



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE LOS REYES

MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

EFFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACIÓN
SOBRE EL DESARROLLO DE PLANTAS DE FRESA
(*Fragaria x ananassa Duch*)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRIA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

PRESENTA:

Ing. Martha Yesenia Plancarte Sánchez

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. Santos Zepeda Guzmán

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jorge Enrique Ambriz Parra

Los Reyes de Salgado, Michoacán, junio, 2026





LICENCIA DE USO DE OBRA

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Ing. Martha Yesenia Plancarte Sánchez, de nacionalidad Mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Privada de Manuel Martínez 87, Infonavit Rosa de Castilla en Uruapan Michoacán en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada "EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL DESARROLLO DE PLANTAS DE FRESA [*Fragaria x ananassa Duch*] "en adelante "LA OBRA" quien para todos los fines del presente documento se denominará "EL AUTOR Y/O EL TITULAR", a favor del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes y del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: "EL AUTOR Y/O TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de "LA OBRA", para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de "LA OBRA" en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes; por lo tanto, "EL AUTOR Y/O TITULAR" conserva los derechos patrimoniales y morales de "LA OBRA", objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el "AUTOR Y/O TITULAR" es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre "LA OBRA"; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTA – AUTORÍA: "EL AUTOR Y/O TITULAR" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de "LA OBRA" y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar



derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Los Reyes de Salgado, Michoacán, a los 01 días del mes de junio de 2026.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

ING. MARTHA YESENIA PLANCARTE SANCHEZ
CAMARENA

"EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES"

DR. SEFERINO MAGALLAN
DIRECTOR GENERAL DEL ITSLR

La presente tesis, titulada: Efecto de diferentes fuentes de fertilización sobre el desarrollo de plantas de fresa” (*Fragaria x ananassa Duch*), realizada por la alumna: Martha Yesenia Plancarte Sánchez, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN AGROBIOTECNOLOGÍA

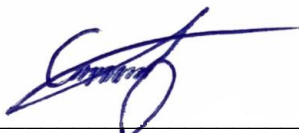
CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR DE TESIS  _____

M.C. SANTOS ZEPEDA GUZMAN

CODIRECTOR  _____

DR. JORGE ENRIQUE AMBRIZ PARRA

ASESOR 1:  _____

DR. CRUZ ERNESTO AGUILAR RODRÍGUEZ

ASESOR 2:  _____

M.C. PEDRO SANDOVAL ESTRADA

Los Reyes de Salgado, Michoacán, a junio de 2026

CARTA DE IMPACTO

Las declaraciones de impacto siguen un formato estándar. Normalmente consiste en los siguientes cinco elementos, en este orden:

1. A pesar del éxito comercial y productivo, el sistema agrícola de la fresa se enfrenta a desafíos en términos de eficiencia y sostenibilidad postcosecha que puedan garantizar una producción competitiva. Fisiológicamente, la fresa es una fruta sumamente blanda y con una vida útil muy corta. Su alta sensibilidad a la humedad ambiental la vuelve vulnerable al ataque de microorganismos fitopatógenos lo que conlleva a pérdidas económicas durante las etapas de transporte y distribución al obtener resultados de menor calidad sobre el sabor, aroma y textura del fruto (F.1 y T.2, 2010).
2. El presente trabajo de investigación pretende evaluar el desarrollo de las plantas de fresa aplicando fertilización orgánica, biológica y química, con el fin de determinar cómo estos tipos de fertilización impactan en el desarrollo y calidad de las plantas de fresas. Los resultados de este estudio aumentarán el conocimiento científico sobre la importancia de los fertilizantes no químicos, así como el aumento de conocimiento sobre los mecanismos de bioestimulación edáfica.
3. Los productores de fresa se ven directamente favorecidos al contar con una alternativa confiable frente al uso de fertilizantes químicos, cuyo costo elevado representa una de las principales limitantes en la rentabilidad de la producción. La incorporación de consorcios biológicos y nutrientes orgánicos permite disminuir gastos operativos y mejorar la eficiencia en el desarrollo de las plantas. La reducción de costos y el acceso a prácticas más sostenibles repercuten en la estabilidad económica de las comunidades rurales. Al disminuir la dependencia de insumos externos, se promueve la autonomía productiva y se generan condiciones más equitativas para pequeños y medianos agricultores.

4. **Instituto Tecnológico Superior de los Reyes:** Por brindar el espacio académico y permitir el desarrollo de la maestría, aportando la infraestructura y el respaldo institucional necesarios para llevar a cabo la investigación.

Profesores del programa de maestría: Por compartir sus conocimientos especializados, orientar metodológicamente el trabajo y contribuir con asesoría técnica y científica en el área de producción agrícola y bioestimulación.

5. M.C Santos Zepeda Guzmán, Dr. Jorge Enrique Ambríz Parra, Dr. Cruz Ernesto Aguilar Rodríguez, M.C Pedro Sandoval Estrada. Se consolidan como colaboradores esenciales en la investigación, aportando conocimientos especializados como respaldo académico para la construcción de alternativas sostenibles en la producción de fresa. Especialistas en ciencias agrícolas, aportando conocimientos metodológicos y técnicos en el área de bioestimulación y producción sostenible de fresa. Su experiencia garantiza la validez científica de los resultados, aportando datos sobre la eficiencia de los consorcios biológicos en comparación con prácticas tradicionales.



Martha Yesenia Plancarte Sánchez



M.C. Santos Zepeda Guzmán

Síntesis curricular

Martha Yesenia Plancarte Sánchez es originaria de Apatzingán Michoacán, nació el 19 de abril del año 1987. En el 2006 ingresó en la Universidad Tecnología de Morelia, en Morelia Michoacán y egresó con el título de Técnico Superior Universitario en Biotecnología, en el 2008. Del 2013 al 2014 laboró en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca, ubicada en Zitácuaro Michoacán. Posteriormente, en 2015 ingresó al Tecnológico superior de los Reyes, en los Reyes Michoacán y egresó con el título de Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable en el 2020. Laboró en la secretaria de agricultura y desarrollo rural en el año 2022. Realizó la maestría en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes Michoacán, desde 2022 hasta el 2024, El estudiante egresa con un promedio de 97.

Agradecimientos

En primera instancia, agradezco al Posgrado en Agrobiotecnología del Instituto Tecnológico Superior de los Reyes, por permitirme cursar su programa de estudios, por los excelentes profesores investigadores con los que cuenta, los cuales me acompañaron a lo largo de este trayecto, así como también por brindarme todos los recursos y herramientas necesarias para llevar a cabo la investigación.

Agradezco al tutor principal del proyecto, M.C. Santos Zepeda Guzmán, quien, con sus aportes profesionales, constancia, paciencia y apoyo incondicional, formó parte fundamental de la investigación y formación académica.

Doy gracias a los miembros del apreciable comité tutor: el Dr. Jorge Enrique Ambriz Parra, el Dr. Cruz Ernesto Aguilar Rodríguez, M.C Pedro Sandoval Estrada, el MC. Javier Pérez Inocencio, quienes fueron claves en la generación de esta investigación, al compartir sus conocimientos y experiencias.

Agradezco a mi esposo José Isaac, por su apoyo incondicional al acompañarme al cumplimiento de mis proyectos profesionales con su inmenso amor y dedicación, también a mis familiares les doy las gracias por estar ahí para mí siempre en esos momentos de incertidumbre.

De manera general a todos los que contribuyeron con su conocimiento o simplemente con una palabra de aliento a que este proyecto fuera posible, les agradezco infinitamente y externo que este logro también es suyo.

Dedicatoria

A mi esposo Isaac, por acompañarme en cada paso de este proyecto de vida. Tu paciencia infinita y tu fe en mí han sido la luz que me han guiado en los momentos más difíciles.

Culminar esta maestría no habría sido posible sin tu compañía constante, tus palabras de aliento y tu presencia amorosa. Este logro también es tuyo, porque lo construimos juntos, día a día, con esfuerzo, comprensión y mucho amor.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE CUADROS	15
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
JUSTIFICACIÓN	21
HIPÓTESIS	22
OBJETIVOS	23
I. MARCO TEÓRICO	24
1.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO	24
1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO	24
1.1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE <i>FRAGARIA X ANANASSA</i>	25
1.1.3 VARIEDADES DE FRESA Y SUS CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	26
1.1.4 MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA DE LA FRESA 'FRONTERA' ESTRUCTURA DE LA PLANTA (HOJAS, FLORES, FRUTOS, RAÍCES)	27
1.2 CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DE LA VARIEDAD '<i>FRONTERA</i>'	30
1.3 FISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE FRESA CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE FRESA	31
1.4 FOTOSÍNTESIS, RESPIRACIÓN Y TRANSPIRACIÓN	32
1.4.1 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS PARA EL CULTIVO DE FRESA '<i>FRONTERA</i>'	33
1.4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS ÓPTIMAS	34
1.5 TIPOS DE SUELO Y REQUERIMIENTOS DE pH	35
1.5.1 PLAGAS EN FRESA	36
1.5.2 ENFERMEDADES EN FRESA	36
1.5.3 MICROORGANISMOS EN EL SUELO DEL CULTIVO	37
1.5.4 FERTILIZACIÓN EN FRESA	38
1.5.5 EFECTO Y DEFICIENCIAS DE NPK EN EL CULTIVO DE FRESA.	39

1.5.6 NITRÓGENO (N)	39
1.5.7 FÓSFORO (P)	39
1.5.8 POTASIO (K).....	39
1.6 RELACIÓN DE BOCASHI EN FRESA	39
1.6.1 MICORRIZAS.....	40
1.6.2 RELACIÓN DEL CONSORCIO MICROBIANO EN FRESA.....	40
1.6.3 USO DE RECURSOS ORGÁNICOS Y MINERALES COMO FERTILIZANTE	41
1.6.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN FRESA	41
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	42
2.1.1 TRATAMIENTOS APLICADOS	42
2.1.2 VARIABLES DE RESPUESTA A EVALUAR	43
2.1.3 PLÁNTULA DE FRESA.....	44
2.2 ESTABLECIMIENTO DEL VIVERO	45
2.3 PREPARACIÓN DE BOCASHI.....	46
2.4 ACTIVACIÓN DE BOCASHI LÍQUIDO.....	46
2.5 PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	47
2.6 TRASPLANTE DE PLANTA DE FRESA	48
2.7 PREPARACIÓN DEL BIOL FRUTAL ENRIQUECIDO CON MINERALES	49
2.8 TIPOS DE FERTILIZACIÓN.....	50
2.8.1 FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA.....	50
2.8.2 FERTILIZACIÓN QUÍMICA	50
2.8.4 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA MÁS BIOLÓGICA	50
2.8.5 TRATAMIENTO TESTIGO	51
2.9 DETERMINACIÓN DE PH EN SUELO.....	51
2.9.1 DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUELO	51
2.9.2 DISPOSICIÓN DEL EXPERIMENTO	52
2.9.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	53
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
3.1 EVALUACION DE VARIABLES.....	53
3.2 NÚMERO DE HOJAS.....	53
3.3 NÚMERO DE FLORES.....	54
3.4 NÚMERO DE FRUTOS.....	55

3.5 GRADOS BRIX.....	55
3.6 ÁREA FOLIAR	56
3.7 EVALUACION DE PH.....	57
3.8 EVALUACIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	57
IV. CONCLUSION	61
V. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO 1 FICHA TÉCNICA DE MICORRIZAS	68
ANEXO 2 FICHA TECNICA DEL TRICHODERMA	70
ANEXO 3 FICHA TECNICA DE AZOSPIRILLUM.....	72

Índice de Figuras

	Página
<i>Figura. 1 fenología de la fresa. Fuente. (Meier, U. (2001).</i>	26
<i>Figura 2. Efecto de la temperatura sobre variedad Frontera. (Morishita, Tanaca, 1982).</i>	30
<i>Figura 3. (A) Predio donde se ubica el invernadero.</i>	38
<i>Figura. 4 (A) Plántula de fresa; (B) Desinfección de plántulas</i>	40
<i>Figura 5. (A) Construcción del vivero; (B) Colocación de plástico de vivero.</i>	41
<i>Figura 6. (A) Mezcla homogénea de materia prima (B) Preparación de bocashi</i>	42
<i>Figura 7. (A) incorporación de bocashi solido; (B) oxigenación del bocashi; (C) Bocashi preparado.</i>	43
<i>Figura 8. (A) Fibrilla de coco; (B) suelo topure con fibrilla de coco; (C) Mezcla homogénea del suelo y la fibrilla.</i>	44
<i>Fig. 9. (A) Plántula de fresa; (B) Trasplante de plántula; (C) Plántula en sustrato</i>	45
<i>Figura 10. (A) Integración de materia prima; (B) mezcla e incorporación de materiales; (C) Proliferación de microorganismos; (D) Envasado del biol.</i>	45
<i>Figura 11. Muestra de suelo; (A) Muestra recolectada (B) Toma de parámetro de PH</i>	47
<i>Fig. 12 Toma de medidas de CE en cada tratamiento a evaluar. (A) Recolección de toma de muestras; (B) Toma de parámetros de conductividad eléctrica.</i>	48
<i>Fig.13 Establecimiento del experimento (A) Plantas de un mes; (B) Planta en producción; (C) Tratamiento orgánico más biológico (D) Tratamiento químico.</i>	49
<i>Figura 14. Número de hojas por cada tratamiento (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.)</i>	50

<i>Figura 15. Número de flores (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.)</i>	51
<i>Figura 16. Número de frutos (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.)</i>	52
<i>Figura 17. Grados Brix (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.)</i>	52
<i>FIGURA 18. Área foliar (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.)</i>	53
<i>Figura 19. Rango de PH por cada tratamiento (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq .001$) entre columnas.</i>	54
<i>Figura 20. Rango de Salinidad (Ec) (ds/m) (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq .001$) entre columnas.</i>	55

Índice de Cuadros

Página

<i>Tabla 1. Taxonomía de la fresa</i>	20
<i>Tabla 2. Clasificación BBCH de los estadios fenológicos del desarrollo de fresa.</i>	24
<i>Tabla 3. Hongos presentes en el cultivo de fresa</i>	33
<i>Tabla 4. Parámetros de fertilización en cultivos de fresa</i>	34
<i>Tabla 5. Bacterias fijadoras de nitrógeno</i>	36
<i>Tabla 6. Tratamientos de fertilización</i>	39
<i>Tabla 7. Formulación para elaboración de bocashi</i>	42

Resumen

El presente trabajo de investigación se enfoca en la evaluación del efecto de distintas fuentes de fertilización sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de plantas de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.). Para ello, se estableció un experimento bajo condiciones controladas utilizando 30 plántulas distribuidas en bolsas de 5 litros, todas con un sustrato homogéneo compuesto por fibra de coco y suelo Topure en una proporción 1:1.

Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización: fertilización orgánica (FO), fertilización biológica (FB), fertilización química (FQ), una combinación de fertilización orgánica y biológica (FO+FB), así un tratamiento testigo sin fertilización. El objetivo principal fue evaluar el impacto de estos tratamientos sobre variables clave del crecimiento y productividad de la planta, tales como número de hojas, área foliar, número de flores, número de frutos y contenido de sólidos solubles totales (grados Brix).

Los resultados obtenidos indican que los tratamientos FQ y FO+FB promovieron significativamente el desarrollo foliar, reflejado en un mayor número de hojas y mayor área foliar. En cuanto a la floración, los tratamientos FQ y FB mostraron diferencias estadísticamente significativas, presentando un mayor número de flores en comparación con los demás tratamientos. Asimismo, se observaron resultados destacados en la producción de frutos, siendo FQ y FO+FB los tratamientos más efectivos.

En lo que respecta a la calidad del fruto, medida a través de los grados Brix, el tratamiento combinado FO+FB alcanzó el valor más alto, con un promedio de 8.8, lo que sugiere una mejora en el contenido de azúcares y, por ende, en la calidad organoléptica del fruto. Estos hallazgos resaltan la importancia de integrar prácticas de fertilización sostenible para optimizar tanto el rendimiento como la calidad de cultivos de fresa.

Palabras clave: *Plantas de Fresa, Biol, Bocashi, Consorcio Microbiano, fertilizante químico*

Abstract

This research focuses on evaluating the effect of different fertilization sources on the vegetative and reproductive development of strawberry plants (*Fragaria × ananassa* Duch.). To achieve this, an experiment was conducted under controlled conditions using 30 seedlings placed in 5-liter bags, all filled with a homogeneous substrate composed of coconut fiber and Topure soil in a 1:1 ratio.

Five fertilization treatments were applied: organic fertilization (OF), biological fertilization (BF), chemical fertilization (CF), a combination of organic and biological fertilization (OF+BF), and a control treatment without fertilization. The main objective was to assess the impact of these treatments on key growth and productivity variables, such as number of leaves, leaf area, number of flowers, number of fruits, and total soluble solids content (measured in degrees Brix).

The results indicate that the CF and OF+BF treatments significantly promoted foliar development, as evidenced by a higher number of leaves and greater leaf area. Regarding flowering, the CF and BF treatments showed statistically significant differences, presenting a higher number of flowers compared to the other treatments. Similarly, notable results were observed in fruit production, with CF and OF+BF being the most effective treatments.

In terms of fruit quality, measured by degrees Brix, the combined OF+BF treatment achieved the highest value, with an average of 8.8, suggesting an improvement in sugar content and, consequently, in the organoleptic quality of the fruit. These findings highlight the importance of integrating sustainable fertilization practices to optimize both yield and quality in strawberry cultivation.

Keywords: Strawberry plants, Biol, Bocashi, Microbial Consortium, Chemical Fertilizer

INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), perteneciente a la familia Rosaceae, se ha posicionado como uno de los frutos más populares y dinámicos a nivel mundial debido a su versatilidad y propiedades nutricionales. Esta especie es originaria de Europa, resultado de la hibridación de *F. virginiana* y *F. chiloensis*, logrando combinar atributos deseables de rendimiento, sabor y adaptación climática (Pérez y Pérez, 2023). A nivel global, su notable plasticidad ecológica le permite adaptarse a diversos climas y suelos, facilitando su establecimiento desde zonas templadas hasta regiones subtropicales.

La producción de fresas en México alcanza las 578 mil toneladas anuales en promedio, obteniendo el 4to lugar a nivel mundial de producción de este fruto. Esta actividad económica es liderada por los estados de Michoacán, Guanajuato y Baja California, logrando exportar las cosechas de esta planta a 28 países, entre los que destacan Estados Unidos, Canadá y los Emiratos Árabes Unidos (SADER, 2024). Paralelamente, la creciente conciencia global sobre la salud y la sostenibilidad ha impulsado la preferencia de los consumidores por productos de origen orgánicos ya que se ha demostrado que el enriquecimiento del suelo incrementa la calidad del fruto, ya que aumenta la concentración de flavonoides y ácido ascórbico en comparación con los sistemas tradicionales, optimizando la inocuidad agroalimentaria (Roussos *et al.*, 2022). Asimismo, se ha determinado que la integración de esquemas de fertilización orgánica y mineral reduce drásticamente la dependencia de agroquímicos sintéticos, promoviendo cosechas libres de residuos químicos y favoreciendo la regeneración estructural y biológica de la fertilidad edáfica a largo plazo (Romero *et al.*, 2012).

A pesar del éxito comercial y productivo, el sistema agrícola de la fresa se enfrenta a desafíos en términos de eficiencia y sostenibilidad postcosecha que puedan garantizar una producción competitiva. Fisiológicamente, la fresa es una fruta sumamente blanda y con una vida útil muy corta. Su alta sensibilidad a la humedad ambiental la vuelve vulnerable al ataque de microorganismos fitopatógenos lo que conlleva a pérdidas económicas durante las etapas de transporte y distribución al obtener resultados de menor calidad sobre el sabor, aroma y textura del fruto (F.1 y T.2, 2010). Para mitigar estas pérdidas y asegurar los altos rendimientos exigidos por el mercado, el modelo agrícola convencional recurre de manera intensiva a la aplicación de fertilizantes químicos sintéticos. Sin embargo, este enfoque ha provocado la degradación progresiva

de los suelos, la pérdida +del microbiota nativo y la contaminación de acuíferos. Por lo anterior, el problema radica en la falta de esquemas técnicos basados en el uso de materia orgánica fermentada y consorcios microbianos eficientes que logren satisfacer con precisión los requerimientos nutricionales de la planta sin perder la estabilidad fitosanitaria ni la calidad de los frutos obtenidos.

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación pretende evaluar el desarrollo de las plantas de fresa aplicando fertilización orgánica, biológica y química, con el fin de determinar cómo estos tipos de fertilización impactan en el desarrollo y calidad de las plantas de fresas. Los resultados de este estudio aumentarán el conocimiento científico sobre la importancia de los fertilizantes no químicos, así como el aumento de conocimiento sobre los mecanismos de bioestimulación edáfica.

Planteamiento del problema

El cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) representa uno de los cultivos agrícolas más importantes de nuestro país, siendo México el 4to país con mayor producción de este fruto. Se sabe que la alta productividad de este cultivo ha dependido del uso intensivo de fertilizantes químicos, lo que ha generado consecuencias no benéficas sobre el suelo como lo es la degradación del suelo, la pérdida de microbiota edáfica y el aumento de la vulnerabilidad de las plantas de fresa antes los fitopatógenos. Además, en la actualidad, existe un aumento en el consumo de frutos orgánicos, lo que produce una nueva vertiente en el mercado de la fresa. Sin embargo, aún se desconoce cómo el tipo de fertilizante utilizado durante el cultivo de las fresas afecta el desarrollo de las plantas de este fruto. Por lo que el objetivo general de este trabajo es evaluar el desarrollo de las plantas de fresa aplicando fertilización orgánica, biológica y química.

Justificación

Derivado de la problemática anterior, la presente investigación es relevante debido a la necesidad de transicionar hacia modelos agrícolas sustentables que detengan la degradación del suelo y aseguren la viabilidad económica en la producción de frutas. El desarrollo y validación de estrategias basadas en productos orgánicos y consorcios microbianos eficientes representan la respuesta idónea para mantener la alta productividad en fresa, garantizando la seguridad alimentaria, la inocuidad del fruto y la preservación activa de la microbiota edáfica.

Además, el presente estudio aumenta la generación de conocimiento científico en las áreas de la microbiología agrícola y agroecología, ya que evalúa las interacciones específicas entre los consorcios biológicos, la dinámica de nutrientes orgánicos y el sistema de la fresa, aportando datos sobre los mecanismos de bioestimulación y su eficiencia en el desarrollo de las plantas en comparación con los mecanismos tradicionales.

HIPÓTESIS

El tipo de fertilizante utilizado sobre el suelo afecta el desarrollo de las plantas de fresa, aumentando la calidad de las plantas cuando el fertilizante es de tipo químico y biológico.

OBJETIVOS

General:

Evaluar el desarrollo de las plantas de fresa aplicando fertilización orgánica, biológica y química.

Específicos:

- ▶ Evaluar el desarrollo de plantas de fresa cultivadas sobre una fuente de fertilización orgánica (bocashi) enriquecida con minerales solubles.
- ▶ Evaluar el desarrollo de plantas de fresa cultivadas sobre una fuente de fertilización biológica (consorcio microbiano).
- ▶ Evaluar el desarrollo de plantas de fresa cultivadas sobre un suelo fertilizado con bocashi (fertilización orgánica) y un consorcio microbiano (fertilización biológica).
- ▶ Evaluar el efecto de una fuente de fertilización química sobre el desarrollo de plantas de fresa.

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades del cultivo

La fresa pertenece al género *Fragaria* y es conocida como la frutilla roja. Es una planta perenne, con tallos rastreros cortos que posteriormente se transforman en rizomas, donde pertenecen sus hojas tripadas, dentadas en sus orillas y son arrosetadas, o bien, son conocidas como las falsas rosetas (PROPAIN, 2020).

Sus orígenes datan de regiones templadas y son caracterizadas por ser uno de los frutos rojos más aromáticos. Dentro de su clasificación existen varias especies, donde la mayoría están oriundas en parte de Europa, como:

- *F. vesca*
- *F. virides duchesne*
- *F. moschata ducheste*

Aunque también se pueden encontrar en frutos pequeños en las nativas del Norte de América, como es el caso de la *F. virginiana* y *F. chiloensis dúchese* (SAGARPA, 2005).

1.1.1 Descripción del cultivo

La fresa agrupa 400 taxones descritos de los que solo 20 se reconocen. Sin embargo, en la actualidad las variedades comerciales destacan por ser híbridos sobre todo de las especies *F. chiloensis* y la *F. virginiana*, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Taxonomía de la fresa

Categorías taxonómicas	
Familia	<i>Rosaceae</i>
Genero	<i>Fragarie</i>
Especie	<i>F. vesca</i>
	<i>F. chiloensis</i>
	<i>F. virginiana</i>
	<i>F. moschata</i>
	<i>F. indica</i>
Nombre común	<i>Fresón, Frutilla, Fresa</i>

Variedades comerciales de fresa Fuente: (InfoAgro, 2025)

La *Fragaria spp.* suele adaptarse a diferentes climas, pero adquiere mayor potencial en zonas cálidas, libres de climas helados primaverales y vientos, sin precipitaciones en periodos en los que se realizan las cosechas o altas temperaturas de septiembre a marzo.

El comportamiento fisiológico de las distintas variedades de fresa está resultado por la duración del día (fotoperiodo), ya que las condiciones de luz/oscuridad son una variable para la formación del crecimiento vegetativo, los estolones, las yemas florales, el tamaño de las hojas, la calidad y cantidad de los frutos y la longitud del peciolo. Además de las condiciones del fotoperiodo, también se deben considerar los aspectos térmicos de la zona donde se cultivan como lo son el nivel de bajas temperaturas que recibió la planta antes del trasplante, así como los niveles de temperatura registrados durante el periodo vegetativo y de floración de la planta (PROAIN, 2020).

En el caso de la temperatura, debe de producirse frío de manera rápida para el crecimiento foliar, la diferenciación entre las yemas florales y una mínima emisión de estolones. Los requerimientos van desde las 380 a 700 horas con acumulación de temperatura entre 0 y 7° C, para que genere un buen desarrollo y fructificación (PROAIN, 2020).

Otro factor importante es el tipo de suelo, la calidad de este y sus características, como bien lo menciona PROAIN (2020) la planta de la fresa se adapta en suelos con textura franco- franco arenoso con drenaje a una profundidad de 80 cm, Además, también se pudo realizar el cultivo en suelos arenosos o livianos (con producción anticipada), suelo arcilloso (con fructificación tardía). Generalmente, requiere de suelos con pH neutro, equilibrados y ricos en materia orgánica y que sean aireados.

Finalmente, para su fertilización, la fresa requiere de la identificación del elemento necesario para que a la planta se dé la oportunidad de aplicar las enmiendas o productos necesarios. Cada fertilizante aplicado al cultivo deberá estar programado según la temporada y ligado a su monitoreo de nutrientes y la calidad de la fruta.

1.1.2 Clasificación botánica de *Fragaria x ananassa*

El cultivo de fresa es una actividad agrícola de gran importancia económica y nutricional que se caracteriza por su diversidad en términos de variedades y técnicas de cultivo. En este contexto, es crucial comprender la clasificación botánica de *Fragaria x ananassa*, la fresa de jardín comúnmente cultivada. Esta especie híbrida es resultado del cruce entre *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana*, exhibe una amplia variabilidad

genética que se refleja en sus diferentes características morfológicas y adaptaciones ambientales (Salas-Arias *et al.*, 2023).

La clasificación botánica de *Fragaria x ananassa* se basa en su estructura taxonómica, la cual revela su relación filogenética con otras especies de la familia Rosaceae. Este género incluye plantas herbáceas perennes, con tallos rastreros y estolones que producen nuevas plantas. Además, las flores son hermafroditas y presentan una corola de cinco pétalos blancos. Estas características botánicas son fundamentales para comprender su ciclo de vida y su comportamiento en distintos entornos de cultivo (Arias *et al.*, 2022).

El fruto es el resultado de la acumulación de muchos carpelos pequeños y secos en un recipiente carnosos e hinchado. Mide aproximadamente 1 cm de largo, es de color rojo, de sabor dulce y tiene un aroma único. El fruto es muy delicado, por lo que la recolección se realiza a mano. Debe recolectarse cada tres días y manipularse con mucho cuidado (SIAP, 2020).

