

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



BIOESTIMULANTES EN ÁRBOLES DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis*  
L. Osbeck) INDUCEN CAMBIOS EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA DE LA  
FRUTA

TESIS

Que presenta: BRANDON EMMANUEL RODRÍGUEZ CALDERÓN

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila.

Julio 2024.

BIOESTIMULANTES EN ÁRBOLES DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis*  
L. Osbeck) INDUCEN CAMBIOS EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA DE LA  
FRUTA

Tesis

Elaborada por BRANDON EMMANUEL RODRÍGUEZ CALDERÓN como  
requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN  
HORTICULTURA con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría

Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente

Director de Tesis

Dr. Armando Robledo Olivo

Asesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel

Asesor

Dr. Rafael Delgado Martinez

Asesor

Dr. Antonio Flores Naveda

Subdirector de Postgrado

UAAA

Saltillo, Coahuila.

Julio 2024.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, le agradezco a mi **Dios**, por permitirme finalizar mí proyecto universitario, por nunca dejarme de su mano y siempre guiar me en los buenos y malos momentos de mi vida, por siempre iluminar mi camino.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirmel las puertas de tus instalaciones y acogerme en su seno, por haber permitido lograr mi más grande sueño de formarme como profesionista. A ti mi **ALMA TERRA MATER**, muchas gracias.

A mi asesor, el **Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente**, por brindarme su apoyo durante la realización de este proyecto y por compartir sus conocimientos en los cursos brindados durante mi estancia en la universidad. Muchas gracias.

Al **Dr. Alberto Sandoval Rangel**, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, por su amistad, consejos, enseñanzas y apoyo durante mi formación académica. Muchas gracias.

Al **Dr. Armando Robledo Olivo**, por brindar siempre todo el apoyo y la enseñanza durante el proceso de elaboración de los productos creados y aplicados.

A la **Dra. Julia Medrano Macías**, por su brindar su apoyo durante el proceso de análisis de las muestras en laboratorio.

A la **Dra. Nadia Landero Valenzuela**, por brindar su apoyo durante el proceso de redacción del manuscrito de artículo científico.

A mis compañeros y amigos, por brindarme su apoyo durante la realización de este proyecto.

## **DEDICATORIAS**

A mi **Dios** padre,

Por siempre guiar mi camino y nunca dejarme de su mano, por siempre darme el impulso para salir adelante.

A mi abuelita **MARÍA ESTELA CÁRCAMO SAAVEDRA**.

Por nunca dejarme de su mano, siempre verme, amarme y cuidarme como hijo, por siempre apoyarme y guiarme por un buen camino para ser un buen hombre. Gracias Abuelita.

A mi padre **DIMAS RODRÍGUEZ CÁRCAMO**.

No me queda más que estar eternamente agradecido con usted, porque a pesar de la situación y la distancia, nunca me dejó solo, por siempre guiarme y apoyarme durante mi niñez, adolescencia y etapa universitaria. Gracias por su ejemplo de enseñanza, coraje y valor por salir adelante. Gracias papá.

A mi madre **MARÍA DEL ROSARIO CALDERON GARRIDO**.

Eternamente agradecido por darme la vida, por preocuparse y cuidar de mí siempre, muchas gracias por ser el motor que día a día me ha impulsado para salir adelante. Gracias mamá.

**A JULIETH DE LA CRUZ PEREZ**

Por gran apoyo brindado durante este proyecto, por estar conmigo es esos momentos difíciles, por siempre ser ese impulso al inicio final de este proceso. Gracias mi July.

## INDICE DE CONTENDIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	iii
<b>DEDICATORIAS.....</b>	iv
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	vii
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	viii
<b>RESUMEN.....</b>	x
<b>Palabras clave.....</b>	xi
<b>ABSTRACT.....</b>	xii
<b>INTRODUCCION.....</b>	1
Objetivo.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
<b>REVISION DE LITERATURA.....</b>	3
Origen del cultivo de naranja valencia .....	3
Importancia del Cultivo a Nivel Mundial.....	3
Importancia del Cultivo a Nivel Nacional.....	4
Problemática de la Producción de Naranja Valencia.....	5
Importancia de la Calidad Física y Nutracéutica de la Naranja Valencia.	5
Beneficios de la Naranja Valencia.....	6
Bioestimulación y su importancia .....	6
Investigaciones realizadas sobre bioestimulación en Naranja.....	7
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	8
Descripción del sitio experimental.....	8
Etiquetado de unidades experimentales.....	8
Evaluación de los Tratamientos.....	8
Variables evaluadas de calidad comercial.....	10
Peso del fruto, diámetro ecuatorial y polar.....	10
Sólidos solubles totales.....	10
Determinación de vitamina C.....	11
Acidez titulable.....	12

Firmeza del Fruto.....	12
Preparación de las muestras.....	13
Proteínas totales.....	14
Fenoles totales.....	14
Capacidad antioxidante.....	15
Actividad enzimática del Ascorbato Peroxidasa (APX).....	15
Actividad enzimática de la Catalasa (CAT).....	16
Actividad enzimática del Glutatió peroxidasa (GPX).....	16
Glutatió reducido (GSH).....	16
Diseño experimental.....	17
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1</b> Medias de las variables de calidad comercial obtenidas de frutos de naranja bajo tratamientos a base de ácido kójico y extracto de granada.....	19
<b>Cuadro 2</b> Medias de variables del contenido nutraceutico (Vitamina C, Acidez titulable, Proteínas totales, Fenoles totales, Potencial Antioxidante), obtenidas de frutos de naranja bajo tratamientos a base de ácido kójico y extracto de granada.....	20
<b>Cuadro 3</b> Comportamiento de la firmeza en frutos de naranja valencia.....	21

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Principales países productores de naranja.....	4
<b>Figura 2</b> Principales estados productores de naranja valencia en México .....	5
<b>Figura 3</b> Contenido nutricional de la naranja valencia.....	6
<b>Figura 4</b> Bioestimulación foliar en árboles de naranja valencia.....	7
<b>Figura 5</b> Fotografía aérea de la parcela experimental, noviembre 2022..	8
<b>Figura 6</b> Proceso de filtrado, fermentación y embotellado de los productos elaborados.....	9
<b>Figura 7</b> Proceso de filtrado, fermentación y embotellado de los productos elaborados .....	9
<b>Figura 8</b> Proceso de filtrado, fermentación y embotellado de los productos elaborados.....	9
<b>Figura 9</b> Medición de peso de fruto y diámetro polar en frutos de naranja.....	10
<b>Figura 10</b> Medición de peso de fruto y diámetro polar en frutos de naranja.....	10
<b>Figura 11</b> Evaluación del contenido de sólidos solubles en frutos de naranja valencia.....	11
<b>Figura 12</b> Medición y evaluación de vitamina C en frutos de naranja valencia.....	11
<b>Figura 13</b> Medición y evaluación de vitamina C en frutos de naranja valencia.....	11
<b>Figura 14</b> Medición y evaluación de Acidez titulable en frutos de naranja valencia.....	12
<b>Figura 15</b> Medición y evaluación de firmeza en frutos de naranja valencia	12
<b>Figura 16</b> Proceso de preparación de muestras de los frutos de naranjas valencia para su análisis en laboratorio.....	14
<b>Figura 17</b> Proceso de preparación de muestras de los frutos de naranjas valencia para su análisis en laboratorio.....	14

