

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de la Aplicación de Nanopartículas de Óxido de Zinc en el Crecimiento y  
Producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*) en Cultivo sin Suelo

Por:

**MARIA JESSICA VARGAS RENDÓN**

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

Efecto de la Aplicación De Nanopartículas de Óxido De Zinc en el Crecimiento y  
Producción de Fresa (*Fragaria x ananassa*) en Cultivo sin Suelo

Por:

**MARIA JESSICA VARGAS RENDÓN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

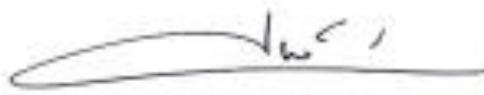
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Daniela Alvarado Camarillo

Asesor Principal



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Coasesor



M.C. Etelberto Cortez Quevedo

Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

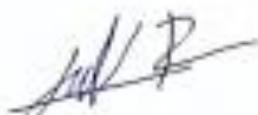
Septiembre, 2022.

### **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



---

María Jessica Vargas Rendon

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Por darme vida, salud y la oportunidad de llegar a concluir esta etapa, y no soltarme en ningún momento, en el que creí no poder más, tú me diste la fortaleza para salir adelante.

### **A mis padres**

No hay palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí, y estaré agradecida hasta el fin de mis días, por creer y darme la oportunidad de ser alguien en este mundo, lo que sembraron, cultivaron y cuidaron por más de 23 años ahora comienza por dar frutos, los amo con todo mi corazón.

### **A mi alma mater**

Por ser mi segundo hogar, por destacar en mí habilidades que desconocía, y poder crecer profesionalmente, gracias por dejarme ser parte de tu historia.

### **A mis asesores de tesis**

A la Dra. Daniela Alvarado Camarillo, al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar y al MC. Etelberto Cortez Quevedo, por sus enseñanzas, confianza y tiempo que pusieron en mí.

## **DEDICATORIA**

**A mis padres Sr. Cipriano Vargas Martínez y la Sra. Yesenia Rendón Licea**

A ustedes por acompañarme en este largo viaje, y nunca soltarme, al contrario, me han amado y animado en cada momento. A ustedes, que se lo mucho que se han esforzado para el día de hoy llegar hasta aquí, ¡Papás lo logramos! Ya somos Ingenieros, agradezco a Dios por darme a los mejores padres y dejarme compartir esto con ustedes, los amo para siempre.

**A mis hermanos, Juan de Dios, Natalia Guadalupe, Edgar Cipriano, Karol Andrea, José Refugio y Cesar**

Gracias por ser mis compañeros en esta vida, por llenarme de alegría, por compartir momentos buenos, pero también estar unidos en los malos, por darme ánimos y abrazarme cuando lo eh necesitado, todos vamos a lograr lo que soñamos y queremos ser, y aunque no se los diga los amo hoy y para siempre con todo mi corazón.

**A mis abuelos paternos Sr. Refugio Vargas Rojas y Sra. Antonia Martínez García**

Por ser como mis padres y darme todos los ánimos y buenos consejos cada que salía de casa para irme a la universidad, ¡Abuelos ahora lo logre!

**A mis abuelos maternos Sr. José Luis Rendón Coronilla y Sra. Yolanda Licea Molina (†)**

Papá Luis gracias por darnos siempre un cariño tan sincero y recibirnos con los brazos abiertos, mamá Yoli no te conocí, pero debo agradecerte por darme a la mejor mamá, tan bonita, tan sincera, tan fuerte, simplemente la mejor.

**A personas especiales Antonia Martínez y Alondra González**

Por quererme tanto, darme ánimos siempre, aconsejarme cuando lo necesito y porque han estado para mí y mi familia en los mejores y en los peores momentos las quiero con todo mi corazón.

**A mi mejor amiga María Guadalupe López Caltzontzin**

Eres la única mejor amiga que he tenido, gracias por darme muchos ánimos para dejar esto concluido, te amo mucho, te admiro y te agradezco por todos los buenos ratos, los buenos consejos y lo que me has enseñado, créeme que no tengo las palabras adecuadas para decirte gracias por ser parte de mí.

**A mis amigos**

Silvia Uñate, Carlos García, Kendy Sarai y Yatzeli Díaz, con quienes he compartido trabajo en equipo, apoyo, risas, dentro y fuera de la Universidad, son buenas amistades, gracias por estar.

## INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS .....	IV
INDICE DE CUADROS .....	VI
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. OBJETIVO.....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
III. HIPOTESIS .....	3
IV. LITERATURA REVISADA .....	4
4.1 EL CULTIVO DE LA FRESA.....	4
4.1.1 Origen del cultivo de la fresa .....	4
4.1.2 Descripción botánica.....	5
4.1.3 Clasificación taxonómica .....	5
4.1.4 Fotoperiodo y termoperíodo.....	5
4.1.5 El cultivo de la fresa en México .....	6
4.1.6 Entidades productoras .....	7
4.1.7 Importancia en el mercado mundial .....	8
4.1.8 Perspectivas a futuro .....	8
4.2 EL USO DE FERTILIZANTES DE SÍNTESIS QUÍMICA .....	8
4.2.1 Abuso en la aplicación de fertilizantes .....	8
4.2.2 Problemas ambientales generados por el abuso de fertilizantes .....	9
4.2.3 Estadística del uso de fertilizante en el mundo .....	9
4.2.4 Estadística del uso de fertilizante en México .....	10
4.2.5 Eficiencia del uso de N, P, K.....	10
4.3 NANOTECNOLOGÍA.....	11
4.3.1 ¿Qué es la nanotecnología?.....	11
4.3.2 Aplicación de la nanotecnología en cosméticos .....	11
4.3.3 Aplicación de la nanotecnología en la agricultura .....	12
4.3.4 Aplicación de la nanotecnología en plaguicidas .....	12

4.3.5	Aplicación de la nanotecnología en herbicidas .....	12
4.3.6	Aplicación de la nanotecnología en fertilizantes .....	12
4.4	BIOESTIMULANTES.....	13
4.4.1	¿Qué es un bioestimulante? .....	13
4.4.2	Regulador de crecimiento .....	13
4.4.3	Hormona vegetal.....	13
4.4.4	Modo de acción de los bioestimulantes .....	14
4.4.5	Bioestimulantes comerciales .....	14
V.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
5.1	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	16
5.2	MATERIAL VEGETAL.....	17
5.3	MATERIALES UTILIZADOS .....	17
5.4	PREPARACIÓN DEL SUSTRATO.....	18
5.5	TRASPLANTE.....	18
5.6	SISTEMA DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN.....	19
5.7	TRATAMIENTOS APLICADOS.....	19
5.7.1	Aplicación de tratamientos nanopartículas ZnO y maltodextrina .....	20
5.8	MANEJO AGRONÓMICO .....	20
5.9	MUESTREO DE pH Y CE .....	20
5.10	TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	21
5.11	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	21
5.12	COSECHA .....	21
5.12.1	Variables evaluadas.....	21
5.13	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
6.1	RENDIMIENTO .....	23
6.2	NÚMERO DE CORONAS .....	24
6.3	CALIDAD VISUAL DEL FRUTO.....	25
6.4	NÚMERO DE FRUTOS.....	26
6.5	PESO FRESCO DE LA PLANTA .....	28
6.6	PARTE FOLIAR DE LA PLANTA.....	29
6.6.1	Longitud de las hojas.....	29

6.6.2 Ancho de las hojas.....	29
6.6.3 Número de hojas.....	30
6.7 CONTENIDO NUTRIMENTAL .....	32
6.7.1 Nitratos .....	32
6.7.2 Potasio.....	32
6.7.3 Calcio.....	33
6.8 BALANCE NUTRIMENTAL .....	34
6.8.1 Balance N / Ca.....	34
6.8.1 Balance N / K.....	35
6.8.3 Balance K / Ca.....	36
VII. CONCLUSIONES.....	38
VIII. LITERATURA CITADA.....	39

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del invernadero donde se llevó a cabo el estudio. ....	16
Figura 2. Material vegetal de fresa cultivar San Andreas empleando en el estudio al momento del trasplante. ....	17
Figura 3. Planta de fresa cultivar San Andreas recién trasplantadas y en proceso de adaptación. ....	18
Figura 4. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) aplicadas de forma foliar para el rendimiento (g) en el cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX). ....	24
Figura 5. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) aplicadas de forma foliar sobre el número de coronas en el cultivo de fresa, en combinación con maltodextrina (MDX) .....	25
Figura 6. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar para la calidad visual del fruto en el cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX) .....	26
Figura 7. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar sobre el número de frutos en el cultivo de fresa, en combinación con maltodextrina (MDX) .....	27
Figura 8. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el peso seco total (g) en el cultivo de fresa, en combinación con maltodextrina (MDX) .....	28
Figura 9. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en la longitud de la hoja (cm) en el cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX) .....	29
Figura 10. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el ancho de la hoja (cm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX) .....	30

Figura 11. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el número de hojas (cm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX) .....	31
Figura 12. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el N (ppm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX).....	32
Figura 13. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el K (ppm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX) .....	33
Figura 14. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Ca (ppm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX).....	34
Figura 15. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Balance N / Ca del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX).....	35
Figura 16. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Balance N / K del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX).....	36
Figura 17. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Balance K / Ca del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX).....	37

## **INDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Clasificación taxonómica según Gigante (2010).....	5
Cuadro 2. Entidades productoras en México.....	7
Cuadro 3. Consumo Nacional de fertilizantes .....	10
Cuadro 4. Tratamientos seleccionados para la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) en combinación con maltodextrina (MDX) .....	19

## RESUMEN

En el mundo de la agronomía, con el paso de los años se ha buscado producir, productos de alta calidad y, libres de agroquímicos, los cuales son de un costo elevado, dañinos para la salud y causan un impacto negativo en el ecosistema.

Es por esto que, a través de la siguiente investigación, fueron evaluados la aplicación de bioestimulantes de nanopartículas de óxido de Zn y maltodextrina de forma foliar en plantas de fresa en cultivo sin suelo, donde se compararon cinco tratamientos con las siguientes concentraciones: ZnO NP 0 ppm + MDX 0 ppm, ZnO NP 1000 ppm + MDX 0 ppm, ZnO NP 1000 ppm + MDX 1500 ppm, ZnO NP 1000 + MDX 3500 ppm, ZnO NP 1000 ppm + MDX 4500 ppm. La aplicación de estos fue cada 15 días, iniciando el día 11 de abril de 2021.

Las variables evaluadas en esta investigación fueron: rendimiento, número de coronas, calidad visual del fruto, número de frutos, peso fresco de la planta, longitud de las hojas, ancho de las hojas, número de hojas, contenido nutrimental: N, K, Ca, balance nutrimental: N/Ca, N/K, K/Ca. Estas variables fueron analizadas por medio de un análisis estadístico en el programa SAS. Se concluyó que la aplicación de ZnO NP tuvo efecto en el rendimiento y en la calidad del fruto con las dosis de 3000 a 4000 ppm.

**Palabras clave:** Fresas, bioestimulantes, nanotecnología, nanofertilizantes.

## I. INTRODUCCIÓN

La fresa es un fruto muy valorado a nivel mundial, por su color rojo radiante, su aroma y su textura jugosa (Khoshnevisan *et al.*, 2013). Este fruto es consumido fresco y procesado, el cual es portador de vitaminas Ca, K y constituyentes fenólicos con capacidad de antioxidantes (Giampieri *et al.*, 2012). Este puede ser producido en campo abierto donde es más susceptible a plagas y enfermedades, el cual puede causar pérdidas de hasta el 25% del cultivo y hasta un 37% en el segundo pico de producción (Mossler, 2012). En condiciones protegidas este cultivo demanda de altos costos por la estructura de invernaderos, es por esto que la mayoría de productores a nivel mundial eligieron macrotúneles, ya que son de menor costo (William *et al.*, 2009).

México es uno de los principales productores de fresa, produciendo un aproximado de 220,000 toneladas en una extensión de 6,555 hectáreas, por año, generando un valor de 175 millones de dólares (USD). Actualmente México es de los principales exportadores a Estados Unidos generando un aproximado de 93 millones de dólares anuales y se espera crecer las exportaciones en los próximos años (SIAP, 2011).

En los últimos años para ir logrando una agricultura más sustentable se ha comenzado a hacer uso de bioestimulantes en estas actividades, debido a que son productos de origen biológico, que induce a una mayor productividad en las plantas (Mendoza, 2021). Actuales investigaciones sobre la aplicación de la nanotecnología en las plantas han demostrado, que las incorporaciones de las nanopartículas tienen la capacidad de aumentar la fotosíntesis y modificar las hojas en sensores bioquímicos. Así mismo, hay evidencias de avances en el control de plagas y enfermedades con nanopartículas de Zn, Al, Si, entre otros (Restrepo, 2017).

