

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Impacto de la Aplicación de Maltodextrina y Nanopartículas de Óxido de Zinc en Plantas de Fresa (*Fragaria x ananassa*).

Por:

KENDY SARAI PÉREZ ROSALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre, 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Impacto de la Aplicación de Maltodextrina y Nanopartículas de Óxido de Zinc en
Plantas de Fresa (*Fragaria x ananassa*).

Por:

KENDY SARAI PÉREZ ROSALES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

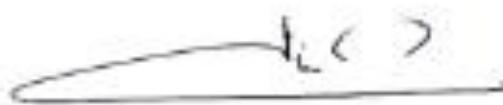
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Daniela Alvarado Camarillo

Asesor Principal



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Coasesor



MC. Etalberto Cortez Quevedo

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2022.



Derechos de Autor y Declaración de no plagio.

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente.

Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor. Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal



Kendy Sarai Pérez Rosales

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la vida y todo lo necesario para vivirla plenamente.

A mi alma mater

Por ser mi segundo hogar, donde forjé mis conocimientos y crecí tanto profesional como personalmente.

A mis asesores de tesis

Dr. Daniela Alvarado Camarillo, Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar y MC. Etelberto Cortez Quevedo. Por su tiempo, paciencia y confianza.

Por impartirme sus conocimientos y ser grandes mentores.

A mis padres

Ni todas las palabras del mundo me alcanzarían para describir lo infinitamente agradecida que estoy con ustedes, por confiar, creer en mí, por su amor infinito y por permitirme llegar a ser alguien en la vida.

“La semilla que sembraron hace tiempo ha germinado y espera rendirles el mejor de los frutos”.

DEDICATORIA

A mi abuelita Victoria B.Z. (†)

Tus consejos y cariño influyeron en mi vida más de lo que llegaste a imaginar. Te amo infinitamente y te recuerdo con el corazón.

Aquí entrego este logro por el que juntas esperábamos.

A mis padres Sr. Elías Pérez Ramos y Sra. Maricela Rosales Barrera

A ustedes quienes han apostado por mí incluso más de lo que yo misma lo he hecho, quienes me han dado una buena educación y amor puro, quienes siempre han estado para mí en todo momento, quienes han sido el pilar más fuerte en mi vida.

A ustedes con todo mi amor, respeto y gratitud, esto es de todos.

¡Lo logramos!

A mi hermano Edwin Uriel Pérez Rosales

Con quien me toco compartir el columpio de la vida para llegar hasta esta meta, fuiste parte de esto.

A mis tías, tíos y primos

Quienes con sus consejos, cariño y alegrías me alentaron para llegar hasta aquí.

A mi abuelito Cristino R.G. (†)

Quien se encargó de darme buenos momentos en mi niñez.

A mis amigos

Anel Montiel, Silvia Uñate, Jessica Vargas, Yatzeli Díaz, Mónica Aguilar, con quienes compartí grandes momentos dentro y fuera de la universidad.

Los momentos compartidos, el apoyo, las risas y alegrías, por siempre los atesorare.

INDICE

INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
II. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
III. HIPOTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Generalidades del cultivo.....	5
4.1.1. Origen.....	5
4.1.2. Descripción botánica	5
4.1.3. Clasificación taxonómica de la fresa.....	6
4.2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo	7
4.2.1. Tipo de suelo y requerimientos nutricionales	7
4.2.2. Fotoperiodo	7
4.2.3. Temperatura.....	8
4.2.4. pH y CE	8
4.3. La nanotecnología en la agricultura.....	8
4.4. Bioestimulantes en la agricultura	9
4.5. Tipos de bioestimulantes en la agricultura.....	9
4.5.1. Ácidos húmicos y fúlvicos.....	10
4.5.2. Extractos de algas botánicas.....	10
4.5.3. Chitosan y otros biopolímeros	10
4.5.4. Compuestos inorgánicos	11

4.5.5.	Hongos benéficos.....	11
4.5.6.	Maltodextrina	12
4.5.7.	Nanopartículas de Zinc.....	12
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1.	Ubicación del experimento.....	14
5.2.	Material vegetativo utilizado.....	14
5.3.	Preparación del sustrato utilizado	15
5.4.	Trasplante.....	15
5.5.	Riego	15
5.6.	Nutrición.....	16
5.7.	Selección de tratamientos.....	18
5.8.	Forma de aplicación de los tratamientos	18
5.9.	Manejo agronómico del cultivo	19
5.9.1.	Podas realizadas	19
5.10.	Muestreo de sustrato para determinar pH y CE.....	20
5.11.	Control de temperatura y humedad	20
5.12.	Control de plagas y enfermedades	21
5.13.	Cosecha.....	22
5.14.	VARIABLES EVALUADAS	22
5.14.1.	VARIABLES DE CALIDAD DE FRUTO	22
5.14.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO:.....	22
5.14.3.	VARIABLES NUTRIMENTALES:	22
5.14.4.	VARIABLES AGRONÓMICAS:	23
5.15.	Diseño experimental	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24

6.1.	VARIABLES DE CALIDAD DE FRUTO	24
6.1.1.	Longitud y Diámetro de fruto	24
6.1.2.	Firmeza y °Brix de frutos	25
6.1.3.	Calidad visual	26
6.2.	VARIABLES DE RENDIMIENTO	27
6.2.1.	Rendimiento y Número de frutos	27
6.3.	VARIABLES NUTRIMENTALES	28
6.3.1.	Concentración nutrimental en frutos de fresa	28
6.3.2.	Concentración del balance nutrimental en el extracto de frutos en fresa	29
6.4.	VARIABLES AGRONÓMICAS	30
6.4.1.	Tamaño de la hoja, Peso fresco y Número de coronas	30
VII.	CONCLUSIÓN	32
VIII.	LITERATURA CITADA	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de la Maltodextrina.	12
Cuadro 2. Solución de Steiner al 25%	16
Cuadro 3. Solución de Steiner al 50%	17
Cuadro 4. Solución de Steiner al 75%	17
Cuadro 5. Tratamientos aplicados para determinar su efecto sobre las plantas de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) mediante su aplicación de forma foliar.	18
Cuadro 6. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre la longitud y diámetro de frutos de fresa.	25
Cuadro 7. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre algunas variable de calidad de los frutos en fresa.	26
Cuadro 8. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre el rendimiento y numero de frutos en fresa.	28
Cuadro 9. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre la concentración nutrimental en el extracto en frutos de fresa.	29
Cuadro 10. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (ZnO-NP) sobre el balance nutrimental en el extracto de frutos en fresa.	30
Cuadro 11. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre el largo y ancho de la hoja, peso fresco y número de coronas.....	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernadero dos de Ornamentales, Dpto. de Horticultura UAAAN.....	14
Figura 2. Medidores de CE y pH.....	20
Figura 3. Calidad visual de frutos de fresa en respuesta la interacción entre la concentración de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) aplicadas foliarmente.	27

RESUMEN

La nanotecnología y el uso de bioestimulantes en la agricultura surgen como una alternativa hacia una agricultura sustentable, debido a sus bajas cantidades de aplicación y su excelente respuesta como nanofertilizantes en el aumento de la calidad y rendimiento de los cultivos. Se ha demostrado que las Nanopartículas son capaces de estimular favorablemente respuestas fisiológicas y bioquímicas en las plantas. Con el fin de poder disminuir el uso de insumos agrícolas que resultan tener un impacto negativo para los ecosistemas, obtener cultivos con buenos rendimientos y alimentos de calidad, en esta investigación se planteó evaluar, los efectos del uso de bioestimulantes empleados de manera foliar.

El experimento tuvo lugar en el invernadero del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

Se aplicaron diferentes tratamientos, los cuáles fueron: Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) 1000, 20000 y 3000 ppm y Maltodextrina (MDX) 1500, 3000 y 4500 ppm en el cultivo de la fresa variedad San Andreas se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar, con un total de 7 bloques y 16 tratamientos, los resultados fueron analizados con el paquete estadístico SAS Studio con prueba de media DMS (LSD) ≤ 0.05 .

Las aplicaciones se realizaron a los 45 días después del trasplante. Las variables evaluadas fueron: número de frutos por planta, longitud del fruto, diámetro del fruto, calidad visual, °Brix, firmeza del fruto, ancho de hojas, peso fresco, número de coronas. La aplicación de MDX a concentraciones de 3000 y 4500 ppm arrojó en cuanto a frutos un mayor rendimiento, número y calidad visual, aunque los frutos tendieron a presentar una menor longitud y diámetro; sin embargo, en cuanto a la firmeza y °Brix fueron favorecidos con 1500 ppm. Lo anterior no estuvo asociado con la concentración de N, Ca y K en los frutos.