<b>Figura 18</b>	Proceso de preparación de muestras de los frutos de naranjas valencia para su análisis en laboratorio.....	14
<b>Figura 19</b>	Proceso de preparación de muestras de los frutos de naranjas valencia para su análisis en laboratorio.....	14
<b>Figura 20</b>	Comportamiento del peso en frutos de naranja valencia.....	22
<b>Figura 21</b>	Comportamiento del contenido sólidos solubles totales en frutos de naranja valencia.....	23
<b>Figura 22</b>	Comportamiento de la firmeza en frutos de naranja valencia....	24
<b>Figura 23</b>	Comportamiento del contenido de vitamina C en frutos de naranja valencia.....	25
<b>Figura 24</b>	Comportamiento del contenido de acidez titulable en frutos de naranja valencia.....	26
<b>Figura 25</b>	Comportamiento del contenido de proteínas totales en frutos de naranja valencia.....	27
<b>Figura 26</b>	Comportamiento del contenido de fenoles totales en frutos de naranja valencia.....	28
<b>Figura 27</b>	Comportamiento de la actividad de la enzima APX en frutos de naranja valencia.....	29
<b>Figura 28</b>	Comportamiento de la actividad de la enzima CAT en frutos de naranja valencia.....	30
<b>Figura 29</b>	Comportamiento de la actividad de la enzima GPX en frutos de naranja valencia.....	31
<b>Figura 30</b>	Comportamiento del contenido de GSH en frutos de naranja valencia.....	32

## **RESUMEN**

BIOESTIMULANTES EN ÁRBOLES DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis* L. Osbeck) INDUCEN CAMBIOS EN LA CALIDAD NUTRACÉUTICA DE LA FRUTA

POR

BRANDON EMMANUEL RODRIGUEZ CALDERON

MAESTRIA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. MARCELINO CABRERA DE LA FUENTE  
ASESOR

La naranja posee gran importancia mundial, se produce en zonas tropicales y subtropicales, existen factores edafoclimáticos que afectan su calidad, estos se pueden mitigar mediante técnicas de bioestimulación como uso de extractos o compuestos orgánicos para incrementar calidad física y nutracéutica. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue “Determinar el efecto de la aplicación dos compuestos a base de ácido kójico y extracto de granada y su interacción como bioestimulantes en diferentes etapas fenológicas de árboles de naranja Valencia (*C. sinensis* L. Osbeck) y su efecto en la calidad nutracéutica de la fruta”. Se realizó en una huerta de naranja valencia ubicada en la comunidad de Nuevo San Juan, Padilla, Tamaulipas, México. Se evaluó durante el periodo noviembre 2022 – enero 2023 el efecto de 6 tratamientos aplicados vía foliar a árboles de naranja. Los resultados muestran que cada aplicación fue superior en las siguientes variables: Ácido Kójico (AK) ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) en peso del fruto y diámetro ecuatorial; AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) en acidez y capacidad antioxidante; Extracto de Granada (EG) ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) en proteínas totales; EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) sólidos solubles totales y GPX; AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) en las variables de Vitamina C y GSH; el tratamiento testigo en variables de diámetro polar, firmeza del fruto, fenoles totales y APX y CAT. Como conclusión, las aplicaciones de AK y EG a  $3$  y  $3.75 \text{ L ha}^{-1}$  respectivamente y la mezcla de ambos inducen un incremento en variables de calidad física y nutracéutica en frutos de naranja.

**Palabras clave:** Bioestimulación, ácido kójico, extracto de granada, nutracéutico

## **ABSTRACT**

**BIOSTIMULANTS IN VALENCIA ORANGE TREES (*Citrus sinensis* L. Osbeck)  
INDUCE CHANGES IN THE NUTRACEUTICAL QUALITY OF THE FRUIT**

**BY**

**BRANDON EMMANUEL RODRIGUEZ CALDERON**

**MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE UNIVERSIDAD AUTONOMA  
AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DR. MARCELINO CABRERA DE LA FUENTE**

**ADVISOR**

**Saltillo, Coahuila**

**July 2024.**

The orange has great global importance, it is produced in tropical and subtropical areas, there are edaphoclimatic factors that affect its quality, these can be mitigated through biostimulation techniques such as the use of extracts or organic compounds to increase physical and nutraceutical quality. Therefore, the objective of the work was “To determine the effect of the application of two compounds based on kojic acid and pomegranate extract and their interaction as biostimulants in different phenological stages of Valencia orange trees (*C. sinensis* L. Osbeck) and its effect on the nutraceutical quality of the fruit”. It was carried out in a Valencia orange orchard located in the community of Nuevo San Juan, Padilla, Tamaulipas, Mexico. The effect of 6 treatments applied foliarly to orange trees was evaluated during the period November 2022 – January 2023. The results show that each application was superior in the following variables: Kojic Acid (KA) (3 L ha<sup>-1</sup>) in fruit weight and equatorial diameter; AK (3.75 L ha<sup>-1</sup>) in acidity and antioxidant capacity; Pomegranate Extract (EG) (3 L ha<sup>-1</sup>) in total proteins; EG (3.75 L ha<sup>-1</sup>) total soluble solids and GPX; AK (3 L ha<sup>-1</sup>) + EG (3 L ha<sup>-1</sup>) in the Vitamin C and GSH variables; the control treatment in variables of polar diameter, fruit firmness, total phenols and APX and CAT. In conclusion, the applications of AK and EG at 3 and 3.75 L ha<sup>-1</sup> respectively and the mixture of both induce an increase in physical and nutraceutical quality variables in orange fruits.

**Keywords:** Biostimulation, kojic acid, pomegranate extract, nutraceutical

## INTRODUCCIÓN

La producción de naranja (*C. sinensis* L.) posee gran importancia a nivel mundial, se realiza en zonas con climas tropicales y subtropicales en más de 140 países (Sáenz *et al.*, 2019); en México, esta actividad, es de gran importancia, como principal cítrico, (Ambriz *et al.*, 2018, tan solo en el territorio mexicano, la superficie de producción en 2022 fue de 329,888.45 ha, y alcanzó un rendimiento de 4,621,719.73 Ton, (SIAP,2022).

La producción y el consumo de las naranjas poseen una gran importancia a nivel mundial, ya que es el complemento de nutrientes que el ser humano requiere para realizar sus actividades cotidianas, además, refuerza las defensas del organismo, actúan como antivirales, previene resfriados (Haro, 2022), es por ello que se requiere que las frutas presenten un mayor contenido nutracéutico. Factores como la temperatura, humedad relativa, características fisicoquímicas del suelo que se presentan en las regiones en las que se producen la naranja afectan parámetros de calidad como peso y tamaño de la fruta, sólidos solubles, etc. (Claros y Trujillo, 2020). Estos pueden ser modificados mediante la aplicación de técnicas de manejo y bioestimulación, con el fin de, incrementar el contenido nutracéutico, mejorar el desarrollo vegetativo y obtener incrementos en el rendimiento de la cosecha (Romero-Valverde, 2019), una de ellas puede ser el uso de extractos o compuestos orgánicos, como el ácido kójico y el extracto de granada.

Algunos estudios muestran que la aplicación del ácido kójico puede considerarse una alternativa para el control de plagas y patógenos en cultivos, pues posee propiedades bactericidas, fúmgicidas e insecticidas, su método de acción se relaciona con la inhibición de enzimas oxidativas de plantas y de artrópodos (García-Conde *et al.*, 2024). (Chávez-García *et al.*, 2018) encontraron en el ácido kójico altos valores en cuanto a la capacidad antioxidante, por estas características se cree pueda tener capacidad de mejorar la calidad nutracéutica. Una de las limitantes en el uso de este compuesto es el costo, por lo que en el presente trabajo el ácido kójico fue obtenido a través de la síntesis por el hongo

(*Aspergillus orizae*), disminuyendo de esta manera los costos, y se probará la efectividad del compuesto obtenido de esta forma.

