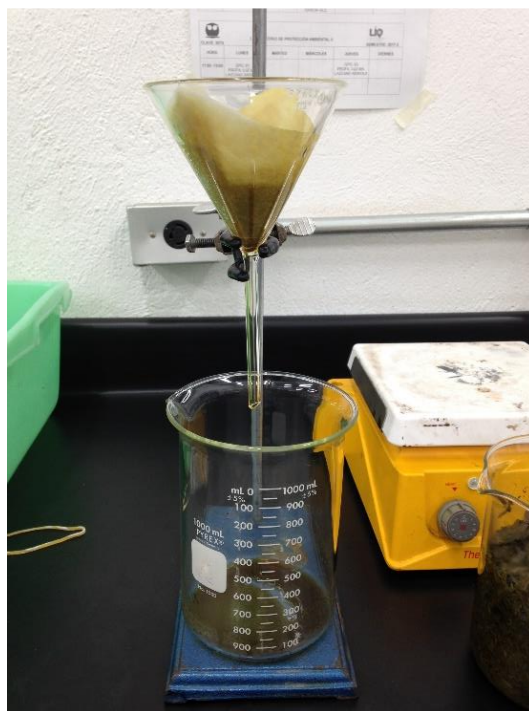


Ilustración 23. Filtrado de producto

Para preparar el segundo filtrado se colocaron las hojas y tallos del primer filtrado en un vaso de precipitados con agua destilada (500 mL). De igual forma, se agitó la mezcla, se calentó a ebullición por 10 minutos y se agregó agua para compensar las pérdidas por evaporación. Posteriormente, se filtró por gravedad y se exprimieron los sólidos hasta obtener la mayor cantidad de filtrado posible obteniéndose el segundo filtrado como un líquido marrón oscuro (420 mL), como se observa en la Ilustración 24.

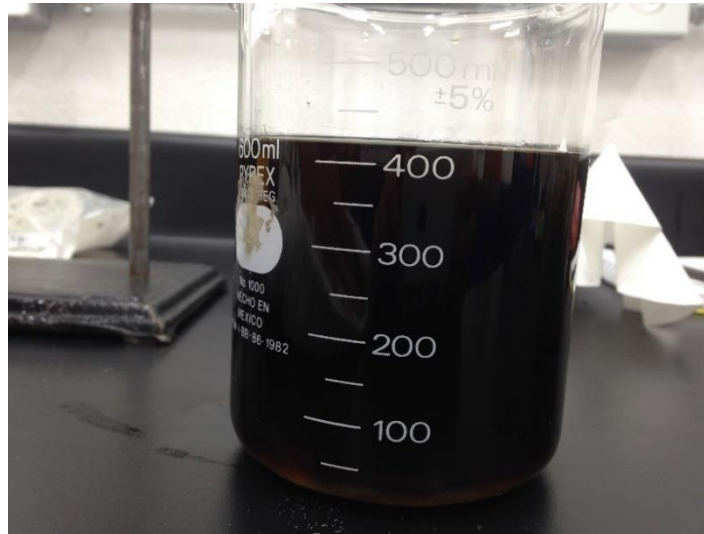


Ilustración 24. Segundo filtrado stevia

Para preparar el tercer filtrado se realizó el mismo procedimiento que el descrito para el segundo filtrado, utilizando las hojas y tallos por tercera vez. Dicho filtrado se obtuvo como un líquido marrón rojizo (425 mL), véase Ilustración 25.

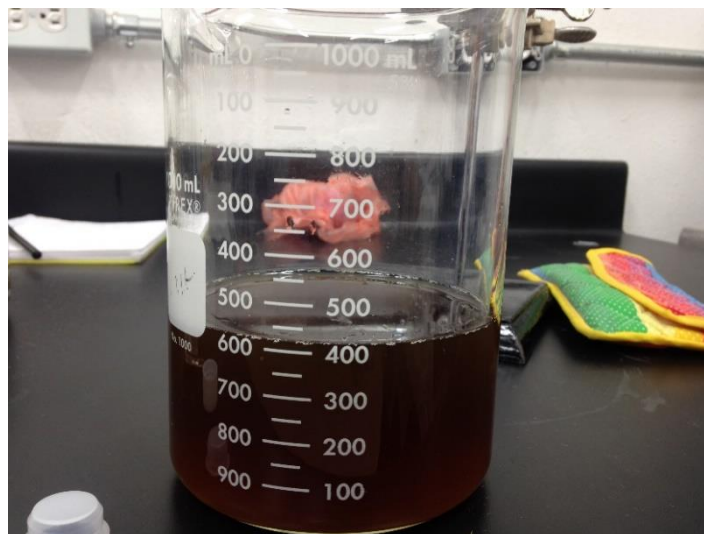


Ilustración 25. Tercer filtrado de stevia

Todos los filtrados fueron almacenados en botellas de plástico, en un lugar fresco y seco en ausencia de luz solar, y se dejaron fermentar durante 3 meses.

Preparación del biofertilizante stevia/albahaca

Se separaron las hojas de los tallos tanto de stevia como de albahaca, y se pesaron de acuerdo al siguiente Cuadro 4.

Cuadro 4. Materia pesada para elaboración de biofertilizante.

| Producto | Tallo [g] | Hoja [g] |
|----------|-----------|----------|
| Stevia | 2.5 | 51.1 |
| Albahaca | 11.3 | 11.3 |

Se colocaron en un vaso de precipitados los tallos y las hojas de stevia y albahaca con agua destilada (500 mL), véase Ilustración 26, y se calentó a ebullición durante 10 minutos bajo agitación constante. Se agregó agua por pérdidas por evaporación. Posteriormente, se filtró por gravedad exprimiendo los sólidos hasta obtener la mayor cantidad de filtrado posible, obteniéndose el primer filtrado stevia/albahaca como un líquido negro (300 mL), como se muestra en la Ilustración 27.