Palabras clave: Bioestimulantes, Nanopartículas de óxido de zinc, Maltodextrina, Nanotecnología, Fresa (*Fragaria x ananassa*).

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la fresa tiene un alto valor económico en México, siendo este país uno de los principales productores y exportadores a nivel mundial, el cual junto con China y Estados Unidos de América aportan el 59% de la producción total en el mundo (FAOSTAT, 2020). Dentro de los principales estados productores a nivel nacional se encuentran: Michoacán con 329, 184 t (59%), Baja California con 105, 403 t (19.1%) y Guanajuato con 97, 499 t (17.4%), constituyendo en conjunto el 95.5% de la producción nacional (SIAP, 2021).

La fresa es un cultivo que puede ser producido a campo abierto o invernadero manejando sistemas de producción convencionales u orgánicos dentro de los cuales se emplean tecnologías como macro y micro túneles e hidroponía (Salazar *et al.*, 2017) haciendo posible un mejor manejo y control de diversos factores como lo son temperatura, resistencia a plagas y enfermedades y manejo del cultivo, lo cual permite que existan mejores rendimientos y calidad del producto (Rocha, 2014).

Esta frutilla posee una excelente apariencia física lo cual hace que sea bien aceptada en el mercado, además de ser muy apreciada por el consumidor debido a su extenso valor nutricional, dentro del cual contiene una gran cantidad de sustancias minerales, ácidos orgánicos, antioxidantes, azúcares, vitamina C y ácido fólico entre otros nutrimentos que ayudan a disminuir el colesterol, fortalecer el sistema inmunológico y a prevenir enfermedades cardiovasculares y degenerativas como el cáncer, entre otras (Terrones *et al.*, 2022).

En base a esto en los últimos años se ha hablado sobre una producción más limpia, puesto que el mercado tanto nacional como internacional ha aumentado las exigencias en cuanto a la inocuidad y calidad de los productos alimenticios, así como el aumento de sus propiedades nutricionales. Es por esto que se han venido buscando nuevas propuestas en la producción de los alimentos que permiten el uso de nuevas tecnologías en la agricultura para lograr dichos objetivos, dentro de las cuales se mencionan el uso de bioestimulantes y la nanotecnología como una alternativa de agricultura sustentable (Rivera *et al.*, 2021). La aplicación de la nanotecnología en la agricultura puede mejorar significativamente la eficiencia de

los insumos agrícolas reduciendo el uso de estos y tal como lo mencionan Pratap *et al.* (2021) promete mantener la sustentabilidad de los ecosistemas a través de las nanopartículas. Una de estas nanopartículas emergentes es la nanopartícula de zinc la cual se han usado en bajas concentraciones y ha demostrado que puede promover mayor crecimiento en las plantas, además de promover la germinación y estimular respuestas fisiológicas y bioquímicas en los cultivos (Lira *et al.*, 2018).

Los bioestimulantes son definidos por el Consejo Europeo de la Industria de Bioestimulantes (EBIC, 2012) como sustancias que contienen microorganismos cuya función cuando son aplicados a las plantas es estimular los procesos naturales para mejorar la absorción de nutrientes, así como su eficiencia, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los cultivos., como la Maltodextrina que ha demostrado incluso aumentar los rendimientos de los cultivos y la calidad en los frutos (Pérez *et al.*, 2021).

Buscando alternativas para mejorar la calidad de los productos empleando niveles bajos de insumos y así mantener una buena relación con el ecosistema, se planteó este estudio para evaluar el efecto de la Maltodextrina (MDX) y las Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) y la interacción entre ambas en el rendimiento y calidad del cultivo de la fresa.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar los efectos de la MDX como un bioestimulante orgánico y de NP ZnO en la producción del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad San Andreas.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la dosis adecuada de concentración de la MDX o NP ZnO en el crecimiento y rendimiento en las plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad San Andreas.
- Determinar los efectos de MDX Y NP ZnO en la calidad comercial del fruto de fresa.
- Determinar el efecto de la interacción de MDX y NP ZnO en el crecimiento y calidad del fruto de fresa.

III. HIPOTESIS

La aplicación de la MDX como bioestimulante y la aplicación de las NP ZnO y su interacción presentan una respuesta positiva en la planta de la fresa, durante su desarrollo y calidad de fruto, dando como resultado mejores rendimientos, calidad del producto y buen desarrollo de la planta.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades del cultivo

4.1.1. Origen

El origen del cultivo de la fresa data al siglo XVII y aunque con anterioridad ya venía siendo producida y utilizada con fines ornamentales, fue hasta este siglo que comenzó a ser cultivada como alimento. Fue por la polinización cruzada de dos especies silvestres *Fragaria virginiana* (Estados Unidos) y *Fragaria chiloensis* (Chile), las cuales fueron previamente traídas de América del Norte y del Sur a Francia, dando como resultado a una nueva variedad denominada *Fragaria x ananassa*, la cual fue rápidamente reconocida por sus deseables características morfológicas y frutales, las cuales la llevaron a su reproducción (Davis *et al.*, 2007).

4.1.2. Descripción botánica

La planta de fresa es considerada de tipo herbáceo y perenne (Zaragoza, 2013), sin embargo, Flórez-Mora, (2010) mencionan que la fresa realmente es una planta leñosa pues se le atribuyen características fisiológicas correspondientes a los árboles y arbustos caducifolios.

Zaragoza (2013) describe las características morfológicas de la planta de fresa de la siguiente forma:

- Sistema radicular: fasciculado y muy superficial, se compone de raíces y raicillas.
- Tallo: eje corto de forma cónica denominado corona.
- Hojas: son trifoliadas con folíolos redondos presentando borde dentado, presentan un pedúnculo largo y pubescente, aparecen en forma de roseta y van insertadas en la corona.
- Estolones: son unas ramas muy flexibles que brotan del rizoma y pueden ser usados para su reproducción de forma asexual.
- Inflorescencias: se desarrollan a partir de una yema terminal de la corona, o de yemas axilares que provienen de la hoja, su ramificación puede ser basal o distal.

- Flor: está conformada por dos cálices y una corola, contiene de 5 a 6 pétalos de color blanco, de 20 a 35 estambres y cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso.
- Gineceo: es constituido por varios pistilos los cuales son insertados en forma de espirales por receptáculos, llamadas así a las partes terminales de los pedúnculos.
- Androceo: está compuesto por varios estambres filamentosos y cortos.
- Fruto: de tipo aquenio. La fecundación de los pistilos y el desarrollo de los aquenios distribuidos sobre el receptáculo estimula el crecimiento y la coloración de éste, creándose así el conocido fruto de la fresa.

4.1.3. Clasificación taxonómica de la fresa

Superreino:	Eukaryota
Reino:	Plantea
Subreino:	Embryobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Potentilleae
Subtribu:	Fragariinae
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	<i>F. ananassa</i>

(Menéndez, 2007)

4.2. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

4.2.1. Tipo de suelo y requerimientos nutricionales

Es importante saber que este cultivo es sensible a la alta concentración de sales (Baixauli-Aguilar, 2002). Los suelos ideales para el cultivo de la fresa son los arcillo-limosos y los franco-arcillosos, cuya composición según el ICAMEX (2017) se encuentre dentro de los siguientes parámetros:

Materia orgánica	4-6%
Nitrógeno asimilable	100 – 120 ppm
Fósforo (P ₂ O ₅)	20 – 30 ppm
Potasio (K ₂ O)	120 – 180 ppm
Calcio (Ca)	1000 – 1500 ppm
Magnesio (Mg)	150 – 200 ppm
Sulfatos (SO ₄)	100 – 200 ppm
Cloruros (Cl)	-20 ppm
Sodio (Na)	-100 ppm
Manganeso (Mn)	4 ppm
Hierro (Fe)	10 ppm
Zinc (Zn)	3 ppm
Boro (B)	2 ppm
Cobre (Cu)	1 ppm

4.2.2. Fotoperiodo

El fotoperiodo determina la inducción a la floración, su comportamiento productivo y la distribución de las variedades de acuerdo a sus necesidades en base a éste, y según Hernández (2017) de acuerdo al fotoperiodo la fresa puede clasificarse en tres formas: de día corto, de día neutro y de día largo. Las variedades de día corto florecen cuando hay menos de 12 horas luz durante el día, las variedades de día largo florecen cuando existen más de 12 horas luz durante el día, sin en cambio las variedades de día neutro florecen sin importar las horas luz existentes durante el día (Larson, 2000).