## **II. OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Observar el efecto de nanopartículas de óxido de zinc y maltodextrina, en el rendimiento, calidad y nutrientes en el cultivo de la fresa.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar y seleccionar cuál de los productos es el más efectivo y el que logra mejores resultados en este cultivo.
- Determinar las dosis adecuadas para la aplicación de estos productos.

## **III. HIPOTESIS**

La aplicación de nanopartículas de óxido de zinc y maltodextrina actuarán de manera positiva en el cultivo de la fresa en variables como calidad visual, rendimiento y estatus nutrimental.

## IV. LITERATURA REVISADA

### 4.1 EL CULTIVO DE LA FRESA

#### 4.1.1 Origen del cultivo de la fresa

El origen de la fresa no está claramente definido. Algunos creen que se originó en Europa, en zonas alpinas, mientras otros creen que se originó en Chile porque a principios del siglo setecientos un oficial francés, traslado plantas madre a Europa, las cuales se usaron para formar los híbridos, *Fragaria x ananassa*, siendo pertenecientes actualmente de las variedades de fresa (Sucunuta, 2015).

Según Huamán (2019) la fresa es originaria del Continente Americano, especialmente del sur, Argentina, Alaska, Chile, distribuida en la costa oeste de América del Norte desde California hasta la península de Aleutianas, conocida como la fresa de la playa. Hay dos clases de fresas en Chile: una de frutos de pequeños frutos rojos que crecen de manera silvestre y otra de un fruto grande color blanco-rosado.

Las especies *F. vesca* y *F. alpina*, se cultivaban mucho en Europa antes del descubrimiento de América. Estas especies tenían una excelente calidad organoléptica, aunque fueran de tamaño pequeño (Huamán, 2019).

Hasta el siglo XVII, se cultivaban en Europa especies silvestres autóctonas (*F. vesca*, *F. viridis*, o *F. moschata*) entre otras variedades introducidas desde Norteamérica. Específicamente con la importación de variedades americanas, las plantas de fresas produjeron frutos más grandes (Taylhardat, 2016).

Para la buena producción y rendimiento del cultivo es esencial un buen manejo de nutrientes esenciales, de los cuales se asignan diferentes cantidades de fertilizantes para las diferentes etapas en las que se encuentre la planta (Cotrina, 2019).

Puede bajar el rendimiento o dañar la fisiología de la planta si los nutrientes se usan en exceso, en algunas ocasiones puede haber toxicidades o deficiencias, las cuales pueden ser muy confusas ya que los síntomas son muy parecidos (Cotrina, 2019).

#### 4.1.2 Descripción botánica

La fresa es una planta herbácea, la cual comienza su ciclo de vida por medio de la corona, que es un órgano leñoso que contiene tejidos vasculares y a partir de ahí forma hojas y yemas. Esta posee una raíz fibrosa que también provienen de esta, y crea raíces terciarias que absorben el agua y los nutrientes (Bogotá, 2015)

Las hojas son trifoliadas, de bordes aserrados estas contienen varios estomas (300-400/mm<sup>2</sup>), que, por medio de estos, pierde agua por transpiración. La inflorescencia se crea de una yema axilar o terminal de la corona. Su flor está compuesta de 5-6 pétalos que contienen de 20-35 estambres (Martínez, 2011).

#### 4.1.3 Clasificación taxonómica

La fresa, es una planta dicotiledónea del género *Fragaria*, donde se juntan alrededor de 107 géneros y 300 especies diferentes. La familia de la fresa es una de las más importantes a nivel mundial, al tener algunas especies frutales de diversos géneros como son *Pyrus* o *Rubus*, *Prunus* *Mallus* y ornamentales como la rosa (Gigante, 2010).

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica según Gigante (2010).**

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Familia</b>	<i>Rosaceae</i>
<b>Orden</b>	<i>Rosales</i>
<b>Género</b>	<i>Fragaria</i>
<b>Nombre común</b>	Fresa

#### 4.1.4 Fotoperíodo y termoperíodo

Es indispensable cubrir un porcentaje de horas luz para que la planta llegue a etapa de floración, las horas dependen de la variedad de la planta, siendo así estas se clasifican de día corto, largo y día neutro (Guerrero, 2018).

**Día corto:** Necesitan menos de 14 horas luz para poder llevar a cabo su floración

Las variedades de este fotoperiodo tienen dos periodos de cosecha, siendo el primero de Octubre – Diciembre dando el 60% de productividad con una alta calidad en frutos, para venta al mercado en fresco, y el segundo periodo es de Febrero – Abril, dando el resto de la productividad 40% así como baja la producción baja la calidad de los frutos, pero son de buena calidad para la agroindustria (Undurraga *et al*, 2013).

**Día neutro:** Estas variedades no requieren una cantidad determinada de horas luz, al tener 12°C en el suelo, es suficiente para poder desarrollar yemas florales, son de alta calidad para el mercado en fresco, entre las variedades más destacadas están las San Andreas, Aromas, Monterrey y Albión, manteniendo una producción estable en toda la temporada (Undurraga *et al*, 2013).

**Día largo:** requieren de temperaturas optimas de entre 20°C - 25°C durante el día y menos de 15°C en la noche (Pérez, 2017).

#### **4.1.5 El cultivo de la fresa en México**

En México la producción de fresa aumento debido a la alta demanda del mercado nacional e internacional, en 2017 el consumo per cápita en el país paso de 1.4 kg a 3.2 kg. Se ha llegado a distribuir fácilmente en todo el mundo, ya que tiene una adaptación climática y diversidad genética muy amplia (Canizales, 2019).

Dentro del país se vende la fresa en las centrales de abastos, estas provenientes de los principales estados productores como son: Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Baja California sur, entre otros (SAGARPA, 2005).

En 2016 se sembraron alrededor de 11,092 hectáreas de fresas, el 56.96% es de temporal, del total de la superficie el 0.74% tiene riego por goteo, 3.54% aspersion, 2.98% movimiento por gravedad y el 0.01% por bombeo (SAGARPA, FRESA MEXICANA, 2017).

De la producción nacional el 52.21% va para exportación, México es el tercer proveedor a nivel mundial con un 14.83% del valor de fresa fresca, ha logrado premios principalmente en la producción de mermelada, ya que se llegan a consumir hasta un 85.5% del valor nacional (SAGARPA, FRESA MEXICANA, 2017).

#### 4.1.6 Entidades productoras

Del territorio destinado para la agricultura en México solo el 1% es para el cultivo de la fresa. Hay 12 estados donde se cultiva fresa (Cuadro 2) pero solo 3 son los que aportan una cantidad significativa de producción, Guanajuato, Michoacán y Baja California.

**Cuadro 2. Entidades productoras en México**

<i>Lugar</i>	<i>Entidad Federativa</i>	<i>Región</i>	<i>Volumen (Ton)</i>	<i>Variación % 2018 – 2019</i>
1	Michoacán	Centro – Occidente	564,554	24.1
2	Baja California	Noreste	200,571	72.2
3	Guanajuato	Centro – Occidente	79,752	18.7
4	México	Centro	7,770	11.4
5	Aguascalientes	Centro – Occidente	3,069	21.8
6	Baja California Sur	Noreste	2,520	58.7
7	Jalisco	Centro – Occidente	1,671	-24.6
8	Zacatecas	Noreste	433	79.3
9	Puebla	Centro	352	-30.3
10	Tlaxcala	Centro	273	0.6
Resto			373	-49.3
	<b>TOTAL, NACIONAL</b>		<b>861,337</b>	<b>31.8</b>

(SIAP, 2020).

#### **4.1.7 Importancia en el mercado mundial**

La fresa se ha convertido en un cultivo muy requerido en todo el mundo, por su alto contenido en vitaminas, minerales y tener un agradable sabor. Además su mercado en la agroindustria es muy amplio, ya que se pueden elaborar varios productos como mermeladas, purés, helados etc. Los principales productores a nivel mundial de fresa son: Estados Unidos, México, España y Polonia y sus compradores son: China, Japón, Canadá y Estados Unidos (Ramos, 2014).

Estados Unidos de América ha llegado a producir en promedio 1, 250,366 toneladas de fresa en 6 años, logrando ser el principal productor a nivel mundial (García, 2014).

En los años de 2007 – 2012 hubo un promedio de 690,736 toneladas de exportación. El año 2010 se estimó como el más notable ya que hubo 817,118 toneladas de exportación en total, obteniendo en 2012 una estimación de \$2, 140, 471,000 USD y en promedio en estos 6 años se estimó \$1,724,948,000 USD (García *et al*, 2014).

#### **4.1.8 Perspectivas a futuro**

Desarrollar variedades que sean resistentes a virus, más adaptables a climas, se conserven más en vida de anaquel, alta calidad y den mejores rendimientos, todo esto para ser un poco más competitivos a nivel mundial (Leyton, 2008).

### **4.2 EL USO DE FERTILIZANTES DE SÍNTESIS QUÍMICA**

#### **4.2.1 Abuso en la aplicación de fertilizantes**

Es muy común en la agricultura usar fertilizantes para obtener una mejor producción en los cultivos, pero se ha hecho un mal uso de estos causando contaminación de agua y aire, eutrofización, desequilibrios biológicos, degradación del suelo y ecosistemas. Las plantas tienen la capacidad de absorber del 30% - 50% de los fertilizantes químicos, lo demás es absorbido por el suelo (Ulibarry, 2019).

#### **4.2.2 Problemas ambientales generados por el abuso de fertilizantes**

**Contaminación de agua:** Se da al usar una mayor cantidad de fertilizante al que pueden absorber las plantas, o al ser eliminados por el agua o el viento de la superficie del suelo, antes de ser absorbidas, causando una sobrecarga de fertilizantes provocando eutrofización de estanques, lagos, etc. Haciendo estallar muchas algas y estas suprimen animales acuáticos y más plantas (FAO, 2002).

**Contaminación del aire:** La agricultura es la fuente dominante del amoníaco, los fertilizantes representan un 16% de emisiones globales y combustiones de biomasa causadas por residuos de cultivos un 18%. El amoníaco es la causa principal de lluvias ácidas, dañando árboles y perjudicando la biodiversidad (FAO, 2002).

El aire puede ser contaminado principalmente por combustión de biomasa de las plantas, que contienen partículas de humo, dióxido de carbono y óxido nítrico, aunque la humanidad es responsable del 90% de la combustión biomasa por deforestación, quema de vegetación, residuos de pastos y hábitat de insectos dañinos (FAO, 2002).

**Degradación del suelo:** Al hacer mal uso de los fertilizantes, puede causar infertilidad del suelo con el paso del tiempo, pudiendo aumentar la acidez, pierde sensibilidad, causa saturación con los macronutrientes y baja la absorción de los nutrientes (Neves, 2021).

#### **4.2.3 Estadística del uso de fertilizante en el mundo**

En los años 2014 – 2015 el consumo de fertilizantes a nivel mundial fue de 181.9 millones de toneladas. Del cual pertenecen 102.5 millones de ton de N, 45.9 millones de ton de P, y 33.5 millones de ton K. Los cereales ocuparon 89.622 ton el 49.3% del total, hortalizas 15.648 ton y 8.6% del total y frutales 13.100 ton el 7.2% del total (Heffer *et al*, 2017).

#### 4.2.4 Estadística del uso de fertilizante en México

Según (Banco Mundial, 2022). El consumo de fertilizantes por hectárea de tierra cultivada en 2018 fue de 102.928 Kg.

En el 2018 se llegaron a producir 1, 889,387 ton de fertilizantes, 7.8% mayor que en 2016 (Cuadro 2). Estos fueron mayormente producidos en los primeros meses de siembra, en Octubre - Noviembre y Primavera Verano (SADER, 2019).

#### Cuadro 3. Consumo Nacional de fertilizantes

##### *Consumo Nacional (2016 – 2018)*

<b>Año</b>	<b>Producción</b>	<b>Importaciones</b>	<b>Exportación</b>	<b>Consumo nacional</b>
<b>2016</b>	1,786,195	4,226,878	756,407	5,256,666
<b>2017</b>	1,925,264	4,511,053	733,135	5,703,182
<b>2018</b>	1,889,387	5,076,323	1,555,733	5,409,977
<b>Promedio</b>	1,866,949	4,604,751	1,015,092	5,456,608

(SADER, 2019) **Nota:** El consumo Nacional se consigue de la suma, de la producción y las importaciones, menos las exportaciones.