La diversidad genética de *Fragaria x ananassa* se refleja en sus múltiples cultivares, los cuales se clasifican en diferentes grupos según sus características morfológicas, como tamaño de la fruta, color, sabor y resistencia a enfermedades. Esta variabilidad genética ha sido aprovechada por los agricultores para desarrollar variedades adaptadas a distintos climas y condiciones de suelo, lo que contribuye a la expansión y el éxito del cultivo de fresa a nivel mundial (Briceño-Yen *et al.*, 2023).

Finalmente, comprender la clasificación botánica de *Fragaria x ananassa* es esencial para los agricultores y científicos que se dedican al cultivo de fresa. Esta especie híbrida, con sus diversas variedades y adaptaciones genéticas, representa una oportunidad para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos, así como para explorar nuevas técnicas de cultivo y selección genética en el futuro.

1.1.3 Variedades de fresa y sus características distintivas

La variedad de fresas y sus características distintivas son aspectos fundamentales en el cultivo de esta fruta. Se han desarrollado muchas variedades adaptadas a diferentes climas y condiciones de suelo, lo que permite a los agricultores seleccionar las que mejor se ajusten a sus necesidades y preferencias; algunas variedades se conocen por su resistencia a enfermedades o plagas específicas, y otras por su sabor y aroma intensos.

Además de la resistencia y el sabor, las variedades de fresa varían en tamaño, forma y color de la fruta (Celso, 2022). Estas características distintivas influyen en la apariencia visual de la fruta, y también en su comercialización y aceptación por parte de los consumidores, y algunas variedades, como las fresas blancas o amarillas, pueden ser muy atractivas para ciertos mercados por su rareza y exclusividad.

Según SADER (2017), existen más de 1.000 variedades de esta fruta en todo el mundo, entre ellas: Camarosa, Tudora, Oso Grande, Cartuno, Charisma, Tioga, Ash, Bird's Beak, Talisman, Parker, Fern, Chandler, Douglas. Originaria de las zonas templadas de todo el mundo.

Actualmente, esta plántula se importa de Estados Unidos y se cultiva en variedades de festival, Albión; Camino Real y San Andrés. Michoacán tiene 4,000 hectáreas de tierra cultivable y es la principal región productora del país (SADER, 2013).

Otro aspecto importante es el período de cosecha, algunas variedades son más tempranas y producen fruta más pronto en la temporada, mientras que otras son más tardías y prolongan la cosecha hasta finales del verano o principios del otoño. Esta diversidad de períodos de cosecha permite a los agricultores planificar y gestionar su producción de manera más eficiente, maximizando así el rendimiento y la rentabilidad de sus cultivos (Fabiola *et al.*, 2023).

En resumen, las variedades de fresa y sus características distintivas desempeñan un papel crucial en el cultivo y la comercialización de esta fruta. Al seleccionar las variedades adecuadas, los agricultores pueden optimizar su producción y satisfacer las demandas del mercado, asegurando así el éxito económico y la sostenibilidad a largo plazo de sus operaciones agrícolas.

1.1.4 Morfología y anatomía de la fresa 'Frontera' Estructura de la planta (hojas, flores, frutos, raíces)

La morfología y anatomía de la fresa '*Frontera*' revela una estructura de planta característica. Sus hojas presentan un aspecto trifoliado, con folíolos dentados y pecíolos largos que emergen de la corona basal, estas hojas son fundamentales para la fotosíntesis y la captación de nutrientes, contribuyendo así al crecimiento y desarrollo saludable de la planta.

Las flores de la fresa '*Frontera*' son pequeñas, blancas o ligeramente rosadas, y se agrupan en inflorescencias llamadas racimos (Hernández *et al.*, 2022). Cada flor tiene cinco pétalos, numerosos estambres y un ovario central, la estructura floral es vital para la polinización y la posterior formación de frutos, la parte más apreciada de la planta, culinario y comercial.

Los frutos de la fresa '*Frontera*' son aquenios carnosos, rojos brillantes cuando están maduros, y se desarrollan a partir del ovario fecundado de la flor. Estos frutos contienen numerosas semillas en su superficie externa, que son dispersadas por animales y humanos, contribuyendo así a la dispersión y reproducción de la planta en su entorno natural.

De acuerdo con Villagrán (2012) la fresa *Fragaria* x *ananassa* es una planta de corta vida que produce hojas, frutos, tallos, flores y raíces según patrones determinados genéticamente, así como aquellos determinados por factores ambientales que pueden alterar significativamente su expresión de desarrollo.

La corona de la planta está rodeada por un tejido lleno de vasos que se extienden en espiral en ambas direcciones. Existe una relación entre estos y las hojas. Internamente, la corona está compuesta por una médula central que es un cilindro vascular. También contiene vestigios de peciolos foliares, yemas, raíces y pedúnculos florales. Estos tejidos están formados por grandes células que son fácilmente dañadas por heladas, lo que puede dañar el tejido conductivo y causar la muerte de la planta (Villagrán, 2012).

Por último, las raíces de la fresa '*Frontera*' son fibrosas y poco profundas, extendiéndose horizontalmente cerca de la superficie del suelo y estas raíces son responsables de la absorción de agua y nutrientes del suelo, así como de la fijación de la planta al sustrato. Su distribución superficial las hace especialmente sensibles a la compactación del suelo y a la competencia por recursos con otras plantas (Kirschbaum, 2022).

Tabla 2 Clasificación BBCH de los estadios fenológicos del desarrollo de fresa

Código	Descripción
Estadio	principal 6. Floración
60	Primeras flores, abiertas (primarias o flores A, ver esquema)
61	Comienzo de la floración: Alrededor de 10% de las flores, abiertas

65 Plena floración: Flores secundarias (tipo B) y terciarias (tipo c), abiertas; caen los primeros pétalos

67 *Flores marchitándose: la mayoría de los pétalos, caídos*

Estadio principal 7. Formación del fruto

71 Receptáculo sobresaliendo de la corona de sépalos

73 Semillas, claramente visibles en el tejido del receptáculo

Estadio principal 8. Maduración del fruto

81 Comienzo de la maduración la mayoría de los frutos blancos

85 Los primeros frutos comienzan a adquirir el color varietal típico

87 Cosecha principal: La mayoría de los frutos, coloreados

89 Segunda cosecha: más frutos coloreados

Estadio principal 9. Senescencia y comienzo del reposo vegetativo

91 Comienzo de la formación de los botones auxiliares

92 Hojas nuevas con limbo más pequeño pedúnculo corto, visible.

93 Hojas viejas, muriéndose, hojas jóvenes curvándose; hojas viejas, de color varietal típico

97 Hojas viejas, muertas

Estadios fenológicos de la fresa. Fuente. (Meier, 2001).

Fresa (fragaria x ananassa DUCH)



Figura. 1 fenología de la fresa. Fuente. (Meier, 2001).

1.2 Características distintivas de la variedad '*Frontera*'

La variedad '*Frontera*' de fresa se distingue por varias características distintivas, en primer lugar, sus frutos son notablemente grandes y de forma cónica, lo que los hace visualmente atractivos y fácilmente reconocibles en el mercado. Esta característica contribuye a su popularidad entre los consumidores y su demanda en la industria de la fruticultura.

Además de su tamaño y forma, la '*Frontera*' destaca por su excelente sabor y aroma, y sus frutos son dulces y jugosos, con un equilibrio único entre la acidez y el dulzor, muy

apetecibles para su consumo fresco o en diversas preparaciones culinarias. Esta combinación de cualidades organolépticas hace que la '*Frontera*' sea una elección preferida tanto para los productores como para los consumidores (Maximiliana, 2024).

Otra característica distintiva de la '*Frontera*' es su resistencia a enfermedades y plagas comunes que afectan a las plantas de fresa. Esta variedad ha demostrado una mayor tolerancia a enfermedades fúngicas como el mildiú polvoriento y el oídio, así como a ciertos insectos que suelen ser una preocupación en los cultivos de fresa (Vargas, 2022). Esta resistencia reduce la necesidad de aplicar pesticidas y fungicidas, lo que la convierte en una opción más sostenible para los agricultores.

Además de su resistencia a enfermedades, la '*Frontera*' es conocida por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones de cultivo (Paucar, 2022). Esta variedad puede prosperar en una amplia gama de climas y tipos de suelo, lo que la hace adecuada para su cultivo en diversas regiones geográficas. Su versatilidad y robustez la convierten en una opción atractiva para los productores que buscan maximizar la productividad y la rentabilidad de sus cultivos de fresa.

En resumen, la variedad '*Frontera*' de fresa se distingue por su tamaño y forma de fruto, su excelente sabor y aroma, su resistencia a enfermedades y plagas, y su capacidad de adaptación a diferentes condiciones de cultivo. Estas características la convierten en una opción popular y rentable para los productores de fresa en todo el mundo-

1.3 Fisiología del cultivo de fresa, crecimiento y desarrollo de la planta de fresa

El crecimiento y desarrollo de la planta de fresa sigue un proceso dinámico y bien definido, en las etapas iniciales, la planta emerge de la semilla como una plántula que desarrolla sus raíces y hojas. A medida que la planta madura, se forman estolones que se extienden horizontalmente y producen nuevas plantas, lo que contribuye al crecimiento y expansión del cultivo.

Conforme la planta de fresa continúa su crecimiento, se desarrollan las estructuras reproductivas, como las flores y los frutos, además la formación de flores es un indicador crucial del inicio del proceso de reproducción, que culmina en la producción de frutos maduros. Durante esta fase, la planta requiere condiciones óptimas de luz, temperatura y humedad para garantizar un adecuado desarrollo y rendimiento de los frutos (Hernán, 2023).

El crecimiento y desarrollo de la planta de fresa están influenciados por factores ambientales y prácticas de manejo agronómico, la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, así como la presencia de plagas y enfermedades, pueden afectar significativamente la salud y el rendimiento de la planta. Por lo tanto, es crucial implementar prácticas de manejo integrado que promuevan un crecimiento saludable y reduzcan los riesgos de estrés biótico y abiótico (Alonso *et al.*, 2022).

A lo largo del ciclo de crecimiento de la planta de fresa, se producen cambios fisiológicos importantes que afectan su desarrollo y producción (Hernández, 2022). Estos incluyen la acumulación de carbohidratos en las raíces y estolones durante la temporada de crecimiento, así como la movilización de reservas hacia los órganos reproductivos durante la formación de frutos, finalmente estos procesos son fundamentales para garantizar un rendimiento óptimo de la planta y una alta calidad de los frutos cosechados.

En resumen, el crecimiento y desarrollo de la planta de fresa son procesos dinámicos que están influenciados por una variedad de factores ambientales y prácticas de manejo agronómico. Comprender estos procesos es fundamental para maximizar el rendimiento y la calidad de los cultivos de fresa.

1.4 Fotosíntesis, respiración y transpiración

La fisiología del cultivo de fresa involucra procesos clave como la fotosíntesis, la respiración y la transpiración. Estas funciones son esenciales para el crecimiento y desarrollo saludable de la planta, durante la fotosíntesis, las hojas de la fresa capturan la energía solar y la utilizan para convertir el dióxido de carbono y el agua en carbohidratos, liberando oxígeno como subproducto. Este proceso es fundamental para la producción de nutrientes y la generación de biomasa en la planta.

La respiración es un proceso metabólico en el que la planta de fresa utiliza carbohidratos producidos en la fotosíntesis para obtener energía (Fabio, 2019). Durante la respiración, se descomponen los carbohidratos con oxígeno para liberar energía que se usa para diversas funciones biológicas, como el crecimiento celular y la síntesis de compuestos orgánicos, además de la respiración libera dióxido de carbono, que se usa nuevamente en la fotosíntesis.

Además de la fotosíntesis y la respiración, la transpiración es un proceso vital para la planta de fresa. En cuanto a la transpiración consiste en la pérdida de agua vaporizada a través de los estomas de las hojas, lo que ayuda a regular la temperatura interna de la planta y a transportar nutrientes y minerales desde las raíces hacia las hojas, finalmente este proceso contribuye a mantener la turgencia de las células y la salud general de la planta (Alvarado *et al.*, 2023).

El equilibrio entre la fotosíntesis, la respiración y la transpiración es crucial para el funcionamiento adecuado de la planta de fresa. Cualquier desequilibrio en estos procesos puede afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de la planta, así como su capacidad para producir frutos de alta calidad. Por lo tanto, es importante monitorear de cerca estos procesos y proporcionar las condiciones ambientales óptimas para garantizar un rendimiento óptimo del cultivo.

Finalmente, la fisiología del cultivo de fresa implica una interacción compleja entre la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Pacheco, 2023). Estos procesos son fundamentales para el crecimiento y desarrollo saludable de la planta y para la producción de frutos de alta calidad; comprender y gestionarlos es esencial para maximizar el rendimiento y la rentabilidad de los cultivos de fresa.

1.4.1 Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de fresa '*Frontera*'

Bolda (2015) establece que la variedad "*Frontera*" es más grande y tiene características de resistencia a las enfermedades del suelo, variedad de días cortos "*Ventana*". Si se planta en otoño, el patrón de producción será similar al de "*Ventana*" o un poco más lento. En la antigua área de estudio de Watsonville, la producción inicial de fruta '*Fronteras*' (es decir, para el 1 de mayo en Watsonville y el 1 de abril en Irvine) promedió aproximadamente una cuarta parte del total de fruta 1, pero la producción de '*Ventana*' fue 2/5 del fruto total.

De acuerdo con Bolda (2015), es importante destacar que el rendimiento de '*Fronteras*' es un 25% superior al de '*Ventana*'. El rendimiento inicial de esta variedad equivale al de "*Ventana*".

LLahuen (2012) indica que, esta variedad tiene la capacidad de producir tempranamente, generando frutos de gran tamaño y con una post cosecha adecuada. Muestra una buena condición de cuajado inicial en los frutos, incluso en condiciones de

bajas temperaturas ambientales. Para mantener la estabilidad de la producción a lo largo de todo el ciclo de cultivo, se recomienda complementar esta variedad con una plantación de día neutro, como las variedades Monterey o Albión. En cuanto a la densidad de plantación: Para la plantación de otoño, se sugiere una densidad de 55.000 a 58.000 plantas por hectárea. Para la plantación de verano, se recomienda una densidad de 55.000 plantas por hectárea.