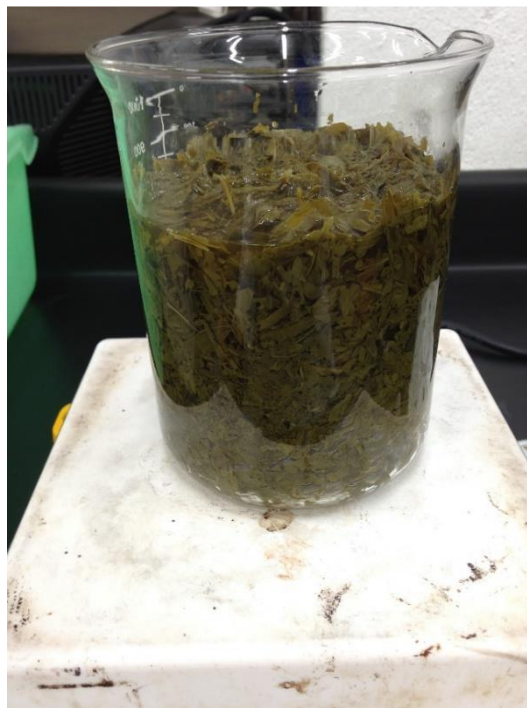


Ilustración 26. Mezcla stevia y albahaca para primer filtrado

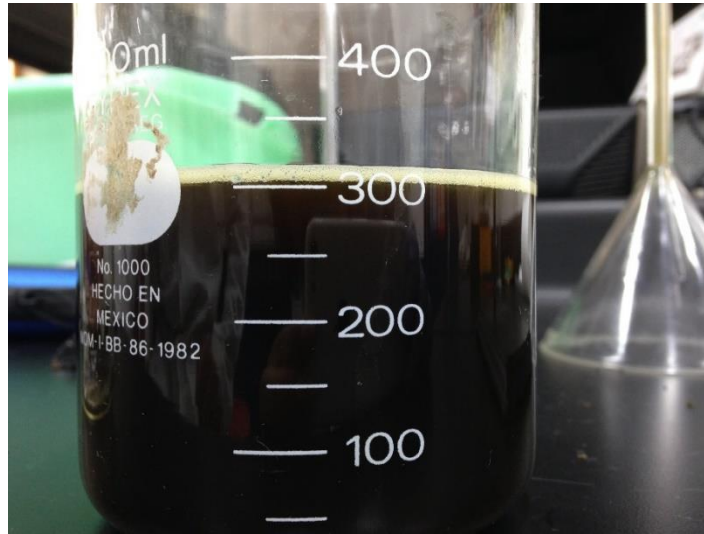


Ilustración 27. Primer filtrado stevia/albahaca

La metodología para la elaboración del segundo y tercer filtrado de stevia/albahaca es la misma que la utilizada para la elaboración del segundo y tercer filtrado del biofertilizante de stevia. Se obtuvo el segundo filtrado como un líquido café (415 mL) y el tercer filtrado como un líquido café verdoso (451 mL), ver Ilustración 28 y 29.

Se almacenaron en botellas de plástico, en un lugar fresco y seco, sin luz del sol durante 3 meses.

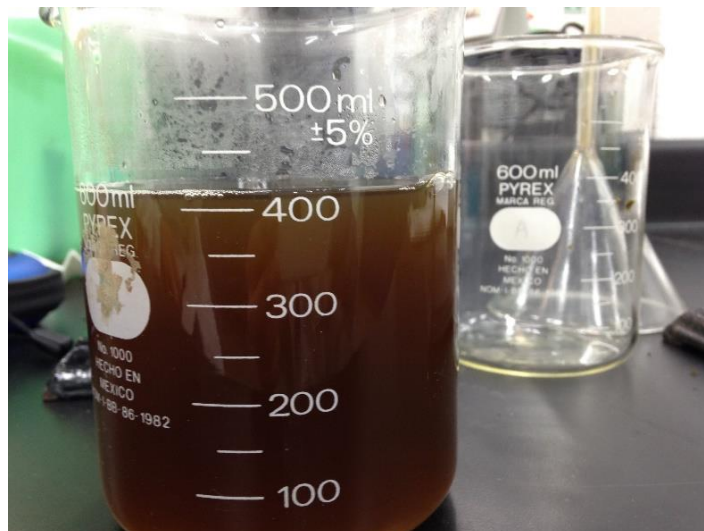


Ilustración 28. Segundo filtrado stevia/albahaca

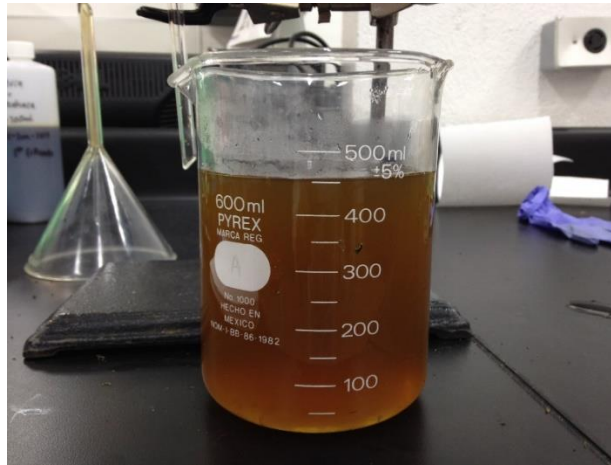


Ilustración 29. Tercer filtrado stevia/albahaca

Medición de grados Brix para cada biofertilizante

Después del periodo de fermentación se midieron los grados Brix de cada biofertilizante. Previo al uso del refractómetro manual (ver Ilustración 30) se realizó una medición del blanco (agua destilada) y se verificó que el valor de grados Brix fuese cero, mientras que el valor del índice de refracción (IR) fue de 1.33. Al final de cada medición se limpió el prisma principal y el prisma secundario cuidando que ninguno sufriera daño en la superficie.



Ilustración 30. Refractómetro manual.

Los biofertilizantes se agitaron para suspender los sólidos sedimentados. Se tomó la muestra con un algodón, se colocaron algunas gotas en el prisma principal y se realizó la medición, véase Ilustración 31.