#### 4.2.5 Eficiencia del uso de N, P, K

**Nitrógeno:** La eficiencia del uso de nitrógeno se define como la relación de kilogramos de nitrógeno absorbido de los fertilizantes y los kilogramos de fertilizantes agregados. Los valores de la eficiencia dependen del cultivo y la época de fertilización, pero estos valores suelen estar entre el 50% y 70%. El nitrógeno que no se absorbe se queda en el suelo en forma orgánica y en menor medida en forma de minerales y el restante se pierde en el suelo – planta (Perdomo, s/a).

**Fósforo:** Constituye del 0.1% – 0.4%, del extracto de la planta, siendo importante para la transmisión de energía, es por eso que es esencial para procesos químico – físicos, y fotosíntesis de la planta. Este es muy necesario para el desarrollo de tejidos, diferenciación de las células, los cuales son parte del crecimiento de la planta (FAO, s/a) siendo la eficiencia de este de un 10% – 30% (Patiño, 2020).

**Potasio:** Este es muy común que se pierda por lixiviación y fijación, siendo ejecutada por arcillas que se pueden expandir y al momento que se humedecen permiten la infiltración de los iones del potasio y al ser comprimidas como resultado de secamiento puede detener ciertas cantidades significativas de este nutriente (Patiño, 2020). Según la FAO, (s/a) el potasio es capaz de activar 60 enzimas que dan vida a la planta es importante para la síntesis de proteínas y carbohidratos, puede aumentar la tolerancia a sequía, salinidad, heladas y carecen de enfermedades.

### **4.3 NANOTECNOLOGÍA**

#### **4.3.1 ¿Qué es la nanotecnología?**

Proviene del griego *nanno*, que quiere decir diminuto. Son escalas muy pequeñas para poder tener un control de la materia, que puede llegar a medir de 1 – 100 nanómetros, se utilizan a escalas atómicas, subatómicas y moleculares. Se pueden aplicar en diferentes ramas como son: cosméticos, agricultura, ganadería, informática, salud pública e higiene, entre otros sectores más (Mejías *et al.*, 2009).

#### **4.3.2 Aplicación de la nanotecnología en cosméticos**

El uso de la nanotecnología en la cosmética, ofrece varias opciones en comparación con los portadores moleculares activos tradicionales. Permite el uso de excipiente seguro, para prevenir el desarrollo asociado a una posible toxicidad en la piel por medio de absorción. Estas investigaciones de la nanotecnología han sido de lo más avanzado e importante en el siglo XXI (Alcalá, 2019).

Hay ventajas al aplicar la nanotecnología en cosméticos:

- Proporciona mayor penetración.
- Evita irritación tópica y tiene más tolerancia.
- Aumentar lo atrayente de la formulación.
- Propiedades sensoriales mejoradas para evitar malos olores.
- Evita incompatibilidad con moléculas o principios activos.

(Ariza, 2018).

#### **4.3.3 Aplicación de la nanotecnología en la agricultura**

La nanotecnología a través de sus avances, ha creado agroquímicos innovadores para reducir la aplicación de pesticidas, asimismo se ha desarrollado un mecanismo nuevo de distribución para aumentar y mejorar el rendimiento de los cultivos, que no dañan el suelo ni el agua, ayudando a mejorar la absorción duradera de nutrientes por parte de los microorganismos del suelo (Espinoza, 2018).

#### **4.3.4 Aplicación de la nanotecnología en plaguicidas**

La nanotecnología puede habilitar microorganismos benéficos en nanopartículas metálicas para controlar enfermedades patógenas, con el fin de evitar daños en el medio ambiente. Hay nanoencapsulados usados como plaguicidas los cuales hacen una liberación lenta y controlada, clasificándose como los que atacan a la plaga y los que hacen resistente a la planta. Al usar óxido de hierro 30nm en sensores detectan pesticidas, con el fin de disminuir pesticidas en el campo agrícola y aumentar las practicas sustentables (Lira *et al*, 2018).

#### **4.3.5 Aplicación de la nanotecnología en herbicidas**

En los cultivos son muy comunes las malas hiervas, siendo estas atrayentes de plagas y enfermedades, para poder combatir este problema se optado por utilizar nanoherbicidas los cuales al aplicarse al suelo evitan que se sigan desarrollando estas hiervas, pero de una manera ecológica, pudiendo obtener mejores resultados de calidad del cultivo y mayores rendimientos (Prasad *et al*, 2014).

#### **4.3.6 Aplicación de la nanotecnología en fertilizantes**

Los fertilizantes son importantes en la agricultura, pero el uso en exceso de estos provoca daños intensos en el suelo, a causa de estos se ha optado por disminuir el uso de estos. La aplicación de nanofertilizantes en el suelo aumenta el intercambio simbiótico con los elementos del suelo y las raíces de la planta, capta muy rápido los nutrientes del suelo a la planta y esto ayuda a un mejor rendimiento en los cultivos (Aguilar, 2016).

## **4.4 BIOESTIMULANTES**

### **4.4.1 ¿Qué es un bioestimulante?**

No hay una definición única de lo que es un bioestimulante, pero algunos autores lo han definido de las siguientes maneras: según Lovatt, (2015) son compuestos que no son pesticidas, ni fertilizantes, pero al momento de ser aplicados en las plantas ayudan al crecimiento y al vigor de estas. Según Du Jardín, (2015) relata que estos son sustancias, compuestos o microorganismos, que independientemente de su contenido nutricional, ayuda a la planta ante algún estrés abiótico, mejorar la eficiencia de nutrientes estos suelen también ser comerciales.

Según Cardozo, (2020) la aplicación de estos en las plantas les hace resistencia para condiciones no favorables como temperaturas inadecuadas, sequías, metales pesados en el ambiente, etc.

### **4.4.2 Regulador de crecimiento**

Los reguladores de crecimiento son compuestos de origen sintético, que pueden tener un desarrollo alto en el nivel regulatorio, más que en el desarrollo nutricional (Ramos, 2014).

Se pueden clasificar conforme a su estructura molecular, actividad molecular o efectos estimulantes. Cada uno de ellos para su síntesis natural requiere precursores que se extraen de donde la planta se desarrolla (Alcántara *et al*, 2019)

### **4.4.3 Hormona vegetal**

Las hormonas vegetales pueden dominar procesos de la planta bioquímicos y fisiológicos un ejemplo la división celular, diferenciación de frutos, crecimiento de la planta y las raíces. Son capaces de poder regular formación de frutos, caída de hojas y senescencia, floración, germinación de semillas y la embriogénesis (Porta *et al.*, 2019).

Según las hormonas pueden encontrarse en dosis muy específicas en distintos tejidos de la planta, dependiendo el proceso por el que esté pasando la planta, al

variar la concentración de las hormonas cambia el desarrollo y la reacción del estrés biótico y abiótico (Porta *et al.*, 2019).

#### **4.4.4 Modo de acción de los bioestimulantes**

**Ahorro energético:** Naturalmente las plantas pasan por procesos fisiológicos como son la fotosíntesis y la respiración que sintetizan sus propios aminoácidos por medio de los nutrientes minerales que atraen del suelo. Cuando se aplican bioestimulantes a base de aminoácidos forman proteínas, lo que facilita la conservación de energía gastada para sintetizar estos aminoácidos y que la planta pueda usar para llevar esta energía a otros procesos como producción, cuajado de frutos, floración, resistencia a enfermedades, recuperación de toxicidad, heladas, estrés hídrico (Díaz, 2018).

**Producción de antioxidantes:** Al tener la planta varias sustancias oxidantes esta se estresa. Al aplicar algas marinas a la planta en el estado de estrés refuerza a sus antioxidantes y mejora el metabolismo de la planta (Díaz, 2018).

**Formación de sustancias biológicas activas:** Los aminoácidos ayudan a la creación de sustancias activas que dan vigor y estimulan la vegetación, suelen ser muy importantes en cultivos de producción muy grandes e importantes porque forman clorofila, ácido indolacético y síntesis de enzimas (Díaz, 2018).

**Efecto regulador de metabolismo:** Los bioestimulantes y síntesis de aminoácidos, forman elementos como Co, Zn, Fe, y Mn que ayudan al transporte y penetración de elementos en el interior de la planta, pero hay incompatibilidad entre aminoácidos y compuestos cúpricos, al unirse con el Cu y al momento de entrar a los tejidos causan toxicidad (Díaz, 2018).

#### **4.4.5 Bioestimulantes comerciales**

**BIOZYME:** Estimulante que puede ser utilizado para tratamiento de semillas y germinación contiene extractos vegetales, al ser aplicados a las semillas aumenta su potencial genético natural. Hace que la germinación de las semillas sea rápida y uniforme, mejorando el desarrollo de la raíz (Lara, 2012)

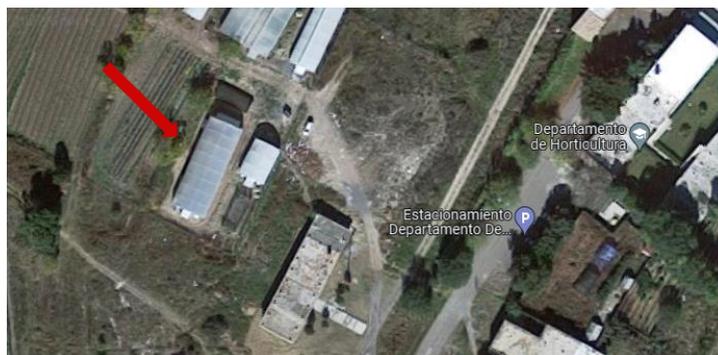
**VITAZYME:** Evade microorganismos no adecuados para la planta, contiene sustancias que favorecen a la fotosíntesis, y aumenta la cantidad energía en la planta en forma de carbonos, aumentando la propagación de proteínas, carbohidratos y más sustancias que favorecen al crecimiento radicular y favorece las propiedades del suelo, este producto proviene de concentrados microbiológicos y materiales vegetales (Vital Earth Resources, 2004).

**STIMPLEX:** Este proviene de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), este aumenta masa radicular y fotosíntesis, así mismo, evita la aplicación de productos fitosanitarios ya que aumenta la síntesis de fitoalexinas las cuales son sustancias que utiliza la planta cuando es atacada. Su ingrediente activo son las citoquininas, que ayudan a la diferenciación y división celular. Contiene elementos primarios, secundarios, vitaminas, aminoácidos, de os cuales son de gran apoyo para la planta ya que son esenciales para una buena nutrición general de la planta (Redagricola, 2019)

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Este trabajo de investigación se realizó en los invernaderos del Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, México (Figura 1). Con coordenadas 25.353611°, -101.032222°, con una altitud de 1,785 msnm. Es considerado con un clima seco semicálido, con una temperatura media anual de 14°C a 18°C.



(Google Maps 2022)

**Figura 1. Localización del invernadero donde se llevó a cabo el estudio.**

## 5.2 MATERIAL VEGETAL

El material vegetal utilizado fueron 72 coronas de fresa, de la variedad San Andreas (Figura 2).



**Figura 2. Material vegetal de fresa cultivar San Andreas empleando en el estudio al momento del trasplante.**

## 5.3 MATERIALES UTILIZADOS

- Bolsas de polietileno
- Sustrato fibra de coco
- Sustrato peat moss
- Bicarbonato
- Palas
- Cubetas
- Fertilizantes
- Conductivímetro
- Peachímetro
- Agua destilada
- Nanopartículas
- Bolsas de plástico
- Sensores medidores de nutrientes

#### **5.4 PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**

El sustrato utilizado en este experimento fue fibra de coco, al cual, antes de hacer el trasplante, se midió la conductividad eléctrica (CE) la cual fue de 1500 dS/cm, al dar unidades tan altas, se le dieron algunos lavados para bajar la conductividad, para evitar daños en la planta.

Los lavados se dieron con agua de la llave, que tenía CE de 800 dS/cm, se dieron varios lavados hasta dejar el sustrato al nivel de la CE del agua, y pudiese ser apto para las plantas.

También se utilizó peat moss al cual se le hizo una prueba de pH y se obtuvo 3.0 el cual era demasiado ácido, y lo balanceamos entre 5.6.

#### **5.5 TRASPLANTE**

El trasplante de las coronas se realizó el día 12 de marzo del 2021, en bolsas de polietileno con capacidad de 2 litros, a estas bolsas se les hizo 4 perforaciones en la parte inferior para drenar el agua, como sustrato se utilizó una mezcla 70:30 de fibra de coco y peat moss, al cual se le ajustó el pH a 5.6.

Al momento de trasplantar, a cada una de las coronas les hicimos una poda de raíces, luego las colocamos en las bolsas, con cuidado para que las raíces no quedaran mal acomodadas (Figura 3).



**Figura 3. Planta de fresa cultivas San Andreas recién trasplantadas y en proceso de adaptación.**

## 5.6 SISTEMA DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN

Las labores de riego, se fueron aplicando conforme a las necesidades de la planta, al hacer un chequeo manual y visual del sustrato. Se tomó en cuenta el análisis de agua y fue utilizada la solución Steiner, la cual se utilizó al 50% de concentración al estar la planta en una etapa de crecimiento, y esta fue aumentada al 100% cuando la planta ya estaba en etapa de producción.