En cuanto al extracto de granada, la cáscara de esta fruta es utilizada como sustrato para que hongos como (*Aspergillus niger*) sinteticen metabolitos secundarios de interés comercial, además, es una fuente rica de polifenoles del grupo de los taninos hidrosolubles como punicalaginas, ácidos elágicos, los cuales poseen gran capacidad antioxidante, posee propiedades antifúngicas, antivirales, además, el extracto es útil para incrementar el contenido nutracéutico de algunas frutas (Muñiz-Amaya, 2018), la elaboración de productos o subproductos a base de extracto de granada son buena opción para incrementar el contenido nutracéutico de los alimentos (Díaz-Mena, 2018).

Sabiendo que ambos productos poseen propiedades y características que disminuyen la oxidación, se relacionan con el control de plagas y enfermedades y favorecen el contenido nutraceutico de las frutas, se cree que al ser aplicados como bioestimulantes naturales sobre el cultivo de naranja, estos inducen un aumento en la calidad física y nutracéutica de la fruta.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de la aplicación de dos compuestos a base de ácido kójico y extracto de granada y su interacción como bioestimulante en diferentes etapas fenológicas de árboles de naranja valencia (*C. sinensis* L. Osbeck) y su efecto en la calidad nutracéutica de la fruta.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar cambios en la fenología del árbol de naranjo
- Cuantificar el volumen de producción de fruta al momento de la cosecha
- Determinar la calidad comercial y nutracéutica de la fruta
- Validar la vida de anaquel de la fruta posterior a la cosecha

## **HIPÓTESIS**

La bioestimulación a través de ácido kójico y extracto de granada inducirá un aumento en la calidad nutracéutica de las frutas de naranja valencia.

## REVISION DE LITERATURA

### **Origen del Cultivo de Naranja Valencia**

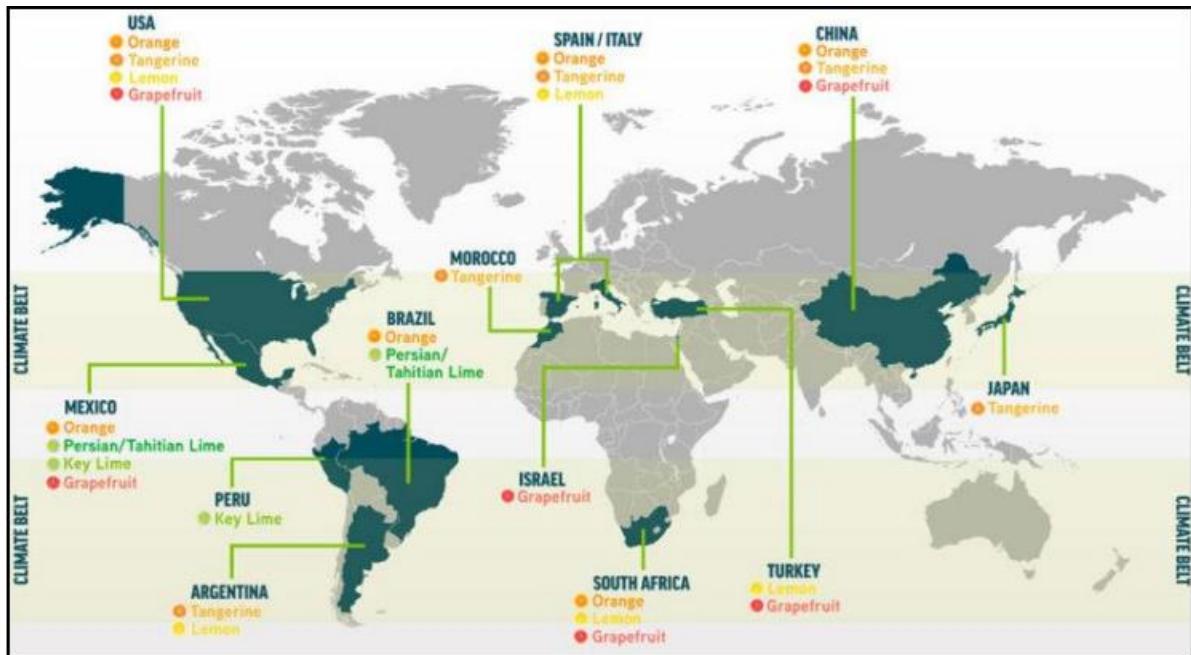
El naranja tiene su origen en zonas del continente asiático y data de 300 a.C., particularmente en la región sureste de China y el archipiélago malayo, desde hace miles de años su producción se realiza al Sur de China, desde donde se extendió hacia el sureste del continente asiático, enseguida su producción se expandió por la Ruta de la Seda (Moran-Duarte, 2023).

Fue a América por los españoles, Cristóbal Colón cultivó en Haití los primeros árboles de naranja en el 1493 y fueron distribuidas después de la conquista y la colonización del continente, se introdujo a México en el año 1518 por Bernal Díaz Castillo en la zona del Rio Tonalá, Veracruz (Martínez-Hernández, 2022).

### **Importancia del Cultivo a Nivel Mundial**

La variedad más importante de los cítricos es la naranja dulce (*Citrus sinensis*), se trata de un frutal con gran zona de distribución y gran importancia debido a su aporte nutrimental (López, 2017; Carrillo-Rosas, 2020).

(De acuerdo a datos recabados por CITRICAS en 2019 y recuperados por (Martínez-Hernández, 2022), los principales países con producción de cítricos en el mundo son Brasil, el segundo es ocupado por China, Estados Unidos es el tercer productor de naranja, México ocupa el cuarto lugar en la producción de este frutal, India es el quinto productor, tiene una producción de 3, 900,000 toneladas de naranja; gracias a las condiciones climáticas que el país amazónico presenta se ha mantenido como el país con mayor producción.



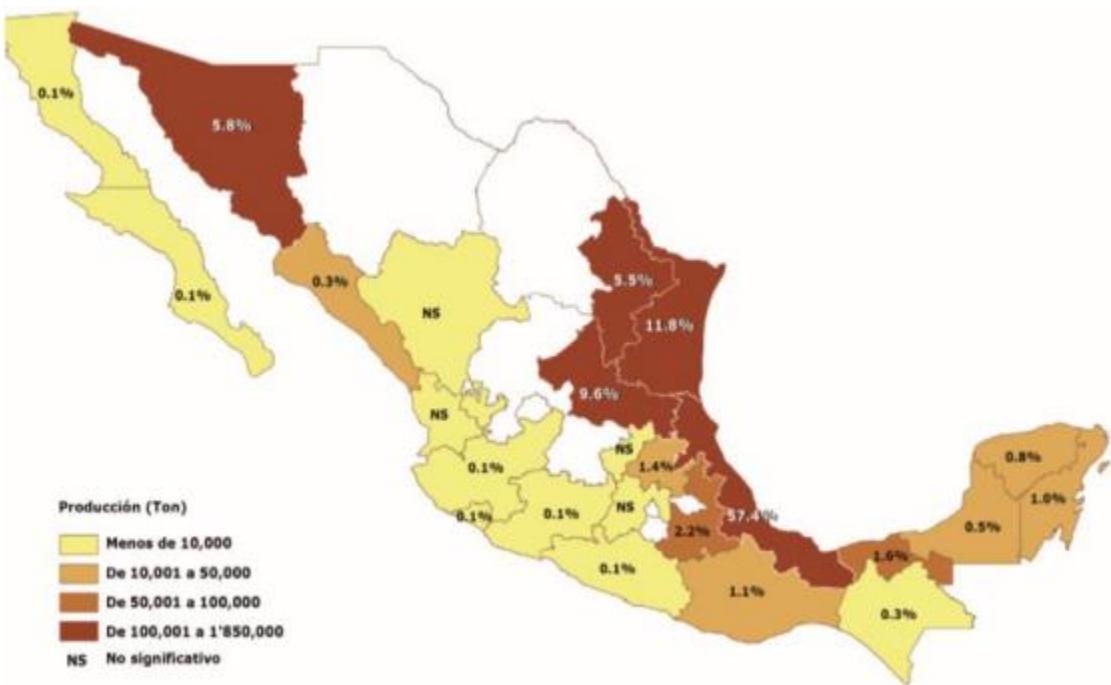
**Figura 1:** Principales países productores de naranja.