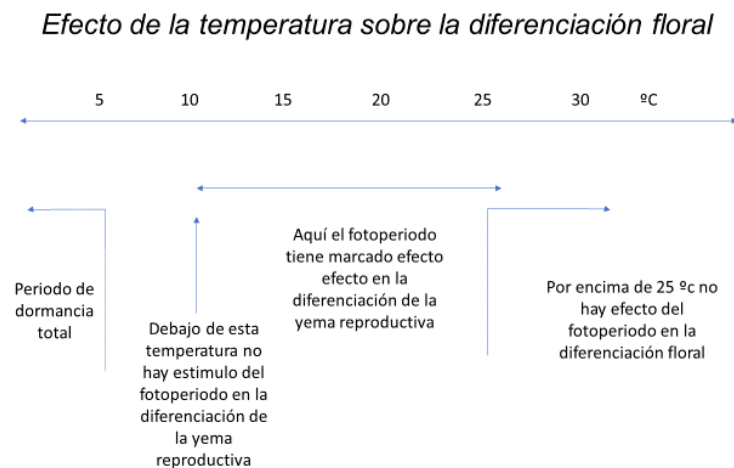


Figura 2. Efecto de la temperatura sobre variedad Frontera (Morishita y Tanaca, 1982)

1.4.2 Condiciones climáticas óptimas

Los requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de fresa '*Frontera*' implican condiciones climáticas óptimas que favorecen su crecimiento y desarrollo. En primer lugar, las fresas requieren un clima templado a fresco para prosperar, con temperaturas diurnas moderadas y noches frescas que promuevan un crecimiento adecuado de la planta y la formación de frutos (Hurtado-Salazar, 2023). Además, es importante evitar temperaturas extremas tanto en verano como en invierno, ya que pueden afectar negativamente la producción y la calidad de los frutos.

Las fresas también requieren una exposición adecuada a la luz solar para llevar a cabo la fotosíntesis y producir carbohidratos, que son esenciales para su crecimiento y desarrollo (Kirschbaum *et al.*, 2023). Sin embargo, es importante proporcionar cierta protección contra la radiación solar excesiva, especialmente durante los días más calurosos del verano, para evitar el estrés por calor y la deshidratación de la planta.

La humedad del suelo también es un factor importante a tener en cuenta para el cultivo de fresa '*Frontera*'. Si bien las fresas requieren un suministro constante de agua para un crecimiento óptimo, es importante evitar el exceso de humedad, que puede aumentar el riesgo de enfermedades fúngicas y la descomposición de los frutos. Por lo tanto, es importante mantener un equilibrio adecuado de riego para garantizar un crecimiento saludable y una buena calidad de los frutos.

En última instancia, las condiciones climáticas óptimas para el cultivo de fresa '*Frontera*' incluyen un clima templado a fresco, una exposición adecuada a la luz solar, suelos bien drenados y ricos en materia orgánica, y un equilibrio adecuado de humedad del suelo. Estos requerimientos edafoclimáticos son fundamentales para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo, así como para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la producción de fresas.

1.5 Tipos de suelo y requerimientos de pH

Dixon *et al.* (2023) destacan que los cambios en el pH del suelo se producen de manera gradual. Por lo tanto, aconsejan que se aplique e incorpore cal al suelo al menos tres meses antes de la plantación, pudiendo extenderse hasta doce meses si es necesario. Además, señalan que las fresas muestran una preferencia por los suelos ligeramente ácidos, prosperando mejor en un rango de pH de 5.5 a 6.5 dentro de este rango óptimo garantiza una disponibilidad adecuada de nutrientes para las plantas y ayuda a prevenir problemas de toxicidad por aluminio y manganeso. La calibración periódica del pH del suelo es esencial para garantizar condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de las fresas.

Los tipos de suelo para el cultivo de fresa '*Frontera*' pueden variar, pero es fundamental que sean bien drenados para evitar el encharcamiento y el desarrollo de enfermedades radiculares. Los suelos francos o arenosos son ideales, ya que permiten un buen flujo de agua y aireación para las raíces de las plantas. Estos suelos también facilitan la penetración de las raíces y la absorción de nutrientes, lo que contribuye al crecimiento saludable de la planta.

Las fresas '*Frontera*' también pueden cultivarse en suelos arcillosos, con buena estructura y drenaje. Sin embargo, es importante enmendar estos suelos con materia orgánica y realizar prácticas de manejo adecuadas, como el laboreo profundo y la rotación de cultivos, para mejorar su estructura y reducir la compactación.

Los suelos calcáreos, con un pH superior a 7.0, pueden no ser adecuados para el cultivo de fresa 'Frontera' por su alcalinidad. En estos casos, se pueden aplicar enmiendas ácidas como azufre elemental o sulfato de amonio para reducir el pH del suelo y hacerlo más adecuado para el cultivo de fresa. Es importante realizar pruebas de suelo periódicas para monitorear el pH y realizar ajustes según sea necesario.

1.5.1 Plagas en fresa

Probelte (2020), menciona que algunas de las plagas más comunes en la fresa son:

- Araña roja: es considerada como una de las plagas más comunes, aunque también se llegan a encontrar ácaros como la *Tetranychus urticae* que es un arácnido pequeño color rojo que suele alimentarse de la célula de la planta, donde su principal problema es el control de la plaga
- Trips: plaga producida por el insecto *Frankliniella occidentalis* manifestándose como una fruta marcada y hojas con manchas color plateado
- Viruela del fresal: principalmente provocada por el hongo patógeno *Mycosphaerella fragariae*, considerado como uno de los más peligrosos para las plantas, ya que, crece en una humedad relativa y a temperaturas de 15 a 20° C
- Podredumbre gris: consiste en un hongo que tiene gran alcance y se expande como una alfombra gris
- Babosas y caracoles: suponen una serie de problemas por su lenta pero constante alimentación
- Rosquilla negra de fresal: pertenece al *Spodoptera littoralis* que es un insecto donde la larva es visible y voraz.

1.5.2 Enfermedades en fresa

La mayoría de las enfermedades que se pueden encontrar en la fresa son de origen fúngico, aunque estas también pueden verse afectadas por bacterias como las *Xanthomonas fragaria* (SANOSIL, 2020).

Algunas de las enfermedades son:

- Podredumbre gris: los hongos que causan esta enfermedad se desarrollan en temperaturas donde las condiciones de humedad son del 95% relativa y las temperaturas son de 15 a 20° C. Algunos de los daños van hacia la parte de la

planta y en el fruto; aunque es más frecuente debajo del cáliz, originando varias manchas color pardo y se extiende en las fructificaciones del hongo

- Oídio: consiste en un tipo de hongo que afecta a diferentes partes de la planta, tales como la fruta, el tallo y hoja; provocando un ataque fuerte y rápido, extendiéndose en temporadas calurosas y húmedas
- Mancha purpura: mejor conocido como viruela, pues se ve favorecido por los niveles altos de humedad relativa y temperaturas de 15- 20°C. Esta enfermedad suele manifestarse como pequeñas manchas de 2 a 3 mm de diámetro circulares color rojo oscuro y con un haz en las hojas. Por lo tanto, es importante tomar las medidas como la eliminación de materia vegetal, favorecimiento en la aireación de cultivo y controlar los excesos de fertilización nitrogenada
- Bacterias: las bacterias que causan esta enfermedad comúnmente se ven favorecidas por temperaturas con un aproximado a 20°C y humedad relativa elevada. Esta enfermedad suele manifestarse como manchas translúcidas con aspecto aceitoso en el lado contrario de la hoja
- Antracnosis: proviene principalmente de las plantas infectadas del vivero. Este tipo de hongo suele causar enfermedades que hacen presencia por tener alta humedad relativa y temperaturas de 20 a 30°C; por lo que, uno de los síntomas más comunes es la marchitez y colapso en las plantas. Para tener un control es recomendable utilizar aplicaciones preventivas durante su proceso de floración y el desarrollo de frutos.

1.5.3 Microorganismos en el suelo del cultivo

Entre los diferentes tipos de hongos o microorganismos que existen en el suelo y causan daños a la fresa se encuentran los siguientes:

Tabla 3. Hongos presentes en el cultivo de fresa

Fusarium sp.

Rhizoctonia sp.

Phytophthora sp.

Phitio sp.

Cladosporium sp.

Penicillium sp.

Alternaria sp.

Microorganismos en el cultivo de fresa Fuente: *InfoAgro* (s.f.)

Cada uno afecta a la planta desde su sistema radical del cuello, provocando que esto dé lugar a podredumbres y suelen afectar a la fresa después de ser cosechados. Por lo que, es conveniente mantener en almacenamiento a bajas temperaturas.

1.5.4 Fertilización en fresa

El requerimiento para cada 100 kg de fruto, la fresa necesita 0.88 kg de nitrógeno (N), 0,34 kg de fósforo (P205) y 1,42 kg de potasio (K2O) necesitando para obtener rendimientos de 25 - 50 t/ha extrae entre 2 a 3 kg/t de N, 1 a 1,5 kg/t de P205, 4 a 5 kg/t de K2O y 0,4 a 0,5 kg/t de magnesio considerando que las recomendaciones pueden variar de acuerdo con los análisis de suelo. (Olivera Soto, 2012).

Según Olivera Soto (2012), se requiere fertilizar con 150 a 300 kg/ha de N, 50 a 150 kg/ha de P205 y 150 a 350 kg/ha de K2O para rendimientos necesarios considerando lo mencionado, examinando cada fase fenológica del cultivo para la absorción de nutrientes.

Tabla 4. Parámetros de fertilización en cultivos de fresa (Olivera Soto, 2012).

	Cosecha t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Extracción media (kg/t)	25-50	2-3	1-1.5	4-5	0.4-0.5
Recomendación de fertilización (kg/ha)	25-35	100-150	50-100	100-200	20-30
Recomendación de fertilización (kg/ha)	35-50	150-260	90-150	150-300	30-50

1.5.5 Efecto y deficiencias de NPK en el cultivo de fresa.

1.5.6 Nitrógeno (N)

Según Olivera soto (2012), el nitrógeno es importante para el crecimiento vegetativo, productividad y calidad en fresa. Ingresando a la planta en forma de NO^3 . El exceso de potasio provoca, aumento en el vigor de las plantas, reduciendo a su vez la inducción floral, y provocando un retraso en esta, y como consecuencia reduciendo la calidad de los frutos, generando como resultado fruta podrida.

1.5.7 Fósforo (P)

El fosforo incentiva el crecimiento radicular y la floración, resultando este un periodo difícil para la demanda de P. Se caracteriza por tener poca movilidad en el suelo. El exceso de P ocasiona disminución de la absorción de nutrientes como Fe y Zn. La carencia de este promueve la disminución del rendimiento y la calidad de los frutos resultando también en albinismo y aumento de acidez.

1.5.8 Potasio (K)

El potasio requiere niveles óptimos que garanticen altos estándares de azúcares y acidez en frutos, obteniendo un buen sabor y color del fruto permitiendo regular la respiración y sistemas de transporte regulando la respiración y estabilizando la respuesta al estrés. El exceso de potasio induce a la inhibición de la absorción de Ca y Mg ocasionando problemas de salinidad, mientras que la deficiencia de este resulta en la reducción, rendimiento y calidad de la fruta (Olivera Soto, 2012).

1.6 Relación de bocashi con la fresa

El bocashi ha sido uno de los abonos orgánicos más utilizados por agricultores japoneses desde hace tiempo, como un mejorador del uso que aumenta la diversidad microbiana, y mejora las condiciones físicas y químicas del suelo que previenen enfermedades (Sarmiento *et al.*, 2019).

Por tanto, como menciona Sarmiento (2019) a partir de este contexto, uno de los aspectos más importantes en una producción limpia y sostenible en cultivos de fresa se basa en el abonamiento orgánico; pues es importante buscar alternativas ecológicas, en zonas áridas con deficiencia orgánica.

1.6.1 Micorrizas

Una micorriza consiste en un tipo de relación simbiótica que se genera entre los hongos pertenecientes a Glomales y raíces en más del 80% de las plantas incluida la fresa, resultando que ambos organismos mantengan una interacción (Soria, 2012).

La aplicación de microorganismos en la agricultura ha favorecido en el desarrollo de esta obteniendo grandes resultados, los microorganismos incluyen p. hongos micorrícicos arbusculares y ciertas bacterias del suelo que brindan servicios ecosistémicos relacionados con el crecimiento de las plantas, la nutrición y los parámetros de calidad (Noceto *et al.*, 2021).

1.6.2 Relación del consorcio microbiano con la fresa

Un consorcio microbiano es un tipo de asociación natural en dos o más población de microorganismos estructurados en diferentes especies; a la vez, en el que actúan para un sistema complejo, que beneficia a las actividades de los demás (Ochoa & Montoya, 2010)

Por otro lado, las fijaciones de nitrógeno son procesos donde las bacterias de la rizosfera están presentes en la atmosfera, para convertirse en el amoniaco para las plantas. La cantidad de nitrógeno es variable según la planta, siendo que las bacterias más utilizadas como fijadoras de nitrógeno son según Martínez y Soto (s.f.):

Tabla 5. Bacterias Fijadoras de nitrógeno

Bacterias	Descripción
Rhizobium	Producción de biomasa foliar y radicular
Azospirillum	La inoculación permite el aumento de porcentaje en rendimientos de peso seco de los cultivos
Trichoderma	Es un agente eficaz de control biológico hacia las enfermedades de diferentes cultivos y con funciones anti patogénicas.
Micorrizas	Asociación entre hongos, mejorando la producción, promueve enraizamiento

Bacterias más utilizadas como fijadoras de nitrógeno. Fuente: Martínez y Soto (s.f.):

1.6.3 Uso de recursos orgánicos y minerales como fertilizante

El uso y aplicación de recursos orgánicos y fertilizantes minerales se han utilizado para el manejo integrado de la fertilidad del suelo (ISFM) obteniendo como resultado una producción agrícola sostenible y rentable con recursos orgánicos (OR) como estiércol y residuos de cultivos, utilizando hasta biomasa fúngica como principal fuente de nutriente de suelo. Resaltando que la combinación de OR con fertilizante mineral aumenta la cantidad de nutrientes (Roussos *et al.*, 2022).

1.6.4 Conductividad eléctrica en fresa

Dixon *et al.* (2023) destacan que las fresas son sensibles a las sales en la zona de las raíces, por lo que la CE del suelo por encima de 2 d /m puede provocar daños a la planta de fresa, incluido el retraso en el crecimiento y la reducción del rendimiento. Un valor de CE del suelo cercano a 1 d /m se considera mejor para el crecimiento de las plantas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del experimento

El proyecto de investigación se realizó sobre la calle Vicente Guerrero en el municipio de Uruapan Michoacán durante los meses de julio a febrero del 2024. Entre los paralelos 19°11' y 19°38' de latitud norte; los meridianos 101°56' y 102°24' de longitud oeste a una altura de 1,620 metros sobre el nivel del mar (Figura 3).