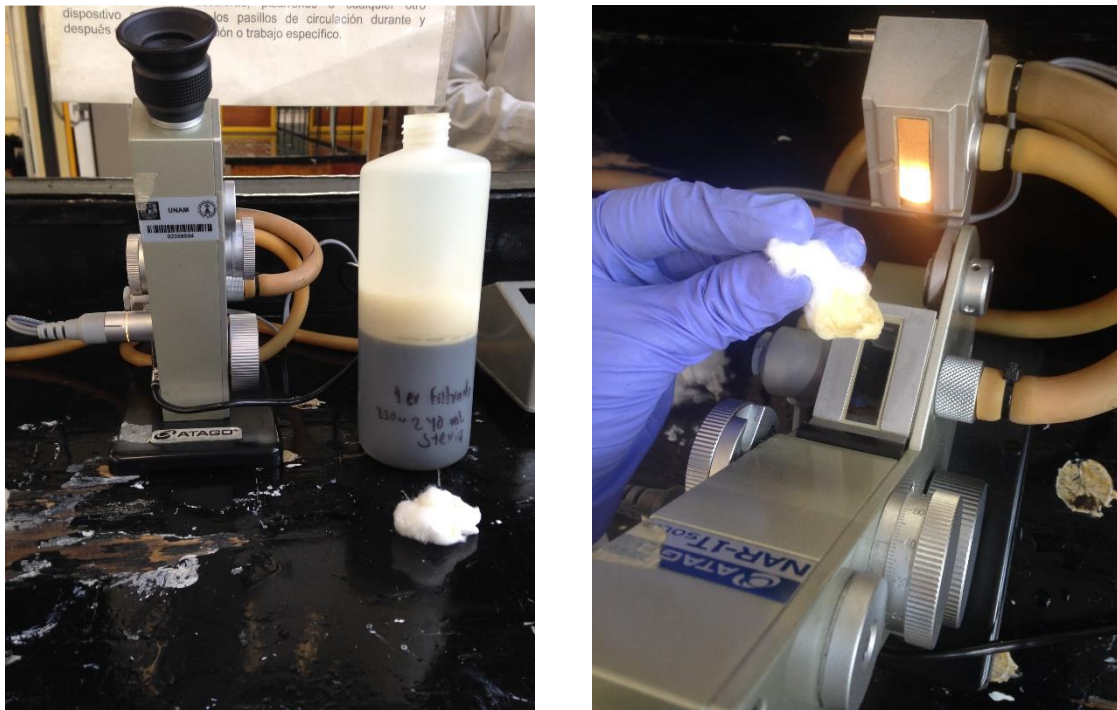


Ilustración 31. Medición de grados Brix para biofertilizante de stevia rebaudiana 1

El procedimiento fue el mismo para todos los biofertilizantes (tres de stevia y tres de stevia/albahaca). Las mediciones se realizaron por quintuplicado.

Medición de grados Brix para cada árbol frutal

Se recolectaron las hojas y/o frutos en buen estado de cada árbol frutal. Se trocearon en pequeñas partes y se trituraron hasta obtener una pasta suave y manejable. Se tomó la muestra con algodón y en ocasiones se agregó agua destilada para facilitar esta acción, véase Ilustración 32.



Ilustración 32. Hoja de durazno triturada

Se agregó la muestra al prisma principal del refractómetro, se cerró el prisma secundario y se tomaron las lecturas. Cada medición fue realizada por quintuplicado.

Fertilización

Se mezcló el biofertilizante (ver Tabla 9) con agua. La cantidad de agua utilizada estaba sujeta al clima, si se presentaban frecuentes precipitaciones, se usaban hasta 200 mL, por el contrario, si las precipitaciones eran escasas o nulas se agregaban hasta 1.5 L. Esta mezcla se aplicó en la base de cada árbol, alrededor del tronco, ver Ilustración 33 y 34.



Ilustración 33. Aplicación de biofertilizante a árbol de durazno



Ilustración 34. Aplicación de biofertilizante a árbol de higo

A continuación (Cuadro 5) se muestra el modelo seguido para un año de fertilización.

Cuadro 5. Cantidad y frecuencia de fertilización.

| Mes | Gotas | Frecuencia de Riego |
|-----|-------|-----------------------|
| 1 | 20 | Cada tres días |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | 40 | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | 80 | Tres veces por semana |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | 160 | Día sí, día no |
| 11 | | |
| 12 | | |

En el Cuadro 6 se muestra el biofertilizante utilizado para cada árbol frutal.

Cuadro 6. Arreglo biofertilizante/árbol frutal.

| Biofertilizante | Árbol frutal |
|----------------------------------|-------------------------|
| Primer filtrado Stevia | Durazno, Chabacano 1 |
| Segundo filtrado Stevia | Chirimoya |
| Tercer filtrado Stevia | Chabacano 2, Naranja |
| Primer filtrado Stevia/Albahaca | Higo, Pera 2, Mandarina |
| Segundo filtrado Stevia/Albahaca | Fresa, Arándano |
| Tercer filtrado Stevia/Albahaca | Pera 1, Manzana |

5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Elección de cultivos a estudiar

Los biofertilizantes de stevia y stevia/albahaca están diseñados para árboles frutales con la intención de que aumenten los grados Brix de sus frutos y hojas. Se eligieron distintas variedades de árboles frutales que estuvieran en un sitio adecuado para fertilizarlos periódicamente y hacerles las pruebas necesarias.

En el Cuadro 7 y 8 se clasifican los árboles según su localización.

Cuadro 7. Árboles en Ciudad Universitaria

| Árboles en Ciudad Universitaria | | |
|---------------------------------|------|-----------|
| Chirimoya | Higo | Mandarina |

Tanto el árbol de chirimoya como el de mandarina están localizados dentro de la Facultad de Química, mientras que el árbol de higo está localizado a un costado del Circuito Escolar, cerca del Anexo de la Facultad de Ingeniería.

Cuadro 8. Listado de árboles restantes

| Árboles restantes | | |
|-------------------|---------|---------|
| Arándano | Durazno | Naranja |
| Chabacano 1 | Fresa | Pera 1 |
| Chabacano 2 | Manzana | Pera 2 |

Los árboles enlistados en el Cuadro 8 están localizados al sur-poniente de la Ciudad de México, en un terreno cercado donde se solicitó previo acceso para realizar las pruebas necesarias.

Elección de biofertilizantes

Cada árbol se regó con un biofertilizante en específico, basado principalmente en el resultado de grados Brix de ambos. En el Cuadro 9 - 14 se muestra la relación biofertilizante/árbol, además de una breve explicación.

Cuadro 9. Riego con stevia primer filtrado

| Stevia primer filtrado | |
|------------------------|-------------|
| Durazno | Chabacano 1 |

El árbol de durazno es uno de los árboles que presentó el menor valor de grados Brix, por lo que se optó por regarlo con el biofertilizante que obtuvo un mayor valor de grados Brix: el primer filtrado de Stevia. El chabacano es un tipo de árbol muy similar al duraznero en cuanto a fruto, tamaño y condiciones climáticas y nutricionales requeridas, por esto se escogió al chabacano 1 como segundo árbol a regar con este mismo biofertilizante, logrando observar el comportamiento de ambos árboles.

Cuadro 10. Riego con stevia segundo filtrado

| Stevia segundo filtrado |
|-------------------------|
| Chirimoya |

El árbol de chirimoya posee un bajo valor de grados Brix, por lo que se optó por un biofertilizante concentrado, aunque en menor medida si es comparado con el que le antecede.