Fuente: (Cítricas, 2019; Martínez-Hernández, 2022)

### Importancia del Cultivo a Nivel Nacional

La citricultura es una actividad de gran impacto en la industria frutícola nacional, pues es el principal cítrico y frutal producido (Ambriz *et al.*, 2018); actualmente, la producción de cítricos se utiliza para la extracción de jugo para alimentos y bebidas; México se encuentra entre los diez primeros países con la mayor producción de naranja (Ortiz-Andrade *et al.*, 2023).

Los estados con mayor producción y rendimiento son de Veracruz y Tamaulipas, los cuales generan el 68,2 % de la producción nacional de naranja, además, entidades como Nuevo León, San Luis Potosí, Puebla, Sonora y Yucatán generan el 24.6% de la producción en el periodo 2014-2016 (García-Salazar *et al.*, 2021).



**Figura 2:** Principales estados productores de naranja valencia en México.

**Fuente:** (Martínez-Hernández, 2022)

## **Problemática de la Producción de Naranja Valencia**

Dentro de los factores que afectan los parámetros de calidad física y nutracéutica, así como el desarrollo del cultivo de la naranja, los factores edafoclimáticos son los más importantes son: el clima, pues define la posibilidad de producir en una zona determinada, la temperatura posee gran efecto sobre el desarrollo del árbol y de los frutos, las características físico-químicas del suelo deben ser las ideales para su correcto desarrollo (Claros y Trujillo, 2020).

## **Importancia de la Calidad Física y Nutracéutica de la Naranja Valencia**

La naranja, debido a sus propiedades posee gran cantidad de destinos posteriores a su cosecha para su procesamiento o consumo, como lo son la extracción de jugo, consumo en fresco, extracción de aceites, néctares, mermeladas y jaleas, y a la destilación de flores o la extracción de esencias con destino a las empresas perfumeras, en la producción de pinturas, etc., por ello,

la importancia de la producción de frutos de alta calidad (Martínez-Hernández, 2022).

### Beneficios de la Naranja Valencia

Las naranjas al ser uno de los frutales más completos en cuanto a su contenido nutricional y por ende de mayor producción y consumo, posee la capacidad de prevenir daño celular, reducir inflamación, mejorar la salud cardiovascular, reforzar el sistema inmunológico, facilitar la digestión, etc.



**Figura 3:** Contenido nutricional de la naranja valencia.

Fuente: HerbaZest; USDA National Nutrient Database for Standard Reference, (2023).

### Bioestimulación y su importancia

Los bioestimulantes han aumentado su importancia en cuanto a su valor económico, el Consejo Europeo de la Industria Bioestimulante (EBIC) estima un rango de mercado de alrededor de 1.5 a 2 mil millones de dólares en 2022 y una tasa de crecimiento anual compuesta de alrededor del 10 al 12%, además

menciona que un bioestimulante vegetal es considerado como "un producto que estimulan los procesos de nutrición vegetal y cuya función es potencializar las características que posee la planta o su la rizosfera: eficiencia del uso de nutrientes; tolerancia al estrés abiótico, rasgos de calidad, disponibilidad de nutrientes confinados en suelo o rizosfera (Baltazar *et al*, 2021).

Los resultados de las aplicaciones de los productos bioestimulantes se encuentran en función de diversos factores como lo pueden ser la dosificación utilizada, el modo de aplicación empleado, el tiempo en la cual se realiza de la aplicación y su composición de uno a varias biomoléculas y/o microorganismos. Como tal, comprender la influencia de los bioestimulantes sobre fisiología vegetal (Petropoulos, 2020; Baltazar *et al*; 2021).

### **Investigaciones realizadas sobre bioestimulación en Naranja**

En un estudio realizado por (Sánchez-Jara *et al.*, 2023), demostró que al aplicar un producto bioestimulante a árboles de naranja en la etapa de floración, obtuvo un incremento en los valores de peso individual de fruto, diámetro polar, ecuatorial, así como en el rendimiento al momento de la cosecha, además de aumentar el contenido de los sólidos solubles totales.



**Figura 4:** Bioestimulación foliar en árboles de naranja valencia.

**Fuente:** Fotografía propia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Descripción del sitio experimental**

La presente investigación se realizó en una huerta de naranja valencia (cultivar Olinda), de siete años de edad en un marco de plantación de 7 x 5 m de una superficie de 3.9 ha, ubicada en la comunidad de Nuevo San Juan, municipio de Padilla, Tamaulipas, México, la cual se ubica en las coordenadas 24°04'98'' latitud Norte, 99°04'30'' longitud Oeste, durante el periodo noviembre 2022 – enero 2024.



**Figura 5:** Fotografía aérea de la parcela experimental, noviembre 2022.

**Fuente:** Fotografía propia.

### **Etiquetado de unidades experimentales**

El etiquetado de los árboles se realizó el día de la primera aplicación de los tratamientos.

Las dosis fueron calculadas en función de un volumen de agua de 200 L ha<sup>-1</sup> y para su aplicación se utilizó una bomba motorizada de 15 L de capacidad (SOLO®, Alemania).

### **Evaluación de los Tratamientos**

Se evaluó la aplicación foliar de un compuesto con ácido kójico, el cual se obtuvo en el laboratorio de Fermentación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro, a partir del hongo (*Aspergillus orizae*) mediante la técnica descrita por (Quiterio *et al.*, 2021) y extracto de granada obtenido a partir del hongo *Aspergillus niger* bajo la técnica descrita por (Luna *et al.*, 2021), además de la combinación de estos, aplicados a árboles de naranja en las fases fenológicas de floración y fructificación.



**Figura 6, 7 y 8:** Proceso de filtrado, fermentación y embotellado de los productos elaborados.

**Fuente:** Fotografías propias.

Los tratamientos evaluados fueron:

- **T1** – Testigo
- **T2** – Compuesto con Ácido kójico 3 L ha<sup>-1</sup>.
- **T3** – Compuesto con Ácido kójico 3.75 L ha<sup>-1</sup>.
- **T4** - Extracto de granada 3 L ha<sup>-1</sup>.
- **T5** – Extracto de granada 3.75 L ha<sup>-1</sup>.
- **T6** - Mezcla de ácido kójico y extracto de granada 3 L ha<sup>-1</sup>. en proporción 50:50 V/v.

Cada tratamiento se evaluó mediante 10 repeticiones en las que cada repetición fue un árbol.

La aplicación de los tratamientos se realizó en las etapas de latencia, brotación, floración, desarrollo y maduración del fruto, la cual comenzó en el mes de noviembre del 2022 y se realizó cada mes durante los siguientes 11 meses.

### **Variables evaluadas de calidad comercial**

Las variables evaluadas fueron peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, sólidos solubles totales, firmeza del fruto, vitamina C y acidez titulable.

El análisis de las variables se realizó en el laboratorio de Postcosecha del Departamento de Horticultura.

### **Peso del fruto, diámetro ecuatorial y polar**

El peso de los frutos fue medido en gr empleando una báscula granataria; para la evaluación del tamaño de fruto (diámetro polar y ecuatorial) se utilizó un vernier y se registraron los datos en mm.