Figura 3. Lugar donde se desarrolló el experimento

2.1.1 Tratamientos aplicados

Las plantas se colocaron en bolsas de 5 litros con el mismo sustrato para todos los tratamientos el cual consiste en suelo topure y fibrilla de coco estableciéndolas dentro de un invernadero. Se encuentran a 30 cm de distancia. Cada tratamiento se repetirá 6 veces, lo que resultará en un total de 30 plantas distribuidas en 5 tratamientos diferentes, que se describen a continuación.

Tabla 6. Tratamientos de fertilización

Identificador	Tratamiento de fertilización	Descripción
T	Testigo	Suelo topure + Fibrilla de coco en proporción 1:1
FO	Fertilización orgánica	10 ml Bocashi líquido + biol orgánico a una concentración de 10 ml/L de agua utilizado
FB	Fertilización biológica	Aplicación de consorcio microbiano, Micorrizas 2.5 ml/L, Trichoderma 2gr/L, Azospirillum 2ml/L
FO+FB	Fertilización orgánica más biológica	Bocashi + Consorcio microbiano
FQ	Fertilización química	Triple 15, 3g/L

2.1.2 Variables de respuesta a evaluar

1. Número de hojas: El número de hojas se determinó mediante un conteo manual.
2. Área foliar: Se determinó mediante un cálculo empírico del índice de área foliar (IAF): Se tomaron dos plantas por unidad de estudio, se midieron y multiplicaron a lo largo por ancho de cada hoja, el resultado se multiplicó por el factor 0.75 y se sumaron los valores obtenidos de cada hoja por planta, promediando los resultados de cada planta. Posteriormente se determinó el área de suelo ocupada por planta. Finalmente, el IAF se determinó dividiendo el área foliar de la planta entre el área de suelo ocupada por esta. Hernández Ramos et al. (2021).
3. Número de flores: Se determinó mediante conteo directo sobre la planta.
4. Número de frutos: Se determinó contabilizando el número de frutos producidos.
5. Grados brix: Los datos se obtuvieron por medio de un refractómetro.
6. pH: El pH se determinó por medio de un potenciómetro.
7. Ce: Los datos se determinaron mediante un conductímetro.

2.1.3 Plántula de fresa

La plántula utilizada en nuestro experimento se adquirió de un vivero especializado. Esta elección se basó en la necesidad de garantizar la sanidad de la planta y establecer condiciones uniformes para todos los tratamientos evaluados con un aproximado de 12 cm. Al obtener la plántula del vivero, nos aseguramos de que todas las plantas tuvieran un origen común y estuvieran libres de enfermedades o plagas. Esto es crucial para obtener resultados confiables y comparables en nuestro estudio.

Estas plántulas fueron seleccionadas cuidadosamente para garantizar un tamaño uniforme, con una longitud aproximada de 12 cm y una longitud de raíz de 6 cm. Este tamaño uniforme es importante para asegurar que todas las plántulas tengan las mismas condiciones de crecimiento y desarrollo, lo que permite una comparación justa entre los diferentes tratamientos (Figura 4).



Figura. 4 (A) Plántula de fresa; (B) Desinfección de plántulas

2.2 Establecimiento del vivero

Se estableció un vivero para el cultivo de fresas (*Fragaria x ananassa*). El objetivo principal de este vivero es proporcionar un espacio adecuado para el cuidado y crecimiento de las plantas. Para lograrlo, se consideraron varios aspectos clave.

En primer lugar, el vivero se encuentra en Uruapan, una región conocida por su clima favorable para la producción de frutas. La elección de esta ubicación permite aprovechar la temperatura óptima para el desarrollo de las fresas. Además, se acondicionaron las bolsas de cultivo para garantizar un buen drenaje y una adecuada aireación del sustrato. Esto es esencial para que las plantas crezcan fuertes y saludables.

En resumen, el vivero de fresas en Uruapan se diseñó cuidadosamente para proporcionar las condiciones ideales para el cultivo exitoso (Figura 5).



Figura 5. (A) Construcción del vivero; (B) Colocación de plástico de vivero.

Tabla 7. Formulación para elaboración de bocashi

3 botes de 20 litros	Estiércol de res fresco
2 costales de 25 kilos	Rastrojo
1 costal de 30 kilos	Carbón
2 costales de 25 kilos	Suelo topure
500 gramos	Levadura
3 litros	Melaza
Agua	A capacidad de campo

2.3 Preparación de bocashi

El proceso de elaboración inició con la colocación de capas de rastrojo, tierra, salvado y carbón. Posteriormente, estos materiales se revolvieron. Luego, se mezcló la melaza en agua y se añadió la levadura a esta solución. Esta mezcla se incorporó a los materiales previamente revueltos, asegurándose de que estuvieran bien mezclados. Se mantuvo la temperatura entre 50°C y 60°C. Durante los primeros tres días, se realizó el volteo tres veces al día, seguido de un volteo diario durante 22 días. Finalmente, la mezcla se dejó madurar durante dos semanas adicionales antes de su uso (Figura 6).



Figura 6. (A) Mezcla homogénea de materia prima (B) Preparación de bocashi

2.4 Activación de bocashi líquido

El proceso de activación del bocashi implicó el uso de bocashi que ya ha sido previamente fermentado. Para su posterior activación en forma líquida, se mezcló 1 parte de bocashi sólido con 9 partes de agua, logrando una solución al 10% en peso-volumen. Esta mezcla se dejó macerar durante 3 días, revolviéndola al menos dos veces

al día para oxigenar el preparado durante 15 minutos cada vez. Luego, se colocó en un lugar fresco y sombreado para evitar su descomposición. Para fertilizar las plantas con este tratamiento, se aplican 10 mililitros de la solución por cada litro de agua (Figura 7).



Figura 7. (A) Incorporación de bocashi solido; (B) oxigenación del bocashi; (C) Bocashi preparado.

2.5 Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizó utilizando suelo topure tipo andosol y fibrilla de coco en una proporción equilibrada de 1:1 para asegurar una mezcla homogénea, se realizó una mezcla uniforme de estos dos insumos en una proporción de 75 kg por cada uno, aplicando 5 kg en cada bolsa de los tratamientos a evaluar. Estos materiales fueron seleccionados por sus excelentes propiedades de aireación y drenaje, que son esenciales para el crecimiento saludable de las plantas de fresa.

El suelo topure utilizado se sometió a una previa desinfección utilizando 2 ml de Buzan por cada litro de agua. La solución generada se agregó al suelo con mochila aspersora 3 meses antes de iniciar el experimento con el fin de eliminar cualquier patógeno o impureza. La fibrilla de coco que se utilizó es de origen comercial la cual ya cumplía

con los estándares de inocuidad, y se caracteriza por ser un material orgánico que mejora la retención de agua y nutrientes (Figura 8).

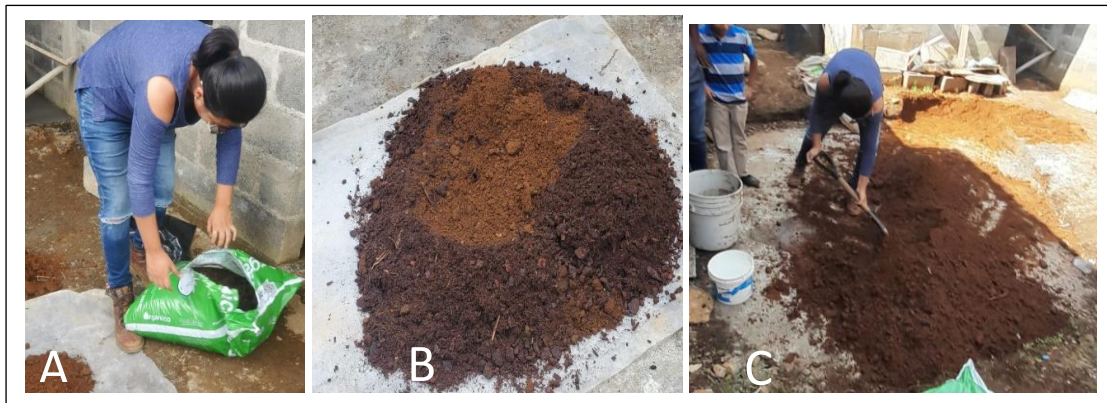


Figura 8. (A) Fibrilla de coco; (B) suelo topure con fibrilla de coco; (C) Mezcla homogénea del suelo y la fibrilla.

2.6 Trasplante de planta de fresa

El proceso de trasplante implicó el llenado de treinta bolsas, cada una con una capacidad de 5 litros con sustrato. Estas bolsas se ubicaron en espacio situado en la ciudad de Uruapan, que se encuentra a una altitud de 1620 metros sobre el nivel del mar.

El trasplante de las plántulas de fresa se realizó en bolsas, cada una con una capacidad de 5 litros, proporcionando suficiente espacio para el crecimiento de las raíces de las plántulas de fresa. Además, cada bolsa se etiquetó antes según el tipo de tratamiento a evaluar. Esta identificación permite un seguimiento preciso de cada planta y su respuesta al tratamiento específico, facilitando así la evaluación de los resultados del trasplante. Se evitó el manejo excesivo de las plántulas ya que, en este punto, las plantas son muy vulnerables a tener daños físicos.

Este estudio permitirá obtener resultados precisos y confiables, que podrán ser utilizados para mejorar las prácticas de cultivo y manejo de la variedad “Frontera”. Con estos resultados, los agricultores podrán optimizar sus prácticas agrícolas y maximizar la productividad y eficiencia de sus cultivos (Figura 9).



Fig. 9. (A) Plántula de fresa; (B) Trasplante de plántula; (C) Plántula en sustrato

2.7 Preparación del biol frutal enriquecido con minerales

El proceso comenzó con la preparación de una mezcla en un tambo de 100 litros. En este recipiente, se combinó melaza con agua, creando una base líquida para los demás ingredientes. A esta mezcla, se le añadió la cantidad de 22 g de levadura y leche clavel de 460 g, las cuales se disolvieron previamente para asegurar una distribución uniforme.

Posteriormente, se incorporó medio kilo del activador mineral BioGeo de la marca Soil4mas. Acto seguido se añadieron 5 kg de zarzamora y 3 kg de carbón vegetal. El último ingrediente añadido fue 1 kg de microorganismos, los cuales se introdujeron en un saco amarrado que se retiró después de unas horas. Durante todo el proceso, se mantuvo un monitoreo constante de la mezcla. Se revolvía por la mañana y por la tarde con el objetivo de oxigenar el biol. Al término de un mes, la mezcla se trasladó a garrafas para su posterior aplicación, completando así el proceso (Figura 10).



Figura 10. (A) Integración de materia prima; (B) mezcla e incorporación de materiales; (C) Proliferación de microorganismos; (D) Envasado del biol.

2.8 Tipos de fertilización

2.8.1 Fertilización Biológica

Para el tratamiento de las seis plantas que se sometieron a fertilización biológica, se aplicó un consorcio microbiano de origen comercial. Este consorcio este compuesto por una variedad de hongos beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Entre los hongos que se utilizaron se encuentran el *Rhizobium*, con una concentración de 1×10^8 UFC/ml, el *Azospirillum*, con una concentración de 1×10^3 UFC/ml, y el *Trichoderma*, que se aplicará en una cantidad de 0,25 gramos por planta.

Además, se incorporaron micorrizas al consorcio, con una concentración de 104 UFC g⁻¹. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en la mejora de la salud y productividad de las plantas.

2.8.2 Fertilización química

Para el tratamiento de las seis plantas mediante fertilización química, se utilizó el fertilizante comercial conocido como “Triple Quince” (NPK) marca Yara. El fertilizante se concentra en el 35 %, lo que garantiza una nutrición adecuada para las plantas.

La aplicación del fertilizante se realizó disolviendo 10 gramos de éste en un litro de agua. Esta solución se aplica a las plantas mediante riego, que se realizó cada 10 a 15 días. Es importante destacar que, durante este período, los riegos intermedios se realizaron con agua limpia, sin la adición de fertilizante.

2.8.3 Fertilización orgánica

En este tratamiento de las seis plantas, se aplicó fertilización orgánica mediante la aplicación de bocashi líquido en combinación de un biol frutal enriquecido con minerales. La presente solución fue aplicada a las plantas a través del proceso de riego que se lleva a cabo cada 15 días, en el cual se aplicaron 6 mililitros por litro y los riegos intermedios se llevaron a cabo con agua limpia.

2.8.4 Fertilización orgánica más biológica

En este estudio, se aplicó un tratamiento a seis plantas mediante una combinación de bocashi líquido y un consorcio microbiano. El bocashi líquido es un fertilizante orgánico

rico en nutrientes, mientras que el consorcio microbiano está compuesto por diferentes microorganismos beneficiosos para el suelo. El objetivo es evaluar los efectos de esta combinación en el crecimiento y la salud de las plantas. Para este tratamiento se utilizaron 10 ml/L de agua del biol orgánico y 10 ml de bocashi líquido.

2.8.5 Tratamiento testigo

La evaluación del testigo se llevó a cabo la utilización del sustrato, el cual se compone de una combinación de suelo topure previamente desinfectado y fibrilla de coco. Este sustrato se empleó en todos los tratamientos, aportando el riego sin fertilización.

2.9 Determinación de pH en suelo

Para determinar el pH del suelo se realizó por método de dilución 1:2. Se recolectaron muestras de tres puntos alrededor de la planta, tomando tres plantas de cada tratamiento. En total, calculando una muestra de 50 gramos de suelo. Luego, se agregaron 100 mililitros de agua en una proporción de 1 a 2 y se dejaron reposar durante una noche al día siguiente se realizó la medición de pH.



Figura 11. Muestra de suelo; (A) Muestra recolectada (B) Toma de parámetro de PH

2.9.1 Determinación de conductividad Eléctrica en suelo

Para determinar la Ce del suelo se realizó por método de dilución 1:2. Se recolectaron muestras de tres puntos alrededor de la planta, tomando tres plantas de cada tratamiento. En total, se calculó una muestra de 50 gramos de suelo. Luego, se agregaron 100 mililitros de agua en una proporción de 1 a 2 y se dejaron reposar durante una noche al día siguiente se realizó la medición de Ce.