Cuadro 11. Riego con stevia tercer filtrado

| Stevia tercer filtrado | |
|------------------------|---------|
| Chabacano 2 | Naranja |

Para lograr una comparación entre chabacano 1 y chabacano 2, éste último fue regado con el biofertilizante menos concentrado de los preparados únicamente con stevia. El naranjo, es un árbol que mostró un valor alto de grados Brix tanto en fruto como en hoja, por lo que se optó por utilizar un biofertilizante que tuviera una baja concentración, como lo es el tercer filtrado de Stevia.

Cuadro 12. Riego con stevia/albahaca primer filtrado

| stevia/albahaca primer filtrado | | |
|---------------------------------|--------|-----------|
| Higo | Pera 2 | Mandarina |

Para este filtrado, los árboles que se eligieron contenían un alto valor de grados Brix, por lo que se les regó con un biofertilizante concentrado, para poder evaluar su comportamiento a lo largo del periodo de fertilización.

Cuadro 13. Riego con stevia/albahaca segundo filtrado

| Stevia/albahaca segundo filtrado | |
|----------------------------------|----------|
| Fresa | Arándano |

Los arándanos y las fresas se caracterizan por ser frutos similares en cuanto a sus requerimientos climáticos y nutricionales, por lo que se regaron con el mismo biofertilizante, que además poseía un valor relativamente concentrado.

Cuadro 14. Riego con stevia/albahaca tercer filtrado

| Stevia/albahaca tercer filtrado | |
|---------------------------------|---------|
| Pera 1 | Manzana |

El manzano y el peral son dos de los árboles frutales más dulces que se utilizaron para estas pruebas, por lo que se decidió usar un biofertilizante poco concentrado para conocer su comportamiento a través de las fertilizaciones.

Periodo de fertilización

La aplicación de los biofertilizantes se mantuvo por un periodo de 11 meses, dando inicio en septiembre 2017 y finalizando en julio 2018; en el Cuadro 15 se muestra el itinerario de riego.

Cuadro 15. Propuesta de aplicación de los biofertilizantes

| Año | Mes | Gotas | Aplicación |
|------|------------|-------|----------------|
| 2017 | Septiembre | 20 | Cada tres días |
| | Octubre | | |
| | Noviembre | | |
| | Diciembre | | |
| 2018 | Enero | 40 | Cada tres días |
| | Febrero | | |
| | Marzo | 80 | Cada 2 días |
| | Abril | | |
| | Mayo | | |
| | Junio | 160 | Día sí día no |
| | Julio | | |

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del riego por prueba de grado Brix

El riego de los árboles se llevó a cabo por un periodo aproximado de 11 meses, en el Cuadro 16 y 17 se muestran los grados Brix de cada biofertilizante.

Cuadro 16. Valor de °Bx biofertilizante de stevia

| | Stevia Filtrado 1 | Stevia Filtrado 2 | Stevia Filtrado 3 |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|
| °Bx | 9.1 | 3.2 | 1.2 |

Cuadro 17. Medición de °Bx biofertilizante stevia/albahaca

| | Stevia/albahaca Filtrado 1 | Stevia/albahaca Filtrado 2 | Stevia/albahaca Filtrado 3 |
|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| °Bx | 6.1 | 2.0 | 0.9 |

Para conocer la evolución de cada árbol frutal una vez iniciado el riego, fue necesario medir cada determinado tiempo los grados Brix de los mismos. En el Cuadro 18 – 20 se muestran los valores experimentales.

Cuadro 18. Evolución °Bx de cada árbol frutal

| Medición | °Brix | | | | | |
|----------|---------|--------------|-----------|----------------|-------|------------|
| | Naranja | Hoja naranja | Mandarina | Hoja mandarina | Fresa | Hoja fresa |
| 1 | 10.9 | - | 10 | 3.25 | 9.48 | 3.4 |
| 2 | 9.5 | 5.8 | 16.8 | 3.5 | 7.8 | 2 |
| 3 | 8.5 | 3.3 | - | 2.5 | 7 | 2.5 |
| 4 | - | 4 | - | 4.5 | - | 2.5 |
| 5 | - | 3.5 | - | 4.4 | - | 2 |

El árbol de naranja no poseyó fruto para hacer las pruebas necesarias en las últimas mediciones, sin embargo, se decidió tomar muestras de sus hojas también para así no perder registro de su comportamiento. La misma situación se presentó para el árbol de mandarina y de fresa.

Cuadro 19. Evolución °Bx de cada árbol frutal

| Medición | °Brix | | | | | | |
|----------|--------------|---------|----------------|---------------|-----------|------------------|------------------|
| | Hoja durazno | Durazno | Hoja chirimoya | Hoja arándano | Hoja higo | Hoja chabacano 1 | Hoja chabacano 2 |
| 1 | 1.6 | - | 1.5 | 4.1 | 4.75 | 2 | 2 |
| 2 | 3 | - | 2 | 3 | 4.6 | 3 | 3 |
| 3 | 2 | - | 2.5 | 4.2 | 3 | 2.3 | 3.2 |
| 4 | 3 | - | 3 | 5.5 | 5 | 3.5 | 3.5 |
| 5 | 2.5 | 18 | 2.8 | 7 | 4.5 | 3.5 | 3.5 |

En el Cuadro 19 se aprecia la falta de datos relacionados con los frutos de esos árboles, a excepción del durazno, del cual se pudo obtener un dato al final de las mediciones. La ausencia de datos tuvo distintas razones, por ejemplo, los chabacanos en principio carecían de fruto, pero una vez que lo tenía estos eran demasiado duros y no fue posible extraer ningún tipo de líquido suficiente para realizar una prueba. En el caso del higo, la piel y pulpa no se prestaron para poder triturarlos pues eran demasiado secos; el arándano perdió los frutos que iba a formar cuando aún eran flores pequeñas y la chirimoya poseía una pulpa que generó una lectura sumamente difícil, y a pesar de que se obtuvo un valor inicial de 8 °Bx, se optó por no ponerlo, pues era incierto, para las siguientes mediciones el árbol chirimoyo careció de fruto.