4.2.3. Temperatura

Durante el reposo vegetativo, la fresa es un cultivo que puede aguantar temperaturas de hasta 2°C, los órganos florales quedan destruidos a temperaturas de 0°C, necesita acumulación de horas frío por debajo de los 7°C para el rompimiento de latencia de las yemas, los valores óptimos para una correcta fructificación va de los 15°C a los 20°C (Rocha, 2014). Temperaturas inferiores a los 12°C durante el cuajado del fruto resulta en una mala calidad de este provocando su deformidad (Ramos, 2011).

4.2.4. pH y CE

Esta planta es tolerante a un amplio intervalo de pH en el suelo, sin embargo, el pH óptimo para su desarrollo se encuentra de 6 a 6.5. En general, una conductividad eléctrica de 2.0 a 3.0 mS cm⁻¹ asegura un buen rendimiento y fruta de buena calidad (Morgan, 2002).

4.3. La nanotecnología en la agricultura

Las nanopartículas son partículas muy pequeñas de la materia, su diámetro mide de 1-100 nm, pueden ser sintetizadas por distintos métodos físicos, químicos o biológicos y poseen propiedades fisicoquímicas únicas bastante diferentes a las de la misma materia con mayor tamaño (Zulfiqar y Ashraf, 2021).

La aplicación de la nanotecnología en la agricultura promete un eficiente crecimiento vegetal en plantas de lento crecimiento y productos de protección ante los fertilizantes de uso común, pesticidas, tratamientos de cobertura para las semillas, sistemas mejorados de detección de patógenos y sistemas de producción mejorados. La nanotecnología en la agricultura hace posible los avances de la tecnología empleados en los mecanismos de producción y tiene como objetivo promover el crecimiento económico y salvaguardar el medio ambiente (Bathia *et al.*, 2021).

La nanotecnología surge como una salvación hacia una agricultura más sustentable, sus técnicas hacen que mejore el rendimiento y la calidad de los cultivos y al mismo tiempo reducen el impacto de las enfermedades que los rodean,

ante esta situación la nanotecnología se convierte en una mejor opción para los agricultores sobre técnicas convencionales, las cuales demandan cantidades muy grandes de fertilizantes que no son 100% aprovechados por la planta, así como de pesticidas que en conjunto tienen un efecto nocivo sobre la biodiversidad, la fertilidad del suelo y los ecosistemas (Hazarika *et al.*, 2022).

4.4. Bioestimulantes en la agricultura

Hoy en día la agricultura se encuentra en crisis debido a los altos costos de producción que esta demanda, como lo son, altos porcentajes de fertilizantes químicos utilizados y pesticidas empleados, que además de presentar un precio elevado se manipulan de una manera irracional, es por esto que se despierta el interés hacia una agricultura más sostenible y empática con el planeta, es así como se han estudiado y encontrado nuevas alternativas que sean más eficientes (García y Hadavi, 2016), y como lo mencionan Colla y Rouphael (2015) una solución promisorio a estos obstáculos que se presentan sería el uso de bioestimulantes naturales extraídos de plantas que mejoran la producción.

Kauffman *et al.*, (2007) describen a los bioestimulantes como materiales que son distintos a los fertilizantes, que al ser aplicados en cantidades mínimas promueven el desarrollo de las plantas y además tienen el objetivo de mejorar la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y mejorar la calidad de los cultivos (Du Jardín, 2015).

La aplicación y uso de los bioestimulantes de origen vegetal en los cultivos hortícolas se ha visto en aumento debido a la economía y las ventajas ambientales y biológicas que poseen, puesto que han sido capaces de mejorar la calidad de los cultivos sin necesidad de usar grandes cantidades de insumos agrícolas (Zulfiqar *et al.*, 2020).

4.5. Tipos de bioestimulantes en la agricultura

Du Jardín (2012) presenta una categoría de los bioestimulantes que a continuación se describe:

4.5.1. Ácidos húmicos y fúlvicos

Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas resultantes de la descomposición de la materia orgánica donde también interviene la actividad metabólica de la microbiota del suelo que está en contacto con esta materia (Du Jardín, 2015). Estos tienen gran influencia en la fertilidad del suelo puesto que contribuyen de manera positiva a su mantenimiento y estabilidad, intervienen también a la absorción de nutrientes en la planta, resultando así en un óptimo crecimiento y buen desarrollo de planta (Noboa, 2019).

Ambos tipos de moléculas orgánicas son de suma importancia, debido a que aportan grandes beneficios al suelo, mejorando sus propiedades tanto físicas como químicas, puesto que evitan su compactación, aumentan su capacidad de retención de agua, estimulan la proliferación de la flora y hasta aumentan la velocidad de germinación de las semillas (Melo, 2006).

4.5.2. Extractos de algas botánicas

Existen reportes del uso de algas marinas como fuente de materia orgánica en la agricultura desde hace mucho tiempo atrás, sin embargo, sus propiedades y efectos como bioestimulantes se han descubierto recientemente, impulsando el uso de extractos provenientes de estas, como lo son: los polisacáridos laminarina, alginatos y carragenanos (Khan *et al.*, 2009). Su aplicación puede ser de manera foliar, en soluciones hidropónicas o bien de forma directa al suelo, beneficiándolo a manera que aumenta su capacidad de retención de agua creando geles y contribuyendo de igual forma a una buena aireación y en las plantas las algas marinas actúan como fertilizantes dando como resultado un buen crecimiento y desarrollo (Du Jardín, 2015), y también se le han atribuido efectos de anti estrés (Brown y Saa. 2015).

4.5.3. Chitosan y otros biopolímeros

El quitosán proviene del biopolímero quitina, sus efectos están relacionados a su capacidad adherible a los componentes celulares como la membrana plasmática, la pared celular y hasta el ADN y también su capacidad para unirse a receptores específicos involucrados en la activación de genes de defensa y de manera similar a los elicitores de defensa de la planta (Katiyar *et al.*, 2015).

Su introducción a la agricultura principalmente buscaba evadir problemas relacionados con patógenos fúngicos, sin embargo, se le ha atribuido buena respuesta al estrés abiótico como la sequía, salinidad y estrés por frío (Du Jardín, 2015).

4.5.4. Compuestos inorgánicos

Los compuestos químicos beneficiosos son aquellos que promueven en la planta un buen crecimiento y desarrollo y que pueden llegar a ser indispensables para algunos grupos vegetales, sin embargo, pueden no serlo para todas las plantas (Pilon *et al.*, 2009). Existen cinco principales compuestos beneficiosos los cuales son: Al (Aluminio), Co (Cobalto), Na (Sodio), Se (Selenio) y Si (Silicio), los cuales se encuentran presentes en los suelos y en las plantas como sales inorgánicas y como formas insolubles (Du Jardín, 2015).

Dentro de los principales efectos de los compuestos beneficiosos se encuentran el reforzamiento de las paredes celulares, osmoregulación, reducción de la transpiración, regulación térmica, actividad enzimática, nutrición de la planta, protección antioxidante, la respuesta a los patógenos, protección contra la toxicidad de metales pesados, síntesis y señalización de hormonas vegetales (Pilon *et al.*, 2009), aunque también se han utilizado como fungicidas (Deliopoulos *et al.*, 2010).

4.5.5. Hongos benéficos

Los hongos interactúan directamente con las raíces de las plantas creando una simbiosis beneficiándose mutuamente (Behie y Bidochka, 2014). Las micorrizas son un grupo de hongos que establecen una simbiosis de amplia gama llegando al 90% de todas las especies vegetales, es así como se despertó el interés de uso de las micorrizas en busca de una agricultura sostenible dado a sus beneficios en la planta como bioestimulante (Du Jardín, 2015).

Behie y Bidochka (2014) también nombran a otros hongos endófitos distintos a las micorrizas, dentro de los cuales se encuentran las *Trichoderma* spp. y *Sebacinales*, las cuales son capaces de vivir parte de su ciclo de vida lejos de la planta, colonizar las raíces y transmitir nutrientes a sus huéspedes mediante mecanismos que aún no se han descubierto del todo. Dado a los beneficios que los hongos endófitos

complementan en la planta relacionados con otros compuestos se puede denominar a estos compuestos como bioestimulantes (Colla *et al.*, 2015).

4.5.6. Maltodextrina

La Maltodextrina es un polisacárido que se obtiene mediante la hidrólisis del almidón en proceso enzimático y aunque es procesado, es de origen natural, mantiene un equivalente de Dextrosa menor a 20%; generalmente es extraída del maíz, el trigo, la cebada, del almidón de la papa y de la yuca (Estrada *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Composición de la Maltodextrina.