Fig. 12 Toma de medidas de CE en cada tratamiento a evaluar. (A) Recoleccion de toma de muestras; (B) Toma de parametros de conductividad electrica.

2.9.2 Disposición del experimento

Para el desarrollo del experimento, se acomodaron 30 plantas de manera homogénea, utilizando el mismo sustrato. Todas las bolsas se dispusieron completamente al azar y se etiquetaron según el tratamiento a evaluar. Se regaron las plantas con la misma cantidad de agua y se les brindó las mismas condiciones ambientales. Se realizó un seguimiento semanal de las plantas para observar su desarrollo y registrar los datos de las variables de interés.



Fig.13 Establecimiento del experimento (A) Plantas de un mes; (B) Planta en producción; (C) Tratamiento orgánico más biológico (D) Tratamiento químico.

2.9.3 Diseño experimental

Cada tratamiento se llevó por repetido 6 veces. Estas repeticiones se realizaron siguiendo un diseño experimental completamente al azar, lo que garantiza que todas las variables tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionadas, eliminando así cualquier sesgo en los resultados.

Los datos obtenidos se analizaron dentro del programa *JMP V.13.2.0* (2016). Este software estadístico avanzado permite realizar una prueba de ANOVA (Análisis de Varianza). La prueba de ANOVA permite comparar más de dos grupos y determinar la existencia de diferencias significativas entre las medias de los grupos de tratamientos. En caso de observar diferencias significativas ($p < 0.05$), se utilizó la prueba de post hoc de Tuckey con el fin de determinar qué grupos son diferentes entre sí.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de variables

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las variables evaluadas, las cuales son: Número de hojas, Área foliar, Número de flores, Número de frutos y grados brix. junto con dos parámetros importantes para el crecimiento óptimo de la planta, los cuales son pH y conductividad eléctrica del suelo.

3.2 Número de hojas

Se determinó que el número de hojas por planta cambia dependiendo el tipo de fertilizante utilizando. Se demostró que la FO+FB no genera diferencias significativas con respecto al grupo FQ. Sin embargo, sí se observaron diferencias en el número de hojas del grupo T con respecto al FQ y FO-FB, donde el número de hojas aumentó en estos últimos dos grupos. Además, esto también se observó en el grupo FB con respecto a FQ y FO-FB (Tukey $p < 0.0001$, Figura 14)

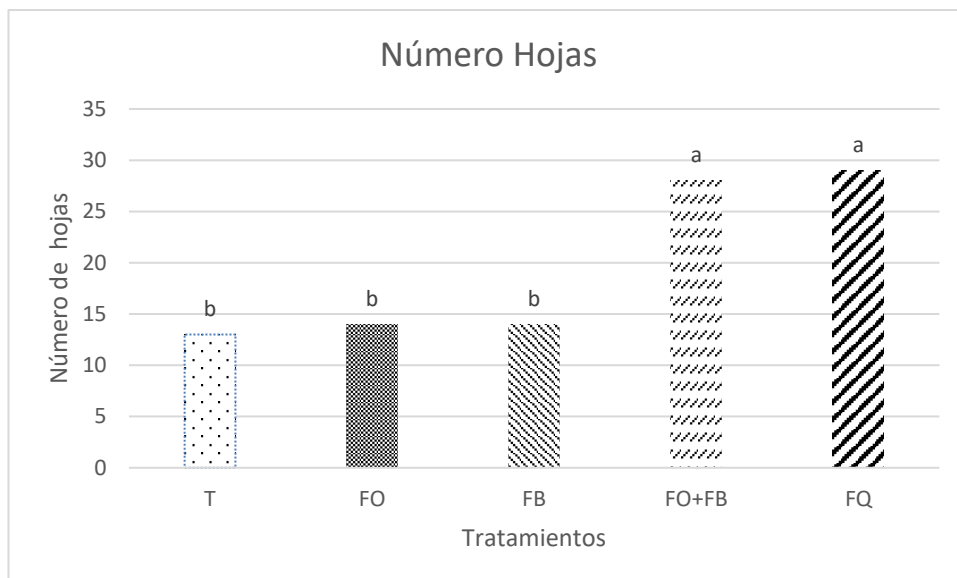


Figura 14. Número de hojas por cada tratamiento (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.0001$) entre tratamientos.

3.3 Número de flores

El número de flores también aumentó en el grupo FQ y FO+FB. Se encontró que estos dos grupos no presentaron diferencias entre sí, pero sí mostraron diferencias entre el grupo T, quien fue el grupo que presentó menos flores (Tukey $p < 0.0001$, Figura 15).

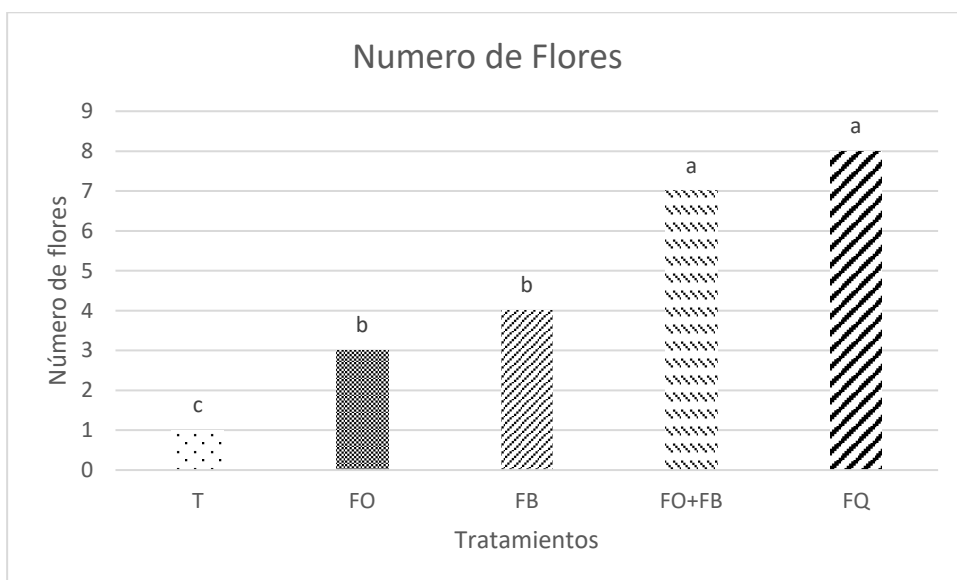


Figura 15. Número de flores (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.)

química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.0001$) entre tratamientos.

3.4 Número de frutos

El número de frutos por planta también presenta diferencias significativas entre los tratamientos. Se determinó que los grupos FQ y FO-FB son los grupos con más frutos por planta, sin embargo, se observó que estos grupos difieren del grupo FB y FO (Tukey $p < 0.001$). Además, se determinó que el grupo T es el grupo con menor número de frutos por planta, mostrado diferencias estadísticamente significativas con todos los grupos (Tukey $p < 0.0001$).

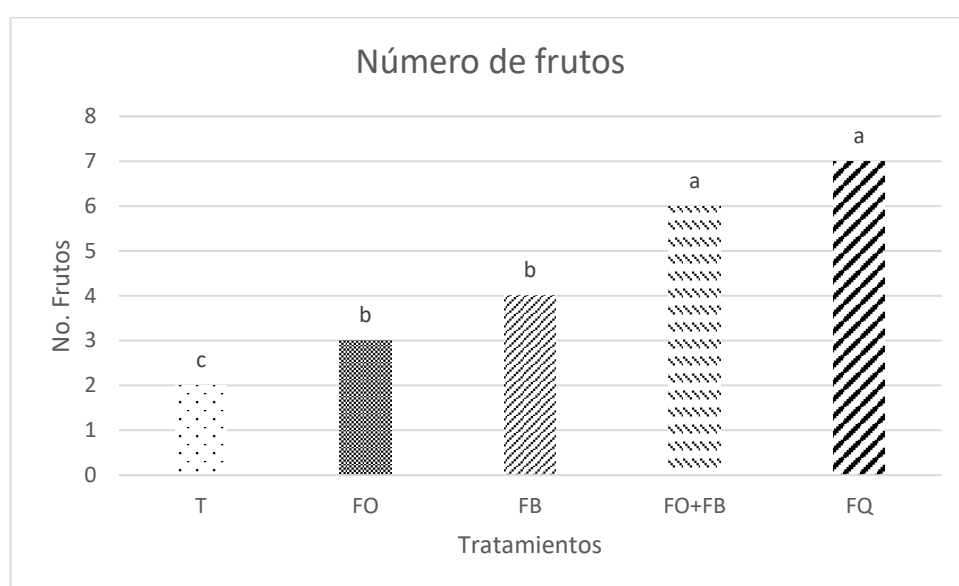


FIGURA 16. *Número de frutos (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.0001$) entre tratamientos.*

3.5 Grados brix

Los grados brix en las plantas también mostraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos (Figura 17), donde se observó que el grupo FO+FB es diferente del grupo FO (Tukey $p < 0.0001$), pero no del grupo FB ni FQ. Además, se observó que el grupo T es diferente de todos los demás tratamientos (Tukey $p < 0.0001$).

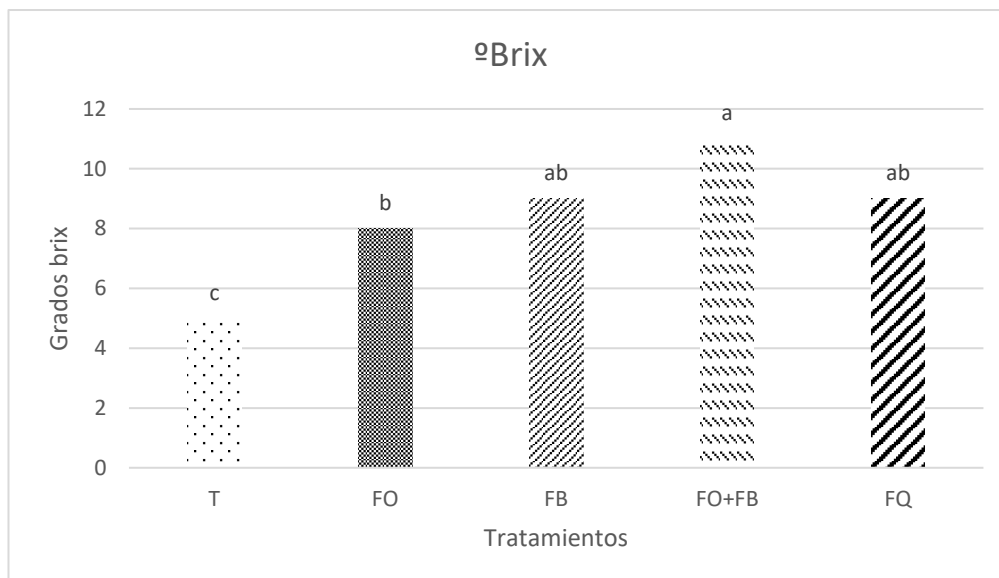


FIGURA 17. °Brix. (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.0001$) entre tratamientos.

3.6 Área foliar

Al determinar el área foliar en las plantas se identifican diferencias significativas entre los tratamientos, donde el grupo FO presenta una disminución del área foliar con respecto a los demás grupos (Tukey $p < 0.0001$). Sin embargo, los grupos T, FB, FO+FB y FQ no presentaron diferencias significativas (Figura 18).

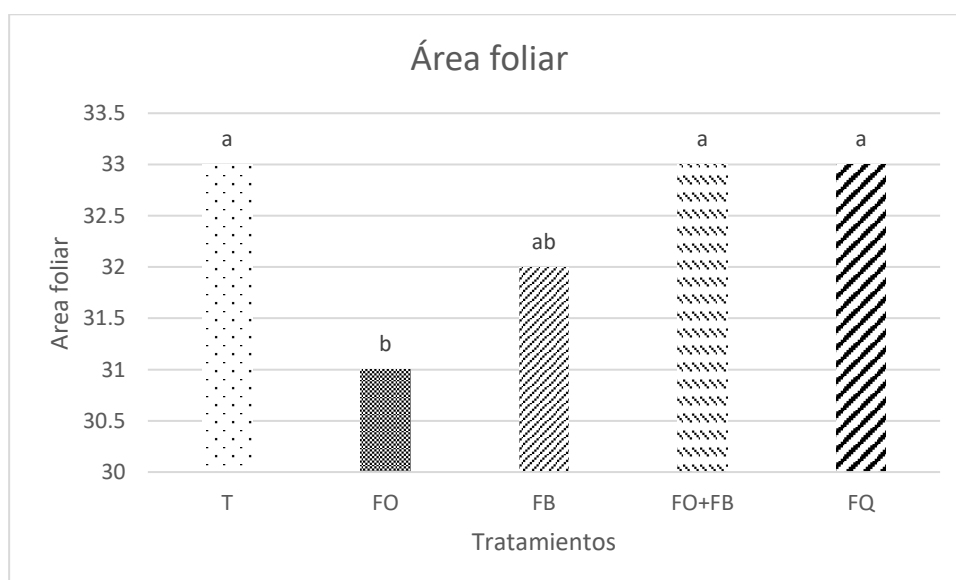


FIGURA 18. Área foliar. (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.0001$) entre tratamientos.

3.7 Evaluación de Ph.

Al determinar el pH por planta se identifica una diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 19), resultando el tratamiento de la FO+FB el que presenta el mayor pH, con respecto al resto de los tratamientos, presentando diferencias significativas (Tukey $p < 0.0001$). Sin embargo, también se observó que los grupos FB y FQ son distintos de FO y T quienes fueron los grupos con un pH más ácido (Tukey $p < 0.0001$).