**Figura 9 y 10:** Medición de peso de fruto y diámetro polar en frutos de naranja.

**Fuente:** Fotografías propias.

### **Sólidos solubles totales**

La medición de los sólidos solubles se realizó con un refractómetro modelo HANNA INSTRUMENT®, Rumania, modelo HI 96801; la firmeza de los frutos fue evaluada con un penetrómetro de la marca QA SUPPLIES®, USA, modelo FT 327 y los datos obtenidos se registraron en lb/cm<sup>2</sup>.



**Figura 11:** Evaluación del contenido de sólidos solubles en frutos de naranja valencia.

**Fuente:** Fotografías propias.

#### Determinación de vitamina C.

Para su evaluación se tomó una muestra de 10 ml de jugo del fruto el cual se depositó en un matraz y se agregó 10 ml de ácido clorhídrico (HCl) al (2%), se filtró la mezcla con una gasa estéril sobre un matraz y se aforó a 100 ml con agua destilada, de la solución se tomó una alicuota de 10 ml y se tituló con 2-6 diclorofenolindofenol hasta obtener una ligera coloración que fuese persistente. El contenido de vitamina C presente se expresó en mg/100 gr de peso fresco.



**Figura 12 y 13:** Medición y evaluación de vitamina C en frutos de naranja valencia

**Fuente:** Fotografías propias.

### **Acidez titulable**

Se tomaron 10 ml del jugo obtenido y se depositaron en un matraz, se le agregaron de 2 – 5 gotas de fenolftaleína (1 gr diluida en 100 ml de etanol), se tituló con NaOH (0.1 N) (2 g diluidos en 500 ml de agua destilada). La acidez titulable se expresa como % de Ácido Cítrico (AOAC, 1990).



**Figura 14:** Medición y evaluación de Acidez titulable en frutos de naranja valencia.

**Fuente:** Fotografías propias.

### **Firmeza del fruto**

La firmeza de los frutos fue evaluada con un penetrómetro de la marca QA SUPPLIES®, USA, modelo FT 327 y los datos obtenidos se registraron en lb/cm<sup>2</sup>.



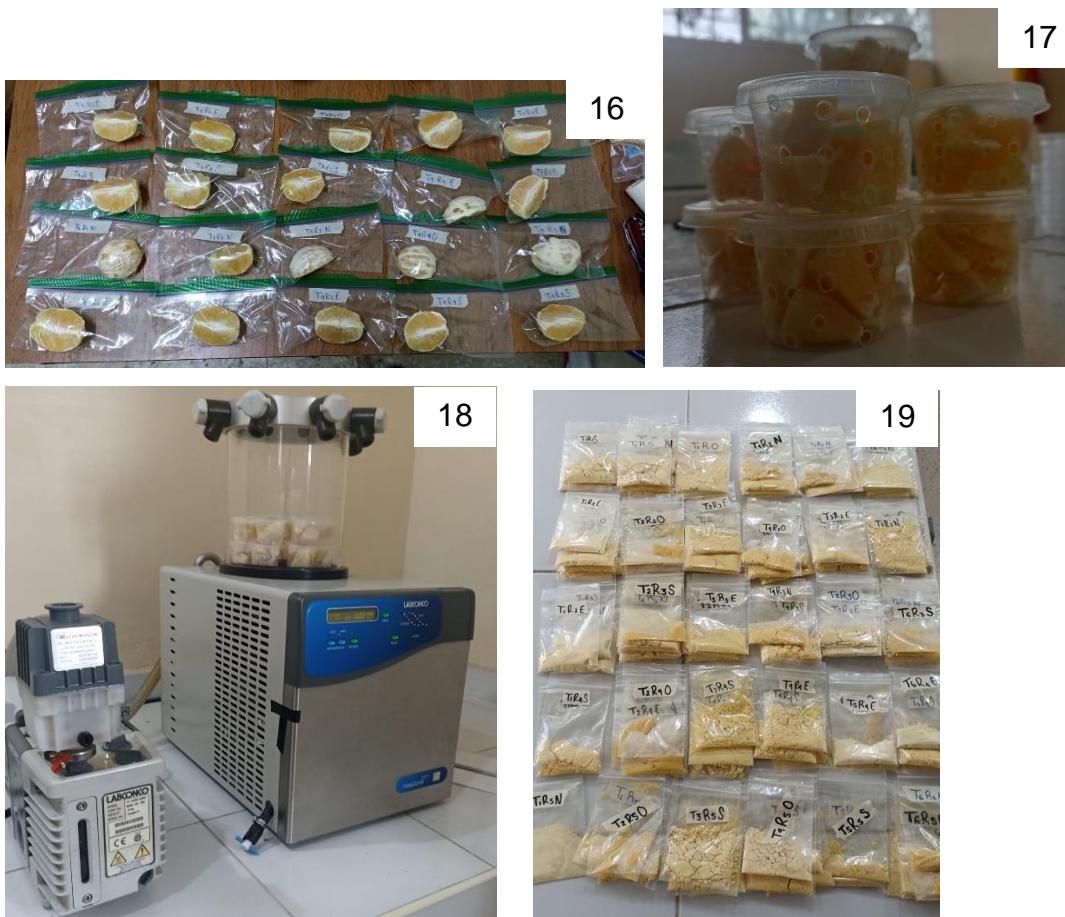
**Figura 15:** Medición y evaluación de firmeza en frutos de naranja valencia.

**Fuente:** Fotografías propias.

### **Preparación de las muestras**

Para la evaluación de las muestras en tejido vegetal liofilizado se procedió a el pelado de las frutas para posteriormente ser pesadas, etiquetadas y almacenadas en bolsas ciplox dentro de un ultraconcelador a -80 °C durante algunos días, posteriormente se colocó la muestra en pequeños vasos de plástico con tapa a los cuales previamente se les hicieron pequeños orificios para su ventilación, enseguida de esto, fueron colocadas 20 muestras (1 tratamiento) en un liofilizador de la marca LABCONCO durante 8 días, una vez ya totalmente liofizada la muestra dicho proceso a macerar completamente cada muestra hasta obtener un polvo fino, el resultante depositó en una pequeña bolsa ciplox previamente etiquetada, este proceso se replicó con cada tratamiento restante. Se pesaron 100 mg de la muestra macerada y se colocaron en tubos de 2 ml, una vez pesado, se les agregó 10 mg de polivinil pirrolidona (pvp), replicando esto para cada muestra.

Enseguida, se le añadieron 2 ml de 0.1 M de buffer de fosfatos (pH 7 – 7.2), se sometieron a zonificación durante 5 minutos y posteriormente se llevó a la centrifuga a 12500 rpm durante 10 minutos a 4 °C, el líquido sobrenadante fue recolectado y filtrado con ayuda de una membrana de nylon de 0.45, finalmente, dicho filtrado se diluyó en una proporción 1;15 con buffer de fosfatos y se extrajeron 2 ml de la muestra para el análisis de las variables (Ramos *et al.*, 2010).



**Figuras 14, 15, 16 y 17:** Proceso de preparación de muestras de los frutos de naranjas valencia para su análisis en laboratorio.

**Fuente:** Fotografías propias.

## Proteínas totales

La determinación de proteínas se realizó por el método de Bradford (Bradford, 1976) y se tomaron 0.1 ml de las muestras y se mezclaron con 1 ml del reactivo de azul de Comassie, se depositó la mezcla en una celdilla de plástico y se leyó en un espectrofotómetro UV-vis a una longitud de onda de 595 nm. El contenido de proteína se expresa como gramos por kg de peso seco de material vegetal (g/kg PS).