Composición	Valor (%)
Dextrosa	1 %
Maltosa	3%
Triosas y Polisacáridos	96%
Estado	Sólido
Color	Blanco

(Moitre, 2018)

Tal como se describe la Maltodextrina está mayormente formada por polisacáridos, los cuales tienen el papel como sustancias de reserva y de soporte estructural fundamentalmente en las plantas, además de que cumplen funciones más especializadas, tales como el reconocimiento y adhesión en células eucariontes, señalización y activación de procesos de resistencia en plantas, formación de biopelículas en microorganismos, entre otras, que influyen de manera positiva dentro de la planta (Goycoolea *et al.*, 2009).

4.5.7. Nanopartículas de Zinc

El Zinc es un micronutriente vital para las plantas, participa en cuantiosas funciones que resultan ser fundamentales para la célula y se ve involucrado en el funcionamiento de la señalización intracelular e intercelular y transcripción del ADN (Sturikova *et al.*, 2018). Las nanopartículas de zinc se consideran óxidos metálicos vitales y en la planta cumplen con varios roles fundamentales, se ha demostrado

que su aplicación mejora las características morfológicas y fisiológicas en condiciones normales y de estrés, incluido el causado por la salinidad; es por esto que las nanopartículas de óxido de Zinc se promueven como una solución para mejorar el estrés ambiental severo (Zulficar y Ashfrad, 2021).

Las aplicaciones de nanopartículas de óxido de Zinc han demostrado mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos alimentarios, así como sus características fisiológicas (Sabir *et al.*, 2014). Tal como lo señalan Zulficar y Ashfrad (2021), dichas mejoras se encuentran relacionadas con el incremento en la capacidad de retención de agua y nutrientes, aumento de nutrientes, eficiencia de uso, fotosíntesis y actividades antioxidantes y enzimáticas en la planta, además de que constituyen un eficaz agente microbiano (Hazarika *et al.*, 2022).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del experimento

El experimento que se realizó tuvo lugar en terrenos de ubicado en los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Con su ubicación de 25°23'36'' longitud Norte y 101°00'02'' longitud Oeste, en Buenavista, siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, capital del estado de Coahuila. El espacio que se utilizó fue en las instalaciones del invernadero 2 del departamento de horticultura. El experimento tuvo inicio en el mes de marzo 2021.



Figura 1. Invernadero dos de Ornamentales, Dpto. de Horticultura UAAAN. Extraída de Google Earth, Julio 2022.

5.2. Material vegetativo utilizado

Se utilizaron plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) a raíz desnuda de la variedad San Andreas, la cual es caracterizada por ser una variedad de día neutro, lo cual significa que el fotoperiodo o bien las horas luz no alteran su producción. La mitad de las plantas utilizadas fueron de baja elevación las cuales provenían de la empresa Crown Nursery y la otra mitad fueron de alta elevación las cuales provenían de la empresa Planassa, ambas empresas ubicadas en California, EUA.

5.3. Preparación del sustrato utilizado

Se utilizó fibra de coco como sustrato, antes de su utilización se le realizaron pruebas para determinar su conductividad eléctrica (CE) las cuales arrojaron un nivel alto teniendo más de 1500 dS/m, fue así como se determinó realizar lavados de sustrato para que el nivel de CE bajara y la planta no se viera afectada por estos niveles tan altos que el sustrato presentaba.

Se realizaron tres lavados al sustrato con agua de la llave, la cual sostenía un nivel de 800 dS/cm, en cada lavado el nivel de CE bajaba y era hasta el tercer lavado del sustrato en el cual el nivel de dS/m emparejaba con el del agua, dando a entender así que el sustrato se encontraba apto para su uso.

Después de tres días de trasplante, se presentó un problema de anclaje de raíz puesto que al ser un sustrato de gran textura no lograba sostener a la raíz de la planta haciendo que en los riegos esta quedara expuesta. Debido a esta situación se planteó agregar partículas finas para dar cuerpo a la estructura del sustrato y así se optó por mezclar 1 L de polvo de coco a cada maceta.

5.4. Trasplante

El trasplante de la raíz desnuda se realizó en bolsas de polietileno de color negro o también conocidas como bolsas de vivero con una capacidad de 4 L⁻¹, cada bolsa fue rellena con sustrato previamente lavado, el trasplante tuvo lugar en el mes de marzo 2021.

5.5. Riego

La cantidad de agua de riego fue determinada por la etapa fenológica de la planta. Para determinar la humedad en el sustrato se utilizó un lisímetro de succión o también conocido como chupatubos, el cual era el indicador de la necesidad de riego en la planta.

Desde el trasplante hasta la floración se repitió el patrón de los riegos, siendo dos riegos de 1 L⁻¹ de agua cada tercer día y un tercer riego de 1 L⁻¹ de agua con pH de 6, esto con el fin de evitar que los residuos de las sales fertilizantes se quedaran en

el sustrato haciendo que sus niveles de pH y CE subieran y tuvieran repercusiones negativas en la planta.

A partir de la floración, los niveles de riego subieron y la frecuencia aumento. Se empleó un riego diario de dos litros de solución nutritiva y cada tercer riego, es decir cada tercer día se aplicaba un riego de dos litros de agua con pH ajustado a 6 esto con la misma finalidad mencionada con anterioridad, estos riegos se mantuvieron durante las etapas de floración y fructificación.

5.6. Nutrición

Se tomó en cuenta un análisis de agua y se utilizó la solución universal de Steiner como referencia para determinar una solución nutritiva a aplicar. La solución nutritiva fue la misma para todas las plantas y se tomó en cuenta su etapa fenológica para la determinación de la cantidad de fertilizantes que demandaba.

Al cabo del trasplante hasta el crecimiento de la planta, durante la mitad de la etapa vegetativa a la aparición de los estolones, se utilizó la solución de Steiner al 25%, la cual contenía los siguientes fertilizantes:

Cuadro 2. Solución de Steiner al 25%

Fertilizante	g/L	L	Total
KNO3	0.06	150	9 g
KH2OPO4	0.03	150	4.5
K2SO4	0.07	150	10.5
Ácido	ml/L	L	Total
HNO3	0.27	150	40.5
H2SO4	0.05	150	7.5

A mitad de la etapa vegetativa, cuando el follaje de la planta se había establecido y durante el inicio de la etapa reproductiva, la planta demandaba mayor cantidad de agua y por ende mayor cantidad de fertilizantes. Se ajustó la solución nutritiva al 50% aplicando una solución final de:

Cuadro 3. Solución de Steiner al 50%

Fertilizante	g/L	L	Total
KNO3	0.15	200	31 g
Ca(NO3)2·4H2O	0.07	200	14 g
MgSO4·7H2O	0.006	200	1.23 g
K2SO4	0.15	200	31 g
Ácido	ml/L	L	Total
HNO3	0.37	200	74 ml
H3PO4	0.03	200	6.8 ml

Cuando comenzó la floración, es decir durante la etapa de producción nuevamente se hicieron ajustes a la solución nutritiva subiéndola al 75%, debido a que en la fructificación se vería mayor cantidad de nutrientes demandantes por parte de la planta, aplicando finalmente una solución que contenía los siguientes fertilizantes:

Cuadro 4. Solución de Steiner al 75%

Fertilizante	g/L	L	Total
KNO3	0.17	200	31 g
Ca(NO3)2·4H2O	0.07	200	14 g
KH2PO4	0.06	200	13 g
MgSO4·7H2O	0.006	200	1.23 g
K2SO4	0.22	200	45 g
Ácido	ml/L	L	Total
HNO3	0.33	200	66.7 ml
H2SO4	0.02	200	5.5 ml

5.7. Selección de tratamientos

Se seleccionaron dieciséis tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, teniendo un total de 64 unidades experimentales, a continuación, se exponen los tratamientos aplicados a diferentes concentraciones de NP ZnO y MDX.

Cuadro 5. Tratamientos aplicados para determinar su efecto sobre las plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) mediante su aplicación de forma foliar.

Tratamientos	Zn NP (ppm)	MDX (ppm)
1	0	0
2	1000	0
3	2000	0
4	3000	0
5	0	1500
6	1000	1500
7	2000	1500
8	3000	1500
9	0	3000
10	1000	3000
11	2000	3000
12	3000	3000
3	0	4500
14	1000	4500
15	2000	4500
16	3000	4500

5.8. Forma de aplicación de los tratamientos

Los tratamientos (Cuadro 5) fueron diluidos en agua destilada para después ser aplicados de manera foliar a la planta con la ayuda de atomizadores, la aplicación se realizaba a una distancia de entre 10 a 15 cm, procurando no saturar la planta.