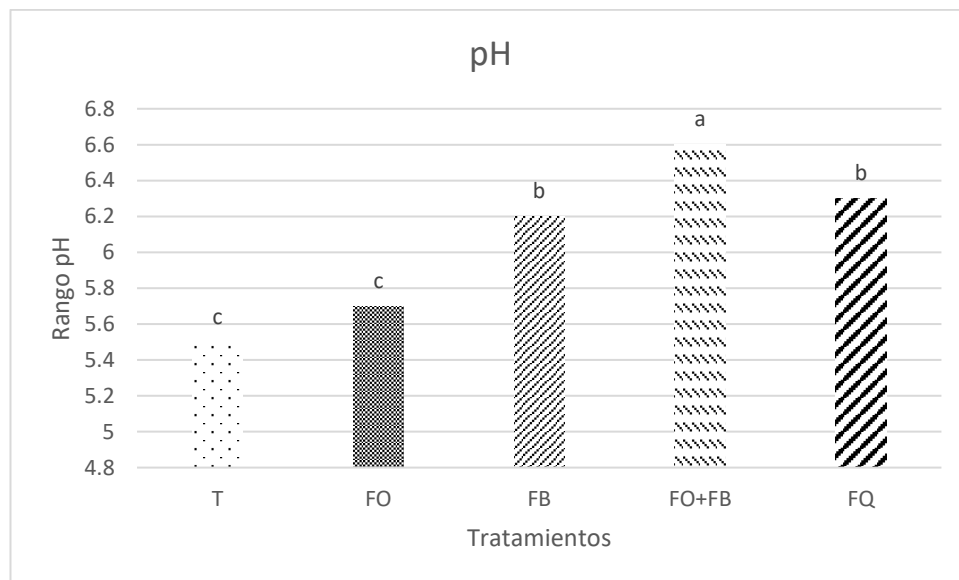


Figura 19. Rango de PH por cada tratamiento (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.001$) entre tratamientos.

3.8 Evaluación de conductividad eléctrica

Al determinar la CE por planta se identifica una diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 20), resultando el tratamiento testigo con la mayor conductividad eléctrica, a diferencia de los tratamientos de FO y FO+FB, que no muestran cambios

significativos entre ellos, no obstante, los tratamientos con fertilización biológica FB y fertilización química FQ ambos muestran un resultado significativamente menor y a diferencia del tratamiento testigo (Tukey $p < 0.001$).

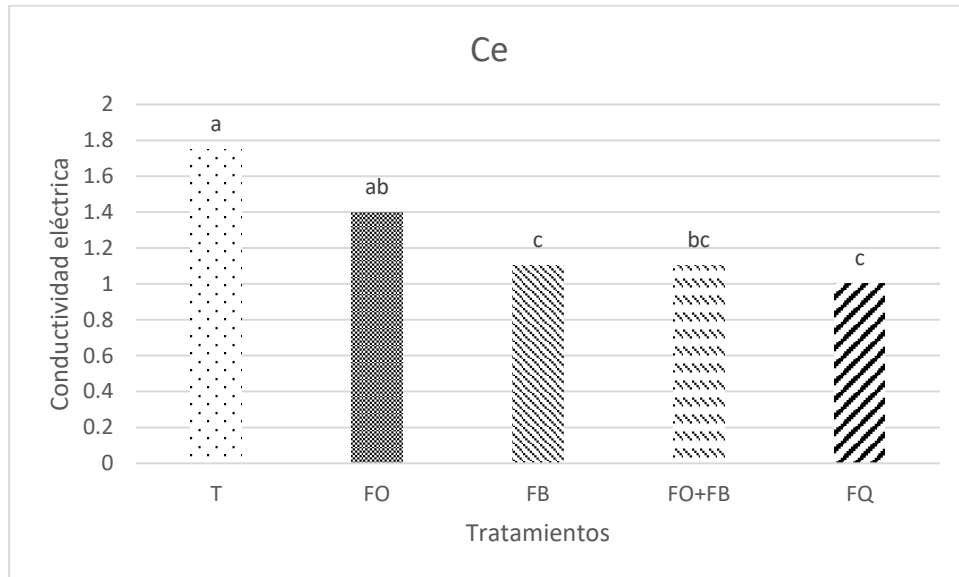


Figura 20. Rango de Salinidad (E_c) (ds/m) (T; testigo, FO; Fertilización orgánica, FO+FB; fertilización orgánica más biológica, FB; Fertilización Biológica, FQ; Fertilización química.) Letras diferentes indican significancia estadística (Tukey, $p \leq 0.001$) entre tratamientos.

DISCUSIÓN

De este trabajo de investigación se puede concluir en base a los resultados obtenidos que existe semejanza en cuanto a los resultados mostrados de los tratamientos aplicados como son la fertilización química FQ y la combinación de la fertilización orgánica más la biológica FO+FB mostrando resultados muy significativos en cuanto al número de hojas, número de flores, número de frutos y área foliar. A diferencia de la variable evaluada en grados °Brix donde sobresale la FO+FB que representa el tratamiento con mayor grado de dulzura entre los demás tratamientos, sin embargo, resaltando que al realizar la evaluación del pH se observa que los tratamientos se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Mendivil-Lugo C. *et al.* (2020) utilizaron bocashi para evaluar la emergencia en semillas de rábano obteniendo como resultado que las plántulas de rábano que germinaron en bocashi presentaron mayor vigor con respecto a las obtenidas en suelo agrícola puntualizando que, aunque presentaron mayor longitud, pero presentaban el tallo más delgado y doblado, además concluye que su efecto varía en función de los materiales a partir de los cuales se produce.

Ipek *et al.*, (2014) demostraron que la aplicación de consorcios bacterianos (PGPR) incrementaron significativamente las variables evaluadas como producción, crecimiento y nutrición específicamente incrementos en nitrógeno, fósforo y potasio. Estos autores mencionan que la promoción en el crecimiento por las rizobacterias puede tener repercusiones económicas benéficas sobre todo cuando existen condiciones desfavorables en los suelos. Estos resultados concuerdan con nuestros tratamientos ya que la fertilización biológica combinada con tratamiento orgánico usada en nuestro experimento también promueve el desarrollo de las plantas de fresa en casi todas las variables fisiológicas evaluadas además de amortiguar la propiedad fisicoquímica de pH del suelo.

Por otro lado, Kilic *et al.*, (2021) documentaron que las plantas de fresa fertilizadas con fuentes orgánicas incrementan la calidad del fruto, producción y nutrición. La aplicación de vermicompost, ácidos húmicos y fúlvicos, el mayor desarrollo de frutos fue observado con la aplicación de vermicompost. Al igual que nitrógeno, fósforo y potasio también incrementaron significativamente sus valores. Estos resultados también concuerdan con los resultados obtenidos en esta investigación ya que la fertilización

orgánica, biol y bocashi en la mayoría de las variables incrementaron sus valores, aunque este tratamiento fue más pronunciado cuando se convino con fertilización biológica.

En un trabajo experimental sobre plantas de fresa fertilizadas con fertilización mineral, biología y orgánica realizado por Nazik *et al.*, (2017), documentaron que la combinación de la fertilización biológica, orgánica y mineral aplicadas de forma foliar incrementaron todas las variables de la planta evaluadas. Nuestros resultados concuerdan con este trabajo, pero solo con la combinación de la fertilización biológica más la fertilización orgánica (FB+FO) que incrementaron casi todas las variables evaluadas, aunque la fertilización mineral o química en este estudio fue la que más efecto tubo en las variables.

IV. CONCLUSION

Las plantas de fresa Frontera han mostrado un desarrollo favorable, lo que se atribuye a su adaptabilidad a las condiciones locales. Este hecho resalta el potencial de esta variedad para la producción comercial en nuestra región.

Con base en los resultados presentados, se puede concluir que la fertilización juega un papel crucial en el desarrollo y productividad de las plantas de fresa. Los tratamientos que incluyeron fertilización química, ya sea sola o en combinación con fertilización orgánica y biológica, mostraron un impacto positivo en el número de hojas, flores y frutos, y área foliar, además en la variable evaluada de grados brix se observa que el tratamiento con FO+FB presenta un resultado significativo en cuanto a los grados °Brix.

El tratamiento químico destacó por promover un mayor número de hojas, lo cual es indicativo de un vigoroso crecimiento vegetativo. Presentando una mayor producción de flores y frutos, elementos esenciales para la productividad de las plantas. Además, la combinación de fertilización orgánica y biológica no solo apoyó el crecimiento foliar y fructífero, sino que también resultó en el mayor nivel de dulzura en los frutos.

Por otro lado, la ausencia de fertilización, representada por el tratamiento testigo, limitó significativamente el crecimiento y la productividad, reflejado en el menor número de hojas, flores y frutos, así como en el nivel más bajo de dulzura.

Estos hallazgos sugieren que la implementación de un régimen de fertilización adecuado es esencial para optimizar el rendimiento de las plantas de fresa, no solo en términos de cantidad sino también de calidad del fruto. La elección del tipo de fertilización dependerá de los objetivos específicos de producción, ya sea para maximizar el crecimiento, la producción de frutos o la calidad en términos de dulzura.

En resumen, este estudio sugiere que la variedad Frontera de las plantas de fresa tiene un gran potencial para la producción comercial en nuestra región, especialmente cuando se utiliza una combinación de fertilización química, orgánica y biológica. Se recomienda seguir investigando y optimizando estas prácticas de fertilización para maximizar la producción de fresas.

V. RECOMENDACIONES

Dada la importancia de la fertilización en el desarrollo y productividad de las plantas de fresa, se recomienda implementar un régimen de fertilización más completo de acuerdo con las diferentes etapas fenológicas que combine métodos químicos, orgánicos y biológicos. Esta estrategia integral no solo promueve un crecimiento vegetativo vigoroso y una mayor producción de flores y frutos, sino que también mejora la calidad del fruto en términos de dulzura, alcanzando mayores niveles de grados °Brix.

Es crucial considerar la fertilización como una inversión en la salud y el rendimiento de las plantas de fresa. La ausencia de fertilización ha demostrado limitar significativamente el crecimiento y la productividad, lo que subraya la necesidad de un enfoque proactivo en la nutrición de las plantas.

Por lo tanto, se aconseja a los productores evaluar cuidadosamente sus objetivos de producción y optar por un régimen de fertilización que no solo busque maximizar la cantidad, sino que también priorice la calidad del fruto. La adaptación de las prácticas de fertilización a las condiciones locales y las necesidades específicas de las plantas garantizará el mejor rendimiento posible y contribuirá a la sostenibilidad a largo plazo de la producción de fresa.

Esta recomendación está diseñada para resaltar la importancia de un enfoque equilibrado y bien planificado en la fertilización, asegurando que los resultados sean aplicados de manera efectiva para mejorar tanto la cantidad como la calidad de la producción de fresas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado. (2023). *Efecto del calcio en el rendimiento y calidad del fruto en fresa (Fragaria x ananassa Duch.) en ambiente controlado bajo diferentes intensidades de luz*.
<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/49306>
- Arias, K. M. S., Morgan, B. S., & Castro, L. a. C. (2022). Potencial bioactivo de los residuos del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) en Costa Rica. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739326>
- Bolda M., Shaw D., Gordon T., (23 de septiembre de 2015) La variedad de fresa Frontera. ANR Blogs.
- Briceño-Yen, H., Alvarez-Benaute, L. M., & Valverde-Rodríguez, A. (2023). Estrategia de componentes para control de plagas y su efecto en el rendimiento y contenido de polifenoles en fresa (Fragaria x ananassa Duch). Ciencia UNEMI, 16(42), 28–34. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol16iss42.2023pp28-34p>
- Celso, Q. O. T. (2022). Efectos de bioestimulantes de origen organico en el rendimiento de Fragaria ananassa Duch. “fresa” variedad sabrina en Huaura.
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7133>
- Cruz, J. V., Quintero-Arias, G., & Acuña, J. F. (2020). Infrared thermography for water management on high tunnel cultivation of strawberry (Fragaria x ananassa Duch). Temas Agrarios, 25(1), 35–47. <https://doi.org/10.21897/rta.v25i1.2201>
- Dixon, E., Strik, B., Fernández-Salvador, J., & DeVetter, L.W. 2023. Guía de manejo de nutrientes para el cultivo de fresas en Oregón y Washington. servicio de extensión de oregon state university. Recuperado de URL.
<https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=19048>
- Fabio, A. C. J. (2019). Efectos de los factores climáticos de producción sobre la extracción de nitrógeno, calcio y potasio en cultivos de fresa (Fragaria ananassa Deuch cv Albión). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76090>
- Fabiola, A. R., Manuel, R. S. V., & Gerardo, R. G. (2023, January 26). Bioestimulantes en el cultivo de fresa. <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/48996>

- Heiner, V. C. (2020). Alternativas de control agroecológicas de enfermedades fúngicas foliares en el cultivo de fresa (fragaria x ananassa duch), en el municipio de Pamplona, Norte de Santander. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5857>
- Hernández. P., Alonso, M. L., & Antonio, G. F. J. (2022). Efecto de la mezcla de sustratos y las concentraciones de la solución nutritiva en el crecimiento de fresa cv. “frontera”. <https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/48122>
- <https://www.nostoc.es/fertilizante-organico-para-el-cultivo-de-fresa/>
- Hurtado-Salazar, A. (2023). Evaluación del efecto en la producción y calidad que tiene la aplicación de bacterias en el cultivo de fresa (Fragaria sp.) bajo dos sistemas de producción. <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/19444>
- InfoAgro, (s.f.). El cultivo de la fresa. https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp
- Kirschbaum, D. S. (2022). Manejo, recolección y calidad de la fresa. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/12069>
- Kirschbaum, D. S., Quiroga, R. J., Funes, C. F., & Villagra, E. L. (2023, June 1). Strawberry cultivars performance in contrasting cropping conditions in Tucumán (Argentina) = Comportamiento de cultivares de fresa en condiciones de cultivo contrastantes en Tucumán (Argentina). <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/14836>
- LLahuen. Plantas de frutilla Variedad frontera (día corto). https://www.llahuen.com/_files/ugd/97db73_46c86fe0acff430eb4c1db3f0227057e.pdf
- Martínez, B., & Soto, G. (s.f.). Aplicación de consorcios microbianos en la agricultura. Perspectivas de la ciencia y la ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. (pp. 55- 61).
- Maximiliano, M. Y. I. (2024). Tecnificación de riego para fresa (Fragaria × ananassa Duch) en agricultores del valle de Huaral. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6190>