## Fenoles totales

Se pesaron 100 mg de tejido vegetal en una balanza analítica y se colocó en tubos Eppendorf de 2 mL, posteriormente con una micropipeta se agregaron 2.0

mL de la mezcla agua:acetona 1:1, poner en vortex por 10 s, posteriormente la muestra se sónico durante 5 minutos, se centrifugó a 12 000 rpm durante 10 minutos a 4 °C y finalmente obtener el sobrenadante y se filtra. Se realizó en tubos de ensaye por triplicado, se le agregara 50 µL de cada uno de los estándares, 200 µL del reactivo Folin Ciocalteu 1M, 500 µL de carbonato de sodio al 20% (20 g aforados a 100 mL de H<sub>2</sub>O) y 5 mL de agua destilada, durante 30 minutos a una temperatura de 45°C.

El blanco se preparará con 50 µL de la solución de agua y acetona, 200 µL del reactivo de Folin Ciocalteu 1M, 500 µL de carbonato de sodio al 20% (20 g aforados a 100 mL de H<sub>2</sub>O) y 5 mL de agua destilada. Para la lectura de las muestras se agrega 50 µL de cada una de ellas, 200 µL del reactivo Folin Ciocalteu 1M, 500 µL de carbonato de sodio al 20% (20 g aforados a 100 mL de H<sub>2</sub>O) y 5 mL de agua destilada. La longitud de onda se leyó a 750 nm (Sultana *et al.*, 2009).

### **Capacidad antioxidante**

La capacidad antioxidante por (ABTS), fue determinado mediante la metodología descrita por (Re *et al.*, 1999), y los resultados obtenidos se expresaron a miligramos equivalentes de ácido ascórbico por gramo de peso seco (mg EAA g<sup>-1</sup> PS).

### **Actividad enzimática del Ascorbato Peroxidasa (APX)**

La actividad de la enzima APX fue determinada a temperatura ambiente (25 °C) y se realizó mediante la metodología descrita por (Nakano & Asada, 1981):, se agregaron en un tubo para centrífuga 0.1 ml del extracto de la muestra, 0.5 ml de ascorbato a 10 mg L<sup>-1</sup> de concentración y 1 ml 100 mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, se dejó reaccionar durante 5 minutos y enseguida fue detenida con 0.4 ml de ácido tricloroacético al (5 %). Se cuantificó la tasa de consumo del ascorbato en un espectrómetro UV-vis a 266 nm. Las unidades de la actividad fueron expresadas en mM de ascorbato min<sup>-1</sup> / proteínas totales.

### **Actividad enzimática de la Catalasa (CAT)**

La actividad de la catalasa fue determinada por espectrofotometría. Se realizó mediante la lectura de dos tiempos, tiempo 0 minutos (T0) y tiempo 1 minuto (T1). La mezcla de reacción para el blanco se preparó agregando 0.1 ml del extracto de la muestra, 1 ml de buffer de fosfatos (pH 7.2) y 0.4 ml ácido tricloroacético al (5 %), y la mezcla de reacción para el T0 se preparó agregando 0.1 ml de extracto de biomoléculas, 1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 100 mM, y enseguida se añadieron 0.4 ml del ácido tricloroacético al (5 %), de igual manera se realizó con el T1, solo que los 0.4 ml del ácido tricloroacético al (5 %) fueron añadidos después de 1 minuto de reacción entre el extracto y el peróxido. La reacción se realizó a temperatura de 20 °C bajo agitación constante. Finalmente se leyó a 270 nm en el espectro de UV-VIS el consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Las unidades de la actividad (UI) fueron expresadas en mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min<sup>-1</sup> / proteínas totales (Zang, et al., 2018).

### **Actividad enzimática del Glutatión peroxidasa (GPX)**

Se utiliza H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como sustrato, se colocan 0.2 mL del extracto en un tubo de ensaye más 0.5 mL de glutatión reducido 1mM y 0.2 mL de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.067 M, posteriormente se le agregan 0.2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 1.3 mM para iniciar la reacción catalítica. Se dejará reaccionar por 10 min y será detenida mediante la adición de 1 mL de ácido tricloroacético al 1%. Enseguida esta mezcla es centrifugada a 3000 RPM por 10 min. 0.48 mL del sobrenadante se colocan en la celdilla se le agregan 2.2 mL de 0.32 M de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> Y 0.32 ml de 1 mM del colorante 5,5 ditio-bis-2 acido nitro benzoico. Se leerá en espectrofotómetro UV-VIS a 412 nm (DTNB) Xue *et al.*, (2001).

### **Glutatión reducido (GSH)**

En cuanto a la evaluación de la actividad y cuantificación del glutatión reducido (GsH) se realizó siguiendo la metodología descrita por (Sahoo *et al.*, 2017; Xue *et al.*, 2001), el resultado final se expresó en mM de GSH reducido. Para cuantificar ambas variables se utilizó un espectrofotómetro de UV-vis a una longitud de onda de 412 nm.

### **Diseño experimental**

Los datos obtenidos se analizaron (ANOVA  $P \leq 0.05$ ) bajo un modelo completamente al azar con repeticiones en función de la variable.

Se llevó a cabo una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Para los análisis se utilizó el software estadístico INFOSTAT, versión 2020e.

## RESULTADOS

El peso de la fruta no mostró diferencias estadísticas con la aplicación de los diferentes tratamientos, por lo que hubo similitud entre el testigo y el resto de las aplicaciones; sin embargo, con el tratamiento de AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) se encontraron los mayores valores, con una diferencia superior de 4.5% con respecto al testigo. Por otro lado, se observa que los menores valores de peso fueron con la aplicación del tratamiento AK+EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), lo que indica que la mezcla de estos compuestos no permitió el desarrollo adecuado del fruto.

En cuanto al diámetro ecuatorial se observa diferencia significativa entre las aplicaciones de EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) y AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) con respecto a la aplicación del AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), con el que se obtuvo el mayor valor; sin embargo, todas las aplicaciones muestran similitud con el testigo, el tratamiento que superó al testigo en un 4.1% fue el AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), puede interpretarse por lo tanto, que el tratamiento a base de mezcla de compuestos puede tener un efecto contrario sobre el tamaño del fruto, mientras que el ácido kójico tiende a incrementarlo.

Con relación al diámetro polar, no se observó diferencia significativa; sin embargo, se destaca al testigo con el valor mayor de media, por lo que todos los tratamientos tuvieron un efecto negativo en el diámetro polar; los sólidos solubles totales no se vieron afectados positivamente con las aplicaciones, no se encontró diferencia estadística significativa; sin embargo, las aplicación con EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) y AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) mostraron una superioridad en el contenido de °Brix respecto al testigo; la firmeza de la fruta mostró diferencia significativa, cabe destacar que el testigo presentó el mayor valor de firmeza, mientras que la mayor diferencia estadística se observa con el tratamiento AK+EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), por lo que se obtuvieron frutos menos firmes, el resto de los tratamientos tuvieron un comportamiento similar entre ellos.

**Cuadro 1:** Medias de las variables de calidad comercial obtenidas de frutos de naranja bajo tratamientos a base de ácido kójico y extracto de granada.