Los tratamientos eran aplicados durante las primeras horas del día, esto con el fin de hacer que la planta aprovechara al máximo el producto, la aplicación se realizaba de forma uniforme sobre toda el área foliar procurando que el producto no llegara hacia otras unidades experimentales. La primera aplicación se realizó 45 días tras el trasplante, cuando ya había aparecido parte del área foliar, esta actividad se realizó cada dos semanas.

5.9. Manejo agronómico del cultivo

A partir del trasplante, el correcto manejo y mantenimiento de la planta fue la prioridad, realizando diferentes actividades para que la planta se desarrollara de forma correcta.

5.9.1. Podas realizadas

- Poda de estolones

La aparición de estolones se dio 45 días aproximadamente después del trasplante y conforme aparecían se procedía a la eliminación de estos, con la finalidad de evitar que los estolones crecieran y demandaran energía y nutrientes los cuales serían arrebatados de la planta lo que causaría deficiencias y/o disminución de la respuesta del crecimiento vegetativo.

- Poda de hojas

La poda de hojas se realizó cada dos semanas, consistía en la eliminación de hojas viejas y/o enfermas que se encontraban en la planta. Se procedía a la eliminación de hojas adultas, hojas secas y hojas que presentaban un color anormal provocado por la senescencia, enfermedades o necrosis.

- Poda de flores

Fue necesario eliminar las primeras flores de la planta pues esto añade vigor a la planta y evite que entre a producción muy joven haciendo que los tiempos en la planta se alteren.

- Poda de frutos

En muy pocas ocasiones se vio en la necesidad de eliminar algunos frutos que se encontraban con daños mecánicos o con presencia de pudrición y así evitar que el daño se extendiera hacia la planta o a frutos sanos.

Cuando comenzó su producción comenzaron a notarse daños en el fruto causados por animales que lograban entrar al invernadero donde se encontraba establecido

el experimento, así que se procedió a colocar una baya hecha con agribon alrededor de todas las unidades experimentales protegiéndolas de estos ataques.

5.10. Muestreo de sustrato para determinar pH y CE

Para determinar el pH y CE del sustrato se utilizó el método de dilución 1:2, el cual es caracterizado por ser un método preciso. Consiste en extraer sustrato de la maceta y se coloca en un recipiente añadiendo la misma cantidad de agua que muestra obtenida, se agita muy bien la mezcla formada y se deja equilibrar por media hora, pasada la media hora, la muestra es filtrada y se toma lectura al destilado obtenido.

Las lecturas fueron obtenidas mediante un medidor de pH digital y un medidor EC y TDS de bolsillo para después ser analizadas. Esta actividad se realizó tres veces durante el experimento.



Figura 2. Medidores de CE y pH

De las tres ocasiones que fue realizada la lectura, una sola vez se presentaron problemas con el pH y CE encontrándose en niveles altos, para solucionar esta situación se agregó 1 gr de azufre agrícola vía drench.

5.11. Control de temperatura y humedad

Para evitar altas temperaturas, el invernadero contaba con una pared húmeda y calentador de gas los cuales estaban ubicado en la parte trasera del invernadero y

dos extractores colocados en la parte de enfrente del mismo, además de que las cortinas eran abiertas o cerradas manualmente cuando la temperatura era alta o baja, gracias a esto se pudo mantener un ambiente idóneo para las plantas.

5.12. Control de plagas y enfermedades

Un cultivo siempre estará expuesto al ataque de alguna plaga o enfermedad, a pesar de encontrarse en ambientes controlados, pues un buen ambiente climático hace que se vuelva más susceptible.

Durante el experimento se tuvo presencia de las siguientes plagas:

Araña Roja (Tetranychus urticae): esta plaga se identificó cuando el haz presentaba puntos blancos que son los primeros indicadores de que la planta se encuentra presente, cuando se revisó detalladamente la planta se pudo notar que en el envés de los folíolos de la planta se encontraban estos ácaros. Los síntomas de mayor relevancia se presentaron en las hojas más viejas causando su deformación sin embargo se logró atacar de forma oportuna a la plaga logrando que el daño no tuviera mayor trascendencia.

Para el control de la plaga se hicieron aplicaciones 1 ml L^{-1} de Danapyr. Este producto se aplicó cada dos semanas pues se hizo rotación de productos, también se aplicó 0.75 ml L^{-1} de Abamectina. Las aplicaciones se realizaban durante las primeras horas del día o por la tarde.

Trips (Frankliniella occidentalis): esta plaga fue identificada debido a que los frutos comenzaban a presentar problemas relacionados con esta plaga. Para su control se aprovechó la aplicación de Danapyr que también es un producto utilizado en contra de esta plaga. Los daños más graves se vieron en el fruto sin embargo no fueron de mayor impacto, pues su control fue rápido y eficaz.

Mosca blanca (Bemisia tabaci): La presencia de mosca blanca en las plantas fue de menor impacto pues no se observó ningún foco activo en el cultivo, para su control y exterminio se aplicaron dosis de 0.8 ml L^{-1} de Kanemite, las aplicaciones se realizaron con un intervalo de una semana (3 aplicaciones aprox.) hasta que la plaga fue erradicada. No se registraron daños graves causados por esta plaga.

5.13. Cosecha

La cosecha de los frutos se realizó de forma manual procurando que todos los frutos tuvieran una maduración uniforme y se encontraran en el mismo punto de maduración, cuidando que se encontraran firmes pero que habrían llegado ya a su madurez fisiológica correcta.

Al momento de ser recolectados se colocaban en bolsas con cierre tipo zip y cada bolsa se marcaba con el tratamiento del cual había sido recolectado para después ser llevados al laboratorio donde se le realizarían las correspondientes evaluaciones.

5.14. Variables evaluadas

5.14.1. Variables de calidad de fruto

1. Longitud del fruto. Se determinó después de la cosecha haciendo la medida con un vernier.
1. Diámetro del fruto. Se determinó después de la cosecha haciendo la medida con un vernier.
2. Calidad visual. Esta variable fue determinada bajo criterio personal, los frutos que tuvieran mejor apariencia se numeraban con el número 1 y así de forma ascendente.
3. °Brix. Se determinaron con un refractómetro de mano de la marca ATAGO.
4. Firmeza del fruto. Se determinó con la ayuda de un penetrómetro para frutos pequeños.

5.14.2. Variables de rendimiento:

1. Número de frutos por planta. Se determinó al momento de la cosecha, numerando los frutos obtenidos de cada planta.
2. Rendimiento del cultivo. Se determinó pesando y sumando los frutos de cada tratamiento.

5.14.3. Variables Nutrimientales:

1. Concentración nutrimental en frutos de fresa. La concentración de nutrientes se obtuvo mediante la trituración de frutos dentro de bolsas plásticas y

posteriormente se extraía la pulpa obtenida colocándola en un sensor el cual indicaba que valor tenía de cada nutriente.

2. Concentración de balance nutrimental en frutos de fresa.

5.14.4. Variables agronómicas:

1. Largo de la hoja. Se midió la longitud de la hoja con la ayuda de una regla de plástico de 30 cm.
2. Ancho de la hoja. Se midió el diámetro de la hoja con la ayuda de una regla de plástico de 30 cm.
3. Peso fresco. Esta variable se obtuvo mediante la sumatoria del peso de la biomasa total de cada una de las plantas.
4. Número de coronas. El número total de coronas de cada planta fue contado visualmente.

5.15. Diseño experimental

En este experimento se evaluó el efecto de la MDX y NP ZnO en un diseño experimental en bloques al azar, en total se conformaron 7 bloques con 4 repeticiones cada uno.

Los datos obtenidos al final del experimento fueron se analizaron con el paquete estadístico SAS Studio con prueba de media DMS (LSD) ≤ 0.05 .

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables de calidad de fruto

6.1.1. Longitud y Diámetro de fruto

La MDX tuvo un efecto significativo sobre la longitud del fruto, sin embargo, las NP ZnO no causaron significancia, al igual que la interacción entre ambos factores (Cuadro 6). La aplicación a una concentración de 1500 ppm de MDX dio como resultado un aumento del 4% en la longitud de los frutos en relación a los del tratamiento testigo, sin embargo cuando se eleva la concentración a 3000 ppm de NP ZnO la longitud tiende a disminuir un 9%, siendo menor a la de los frutos del tratamiento testigo (Cuadro 6).