Cuadro 20. Evolución °Bx de cada árbol frutal

| Medición | °Brix | | | | | |
|----------|--------|-------------|--------|-------------|---------|--------------|
| | Pera 1 | Hoja pera 1 | Pera 2 | Hoja pera 2 | Manzana | Hoja manzana |
| 1 | 11.5 | 2 | 12.5 | 2 | 15.3 | 4.2 |
| 2 | - | 3.8 | - | 1.83 | 7.5 | 3.8 |
| 3 | - | 3 | - | 4.5 | 8.5 | 4.5 |
| 4 | - | 3 | - | 4.5 | - | 4.8 |
| 5 | 11 | 3 | 12 | 2 | 9 | 2.5 |

En el Cuadro 20, se observa una falta de frutos entre la segunda y cuarta medición, sin embargo, para conocer la evolución de los °Bx se tomó muestra de las hojas.

Gráficos de mediciones

Los gráficos de cada árbol frutal permiten una visión más amplia del efecto del riego.

Naranja

A continuación, se muestra la evolución del árbol de naranja en la Figura 1 - 2.

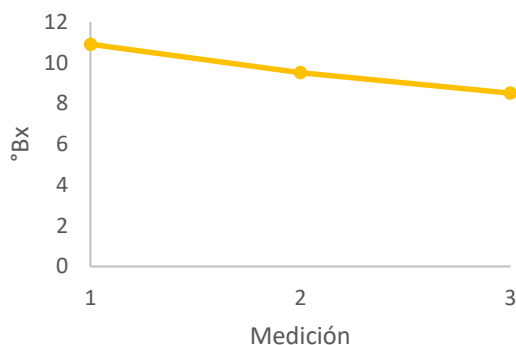


Figura 1. Comportamiento fruto del naranja

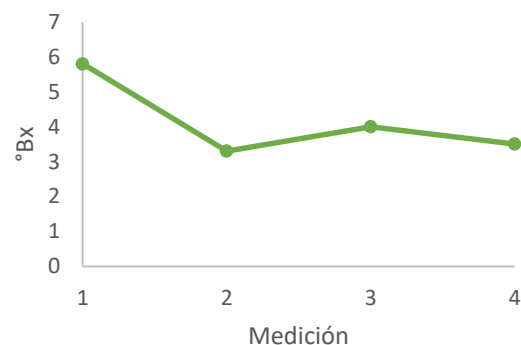


Figura 2. Comportamiento hoja del naranja

Como es posible observar, la naranja no mostró cambios significativos al agregar el biofertilizante (tercer filtrado stevia), y sus grados Brix presentaron una disminución de 2.4 en su fruto y de 2.3 en su hoja. Debido presumiblemente a las condiciones

del suelo en el que se encuentra cultivado, ya que los frutos de la cosecha siguiente tampoco lograron un tamaño considerable. A pesar de que este árbol frutal muestra una disminución en sus grados Brix, su apariencia no se vio afectada.

Árbol de Mandarina

En la Figura 3 – 4 se muestra el comportamiento del árbol de mandarina.

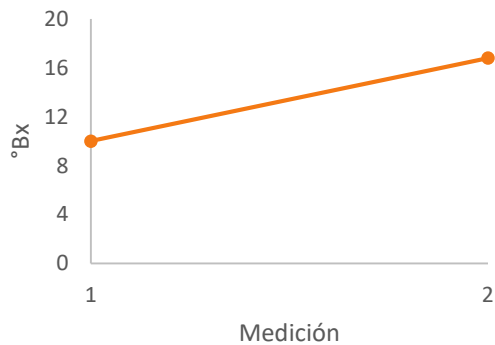


Figura 3. Comportamiento fruto mandarina

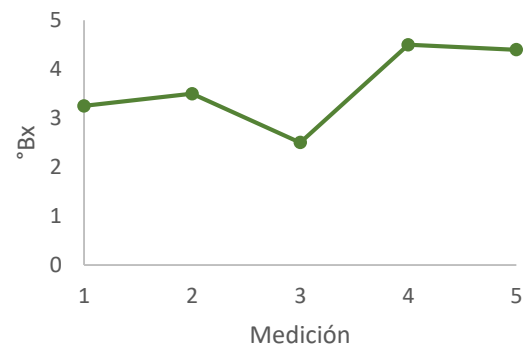
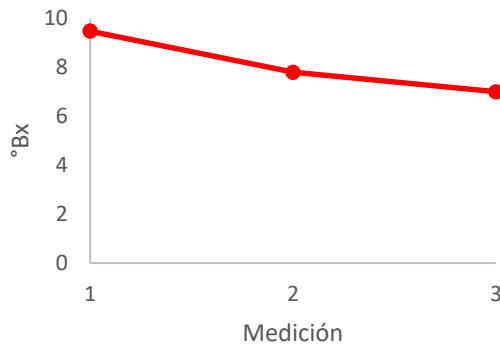
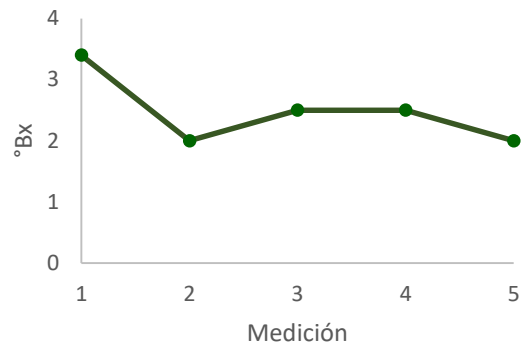
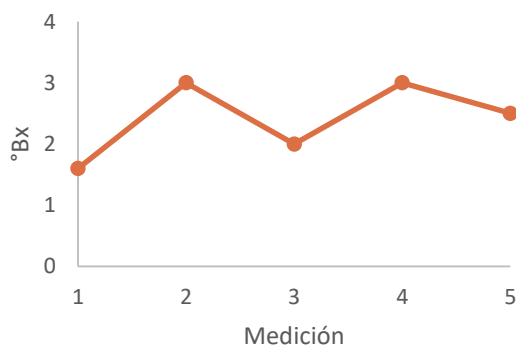
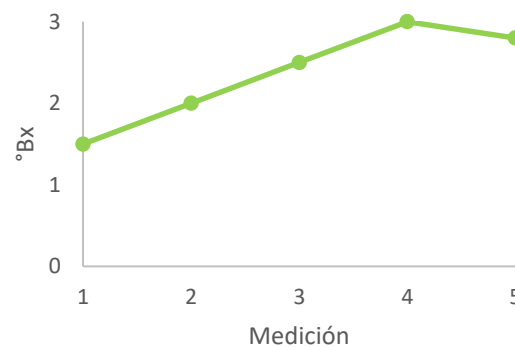


Figura 4. Comportamiento hoja mandarina

El árbol de mandarina presentó un incremento gradual en sus grados Brix, con un aumento total de 6 en su fruto y de 1.1 en sus hojas lo que nos indica que el riego con el biofertilizante (primer filtrado stevia/albahaca) tuvo el efecto esperado.