TRATAMIENTO	PF (gr)	DE (mm)	DP (mm)	SST (°Brix)	FF (lb/cm <sup>2</sup> )
TESTIGO	179.75 ± 27.22 a	67.2 ± 4.54 ab	69.42 ± 3.52 a	12.46 ± 1.77 a	14.85 ± 3.88 a
AK (3 L ha <sup>-1</sup> )	187.95 ± 39.41 a	69.98 ± 4.88 a	69.28 ± 5.06 a	11.74 ± 1.90 a	11.77 ± 2.86 abc
AK (3.75 L ha <sup>-1</sup> )	176.16 ± 29.60 a	68.27 ± 3.93 ab	67.28 ± 3.98 a	12.13 ± 1.92 a	11.02 ± 2.93 bc
EG (3 L ha <sup>-1</sup> )	177.28 ± 31.15 a	68.46 ± 4.97 ab	68.35 ± 4.37 a	11.48 ± 2.11 a	13.85 ± 6.55 ab
EG (3.75 L ha <sup>-1</sup> )	172.33 ± 19.81 a	65.16 ± 4.27 b	67.08 ± 2.77 a	13.01 ± 1.14 a	11.15 ± 3.68 bc
AK + EG (3 L ha <sup>-1</sup> )	166.58 ± 22.28 a	65.24 ± 3.62 b	67.62 ± 3.35 a	12.71 ± 1.16 a	9.49 ± 1.74 c

En donde: **AK (3 L ha<sup>-1</sup>)**: Compuesto con Ácido kójico a 3 L ha<sup>-1</sup>; **AK (3.75 L ha<sup>-1</sup>)**: Compuesto con Ácido kójico a 3.75 L ha<sup>-1</sup>; **EG (3 L ha<sup>-1</sup>)**: Extracto de Granada a 3 L ha<sup>-1</sup>; **EG (3.75 L ha<sup>-1</sup>)**: Extracto de Granada a 3.75 L ha<sup>-1</sup>; **AK + EG (3 L ha<sup>-1</sup>)**: Mezcla de Compuesto con Ácido kójico + Extracto de Granada a 3 L ha<sup>-1</sup>; **PF**: Peso del fruto; **DE**: Diámetro Ecuatorial; **DP**: Diámetro polar; **SST**: Sólidos Solubles Totales; **FF**: Firmeza de la Fruta, prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en software InfoStat, versión 2020e.

En cuanto al contenido de Vitamina C existe diferencia significativa entre tratamientos, todos mostraron tendencias superiores al testigo (Cuadro 2), siendo las aplicaciones de AK + EG (3 L ha<sup>-1</sup>) y AK (3 L ha<sup>-1</sup>) las superiores, mostrando diferencias de 16.58 % y 13.38 % en cuanto al testigo, respectivamente.

Para el caso de la acidez titulable, la diferencia significativa se presentó principalmente entre el tratamiento testigo y AK (3 L ha<sup>-1</sup>) teniendo éste el mayor valor de AT, mientras que los valores menores se obtuvieron con los tratamientos de AK (3.75 L ha<sup>-1</sup>) y EG (3.75 L ha<sup>-1</sup>), lo cual es deseado en frutas de naranja.

Tras la evaluación de los datos obtenidos de proteínas totales, se observó diferencia significativa entre tratamientos, todas las aplicaciones muestran valores superiores al testigo; sin embargo, la aplicación de EG (3 L ha<sup>-1</sup>) es la que mejor grado de respuesta muestra, pues supera al testigo en un 54.21 %.

La comparación de medias para la variable fenoles totales también presenta diferencia estadística significativa entre tratamientos. En el cuadro 2 se observa que el testigo comparado con el resto de los tratamientos tuvo el valor más alto, mientras que el EG (3 L ha<sup>-1</sup>) presentó el menor valor (36.15% menor al testigo),

lo cual indica que los tratamientos tuvieron un efecto adverso sobre la concentración de fenoles en las frutas de naranja.

Contrario a lo anterior, la capacidad antioxidante evaluada muestra diferencia estadística significativa entre tratamientos, pero el menor valor fue obtenido en el testigo, y el mayor se obtuvo con los tratamientos AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) y EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ), el resto de los tratamientos también superaron al testigo. Lo anterior concuerda con las concentraciones de vitamina C en los diferentes tratamientos, a mayores concentraciones de vitamina C, mayor potencial antioxidante.

**Cuadro 2:** Medias de variables del contenido nutraceutico (Vitamina C, Acidez titulable, Proteínas totales, Fenoles totales, Potencial Antioxidante), obtenidas de frutos de naranja bajo tratamientos a base de ácido kójico y extracto de granada.

TRATAMIENTO	VC (mg 100 g de PF)	AT (% AC)	PT (g/kg PS)	FT (g AG/100 g PS)	CA (mg EAA g -1 PS)
TESTIGO	$57.82 \pm 7.81 \text{ b}$	$0.048 \pm 0.007 \text{ b}$	$5.22 \pm 0.95 \text{ d}$	$1.77 \pm 0.29 \text{ a}$	$647.52 \pm 3.27 \text{ b}$
AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )	$65.56 \pm 12.15 \text{ ab}$	$0.057 \pm 0.013 \text{ a}$	$5.66 \pm 1.14 \text{ d}$	$1.60 \pm 0.19 \text{ ab}$	$649.50 \pm 1.92 \text{ ab}$
AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )	$61.6 \pm 8.91 \text{ ab}$	$0.045 \pm 0.007 \text{ b}$	$6.92 \pm 0.81 \text{ bc}$	$1.35 \pm 0.14 \text{ cd}$	$650.40 \pm 1.81 \text{ a}$
EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )	$61.16 \pm 9.93 \text{ ab}$	$0.051 \pm 0.010 \text{ ab}$	$8.05 \pm 0.71 \text{ a}$	$1.30 \pm 0.21 \text{ d}$	$648.79 \pm 1.77 \text{ ab}$
EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )	$64.42 \pm 9.79 \text{ ab}$	$0.046 \pm 0.007 \text{ b}$	$6.58 \pm 0.4 \text{ c}$	$1.55 \pm 0.19 \text{ bc}$	$650.08 \pm 1.95 \text{ a}$
AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )	$67.41 \pm 8.21 \text{ a}$	$0.049 \pm 0.009 \text{ ab}$	$7.78 \pm 1.59 \text{ ab}$	$1.67 \pm 0.28 \text{ ab}$	$648.79 \pm 2.48 \text{ ab}$

En donde: **AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Compuesto con Ácido kójico a  $3 \text{ L ha}^{-1}$ ; **AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Compuesto con Ácido kójico a  $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ; **EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Extracto de Granada a  $3 \text{ L ha}^{-1}$ ; **EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Extracto de Granada a  $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ; **AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Mezcla de Compuesto con Ácido kójico + Extracto de Granada a  $3 \text{ L ha}^{-1}$ ; **VC**: Vitamina C; **AT**: Acidez Titulable; **PT**: Proteínas Totales; **FT**: Fenoles Totales; **Ca**: Capacidad Antioxidante; prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en software InfoStat, versión 2020e.

Las enzimas Ascorbato Peroxidasa y Catalasa mostraron un comportamiento similar (Cuadro 3), se presentó diferencia significativa entre los tratamientos con el testigo, teniendo este último el mayor valor para ambas variables, se observa que las aplicaciones de EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) tuvieron los menores valores.

Al respecto del Glutatión reducido también se encontró diferencia estadística entre tratamientos, todos, a excepción del AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) que fue similar al testigo, mostraron valores mayores a este último. Los tratamientos EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) y AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ) arrojaron los mayores valores.

En cuanto a la enzima Glutatión peroxidasa el mayor valor se mostró con la aplicación del tratamiento EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ), el resto de éstos tuvieron cifras menores a las del testigo, y se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos.

Como puede observar, el tratamiento EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) mostró tendencias de aumento de Glutatión peroxidasa y Glutatión reducido, lo que indica que la aplicación de este tratamiento tiene un efecto positivo en las concentraciones de dichas enzimas.