La MDX tuvo un efecto significativo sobre el diámetro del fruto, en cambio las NP ZnO no causaron significancia tal como la interacción entre ambos factores (Cuadro 6). La aplicación de MDX a una concentración de 3000 ppm arrojó un aumento del 5% en comparación a los frutos del tratamiento testigo; sin embargo, al elevar la concentración de NP ZnO no se observa un efecto en comparación con los frutos del tratamiento testigo.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Song y Kim (2020) en su investigación con zanahoria, quienes mencionan que la longitud de estas no muestran diferencias significativas al ser tratadas con NP ZnO en comparación con el tratamiento testigo, repitiéndose el caso en sus resultados obtenidos en plantas de lechuga, lo cual fue atribuido a que acorde al aumento de la concentración de estas nanopartículas en las plantas de lechuga se presentaba una disminución de tamaño de sus hojas, sugiriendo posibles efectos fitotóxicos de las NP ZnO a mayores concentraciones.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre la longitud y diámetro de frutos de fresa.

	Concentración ppm	Longitud de fruto mm	Diámetro de fruto mm
MDX	0	35.3ab	26.9ab
	1500	36.8a	27.9a
	3000	35.6ab	28.3a
	4500	34.2b	26.25b
NP ZnO	0	35.7	26.9
	1000	36.3	28.4
	2000	35.0	27.0
	3000	34.8	27.0
Interacción		P=0.401	P=0.349

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas según la prueba LSD con $p < 0.05$

6.1.2. Firmeza y °Brix de frutos

La MDX causó un efecto significativo sobre la firmeza del fruto, sin embargo, las NP ZnO no tuvieron efecto significativo, así como tampoco la interacción entre ambos factores (Cuadro 7). La aplicación de MDX a una concentración de 1500 ppm estuvo asociada con un aumento del 4% en la firmeza de los frutos (Cuadro 7), pero al elevarse aún más la concentración de NP ZnO la firmeza ya no aumentó y fue similar a la de los frutos del tratamiento testigo.

La MDX y las NP ZnO tuvieron un efecto significativo sobre los °Brix de los frutos de fresa, sin embargo, en la interacción de ambos factores no hubo significancia estadística (cuadro7). Con la aplicación de 3000 ppm de MDX los °Brix tienden a disminuir un 9% a relación en lo obtenido a las plantas testigo (Cuadro 7) en cambio, al elevar las NP ZnO los °Brix tendieron a elevarse, siendo 9% mayor con una concentración de 3000 ppm. Estos resultados son respaldados por los resultados obtenidos por Rivera et al. (2021), quienes reportan no haber obtenido influencia en la firmeza de los frutos, pero obtuvieron un aumento del 27% en °Brix de frutos de

melón tratados con NP ZnO. Lo anterior puede atribuirse a que el Zinc siendo uno de los micro elementos esenciales cumple con una importante función en la actividad fotosintética, pues regula actividades enzimáticas y reacciones bioquímicas que llevan a la producción de clorofila y carbohidratos (Prasad et al., 2012).

Cuadro 7. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre algunas variable de calidad de los frutos en fresa.

	Concentración ppm	Firmeza (kg/cm)	°Brix	Calidad visual
MDX	0	915.18b	7.97ab	1.100b
	1500	951.64a	8.60a	1.153ab
	3000	913.72b	7.73b	1.130ab
	4500	934.71ab	8.20ab	1.181a
NP ZnO	0	939.51	7.85b	1.125b
	1000	913.65	8.07ab	1.109b
	2000	924.87	7.97ab	1.223a
	3000	937.21	8.61a	1.105b
Interacción		P=0.889	P=0.707	P=0.007

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas según la prueba LSD con $p < 0.05$

6.1.3. Calidad visual

La MDX tuvo un efecto significativo sobre la calidad visual de los frutos pues con 4500 ppm se obtuvo frutos de mejor aspecto visual que el obtenido por frutos del tratamiento testigo (Cuadro 7), mientras que las NP ZnO a 2000 ppm también permitieron frutos de mejor aspecto visual. La interacción entre ambos factores fue significativa en este parámetro (Cuadro 7); la interacción indica que cuando no se aplican NP ZNO la mejor calidad visual de los frutos se obtiene cuando se aplica MDX a 3000 y 4500 ppm, pero si se aplican NP ZnO a 3000 ppm es mejor disminuir la concentración de MDX a 1500 ppm (Figura 3). Rivera et al (2021) mencionan que obtuvieron un aumento del 18% de contenido de compuestos fenólicos en frutos de melón, tratados con NP ZnO, los cuales son los responsables de determinar el color

y la apariencia de los frutos (Mallek et al., 2017) y por ende brindar una buena calidad visual.

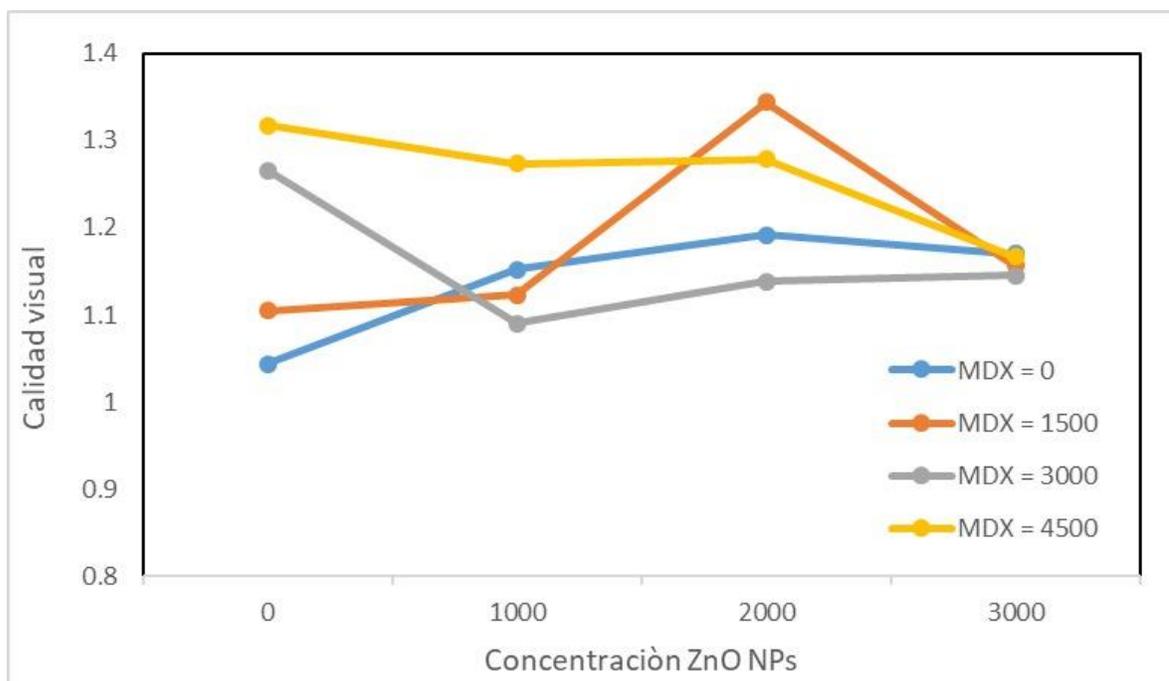


Figura 3. Calidad visual de frutos de fresa en respuesta la interacción entre la concentración de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) aplicadas foliarmente.

6.2. Variables de rendimiento

6.2.1. Rendimiento y Número de frutos

Para la variable de rendimiento la MDX a 3000 ppm permitió un aumento del 27% mientras que las NP ZnO y la interacción no tuvieron efecto (Cuadro 8). La MDX mostró un efecto significativo para la variable de número de frutos por planta, por otro lado, las NP ZnO no tuvieron significancia al igual que la interacción de ambos (Cuadro 8). Cuando se aplicó MDX a concentraciones de 3000 y 4500 ppm el número de frutos se vio en aumento en un 18% a diferencia del tratamiento testigo, por otro lado, cuando se aplicaron los tratamientos a diferentes concentraciones de NP ZnO el número de frutos muestra un aumento numéricamente.

Estos resultados coinciden con las investigaciones que se realizaron con el cultivo de soya donde Yusefi *et al* (2020) reportan que con la aplicación foliar de NP ZnO aumentó el número de vainas en la planta, mientras que el número y el tamaño de semillas por vaina no difirieron de los tratamientos, sin embargo, mencionan haber obtenido un incremento dependiente a la concentración de NP ZnO.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre el rendimiento y numero de frutos en fresa.