El agua para regar tenía un pH de entre 7.7 – 7.9, fue utilizado ácido nítrico y ácido sulfúrico para neutralizar el agua y quedara el pH entre 5.5 – 6.0 para tener una buena absorción de elementos.

## 5.7 TRATAMIENTOS APLICADOS

Fueron seleccionados 5 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, mostrando a continuación (Cuadro 4), las concentraciones de ZnO NP y MDX

**Cuadro 4. Tratamientos seleccionados para la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) en combinación con maltodextrina (MDX)**

TRATAMIENTOS	ZnO NP (ppm)	MDX (ppm)
1	0	0
2	1000	0
3	1000	1500
4	1000	3000
5	1000	1500

### **5.7.1 Aplicación de tratamientos nanopartículas ZnO y maltodextrina**

La aplicación de los tratamientos inicio el 11 de abril de 2021, fueron aplicados vía foliar, utilizando un atomizador por tratamiento.

De acuerdo a la dosis de cada tratamiento se pesaban las nanopartículas y la maltodextrina, para luego ser diluidas con agua destilada con la dosis correspondiente y esta alcanzará para las 6 repeticiones de cada tratamiento, primero se aplicaban la nanopartículas y dos horas después la maltodextrina. Se agregaban al atomizador y se agitaban manualmente hasta que quedara bien disuelta.

## **5.8 MANEJO AGRONÓMICO**

Luego del trasplante se dio el mantenimiento y manejo adecuado para tener plantas muy bien desarrolladas.

A los 40 días aproximadamente después del trasplante se realizó una poda de estolones ya que la planta aun no tenía el tamaño adecuado para los frutos. Esto se realizó con la finalidad de que estos estolones crecieran y demandaran más energía y nutrientes en la planta lo cual sería un proceso arrebatado para la planta.

También se realizó la poda de las primeras flores de la planta, para aumentar el tamaño y vigor de las plantas así mismo para evitar que la planta entrara en producción muy joven.

Al empezar a haber producción de frutos, comenzó a haber daño por animales dentro del invernadero y se colocó agribón alrededor para evitar está perdida y trampas para estos animales.

## **5.9 MUESTREO DE pH Y CE**

Se obtuvo por el método 1:2 el cual era poner un poco del sustrato de la maceta en un recipiente de vidrio y agregar la misma cantidad de agua destilada, luego agitarlo para disolver bien y dejar reposar durante 30 minutos y luego tomar la lectura con el peachimetro y con el conductivimetro. Este procedimiento fue realizado 3 veces durante el experimento, la primera vez salieron resultados muy altos para las plantas y se utilizó 1gr / L de azufre vía drench, para balancearlos.

## 5.10 TEMPERATURA Y HUMEDAD

Para mantener una temperatura y humedad adecuada, se controlaban por medio de dos ventiladores en la entrada del invernadero, una pared húmeda al final de este y con cortinas que se podían abrir y cerrar de manera manual.

## 5.11 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Al presentarse plagas como araña roja y trips, se realizó un calendario para fumigación, que consistió en aplicar cada ocho días el insecticida de Abamectina a 1ml / L, diluido en agua con un pH de 5.5 – 6.0.

## 5.12 COSECHA

Se comenzó a cosechar el día 1ro de junio de 2021, y se realizaron de forma manual, observando y procurando que los frutos cosechados mantuvieran una maduración uniforme, pero de igual manera que tuvieran una madurez fisiológica adecuada.

Durante la cosecha los frutos se colocaban en bolsas y se marcaban con el tratamiento del que había sido tomado, para posteriormente ser evaluadas con cada una de las variables.

### 5.12.1 Variables evaluadas

- **Rendimiento:** se determinó pesando en (gr) cada uno de los frutos de cada tratamiento.
- **Número de coronas:** contando las coronas de cada una de las plantas evaluadas.
- **Calidad visual del fruto:** se determinó observando detalladamente el fruto calificando desde 1, el cual era un fruto “perfecto”, al 5 el cual era un fruto imperfecto.
- **Número de frutos:** se obtuvo contando en cada cosecha los frutos que salían de cada uno de los tratamientos.
- **Peso fresco de la planta:** Este se obtuvo pesando las partes vegetales de la planta.

- **Longitud y ancho de las hojas:** se determinó con un vernier colocándolo de extremo a extremo de las hojas, en cada planta de cada uno de los tratamientos.
- **Número de hojas:** se determinó contando todas las hojas de la planta, de cada uno de los tratamientos.
- **Contenido nutrimental (N, K, Ca):** estos se determinaron con los frutos de cada tratamiento, se machacaban en una bolsita de plástico y se aplicaba la pulpa en los medidores de nutrientes, marca HORIBA y estos nos marcaban el contenido nutrimental, después de esto se enjuagaban los sensores con agua destilada y se volvía a repetir el procedimiento, se hicieron 6 repeticiones de cada tratamiento, basado a esto luego se obtuvo el balance nutrimental de N/K, N/Ca, K/Ca.

### **5.13 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con cinco tratamientos de seis repeticiones cada uno. Cada repetición consistía en una planta. Los datos fueron analizados con el programa del SAS

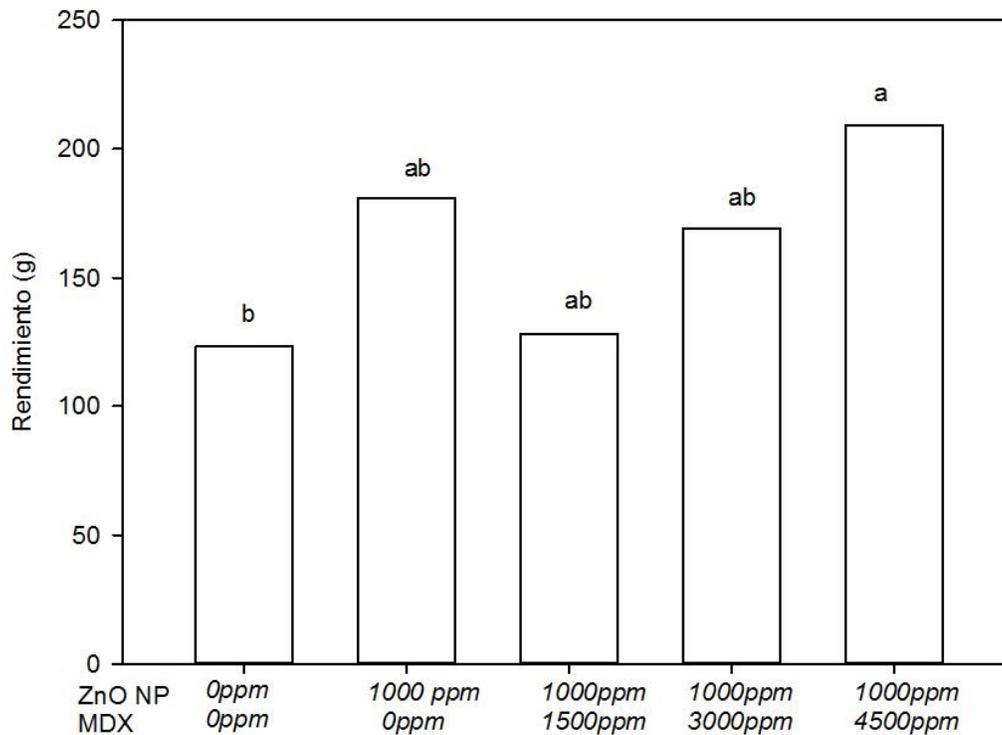
## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 RENDIMIENTO

La aplicación de nanopartículas de ZnO a 1000ppm, aumentó un 47% y 37% en el rendimiento (Figura 4); pero esta no fue significativa estadísticamente. Así como tampoco al aplicar 1000 ppm de nanopartículas con 1500 o 3000 ppm de maltodextrina, respectivamente, aunque no hubo una diferencia estadística.

Sin embargo, al aplicar una dosis de maltodextrina de 4500 ppm si hubo un incremento en el rendimiento de un 70%, siendo estadísticamente significativo.

Con los resultados mencionados, se sugiere que para tener un mayor rendimiento y las nanopartículas de ZnO tengan un efecto positivo deben ir acompañadas con 4500 ppm de maltodextrina. Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez-Velasco *et al*, (2021), quienes determinaron que por medio de la aplicación de maltodextrina en la planta con pulverizaciones foliares se dio un aumento en el rendimiento de los frutos de tomate de invernadero.



**Figura 4. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) aplicadas de forma foliar para el rendimiento (g) en el cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX).**

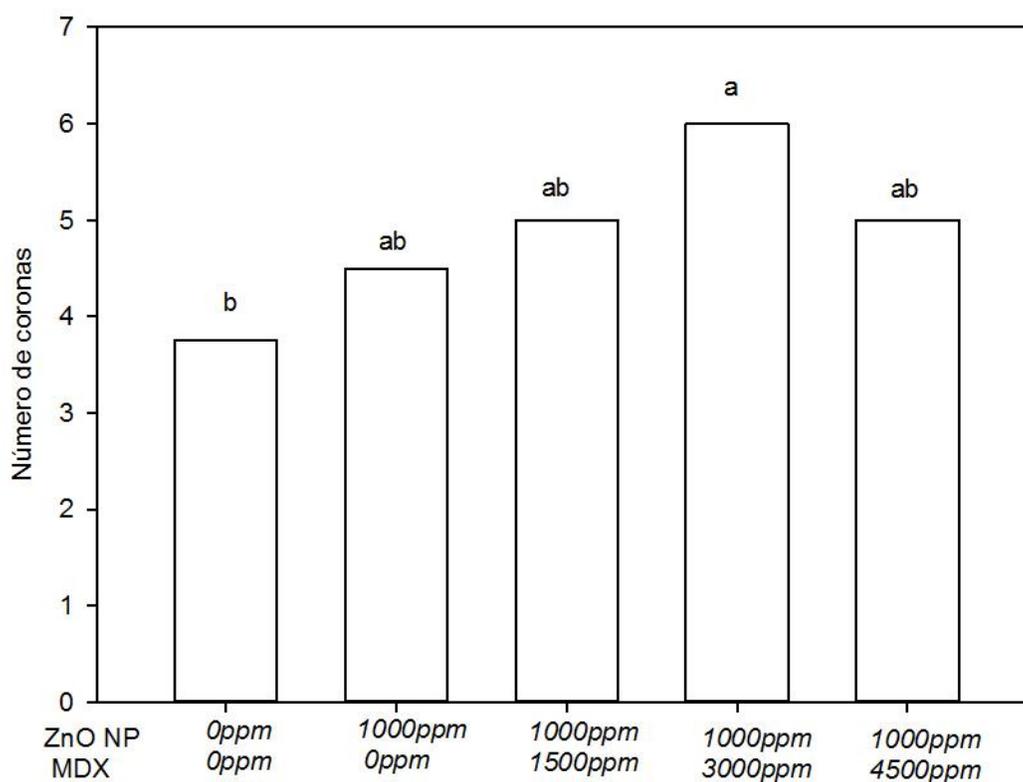
## 6.2 NÚMERO DE CORONAS

La aplicación de nanopartículas de ZnO a 1000 ppm, aumentó un 20% el número de coronas (Figura 5); sin embargo, esta diferencia no fue significativa estadísticamente. Al aplicar de igual manera 1000 ppm de nanopartículas de ZnO y agregando 1500 ppm de maltodextrina se aumentaron el número de las coronas en un 35% comparadas con el testigo, pero al incrementar la dosis de la maltodextrina a 3000 ppm las coronas aumentaron en un 60%, siendo estadísticamente significativo.

Sin embargo, al aumentar la dosis a 4500 ppm el número de coronas redujo en comparación con el tratamiento con una dosis de maltodextrina de 3000ppm, aunque en comparación del testigo, se elevó a un 35%.

El aumento en el número de coronas en tratamientos con nanopartículas más dosis altas de maltodextrina puede explicar el aumento también en el rendimiento de fruto.

Se ha mencionado que la maltodextrina pudiese tener un efecto bioestimulante sobre las plantas de tomate (Pérez-Velazco et al., 2021), lo que en el presente estudio se corrobora ya que al aumentar la dosis de este producto se elevó la producción de coronas y a su vez la producción de fruto. La aplicación de nanopartículas, influyen en aspectos como el crecimiento fisiológico de la planta, debido a una mayor producción de ácido indolacético el cual eleva el crecimiento de la planta (Pandey et al, 2010).