- Meier, U. (2001). Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas. BBCH Monografía. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. chrome-
https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00010425/BBCH-Skala-spanisch.pdf
- Mendivil-Lugo, Cecilia, Nava-Pérez, Eusebio, Armenta-Bojórquez, Adolfo Dagoberto, Ruelas-Ayala, Rey David, & Félix-Herrán, Jaime Alberto. (2020). Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotecnia*, 22(1), 17-23.
<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1120>
- Noceto, P. A., Bettenfeld, P., Boussageon, R., Hériché, M., Sportes, A., van Tuinen, D..... & Wipf, D. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi, a key symbiosis in the development of quality traits in crop production, alone or combined with plant growth-promoting bacteria. *Mycorrhiza*, 31(6), 655-669.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00572-021-01054-1>
- Ochoa, D., & Montoya, A. (2010). Consorcios microbianos: una metáfora biológica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y reflexión*. Vol. 18, No. 2. SCIELO.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-68052010000200004
- Olivera Soto, J. A. (2012). Cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). In *Serie Manual*; n. 01-12. INIA. Estación Experimental Agraria Donoso-Huaral.
- Pacheco. (2023). Efecto de ácidos húmicos y silicio en producción de fresa (*Fragaria* spp.) variedad “Albión” en diferentes concentraciones.
<https://repositorio.uaaan.mx/handle/123456789/49126>
- Paucar. (2022). Evaluación del rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria* sp) en las variedades Albión y Monterrey mediante dos sistemas de producción en el Centro Experimental “San Francisco” cantón Huaca, provincia del Carchi.
<http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1687>

- Probelte, (2020, agosto, 27). Plagas y enfermedades más comunes de la fresa o frutilla.
<https://probelte.com/es/noticias/plagas-y-enfermedades-mas-comunes-de-la-fresa-o-frutilla/>
- PROPAIN, (2020, octubre, 07). Producción de fresa, requerimientos del clima y suelo.
<https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-fresa-requerimientos-de-clima-y-suelo>
- Romero-Romano, C. O., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., & Tobar-Reyes, J. R. (2012). Fertilización orgánica-mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*, 8(3), 41-49.
- Roussos, P. A., Triantafyllidis, A., Kepolas, E., Peppas, P., Piou, A., Zoti, M., & Gasparatos, D. (2022). Effects of Integrated and Organic Management on Strawberry (cv. Camarosa) Plant Growth, Nutrition, Fruit Yield, Quality, Nutraceutical Characteristics, and Soil Fertility Status. *Horticulturae*, 8(2), 184.
<https://www.mdpi.com/2311-7524/8/2/184>
- SAGARPA (2005). Revisión bibliográfica. 4.1 Fresa: Generalidades. (pp. 5- 37).
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/villa_r_r/capitulo4.pdf
- Salas-Arias, K. M., Irías-Mata, A., Santiago, A., Hernández-Moncada, R., Salas-Morgan, B., Villalta-Romero, F., & Calvo-Castro, L. A. (2023). Strawberry *Fragaria x ananassa* cv. Festival: A Polyphenol-Based Phytochemical Characterization in Fruit and Leaf Extracts. *Molecules*, 28(4), 1865.
<https://doi.org/10.3390/molecules28041865>
- SANOSIL, (2020). Enfermedades de la fresa. Prevención y control con Sanosil.
<https://sanosil.es/agricultura-ganaderia/enfermedades-fresa/>
- Sarmiento, J., Amézquita, M., & Mena, L. (2019). Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Revista Scientia Agropecuaria*. Vol. 10, No. 1. SCIELO.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172019000100006

- Soria, L. (2012). Calidad y rendimiento de Fresa Inoculada con Hongos Micorrízicos Arbusculares. Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ciencias. Instituto Tecnológico Nacional.
- Vargas. (2022). “aplicación foliar de fitorreguladores en el rendimiento y la calidad del cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.). en condiciones de macrotúnel.” <http://51.143.95.221/handle/TecNM/5060>
- Villagrán Díaz V. (2012). Morfología y Fisiología. Agrícola Ilahe (pp 19-30) <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7561/NR38766.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Hernández Ramos, Adrián, Valdez Lazalde, José René, Ángeles Pérez, Gregorio, Santos Posadas, Héctor Manuel de los, Hernández Ramos, Jonathan, Peduzzi, Alicia, & Carrero, Omar. (2021). Medición del índice de área foliar y su dinámica estacional en plantaciones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Revista mexicana de ciencias forestales, 12(63), 114-137. Epub 26 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.808>
- Ipek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M., & Sahin, F. (2014). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Pgpr) Increase Yield, Growth And Nutrition Of Strawberry Under High-Calcareous Soil Conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 37(7), 990–1001. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881857>
- Kilic, N., Turemis, N. F., & Dasgan, H. Y. (2021). The effect of fertilizers on crop yield, fruit quality and plant nutrition of organically grown strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(2), 1347–1361. https://doi.org/10.15666/aeer/1902_13471361 (doi.org in Bing).
- Nazik, H. K., & Agah, R. J. (2017). *Effect of chemical, organic and bio fertilization on growth and yield of strawberry plant*. **Research Journal of Agricultural Science**, 9(3), 45–56.

ANEXO 1 FICHA TÉCNICA DE MICORRIZAS

Dando vida al suelo



MicBAL®

Composición:
40 mil propágulos viables de *Glomus Intraradices* y acondicionadores.

Presentación: 750 ml.

¿Qué es el MicBAL?

Es un Biofertilizante (inoculante) en presentación líquida, con una concentración de 40,000 propágulos viables de la micorriza arbuscular *Glomus intraradices*, que se asocia a las raíces de las plantas favoreciendo su desarrollo y nutrición. No contamina el medio ambiente ni causan daño al hombre; hace posible el incremento en rendimiento de los cultivos a un bajo costo y permite sustituir parcialmente el uso de los fertilizantes químicos.

Micorriza *Glomus intraradices*: El término micorriza significa asociación hongo-raíz. Los mayores beneficios de esta asociación son el incremento de los pelos radicales de la raíz y el transporte de nutrimentos a través de las hifas de la micorriza.

Ventajas del MicBAL:

MicBAL es un producto elaborado bajo un estricto control de calidad, totalmente inocuo y aséptico.

- Es de fácil transportación.
- Permite reducir entre un 20 y 30 % la cantidad de fertilizante químico.



Circuito Parque Industrial 252,
Morelia, Michoacán, México.



info@cosustenta.com



+52 (443) 520-4951

www.biosustenta.com.mx

Dando vida al suelo

FORMA Y DOSIS DE APLICACIÓN

CULTIVO	DOSIS	PROCEDIMIENTO
MAÍZ Y SORGO	Inocular la semilla con 1 bote de MicBAL/ ha.	Agitar y aplicar asperjado a la semilla.
TRIGO, CEBADA Y AVENA	Inocular la semilla con 1 bote de MicBAL por cada 60 kg. de semilla.	Agitar y aplicar asperjado a la semilla.
FRUTALES (AGUACATE, LIMÓN, MANGO, GUAYABA, PLÁTANO, ENTRE OTROS)	3 botes de MicBAL en árboles en desarrollo y 5 en producción.	Agitar y aplicar con el riego o directo al cajete en la zona de goteo.
HORTALIZAS	1 bote de MicBAL y aplicar a la plántula al momento del trasplante. Al cultivo aplicar otro bote a los 15 días de plantado o en el 1º riego.	Agitar y aplicar en el riego.
CAFÉ	Vivero: 1 bote por cada 2,000 plantas. Plantación en desarrollo 1 bote/ha. En producción 2 botes/ha.	Agitar y aplicar con el riego o directo al cajete en la zona de goteo.

RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE MicBAL

- No exponerlo a los rayos ultravioleta del sol
- Evitar el contacto directo con productos químicos
- El almacenamiento debe ser en lugar fresco y seco.
- En frutales aplicar en la zona de goteo diluido en 10 a 20 litros por árbol. En plátano de 1.5 a 2 lt por planta.
- La aplicación mediante el sistema de riego favorece su incorporación.

 Circuito Parque Industrial 252,
Morelia, Michoacán, México.

 info@cosustenta.com

 +52 (443) 520-4951

 www.biosustenta.com.mx

ANEXO 2 FICHA TECNICA DEL TRICHODERMA

BIOASA		Biomanejo Integral Orgánico Sustentable para la Agricultura SPR DE RL de C.V. Mario Andrade Andrade No. 10 Col. San Juan de Dios, Los Reyes, Michoacán Tel: (354) 542 5888; E-mail: biosa120131@gmail.com		BIOASUS Organismo sano y fuerte mejor	
HOJA TÉCNICA REVISADO NOVIEMBRE 2023					
Trichoderma harzianum					
Fungicida microbial - inoculante / polvo					
INGREDIENTE ACTIVO:		% EN PESO			
<i>Trichoderma harzianum</i>		6%			
Equivalente a 60 g de I.A. / Kg. de producto comercial					
Contiene no menos de 4×10^9 UFC/gramo					
INGREDIENTES ADITIVO					
Arroz		94.0%			
TOTAL		100.0%			
TITULAR DEL REGISTRO, ELABORADO Y DISTRIBUIDO EN MÉXICO POR:					
BIOASA SPR DE RL de C.V. Biomanejo Integral Orgánico Sustentable para la Agricultura SPR DE RL de C.V. Mario Andrade Andrade No. 10 Col. San Juan de Dios, Los Reyes, Michoacán Tel: (354) 542 5888; E-mail: biosa120131@gmail.com					
"INSTRUCCIONES DE USO"					
El hongo <i>Trichoderma harzianum</i> al ser aplicado al suelo tiene varios efectos sobre su calidad, una de sus características es que crece y coloniza rápido el suelo degradando celulosa y ligninas de materiales orgánicos esto contribuye en el proceso de formación de materia orgánica en nutrientes solubles y humus, incrementa la eficiencia de los fertilizantes, la capacidad de retención de agua y disminuye la lixiviación de nitratos, además que estimula el desarrollo radicular de la planta y a su vez quita espacio a Fitopatógenos protegiendo la raíz					

cultivo	Plaga	Dosis Ha	Observaciones
Aguacate	Tristeza del aguacatero <i>Phytophthora cinnamomi</i> Pudrición de raíz y cuello <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	1 a 2 litros por hectárea	Realizar tres aplicaciones a intervalos de 28 días en un volumen de agua de 500 a 1000 L.ha-1 en drench en la zona de goteo del árbol. La primera posterior a un riego o después del trasplante y la segunda a los 28 días y la tercera a los 56 después del trasplante o al inicio de las lluvias en un volumen de aplicación de 1000 L.ha-1
Fresa Frambuesa Zarzamora Arándano (sin límite)	Pudrición de raíz y cuello <i>Phytophthora fragariae</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> F. <i>oxysporum</i> f sp. <i>Mori</i>	1 a 2 litros por hectárea	Realizar cuatro aplicaciones a intervalos de 7 días, en un volumen de agua de 400 a 600 Lt/Ha. o Cuando existan las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de la enfermedad

Características generales

Clasificación: inoculante y fungicida

Solubilidad: 100% soluble en agua

Uso: Agrícola

Pureza: 90%

Aspecto: Polvo humectable

Viabilidad: 90% entre 12 y 24 hrs

Color: Verde pálido

Concentración: Contiene no menos de 4×10^9 UFC/gramo

Solubilidad: 100% soluble en agua

Presentación

Dosis en bolsa trilaminada de 300 GRS.

ANEXO 3 FICHA TECNICA DE AZOSPIRILLUM



Biomanejo Integral Orgánico Sustentable para la Agricultura SPR DE RL de C.V
Mario Andrade Andrade No. 10 Col. San Juan de Dios, Los Reyes, Michoacán
Tel: (354) 542 5888; E-mail: biosa120131@gmail.com



HOJA TÉCNICA

FICHA TECNICA REVISIÓN NOVIEMBRE 2023

Azospirillum Brasilense

Coadyuvante de la fertilidad – suspensión concentrada

COMPOSICION PORCENTUAL TOTAL

INGREDIENTE ACTIVO:	% EN PESO
<i>Azospirillum Brasilense</i>	1%
Equivalente a 10 g de i.a / L de producto comercial.	
Contiene no menos de 5×10^{12} UFC/ml	
INGREDIENTES INERTES:	
Agua	99.0%
TOTAL	100.0%

TITULAR DEL REGISTRO, ELABORADO Y DISTRIBUIDO EN MÉXICO POR:

BIOASA SPR DE RL de C.V.
Biomanejo Integral Orgánico Sustentable
para la Agricultura SPR DE RL de C.V
Mario Andrade Andrade No. 10
Col. San Juan de Dios,
Los Reyes, Michoacán
Tel: (354) 542 5888;
E-mail: biosa120131@gmail.com

"INSTRUCCIONES DE USO"

Inoculante biológico formulado con ***Azospirillum Brasilense***, que actúa mejorando el suelo agrícola, el cual toma el nitrógeno atmosférico lo reduce a amonio y es incorporado en la biomasa y se convierte en la fuente principal de nitrógeno para la planta, este proceso es llevado por la enzima nitrogenasa tomando en cuenta esto, se reduce el uso considerable de fertilizantes nitrogenados de origen químico.

CULTIVO	DOSIS L.ha ⁻¹	OBSERVACIONES
Aguacate (sin límite)	1-2 1-2	Realizar tres aplicaciones a intervalos de 28 días en un volumen de agua de 500 a 1000 L/Ha en drench en la zona de goteo del árbol. La primera posterior a un riego o después del trasplante y la segunda a los 28 días y la tercera a los 56 después del trasplante o al inicio de las lluvias en un volumen de aplicación de 1000 L/Ha .
Fresa Frambuesa Zarzamora Arándano (sin límite)	1-2 1-2	Realizar las aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo con intervalo de aplicación de 12 días. en un volumen de agua de 500 a 1000 L/Ha .
Chile Jitomate Papa Berengena (sin límite)	1-2	Realizar las aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo con intervalo de aplicación de 12 días. En un volumen de agua de 1000 L/Ha en drench o vía sistema de riego.

Características generales

Clasificación: coadyuvante de la fertilidad

Solubilidad: 100% soluble en agua

Pureza: 90%

Uso: Agrícola

Viabilidad: 90% entre 12 y 24 hrs

Aspecto: líquido

Concentración: Contiene no menos de 1x10¹² UFC/libro

Color: semi transparente

Presentación

1, 5 y 20 litros

Método para preparar y aplicar el producto

Con el equipo de protección puesto, abra con el debido cuidado el envase girando la tapa en sentido contrario a las manecillas del reloj, procurando no tirar o entrar en contacto directo con el producto, retire con cuidado el sello de seguridad y vierta el producto en el interior del tanque de aplicación o en un recipiente, agregue agua hasta la mitad de su capacidad, vierta lentamente la cantidad indicada del producto,