	Concentración ppm	Rendimiento de fruto (g)	Número de frutos
MDX	0	150.64ab	12.33ab
	1500	136.14b	10.37b
	3000	192.68a	14.93a
	4500	167.91ab	14.62a
NP ZnO	0	143.97	11.75
	1000	171.85	13.00
	2000	172.76	14.06
	3000	158.78	13.45
Interacción		P=0.808	P=0.566

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas según la prueba LSD con $p < 0.05$

6.3. Variables nutrimentales

6.3.1. Concentración nutrimental en frutos de fresa

La MDX así como la interacción con las NP ZnO no mostraron diferencias significativas sobre el contenido de K^+ , Ca^{2+} y NO_3^- en los frutos (Cuadro 9). Sin embargo, la aplicación de NP ZnO a una concentración de 1000 y 2000 ppm presentó un aumento del 11% de Ca. Esto se relaciona con el trabajo de Faizan *et al* (2018) quienes mencionan que, aunque no obtuvieron diferencias significativas en plantas tratadas con NP ZnO la concentración y la actividad del Ca^{2+} aumentó un 38.5% con respecto al tratamiento testigo, además de obtener un aumento de

nutrientes y proteínas en plantas de tomate tratadas con NP ZnO con respecto a plantas testigo.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre la concentración nutrimental en el extracto en frutos de fresa.

	Concentración ppm	K ⁺ ppm	Ca ²⁺ ppm	NO ₃ ⁻ ppm
MDX	0	1903.65	24.800	207.49
	1500	1865.21	26.227	194.72
	3000	1808.54	25.439	192.28
	4500	1776.04	25.136	199.09
NP ZnO	0	1801.25	23.968b	205.76
	1000	1794.79	26.474a	187.34
	2000	1882.81	26.768a	196.28
	3000	1874.58	24.392ab	204.20
Interacción		P=0.807	P=0.947	P=0.376

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas según la prueba LSD con $p < 0.05$

6.3.2. Concentración del balance nutrimental en el extracto de frutos en fresa

La MDX y la interacción entre MDX y NP ZnO no tuvieron un efecto significativo sobre el balance NK, NCa y KCa, en cambio las NP ZnO si mostraron una diferencia significativa sobre el balance NCa, pero no para los balances NK y KCa (Cuadro 10). En la aplicación de NP ZnO a una concentración de 1000 ppm hubo una reducción en el balance NCa y KCa en comparación con el tratamiento testigo. La aplicación de NP ZnO a una concentración de 3000 ppm dio como resultado una disminución del 5% en el balance NK, en cambio en el balance K-Ca la aplicación de MDX a esta misma concentración arroja un aumento del 3% ambos en comparación con el tratamiento testigo, con respecto al balance NCa se dio una disminución del 2% en comparación con el tratamiento testigo. Tarafdar *et al* (2014) encontraron que las NP ZnO aumentaron los niveles de la fosfatasa alcalina, la fosfatasa ácida y la fitasa en plantas del mijo perla (*Pennisetum americanum*) así

como la biosíntesis de fósforo atribuyéndolo al aumento de la actividad enzimática la cual es una fuente movilizadora de nutrientes

Cuadro 10. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) sobre el balance nutrimental en el extracto de frutos en fresa.

	Concentración ppm	NK ppm	NCa ppm	KCa ppm
MDX	0	0.109502	8.4929	77.432
	1500	0.105576	7.5913	72.131
	3000	0.106765	7.7353	72.877
	4500	0.113768	8.1359	71.596
NP ZnO	0	0.115619	8.7334a	75.894ab
	1000	0.106105	7.2396c	68.789b
	2000	0.104446	7.4523bc	71.082ab
	3000	0.109442	8.5301ab	78.271a
Interacción		P=0.594	P=0.584	P=0.616

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas según la prueba LSD con $p < 0.05$

6.4. Variables agronómicas

6.4.1. Tamaño de la hoja, Peso fresco y Número de coronas

La MDX, las NP ZnO así como su interacción no tuvieron diferencias significativas sobre el largo y ancho de las hojas al igual que en el peso fresco y para el número de coronas tampoco se tuvo diferencia significativa en ninguno de los tres tratamientos (Cuadro 11). Cuando se aplicó MDX a una concentración de 3000 ppm se obtuvo un aumento del 15% y 14% en el largo y ancho de la hoja respectivamente, al aumentar la concentración a 4500 ppm el peso fresco aumentó un 11% con respecto al testigo. Estos resultados son similares a los que reportan Méndez *et al* (2016) quienes mencionan no haber obtenido diferencias significativas en el área foliar, sin embargo, consiguieron un aumento del 28.31% de área foliar en plantas de pimiento morrón.

Cuadro 11. Efecto de la aplicación foliar de Maltodextrina (MDX) y Nanopartículas de óxido de zinc (NP ZnO) sobre el largo y ancho de la hoja, peso fresco y número de coronas.

	Concentración ppm	Largo hoja (cm)	Ancho hoja (cm)	Peso Fresco (g)	Número de coronas
MDX	0	7.32	7.00	56.96	3.42
	1500	7.08	6.78	51.44	3.37
	3000	8.49	7.99	54.73	3.58
	4500	7.13	7.71	60.62	3.83
NP ZnO	0	7.08	6.77	57.09	3.29
	1000	7.32	6.82	62.07	3.96
	2000	7.02	6.64	52.02	3.58
	3000	7.28	6.89	52.57	3.37
Interacción		P=0.104	P=0.114	P=0.446	P=0.978

Promedios seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas según la prueba LSD con $p < 0.05$

VII. CONCLUSIÓN

La aplicación de MDX en concentraciones de 3000 y 4500 ppm proporcionó las mejores respuestas en rendimiento y número de frutos y calidad visual de los frutos, aunque los frutos tendieron a ser de menor longitud y menor diámetro; sin embargo, la firmeza y °Brix fueron favorecidos con 1500 ppm. Lo anterior no estuvo asociado con la concentración de N, Ca y K en los frutos.

La aplicación de NP ZnO no mostró respuesta en los parámetros evaluados, ya que solamente hubo un aumento significativo en °Brix con 3000 ppm y calidad visual de los frutos con 2000 ppm.

VIII. LITERATURA CITADA

- Baixauli**, S. y Aguilar, J. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. *Aspectos prácticos y experiencias*. Valencia. GENERALITAT VALENCIA. https://books.google.com.mx/books/about/Memoria_del_Simposio_Internacional_de_Fr.html?id=twHEZwEACAAJ&redir_esc=y
- Bathia**, R., Gulati, D. y Sethi, G. 2021. Biofilms and nanoparticles: applications in agriculture. *Folia Microbiol.* Vol 66, Pp 159-170. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s12223-021-00851-7>
- Behie**, W. y Bidochka, M. 2014. Nutrient transfer in plant–fungal symbioses. *Trends transfer in planta- fungal symbioses*. Vol 19 (11), Pp 734-740. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.007>
- Brown**, P. y Saa, S. 2015. Biostimulants in agriculture. *Front. Plant Sci.* Vol 6, Pp 671-74. Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00671>
- Cano**, M. A. 2015. Evaluación de un sistema de producción de fresa bajo condiciones controladas. (Tesis de Licenciatura, Universidad Rafael Landívar).
- Davis**, T., Denoyes, B. y Lerceteau, E. 2007. Strawberry. En K. Chittaranjan (Ed.), *Fruits and Nuts. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants* (Pp 189-205). Berlin: Springer.
- Deliopoulos**, T., Kettlewell, P. y Hare, M. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Protection*. Vol 29 (10), Pp 1059-1075. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011>
- Du Jardín**, P. 2012. The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Brussels: Eupean Commision. (Consultado en julio 2022). Disponible en: https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/169257/1/Plant_Biostimulants_final_report_bio_2012_en.pdf

- Du Jardin**, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. Vol 196, Pp 3-14. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- EBIC** (European Bioestimulants Industry Council). 2012. Biostimulants Definition Agreed (en línea). (Consultado en Julio 2022). Disponible en: <http://www.biostimulants.eu/2011/10/biostimulants-definition-agreed/>
- Esparza**, E., Lira, H., Hernández, M., Bentancourt, R., García, L. y Urbina, B. 2014. Actividad antimicrobial de nanopartículas de cobre y óxido de zinc contra bacterias. *researchgate.net*. (Consultado en agosto 2022).
- Estrada**, C., Bello, L., Martínez, C., Montañez, J., Jimenez. J. y Vivar, M. 2009. Producción enzimática de maltodextrinas a partir de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *CyTA - Journal of Food*. Vol 7, Pp 233-241. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/19476330903091300>
- Faizan**, M., Faraz, A., Yusuf, M., Khan, S. y Hayat, S. 2018. Zinc oxide nanoparticle-mediated changes in photosynthetic efficiency and antioxidant system of tomato plants. *Photosynthetica*. Vol 56 (2), Pp 678-686. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0717-0>
- FAOSTAT**. 2020. Base de datos estadísticas de la FAO. (Consultado en Junio 2022). Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Flores**, R. y Mora, R. 2010. Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) Producción, manejo y poscosecha. *Corredor tecnológico agroindustrial Bogotá y Cundinamarca y Cámara de comercio de Bogotá*. Pp 114. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13332>
- García**, J. y Hadavi, E. 2016. Editorial: Organic-Based Foliar Biostimulation and Nutrition in Plants. *Front. Plant Sci*. Vol 6, Pp 1131-33. Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01131>