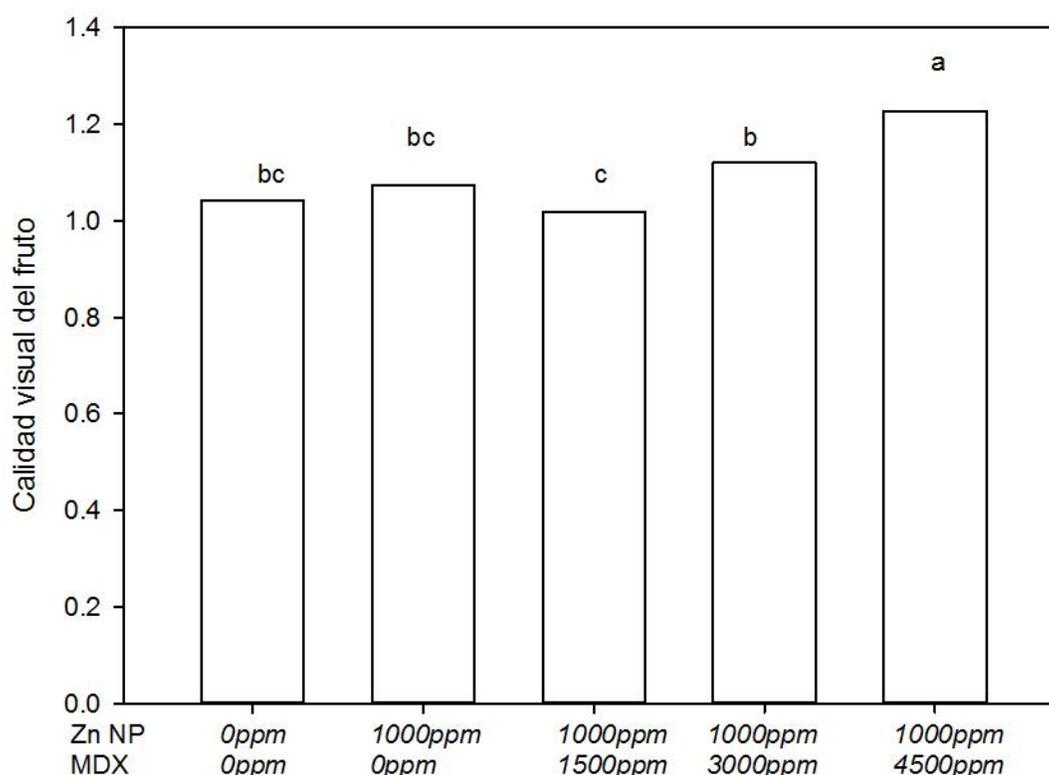
**Figura 5. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP) aplicadas de forma foliar sobre el número de coronas en el cultivo de fresa, en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.3 CALIDAD VISUAL DEL FRUTO

La aplicación de nanopartículas de ZnO a 1000 ppm no aumentó la calidad de los frutos (Figura 6); sin embargo, al aplicar las mismas 1000 ppm de nanopartículas con 1500 ppm de maltodextrina, esta disminuyó un 9% en comparación con los

frutos del tratamiento testigo, aunque sin significancia. Sin embargo, al aumentar a 4500ppm de maltodextrina, si hubo un aumento significativo del 17%.

Con estos resultados se sugiere que para que las nanopartículas de ZnO tengan un efecto positivo en la calidad del fruto, debe ir acompañada con maltodextrina a 4500 ppm. Estos datos coinciden con lo reportado por Pérez-Velasco *et al*, (2021) donde determinan que, por medio de la aplicación de maltodextrina sola, logran aumentar la calidad del fruto en tomate.



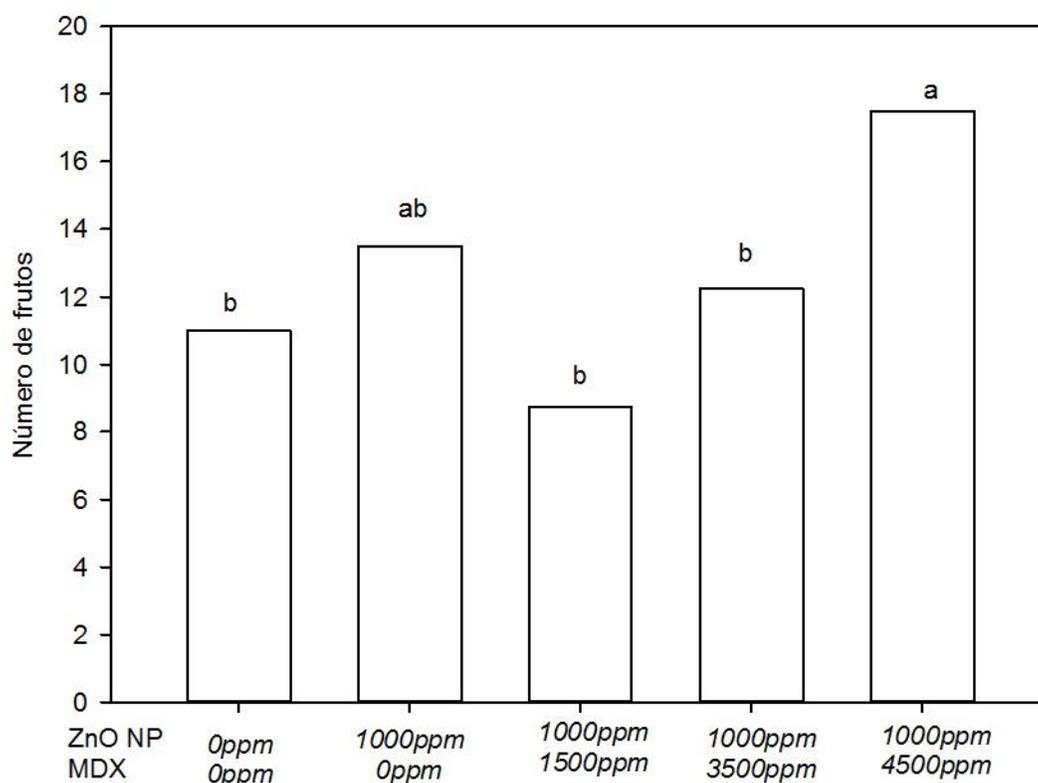
**Figura 6. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar para la calidad visual del fruto en el cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

#### 6.4 NÚMERO DE FRUTOS

Al aplicar las nanopartículas de ZnO a 1000 ppm, se aumentó en 18% el número de frutos (Figura 7); no siendo significativa estadísticamente. Al aplicar las mismas 1000 ppm de nanopartículas con 1500 ppm de maltodextrina, hubo una reducción en el número de frutos, pero también sin significancia con respecto al testigo. En la

aplicación de 3000 ppm de maltodextrina con las mismas 1000 ppm de nanopartículas se dio un aumento del 11% a comparación del testigo, del cual no se dio una diferencia significativa, sin embargo, al aumentar la dosis de maltodextrina a 4500 ppm hubo una diferencia estadística del 59%.

Con los resultados obtenidos en este experimento, se recomienda que, para obtener un resultado positivo de la aplicación de nanopartículas, estas deben ir acompañas con 4500 ppm de maltodextrina, para un buen rendimiento de frutos. La aplicación de nanopartículas y maltodextrina de forma foliar aumenta el rendimiento en los frutos, lo afirma Pérez-Velasco *et al*, (2021).

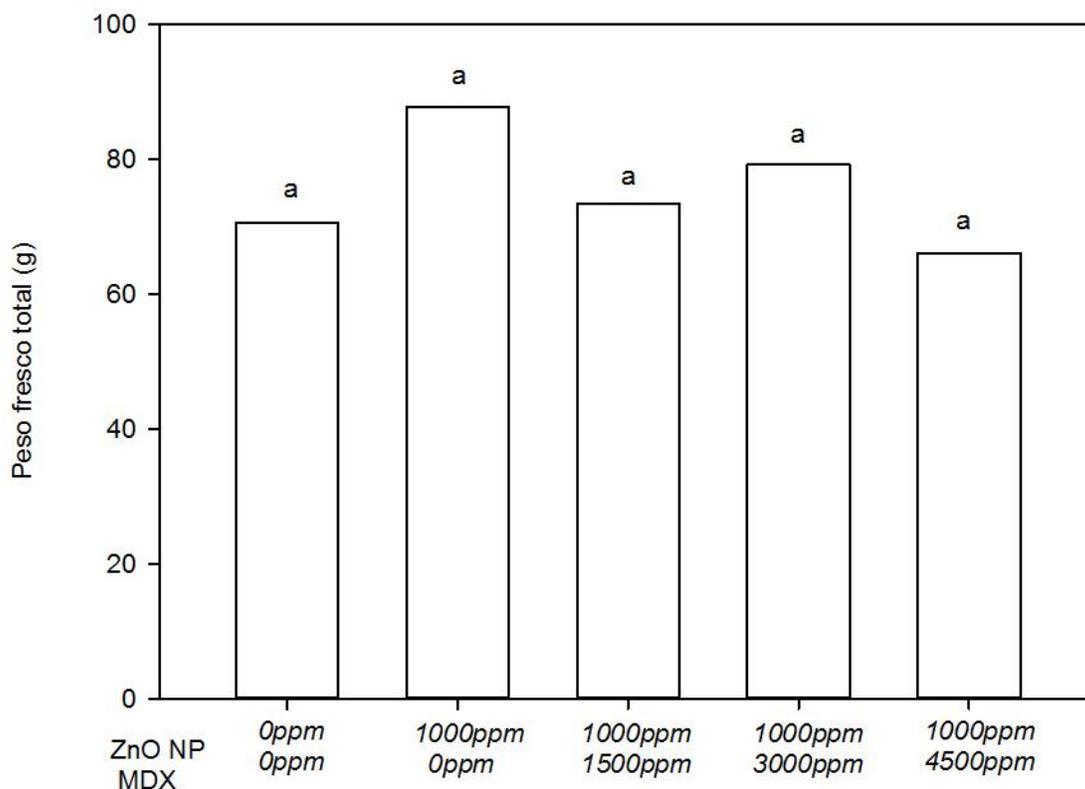


**Figura 7. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar sobre el número de frutos en el cultivo de fresa, en combinación con maltodextrina (MDX)**

## 6.5 PESO FRESCO DE LA PLANTA

La aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina a diferentes dosis, la mayor relevancia que hubo fue de un 24% en el peso fresco de la planta (Figura 8); en la dosis 1000 ppm de nanopartículas de ZnO y 0ppm de maltodextrina, pero no fue estadísticamente significativa.

Los datos obtenidos en este experimento, pueden afirmar que las nanopartículas de ZnO no afectan en el crecimiento de la planta, este estudio coincide con Zhao *et al*, (2013), en que en la aplicación de nanopartículas de ZnO a 0, 400 y 800 mg/ kg no afectó el crecimiento de la planta de pepino, el contenido de clorofila ni el intercambio de gases.