Fresa**Figura 5.** Comportamiento fresa**Figura 6.** Comportamiento hoja fresa

La fresa presentó una disminución de 2.5 °Bx en su fruto y de 1.4 °Bx en sus hojas (véase Figura 5 - 6), lo que indica que el riego con el biofertilizante (segundo filtrado stevia/albahaca) no tuvo el efecto deseado en los grados Brix, sin embargo, las hojas y los frutos mejoraron notablemente su aspecto físico.

Duraznero y Chirimoyo**Figura 7.** Comportamiento hoja durazno**Figura 8.** Comportamiento hoja chirimoyo

La hoja de durazno presentó un aumento total de 0.9 °Bx (ver Figura 7), lo que nos indica que el biofertilizante (primer filtrado Stevia) tuvo el efecto deseado en el árbol, tanto en el aumento de los grados Brix, como en la mejoría notable de la apariencia

de sus hojas y sus frutos. Por otro lado, el chirimoyo (véase Figura 8) tuvo un aumento total en sus hojas de 1.3 °Bx, además de una mejora visual en sus hojas y sus frutos.

Arándano azul e Higo

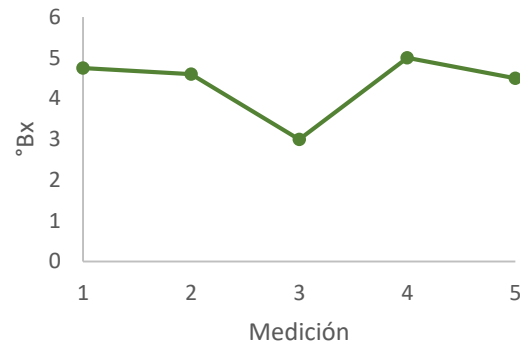
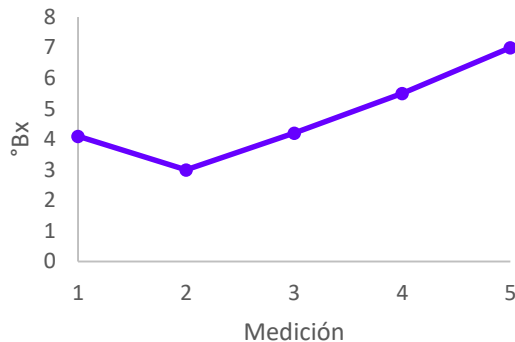


Figura 9. Comportamiento hoja arándano **Figura 10.** Comportamiento hoja higo

El riego con el biofertilizante (segundo filtrado stevia/albahaca) generó un aumento total de 2.9 °Bx en las hojas del arándano (Figura 9), sin embargo, no se ha logrado obtener una cosecha considerable y no presenta demasiadas hojas en sus ramas. Por otra parte, a pesar de que el árbol de higo no mostró cambios evidentes en los grados Brix (Figura 10), la apariencia de sus hojas y frutos mejoró considerablemente.

Chabacano

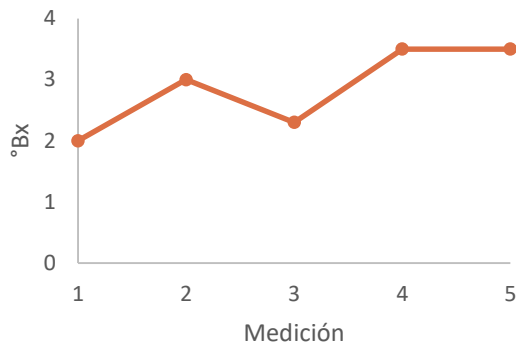


Figura 11. Comportamiento hoja chabacano 1

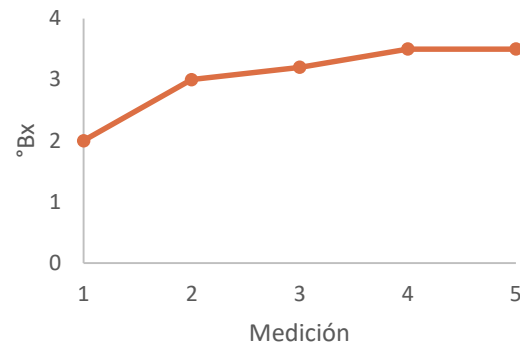


Figura 12. Comportamiento hoja chabacano 2

Como se muestra en la Figura 11 - 12, los dos árboles de chabacano presentaron un aumento total de 1.5 °Bx, el chabacano 1 fue regado con primer filtrado de stevia, mientras que el chabacano 2 fue regado con tercer filtrado de stevia, además del aumento de grados Brix, la apariencia física de los árboles mejoró notablemente.

Peral

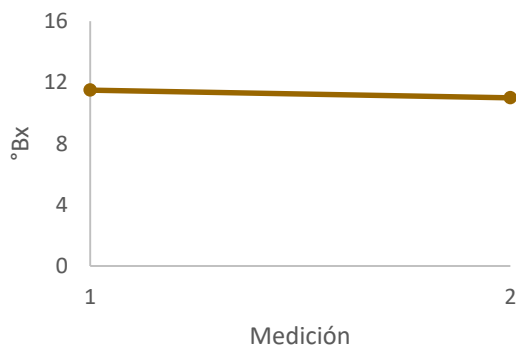


Figura 13. Comportamiento fruto pera 1

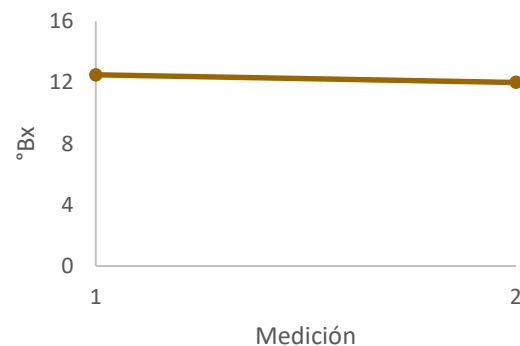


Figura 14. Comportamiento fruto pera 2

En la Figura 13 - 14 se muestra que los árboles de pera mantuvieron sus grados Brix tal cual estaban al inicio, no obstante, es importante mencionar que las primeras

mediciones de grados Brix se realizaron con el fruto perfectamente maduro, mientras que las últimas mediciones se realizaron con las frutas aún sin madurar por completo. La apariencia de los árboles se vio favorecida con el riego de los biofertilizantes, tercer filtrado stevia/albahaca para la pera 1 y primer filtrado stevia/albahaca para la pera 2.