- Goycoolea**, F.M., Remuñán- López, C. y Alonso, M.J. 2009. Nanopartículas a base de polisacáridos: quitosano. *Monografías de la Real Academia de Farmacia*, Pp 103-131. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/230316129.pdf>
- Hazarika**, A., Yadav, D., Kumar, D. y Singh, H. 2022. An overview of the role of nanoparticles in sustainable agriculture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Vol 43. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102399>
- Hérmendez**, B. V. 2017. Evaluación del rendimiento y caidad de fresa en dos sistemas hidropónicos. (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México).
- ICAMEX**. 2017. Guía técnica para el cultivo de Fresa. SAGARPA, México , 20 p. (Consultado en Julio 2022). Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>
- Katiyar**, D., Hemantaranjan, A. y Singh, B. 2015. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. *Indian Journal of Plant Physiology*. Vol 20, Pp 1-9. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s40502-015-0139-6>
- Kauffman**, G., Kneivel, D. y Watschke, T. 2007. Effects of a Biostimulant on the Heat Tolerance Associated with Photosynthetic Capacity, Membrane Thermostability, and Polyphenol Production of Perennial Ryegrass. *Turfgrass Science*. Vol 47, Pp 261-267. Recuperado de: <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.03.0171>
- Khan**, N., Sajid, A., Arif, F., Miraj, G., Imran, A., Sajjad, M., Farhatullah. y Khan, M. 2009. Enhancement of wheat grain yield and yield components. *Sarhad J. Agric*. Vol 25 (1), Pp15-19. Recuperado de: http://www.aup.edu.pk/sj_pdf/ENHANCEMENT%20OF%20WHEAT%20GR AIN%20YIELD%20AND%20YIELD%20COMPONENTS.pdf

- Larson**, D. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: desarrollo de programas para máxima calidad y rendimiento en México. En J. y. Castellanos, *Memoria del simposio internacional de fresa* (pág. 178). Zamora Michoacán, México.: Gobierno del Estado de Michoacán, 2000.
- Lira**, R., Méndez, B., De los santos, G. y Vera, I. 2018. Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta universitaria*. Vol 28 (2). Pp 9-24. Recuperado de: <https://doi.org/10.15174/au.2018.1575>
- Mallek**, S., Bahloul, N., y Kechaou, N. 2017. Characterization, phenolic compounds and functional properties of Cucumis melo L. peels. *Food Chemistry*. Vol 221, Pp 1691-1697. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.117>
- Melo**, L. 2006. Análisis y caracterización de ácidos fúlvicos y su interacción con algunos metales pesados. (Tesis de licenciatura, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería).
- Méndez**, B., Vera I., Mendoza, E., García, L., Puente, B. y Lira, R. 2016. Promoción del crecimiento en plantas de Capsicum annum por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova scientia*. Vol 8 (17), Pp 140-156. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052016000200140&script=sci_arttext
- Menéndez**, J. 2007. Agronomíaecuatorial. Astronmauta. com. Núm. 154. Consultado el 10/07/22. Pág. Web <http://www.asturnatura.com/especie/fragaria-vesca.html>. ISSN 1887-5068
- Moitre**, M. 2018. Producción de Maltodextrina a partir de almidón de papa. (Tesis de licenciatura, Ministerio de Educación. Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Villa Maria).
- Morgan**, L. 2002. Los sistemas NFT y DFT de hidroponia representan una alternativa viable para pequeños empresarios en producción intensiva de fresa. En L. Morgan (Ed), *Producción intensiva de fresa, Producción de hortalizas* (Pp 59). Ohio, EUA: Katie O’Keeffe-Suank.

- Pérez**, E., Valdez, L., Bentancourt, R., Martínez, J., Lozano, S. y Gonzáles, J. 2021. Gas Exchange Parameters, Fruit Yield, Quality, and Nutrient Status in Tomato Are Stimulated by ZnO Nanoparticles of Modified Surface and Morphology and Their Application Form. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. Vol 21, Pp 991-1003. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00416-0>
- Noboa**, T., Tarquino, L., Ramos, F. y Jonathan, F. 2019. Efecto de la aplicación de tres productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Valencia, Provincia de Los Ríos. (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Estatal de Quevedo)
- Pilon**, E., Quinn, C., Tapken, W., Malagoli, M. y Schiavon. 2009. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*. Vol 12 (3), Pp 267-274. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.009>
- Prasad**, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, K., Raja, T., Sajanlal, P. y Pradeep, T. 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition*. Vol 35, Pp 905-927. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.663443>
- Pratap**, R., Handa, R. y Manchada, G. 2021. Nanoparticles in sustainable agriculture: An emerging opportunity. *Journal of Controlled Release*. Vol 329, Pp 1234-48. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.10.051>
- Ramos**, G. 2011. Calidad de fresa variedad San Andreas producida con vermicompost en invernadero. (Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional).
- Rivera**, R., Preciado, P., Fortis, M., Bentancourt, R., Yescas, P. y Orozco, J. 2021. Nanoparticulas de óxido de zinc y su efecto en el rendimiento y calidad de melón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol 12 (5), Pp 791-803. Recuperado de: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2987>

- Rocha**, N. A. 2014. Crecimiento y desarrollo de tres variedades de fresa en tres tipos de sustrato. (Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Química Aplicada).
- Rouphael**, Y. y Colla, G. 2020. Biostimulants in Agriculture. *Front. Plant Sci.* Vol 11 (40), Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Sabir**, S., Arshad, M., y Khalil, S. 2014. Zinc Oxide Nanoparticles for Revolutionizing Agriculture: Synthesis and Applications. *The Scientific World Journal.* Vol 14. Recuperado de: <https://doi.org/10.1155/2014/925494>
- Salazar**, J., Somoza, C., Pérez, B., Velásquez., Torres, G., Huerta, A. y Ortega, L. 2017. Uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en México. *Produccion Agropecuaria y Desarrollo Sostenible.* Vol 6, Pp 27-42. Recuperado de : <https://doi.org/10.5377/payds.v6i0.5717>
- SIAP.** 2021. Panorama Agroalimentario 2021. (Consultado en junio 2022). Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021
- Song**, U. y Kim, S. 2020. Zinc oxide nanoparticles: a potential micronutrient fertilizer for horticultural crops with little toxicity. *Horticulture, Environment, and Biotechnology.* Vol 61, Pp 625-631. Recuperado de : <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00244-8>
- Sturikova**, H., Krystofova, O., Huska, D. y Adam, V. 2018. Zinc, zinc nanoparticles and plants. *Journal of Hazardous Materials.* Vol 349, Pp 101-110. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.01.040>
- Tarafdar**, J., Raliya, R., Mahawar, H. y Rathore, I. 2014. Development of Zinc Nanofertilizer to Enhance Crop Production in Pearl Millet (*Pennisetum americanum*). *Agricultural Research.* Vol 3, Pp 257-262. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s40003-014-0113-y>

- Terrones**, A., Caamal, I., Pat, V., Ávila, J., Martínez, D. y Caamal Z. 2022. Análisis de las variables económicas que determinan las exportaciones de fresa de México a Estados Unidos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol 13, Pp 631-40. Recuperado de: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2532/4850>
- Yusefi**, E., Fallah, S., Rostamnejadi, A. y Raj, L.(2020). Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) as a novel nanofertilizer: Influence on seed yield and antioxidant defense system in soil grown soybean (*Glycine max* cv. Kowsar). *Science of The Total Environment*. Vol 738. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140240>
- Zaragoza**, R. D. 2013. Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa. (Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Química Aplicada).
- Zulfiqar**, F., Navarro, M., Ashraf M., Akram, N. A y Munné-Bosch, S. 2019. Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant Science*. Vol 289. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110270>
- Zulfiqar**, F., Younis, A., Finnegan, P. M. y Ferrante, A. 2020. Comparison of soaking corms with moringa leaf extract alone or in combination with synthetic plant growth regulators on the growth, physiology and vase life of sword lily. *Plants*. Vol 9. Recuperado de: <https://doi:10.3390/plants9111590>
- Zulfiqar**, F. y Ashraf, M. 2021. Nanoparticles potentially mediate salt stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. Vol 160, Pp 257-268. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.028>