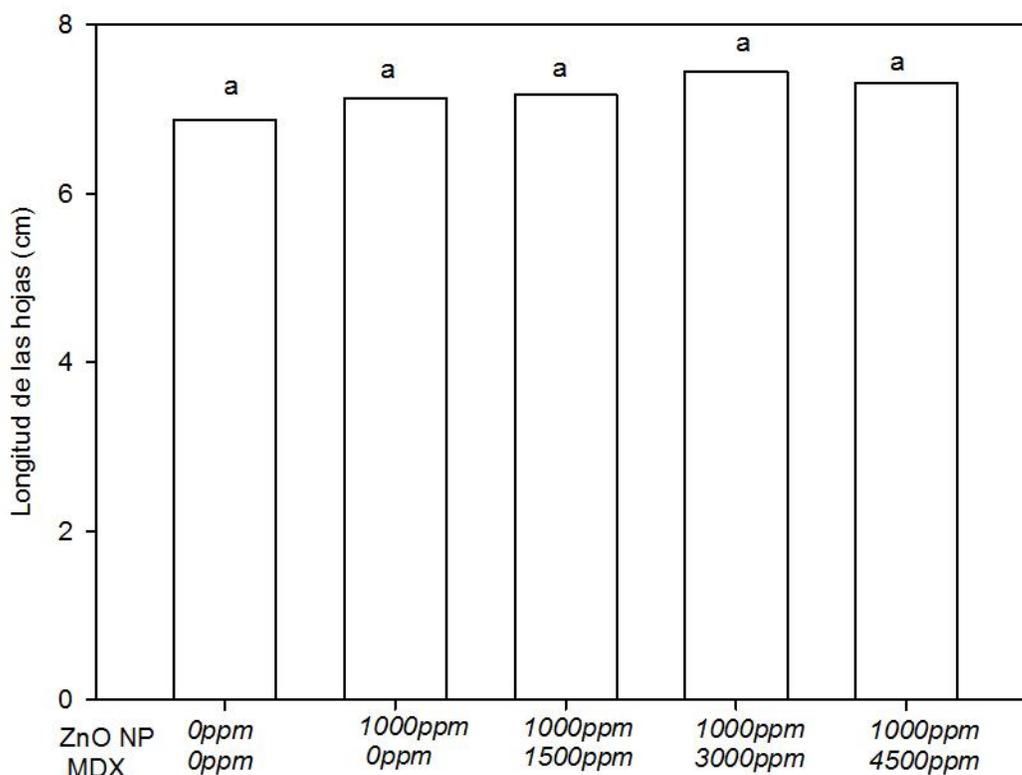


**Figura 8. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el peso seco total (g) en el cultivo de fresa, en combinación con maltodextrina (MDX)**

## 6.6 PARTE FOLIAR DE LA PLANTA

### 6.6.1 Longitud de las hojas

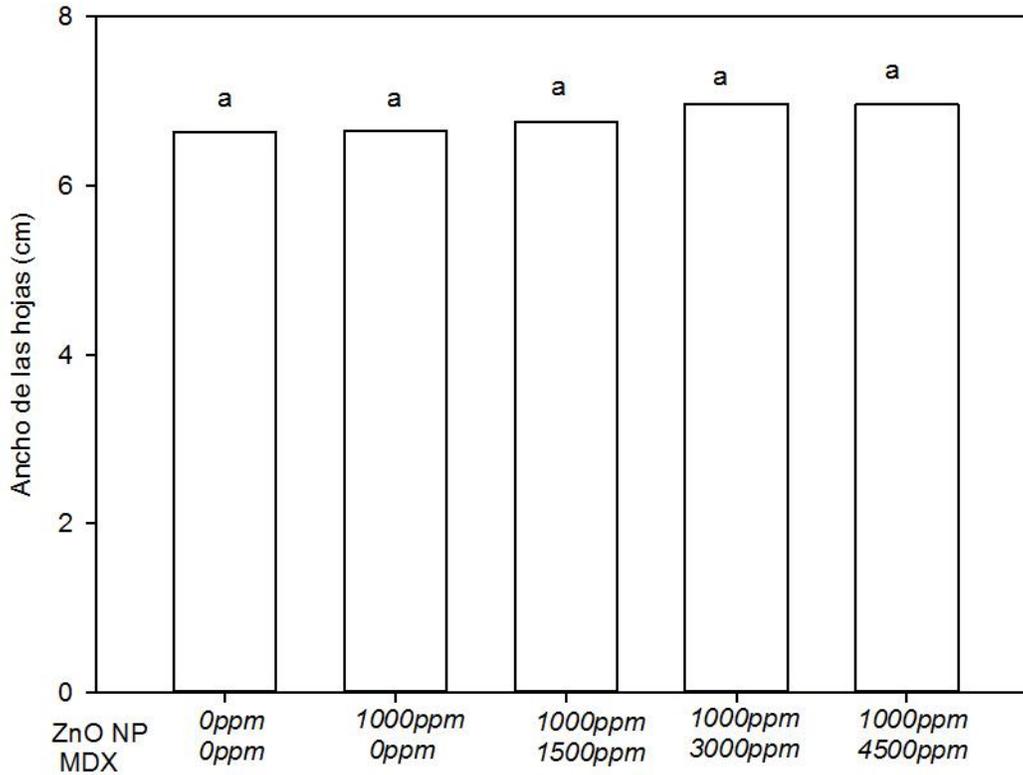
La aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina a diferentes dosis en la longitud de las hojas (Figura 9); no obtuvo una significancia estadística en ninguno de los cinco tratamientos.



**Figura 9. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en la longitud de la hoja (cm) en el cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.6.2 Ancho de las hojas

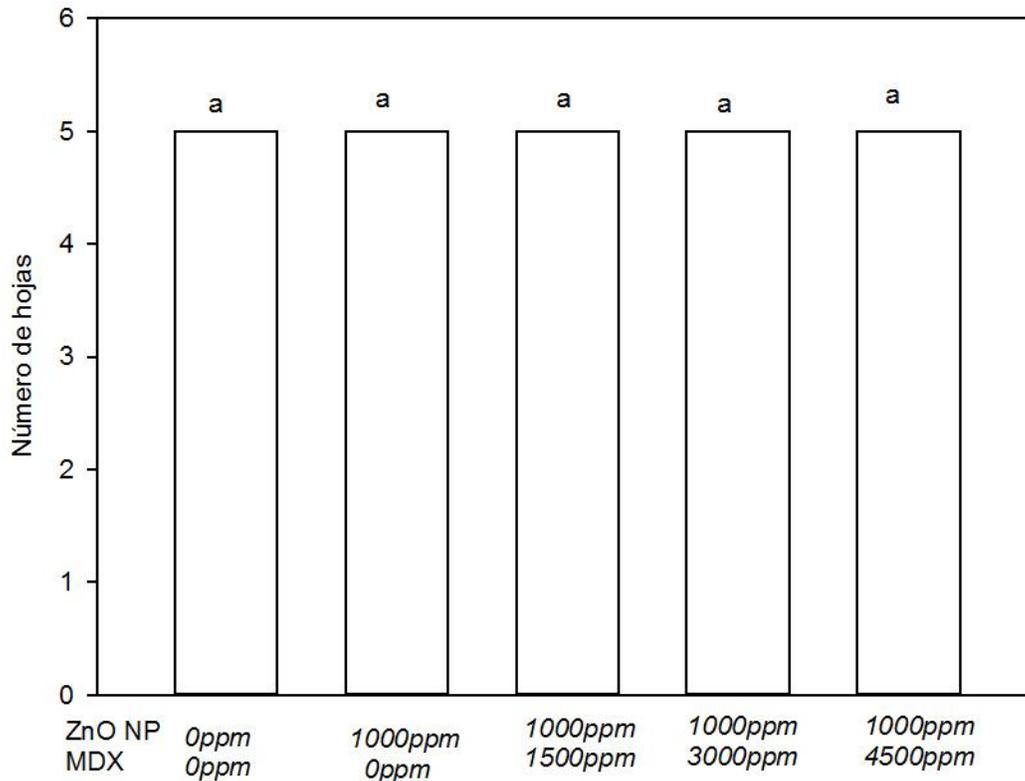
Al aplicar nanopartículas de ZnO y maltodextrina, la mayor relevancia fue de un 4% para el ancho de las hojas (Figura 10); en la dosis de 1000 ppm de nanopartículas ZnO y 3000ppm de maltodextrina, pero aun así no hubo significancia estadística.



**Figura 10. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el ancho de la hoja (cm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.6.3 Número de hojas

En la aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina no hubo efecto en el número de hojas en los cinco tratamientos (Figura 11), por lo cual no hubo significancia estadística.



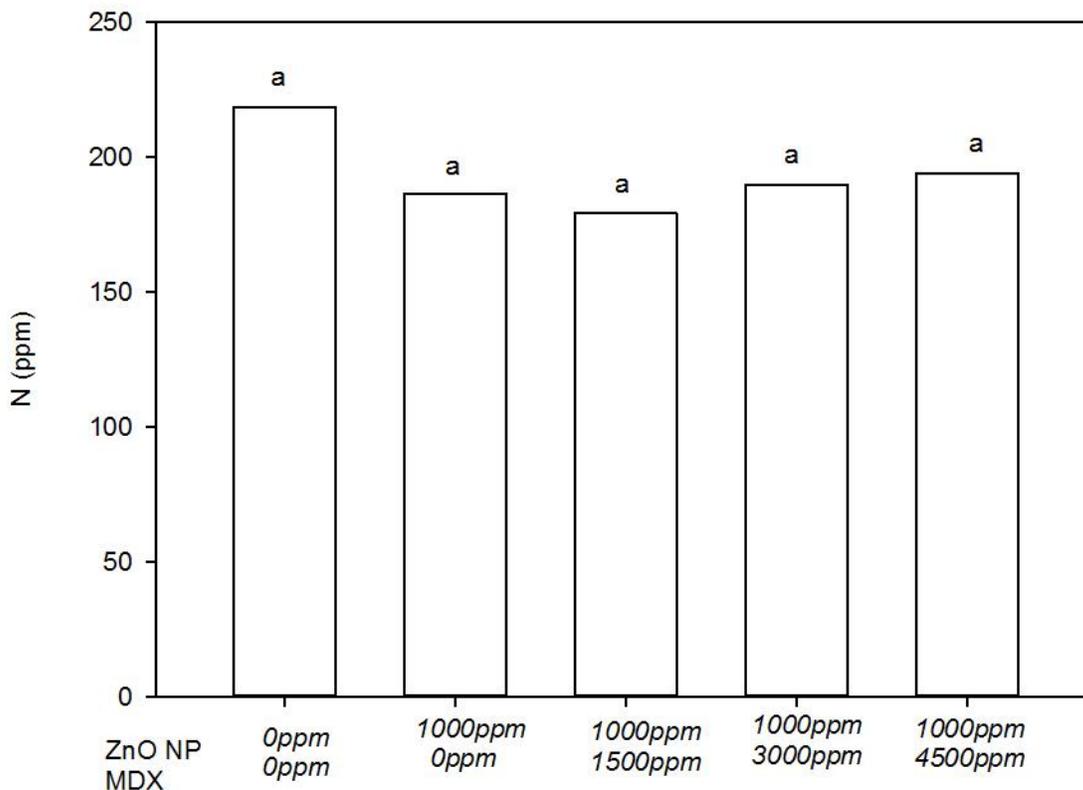
**Figura 11. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el número de hojas (cm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

Con los datos obtenidos en estas variables (longitud de hojas, ancho de las hojas y número de hojas) se puede afirmar que las nanopartículas no obtuvieron un resultado significativo, pero cabe mencionar que la planta no tenía mala calidad. Méndez-Argüello *et al*, (2016) describe que el rendimiento y crecimiento de algunos cultivos puede ser por la aplicación de NP ZnO, al igual pueden inhibir el control de enfermedades, sin embargo, en este experimento no da alguna relación alguna, con lo que relata este autor.

## 6.7 CONTENIDO NUTRIMENTAL

### 6.7.1 Nitratos

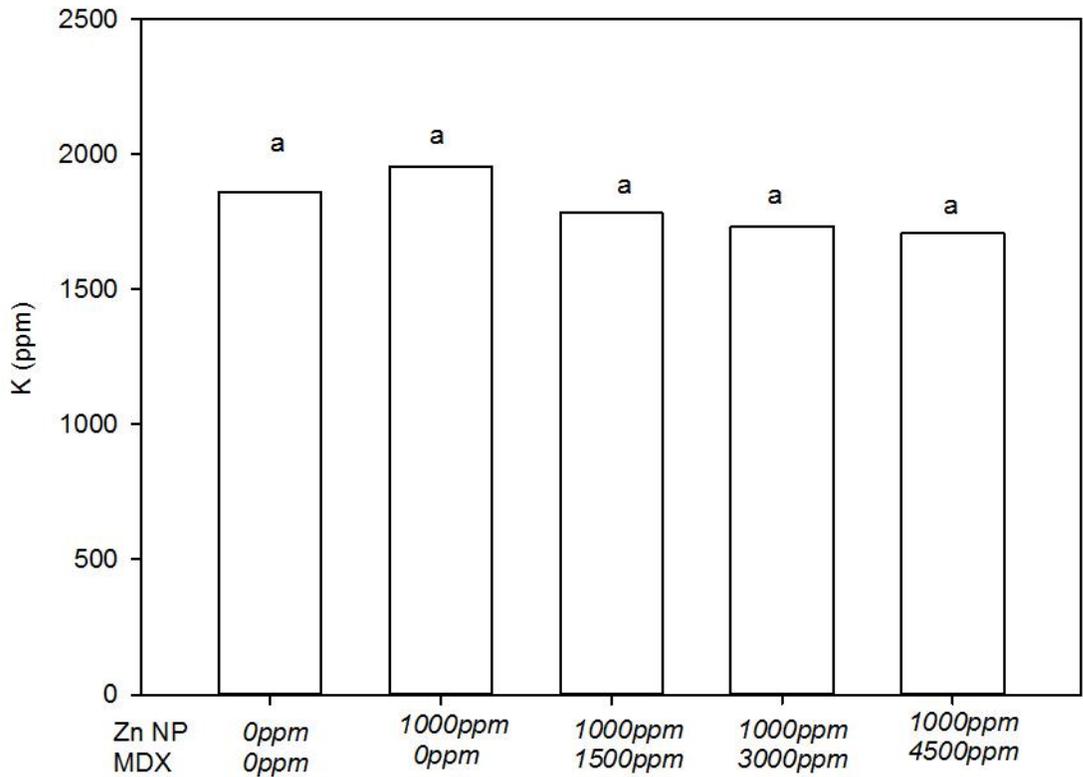
Al hacer la aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina las determinaciones de nitrógeno (Figura 12), no obtuvieron diferencias significativas estadísticamente.