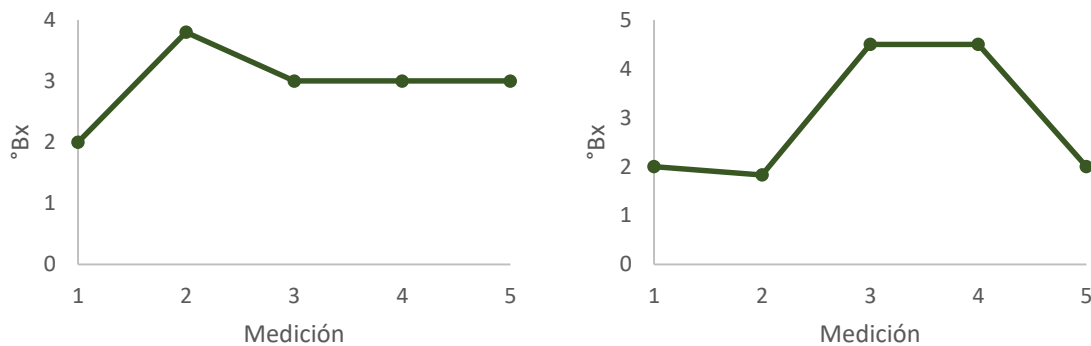
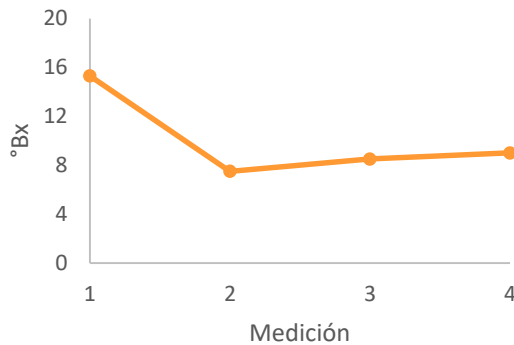
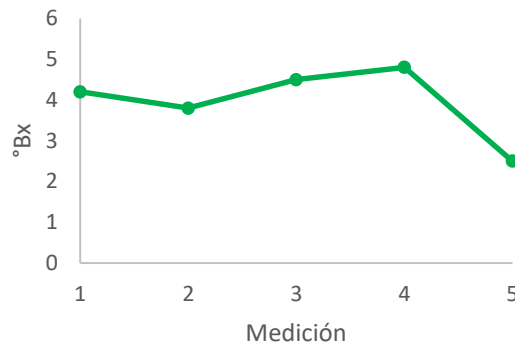


Figura 15. Comportamiento hoja pera 1 **Figura 16.** Comportamiento hoja pera 2

Las hojas del peral 1 (Figura 15) presentaron un aumento total de 1 °Bx al ser regados con biofertilizante (tercer filtrado stevia/albahaca), mientras que las hojas del peral 2 (Figura 16) se mantuvieron iguales, a pesar de que se muestra un cambio notable durante la medición 3 y 4 de 2 °Bx, este vuelve a ser 2 °Bx al finalizar las mediciones, presumiblemente por la época del año en la que este era regado con biofertilizante.

Manzano**Figura 17.** Comportamiento fruto manzano**Figura 18.** Comportamiento hoja manzano

La manzana presentó una disminución de 6.3 °Bx en su fruto (véase Figura 17) y de 1.7 °Bx en sus hojas (véase Figura 18). Se presume que el fruto disminuye ya que éstos eran de un mismo periodo y no de cosechas distintas; en cuanto a las hojas, el aumento era lento pero constante, sin embargo, la última medición se vio desfavorecida. La apariencia del árbol se mantuvo vigorosa.

Variabilidad de datos

Desde la Figura 1 y hasta la Figura 18 se muestra el comportamiento de los grados Brix de cada árbol frutal. Es posible observar comportamientos variables entre cada una de las mediciones, a continuación, se enlistan las posibles causas de éstas:

- Temporada invernal. Es posible observar que la medición 3 de los gráficos tiende a disminuir, presumiblemente a que la medición corresponde al periodo de invierno y los frutos y hojas se encontraban deteriorados.
- Condiciones climáticas y espaciales. En las ciudades se crean condiciones más cálidas y secas que en su contraparte silvestre. Adicionalmente los árboles urbanos tienen condiciones espaciales limitadas lo cual no permite el correcto crecimiento de las raíces, así como la correcta filtración de agua al

subsuelo. Estos factores provocan estrés hídrico y térmico en las plantas lo que puede provocar la disminución de los grados Brix.

- Condiciones ambientales. La Ciudad de México suele presentar una elevada concentración de contaminantes en el aire, de especial impacto es el ozono troposférico el cual genera estrés oxidativo en las plantas y disminuye su crecimiento. Esto provoca presumiblemente la disminución de los grados Brix.

7. CONCLUSIONES

- Se obtuvieron biofertilizantes hechos a partir de materiales herbáceos, tal como la stevia y la albahaca con efectos positivos para las plantas tanto en sus grados brix como en la calidad de sus frutos y en la apariencia de sus tallos y hojas.
- El periodo de aplicación de los biofertilizantes fue suficiente para poder observar la evolución que presentó cada especie frutal, mientras que las mediciones de °Bx permitieron visualizar en un gráfico el avance o retroceso de cada uno.
- El aumento de los grados Brix se llevó a cabo de forma gradual logrando un aumento de 1 a 3 °Bx en la mayoría de los casos.
- Con respecto a un fertilizante químico tradicional, es posible desarrollar un biofertilizante con un menor presupuesto y con la propiedad de mejorar la calidad general de las plantas.
- Los biofertilizantes preparados son una muestra de que es posible sustituir a los fertilizantes químicos.

8. RECOMENDACIONES

En este trabajo se demostró que los biofertilizantes hechos a base de stevia sí tienen la capacidad de provocar un aumento de al menos 1 grado Brix de los frutos de los cultivos, sin embargo, para su implementación es necesario un realizar estudios sobre el comportamiento de cada especie frutal frente a la fertilización. A continuación, se enlistan varias recomendaciones para trabajos a futuro sobre el tema.