**Figura 12. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el N (ppm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.7.2 Potasio

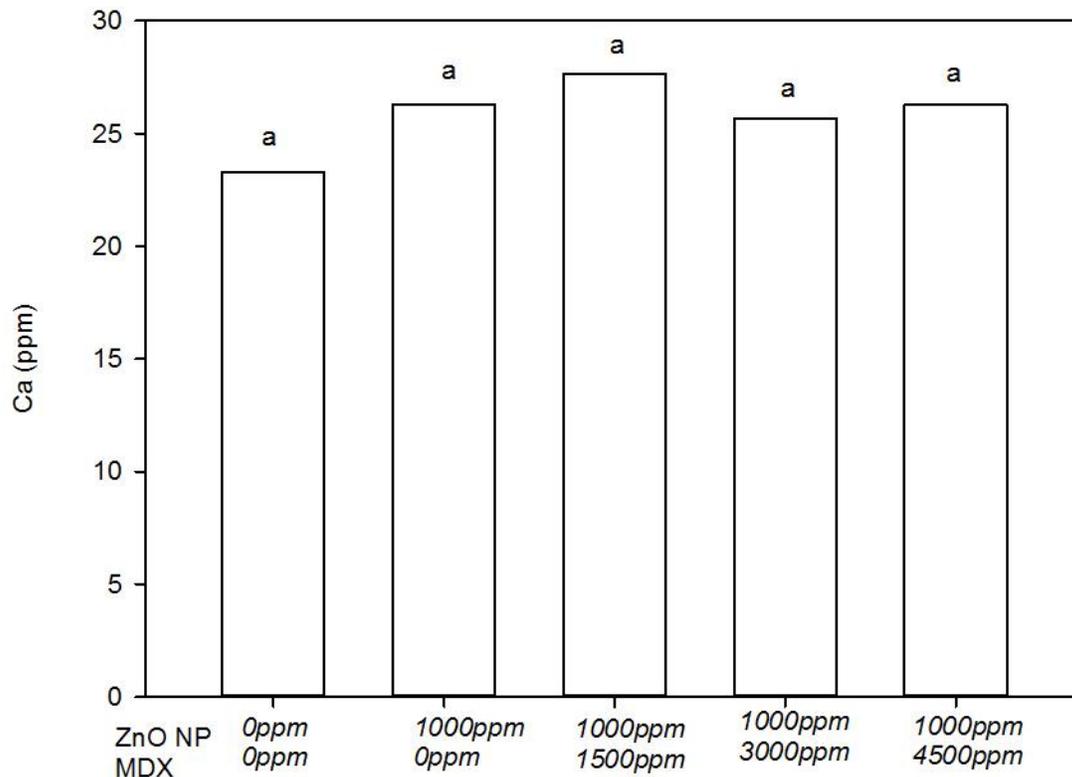
Con la aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina, las determinaciones de Potasio (Figura 13), no dieron una diferencia significativa estadísticamente, siendo el mayor aumento de un 5%.



**Figura 13. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el K (ppm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.7. 3 Calcio

La aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina, el mayor aumento que se obtuvo de los distintos tratamientos fue de un 19% en las determinaciones de calcio (Figura 14), sin embargo, no hubo diferencias significativas estadísticamente entre estos.



**Figura 14. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Ca (ppm) del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

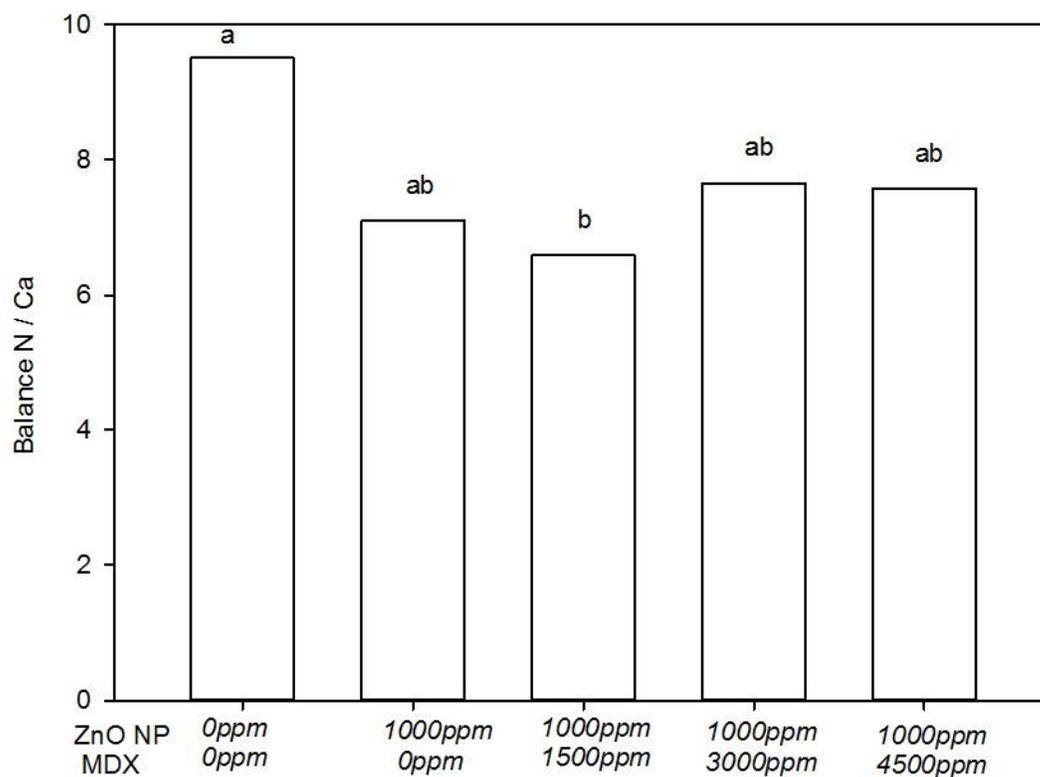
Con los datos obtenidos en este experimento, se puede considerar que la aplicación de nanopartículas de ZnO no causan un efecto significativo en estos nutrimentos, sin embargo, es positivo, ya que se logra mantener la calidad y el rendimiento de los frutos, esto coincide con Gómez, (2021) quien relata que por medio del incremento de enzimas como la fitasa, fosfatasa alcalina y ácida, se obtiene un mayor rendimiento, calidad y mejora nutricional, aunque en este caso la mejora nutricional no tiene relación alguna.

## **6.8 BALANCE NUTRIMENTAL**

### **6.8.1 Balance N / Ca**

Al hacer la aplicación de nanopartículas de ZnO a 1000 ppm se dio una disminución del 75% en el balance N / Ca (Figura 15), sin embargo, no obtuvo una diferencia altamente significativa, al aplicar 1000 ppm de nanopartículas de ZnO y 1500 ppm

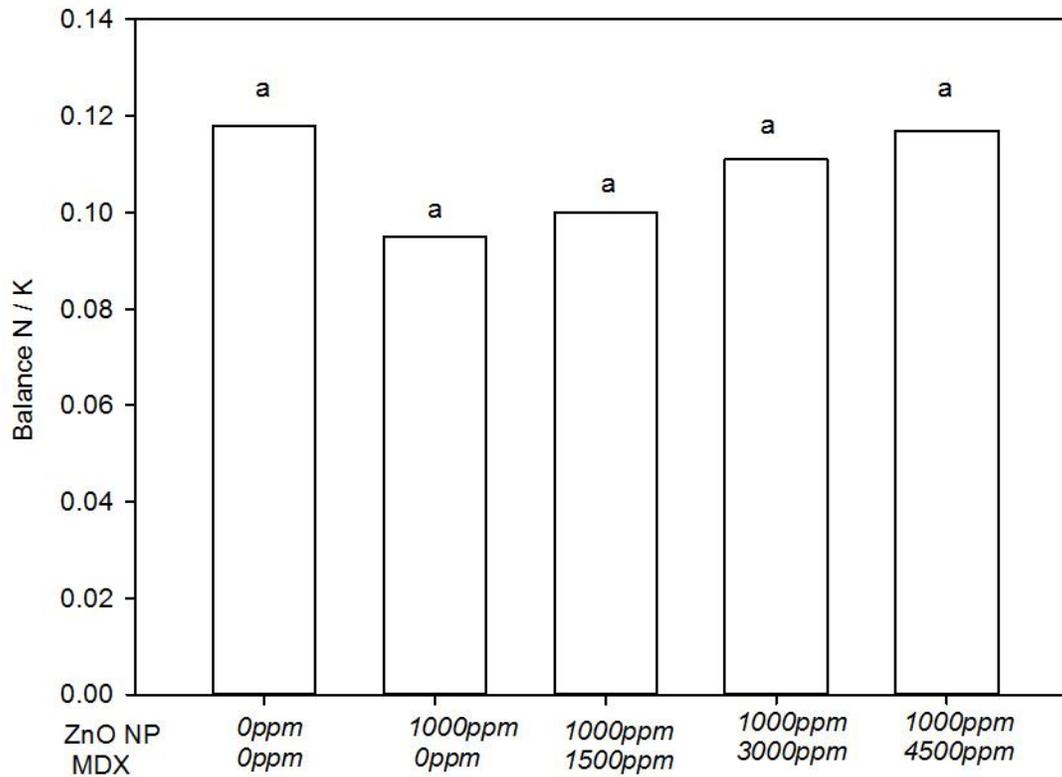
de maltodextrina disminuyó un 69% el cual fue significativo estadísticamente, al aumentar la dosis de maltodextrina a 3000 ppm con las mismas 1000 ppm de nanopartículas se dio una disminución del 80% pero tampoco fue significativo estadísticamente, al aumentar solo la dosis de maltodextrina a 4500 ppm se obtuvo una disminución del 80% que de igual forma no se dio una diferencia altamente significativa.



**Figura 15. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Balance N / Ca del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.8.1 Balance N / K

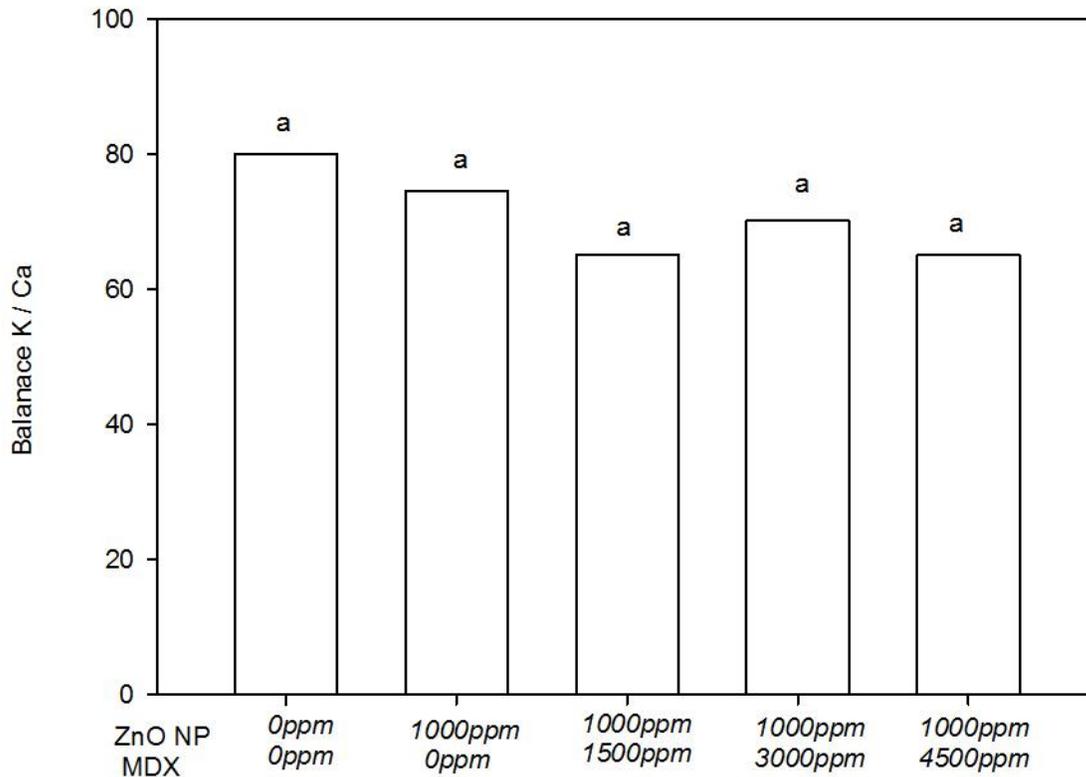
La aplicación de nanopartículas y maltodextrina a diferentes dosis, no obtuvo una diferencia significativa entre estos para el balance N / K (Figura 16).