Análisis previos a la fertilización

- Realizar los siguientes análisis del suelo:
 - microbiológico
 - composición (NPK)
 - pH
- Adecuación de las condiciones del suelo para potenciar la actividad del biofertilizante.

Medición de Grados Brix

- Usar refractómetro digital para lograr mediciones más rápidas y precisas.
- Licuar las frutas hasta obtener una papilla y filtrar por gravedad.

Fertilización

- Preparar la dosis midiendo las cantidades de biofertilizante en mL en lugar de gotas.
- Elegir árboles en los que se tengan condiciones ambientales controlables.
- Aplicaciones foliares para mejorar la calidad de las plantas y evitar plagas.
- Realizar control fitosanitario según las necesidades de cada árbol.

Elección de cultivos

Para tener conocimiento detallado del comportamiento y respuesta de una especie de árbol en específico frente a la fertilización se recomienda:

- Realizar el estudio en un número grande de árboles de la misma especie.
- Contar con un grupo de árboles que sirvan como grupo de control.
- Probar una gran variedad de componentes herbáceos para encontrar la formulación ideal.

9. REFERENCIAS

1. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). & IFA (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes) . *Los fertilizantes y su uso*. FAO (2002). doi:fertuso.pdf
2. Abcede, G., Amancio, R., Au, B. & Barboza, R. *Highway Manual for Sustainable Landscape Maintenance*. (2011).
3. Armenta Bojorquez, A. D. *et al.* Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai* 51–56 (2010).
4. Ritika, B. & Utpal, D. Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *African J. Microbiol. Res.* (2014). doi:10.5897/AJMR2013.6374
5. Silva Rubio, L. A., Bermudez Huertas, A. & Castiblanco Rincón, D. Tecnologías Relacionadas Con Biofertilizantes. 132 (2014).
6. Asociación Vida Sana. *Microorganismos del suelo y biofertilización. Crops for Better Soil* (2014).
7. INEGI. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2014 Información Relevante. *Boletín de Prensa Núm. 328/15* 1–2 (2015). doi:10.1109/36.942543
8. Ochoa Verdiguél, S. Agricultura orgánica como alternativa para la producción de nopal verdura en el municipio de Tlayacapan, Morelos. (Universidad Nacional Autónoma de México, 2006).
9. E. Demin, P. Aportes para el mejoramiento de los sistemas de riego. *Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones*. (2014).

10. A. Liotta, M. *Los Sistemas de Riego por Goteo y Microaspersión*. (2011).
11. Tarjuelo Martín-Benito, J. M. *El Riego por Aspersión y su Tecnología*. (2005).
12. Ávila, J. A. El Mercado de los Fertilizantes en México/ Situación Actual y Perspectivas. *Probl. Desarro.* **32**, (2001).
13. Ball, D. W. Concentration scales for sugar solutions. *J. Chem. Educ.* (2006). doi:10.1021/ed083p1489
14. Toledo, M. Brix Sugar determination by Density and Refractometry. 1–8 (2014).
15. Carrascal, R. H. *Manual de Cultivo de la Stevia para Agricultores. Asociación Española de Stevia Rebaudiana* (2011).
16. Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L. & Kong, A. H. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry* (2012). doi:10.1016/j.foodchem.2011.11.140
17. Philippe, R. N., De Mey, M., Anderson, J. & Ajikumar, P. K. Biotechnological production of natural zero-calorie sweeteners. *Current Opinion in Biotechnology* (2014). doi:10.1016/j.copbio.2014.01.004
18. Brandle, J. E., Starratt, A. N. & Gijzen, M. *Stevia rebaudiana*: Its agricultural, biological, and chemical properties. *Can. J. Plant Sci.* (1998). doi:10.4141/P97-114
19. Goyal, S. K., Samsher & Goyal, R. K. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* (2010). doi:10.3109/09637480903193049
20. Takaishi, A., Nasuhara, M., Itsuki, A. & Suga, K. Isolation, Identification and Characterization of the Bacteria and Yeast from the Fermented Stevia

- Extract. *Int. J. Eng. Technol.* **10**, (2016).
21. Silez, H. & Clementelli, A. RESPUESTA DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicum sculentum*) A LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO DE STEVIA EN LA ZONA NORTE DE SANTA CRUZ (SANTA ROSA DEL SARA, 2009). 24–29 (2009).
 22. Ge, Y., Chuanchuan, Jinfeng, L. & Liangyu, L. Microbial organic fertilizer produced by fermenting waste residues of stevia rebaudiana and cotton seeds as well as preparation method of fertilizer. (2016).
 23. Kin, T. & Tanaka, T. Plant growth promoting material and production method thereof. (2002).
 24. Ren, C., Hong, Z. & Hongbo, X. Stevia rebaudiana steviol glycoside sweetening fertilizer and preparation method thereof. (2016).
 25. Quiroz Atiz, S. A. Efecto de la aplicación de stevia (*Stevia Rebaudiana* Bertoni), en la fase de tuberización del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Transf. Tecnológica y Emprend.* 5–12 (2014).
 26. Chaoli, W. Fertilizer specialized for watermelon plantation. (2016).
 27. Lichuang, X., Zhibao, L., Yongbao, S. & Dianjun, Y. Special high-economic-value organic fertilizer for strawberries and preparation method thereof. (2014).
 28. Chuanlong, W. Plantation method for increasing sugar content of pomegranates e. (2016).
 29. Undurraga Díaz, P. & Schuldes Vargas, S. *Manual de Arándano*. (2013).
 30. SAGARPA. Agrícola Nacional. *Planeación agrícola Nac. 2017-2030* (2017).
 31. Espíndola Barquera, M. de la C. & Flores Peralta, I. *COLECCIÓN DE TRABAJO DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola* Mill.) CAMPUS COATEPEC HARINAS, MÉX.*

-
32. Dante, F. F. *Cultivo de Chirimoyo, Manual Práctico para Agricultores*. (2013).
 33. Jorge, S. B. *Manual del Duraznero, La planta y la cosecha*. (2014).
 34. SENA. Manual Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas. in *Manual Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas* (2014). doi:978-958-8711-51-5
 35. SAGARPA. *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación* (2017).
 36. M. Flores, D. & B. Jimenez, V. *Desarrollo del cultivo del higo (Ficus carica) para consumo fresco y procesado, como una alternativa de diversificación para el sector agrícola*. (2007).
 37. *Cultivo de Mandarina. Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera 14* (2004).
 38. Guzmán Salas, J. A. EL CULTIVO DEL PERAL (*Pyrus communis*) Y SUS PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES. (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2000).