**Figura 16. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Balance N / K del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

### 6.8.3 Balance K / Ca

Al hacer la aplicación de nanopartículas de ZnO y maltodextrina en diferentes tratamientos, no se obtuvo una diferencia significativa entre estos en el balance K / Ca (Figura 17), aunque se observó una disminución hasta del 81% en uno de los tratamientos.



**Figura 17. Efecto de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NP), aplicadas de forma foliar en el Balance K / Ca del cultivo de fresa en combinación con maltodextrina (MDX)**

Por medio del análisis estadístico se afirma que la aplicación de 1000ppm nanopartículas y 1500ppm de maltodextrina se obtuvo un resultado significativo, pero fue en disminución a comparación con el testigo en el balance N / Ca, sin embargo, en los balances N / K y K / Ca no se dio ninguna significancia estadística. Sin embargo, Tarafdar *et al*, (2014) relata que las nanopartículas ayudan a la solubilidad de los nutrientes como el fosforo, mejorando el estado nutricional de la planta, pero no esto no da relación alguna a los resultados de este experimento.

## **VII. CONCLUSIONES**

La aplicación de nanopartículas de ZnO tuvo efectos promotores del rendimiento y calidad de fruto cuando la aplicación se hizo combinado con maltodextrina a dosis de 3000 a 4000 ppm; lo anterior estuvo asociado con una mayor producción de coronas y de frutos por parte de las plantas. El efecto no se detectó en los órganos vegetativos de las plantas ni en el estatus nutrimental.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, G. A. (2016).** Aplicacion foliar de nanoparticulas de óxido de grafeno, nanotubos de carbon y su efecto en plantas de *Rhaphanus Sativus* cultivadas con sustratos zeolíticos. (Tesis de licenciatura, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro).
- Alcalá, M. A. (2019).** Impacto de la nanotecnología en el sector internacional de la cosmetica. (Tesis de Licenciatura, Universidad de Sevilla Facultad de Farmacia).
- Alcantara C., J. A. (2019).** Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. NOVA, 17 (32), 109 – 129 Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702019000200109](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702019000200109)
- Ariza, M. B. (2018).** Nanotecnología en dermofarmacia. (Tesis de Licenciatura, Facultad de Farmacia Universidad Complutense).
- Banco Mundial. (2022).** Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectarea de tierras cultivables). Grupo Banco Mundial. Consultado en Mayo 2022. Disponible en <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS?end=2018&start=2018&view=map>
- Bogotá. (2015).** Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. Consultado en Mayo 2022. Disponible en <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1>
- Canizales, M. S. (2019).** Uso de microorganismos solubilizadores y productores de acc desaminasa en el cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch*). (Tesis de maestria, Universidad de Guadalajara).
- Cardozo, G. R. (2020).** Influencia de bioestimulantes sobre características agronomicas de la soja (*Glycine max (L.) Merriell*). (Tesis de Mestria, Universidad Nacional de la Asuncion).

- Diaz, J. J. (2018).** Efecto de tres bioestimulantes (ryz up, prolamina y aminofol) y tres dosis de aplicación, en el rendimiento en grano seco de frijol variedad sumac puka (*Phaseolus vulgaris L.*) En cajamarca. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca Facultad de Ciencias Agrarias).
- Du Jardin, P. (2015).** Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>
- Erica Ruth Cotrina Bernardo, N. (2019).** Niveles de nutrición inorgánica en el rendimiento de fresa (*Fragaria Vesca* variedad Monterrey) en condiciones edafoclimáticas de ambo, huanuco, 2018. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán).
- FAO. (s/a).** Los fertilizantes y sus usos. Consultado en junio 2022 Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf>
- García, A., Juárez, R., Palenius, H., Corona, D., & Rocha, E. (2014).** Calidad, comercialización y rentabilidad de fresa en el sistema de producción tradicional y agroecológico de guanajuato. Consultado en junio 2022 Obtenido de <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v10/Artigo%2015%20fresa.pdf>
- Giampieri, (2012).** The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*. 28(1):9-19. Consultado en junio 2022. obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22153122/>
- Gigante, J. B. (2010).** Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *fragaria* diploide para la mejora del cultivo de fresa. (Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona).

- Gomez, Z. A. (2021).** Respuesta de la flor de nochebuena (*euphorbia pulcherrima*) a la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).
- Guerrero, L. L. (2018).** Inducción de la floración en fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad albion, mediante la aplicación de extracto de sauce (*Salix humboldtiana*) y agua de coco (*Cocos nucifera L.*). (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato).
- Heffer P., Gruelle, A., Roberts, T. (2017).** Assessment of Fertilizer Use by crop at the global level . ifa INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION . Consultado en mayo 2022. Obtenido de [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2017\\_IFA\\_AgCom\\_17\\_134%20rev\\_FUBC%20assessment%202014.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2017_IFA_AgCom_17_134%20rev_FUBC%20assessment%202014.pdf)
- Huaman, E. .. (2019).** EFECTO DE TRES DOSIS DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN PRODUCCION HIDROPONICA DE TRES VARIETADES DE FRESA (*Fragaria Duch*). (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco)
- Khoshnevisan, B., S. Rafiee y H. Mousazehd. (2013).** Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. European journal of Agronomy, 50, 29-37.
- Lara, I. A. (2012).** Efecto de bioestimulantes químicos y orgánicos en la calidad fisiológica de la semilla de frijol (*phaseolus vulgaris*) variedad pinto saltillo. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).
- Leyton M. C., Sanchez A. L. F., (2008).** Estudio de la fresa en el Perú y el mundo. (El Perú avanza). Consultado en julio 2022. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estuyhh>
- Lira Saldivar, B. M. (2018).** Potencial de la nanotecnología en la agricultura. (Acta Universitaria). 28(2), 9-24. Obtenido de

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662018000200009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662018000200009)

**Martinez, A. J. (2011).** Evaluacion de productoss organicos para el control de araña roja (*Tetranychus urticae Koch*) en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*). (Tesis de licenciatura, Universidad Tecnica de Ambato).

**Mejias Sánchez, Y., Cabrera Cruz, N., Toledo Fernández, A. M., & Duany Machado, O. J. (2009).** La nanotecnología y sus posibilidades de aplicación en el campo científico-tecnológico. *Revista Cubana de Salud Pública*. 35(3). Consultado en abril 2022. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662009000300006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662009000300006).

**Méndez-Argüello, V.-R. M.-M.-C.-U.-S. (2016).** Promoción del crecimiento en plantas de (*Capsicum annum*) por nanopartículas de óxido de zinc. *Nova scientia*. 8(17), 140-56. Consultado en agosto 2022. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052016000200140](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000200140).

**Mendoza, A. B. (2021).** Bioestimulantes agricolas: importancia y definicion . *ResearchGate*. Consultado en agosto 2022. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/354423869\\_Bioestimulantes\\_agricolas\\_importancia\\_y\\_definicion](https://www.researchgate.net/publication/354423869_Bioestimulantes_agricolas_importancia_y_definicion).

**Mossler, M. (2012).** Florida crop/pest management profiles: Strawberry. IFAS Extension. University of Florida, Gainesville, FL. Consultado en agosto 2022. Obtenido de <https://growables.com/information/TropicalFruit/documents/StrawberryCropPestManagementEDIS.pdf>

**Neves, F. (2021).** *Jacto*. Consultado en abril 2022 Obtenido de <https://bloglatam.jacto.com/fertilizantes-quimicos-2/>

**Pandey, A. S. (2010).** Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of Cicer arietinum. . *Journal of Experimental Nanoscience*. 5(6), 488-

497. Consultado en julio de 2022. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/17458081003649648>.

**Patiño, J. E. (2020).** La eficiencia de los fertilizantes. Agricultura. Consultado en mayo 2022. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/eficiencia-fertilizantes-t45988.htm>

**Perdomo, C. (s/a ).** Nitrogeno. (Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía Universidad de la Republica).

**Pérez, B. V. (2017).** Evaluación del rendimiento y calidad de fresa en dos sistemas hidroponicos. (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México).

**Pérez-Velasco, L. A.-G.-J.-M.-F. (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. Springer Link. Consultado en mayo 2022. Obtenido en <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-021-00416-0>.

**Porta H, G. J. (2019).** Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 22 e 160. Consultado en abril 2022. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v22/1405-888X-tip-22-e160.pdf>.

**Prasad, V. K. (2014).** Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. African Journal of Biotechnology. 13(6), 705-713. Consultado en mayo de 2022. Obtenido en <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/109318>.

**Ramos, L. A. (2014).** Evaluación de la efectividad biológica del fungicida fungifree - ab en fresa (*Fragaria spp*) y frambuesa (*Rubus idaeus*). (Tesis de licenciatura, Universidad de Guadalajara).

**Redagricola. (2019).** Extracto a base de *Ascophyllum nodosum* como mitigador de estreses medioambientales. Redagricola.Consultado en agosto de 2022. Obtenido de <https://www.redagricola.com/co/extracto-alga-mitigador-de-estres-medioambiental/>.

**Restrepo, D. C. (2017).** Nanotecnología en la agricultura. Consultado en mayo de 2022. Obtenido de <http://revistabionatura.com/files/2017.03.03.9.pdf>

**SADER, S. (2019).** Expectativas agroalimentarias 2019. Consultado en junio de 2022. Obtenido de <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Brochure%20Expectativas%202019.pdf>.

**SAGARPA. (2005).** Plan rector sistema nacional fresa . Consultado en abril de 2022. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/23405358/plan-rector-sistema-nacional-fresa-inforuralcommx>.

**SAGARPA. (2017).** Fresa mexicana . Planeacion agricola nacional 2017 - 2030. Consultado en julio 2022. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>

**SIAP. (2011).** Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo rural, Pesca y Alimentacion. Consultado en junio de 2022. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/>

**SIAP. (2020).** Panorama Agroalimentario. Consultado en junio de 2022. Obtenido de [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020)

**Sucunta, J. A. (2015).** Evaluación de cuatro abonos orgánicos en la producción de fresa (*Fragaria chiloensis*) variedad albion en la granja educativa del colegio

bachillerato sa vicente ferrer de la parroquia chuquiribamba canton loja - provincia de loja. (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Loja).

**Tarafdar, J. R. (2014).** Development of Zinc Nanofertilizer to Enhance Crop Production in Pearl Millet (*Pennisetum americanum*). Springer link. Consultado en abril de 2022. Obtenido de [https://link.springer.com/article/10.1007/s40003-014-0113-y#:~:text=The%20results%20demonstrated%20a%20significantly,the%20control%20\(Table%201\).](https://link.springer.com/article/10.1007/s40003-014-0113-y#:~:text=The%20results%20demonstrated%20a%20significantly,the%20control%20(Table%201).)

**Taylhardat R., L. A. (2016).** Caracterizacion de los procesos y agentes que intervienen en la produccion y comercializacion de la fresa (*Fragaria x ananassa*), en el casco central (Poligonal Urbana) del municipio Tovar, estado aragua año 2014. (Tesis de licenciatura, Universidad Central de Venezuela).

**Ulibarry, P. G. (2019).** Consecuencias ambientales de la aplicacion de fertilizantes. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Asesoría Técnica Parlamentaria. Consultado en mayo de 2022. Obtenido de [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf).

**Undurraga P D., S. V. (2013 ).** Manual de frutilla . Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Consultado en junio 2022. Obtenido de [https://bibliotecadigitale.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/319110/Boletin\\_INIA\\_262.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigitale.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/319110/Boletin_INIA_262.pdf?sequence=1&isAllowed=y) .

**William, J. y J (2009).** Overview of the Use of High Tunnels Worldwide. Obtenido de HortTechnology. Consultado en abril de 2022. Obtenido de [https://journals.ashs.org/configurable/content/journals\\$002fhorttech\\$002f19\\$002f1\\$002farticle-25.xml?t:ac=journals%24002fhorttech%24002f19%24002f1%24002farticle](https://journals.ashs.org/configurable/content/journals$002fhorttech$002f19$002f1$002farticle-25.xml?t:ac=journals%24002fhorttech%24002f19%24002f1%24002farticle)

-

p25.xml&t:ac=journals%24002fhorttech%24002f19%24002f1%24002farticle  
-p25.xml.

**Zhao, S. d.-V.-V.-T. (2013).** Influence of CeO<sub>2</sub> and ZnO nanoparticles on cucumber physiological markers and bioaccumulation of Ce and Zn: a life cycle study. ACS Publications. 61, 69, 11945-11951. Consultado en julio de 2022. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf404328e>.