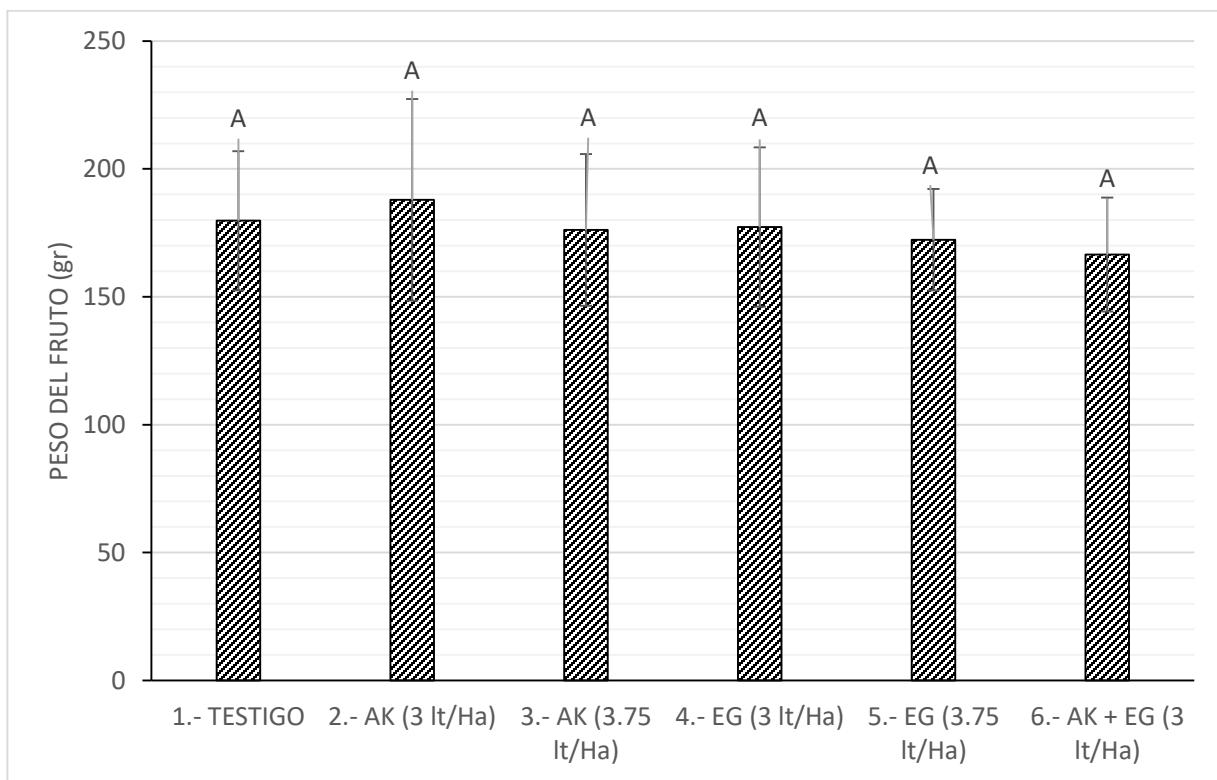
**Cuadro 3:** Medias de variables del contenido nutraceutico obtenidas de frutos de naranja bajo diferentes tratamientos a base de ácido kójico y extracto de granada.

TRATAMIENTO	APX (mM de ASA min <sup>-1</sup> /proteínas totales)	CAT (mM de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> min <sup>-1</sup> /proteínas totales)	GPX (mM de GSH min <sup>-1</sup> /proteínas totales)	GSH (Mm de GSH)
TESTIGO	0.62 ± 0.17 a	0.48 ± 0.24 a	0.00218 ± 0.0004 ab	0.85 ± 0.14 b
AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )	0.46 ± 0.17 b	0.28 ± 0.18 b	0.00198 ± 0.0009 bc	0.85 ± 0.16 b
AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )	0.46 ± 0.15 b	0.22 ± 0.15 b	0.00163 ± 0.0002 cd	0.89 ± 0.16 ab
EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )	0.39 ± 0.05 b	0.18 ± 0.14 b	0.00159 ± 0.0003 d	0.96 ± 0.21 a
EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )	0.43 ± 0.19 b	0.21 ± 0.15 b	0.00235 ± 0.0004 a	1.09 ± 0.24 a
AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )	0.42 ± 0.09 b	0.18 ± 0.15 b	0.00151 ± 0.0004 d	1.11 ± 0.26 a

En donde: **AK ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Compuesto con Ácido kójico a  $3 \text{ L ha}^{-1}$ ; **AK ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Compuesto con Ácido kójico a  $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ; **EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Extracto de Granada a  $3 \text{ L ha}^{-1}$ ; **EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Extracto de Granada a  $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ; **AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ )**: Mezcla de Compuesto con Ácido kójico + Extracto de Granada a  $3 \text{ L ha}^{-1}$ ; **APX**: Ascorbato Peroxidasa; **CAT**: Catalasa; **GPX**: Glutatión Peroxidasa; **GSH**: Glutatión Reducido, prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en software InfoStat, versión 2020e.

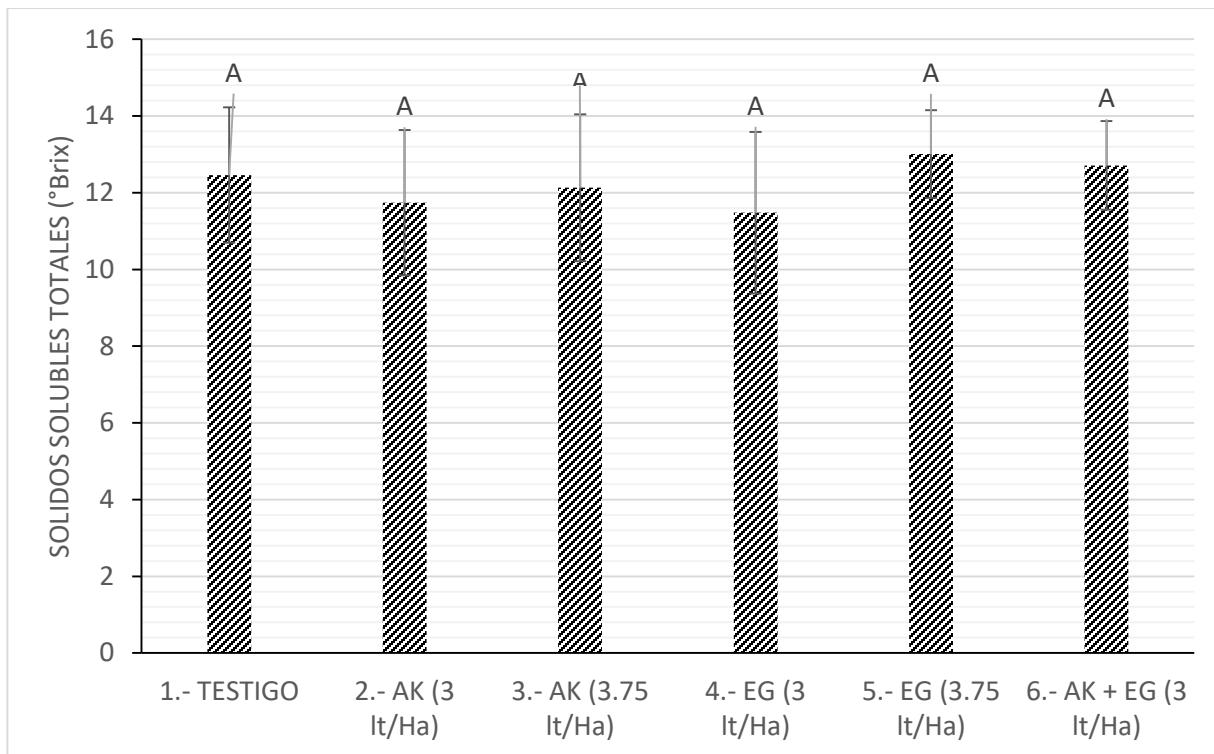
## DISCUSIÓN

La respuesta observada en los árboles indica un incremento en rendimiento al momento de la cosecha, resultados similares fueron encontrados por Pérez-Bonilla, (2020), quienes aplicaron productos bioestimulantes a base de caldo de cultivo con *Pseudomonas sp.* y encontraron un incremento en el rendimiento y la calidad en el cultivo de maíz.



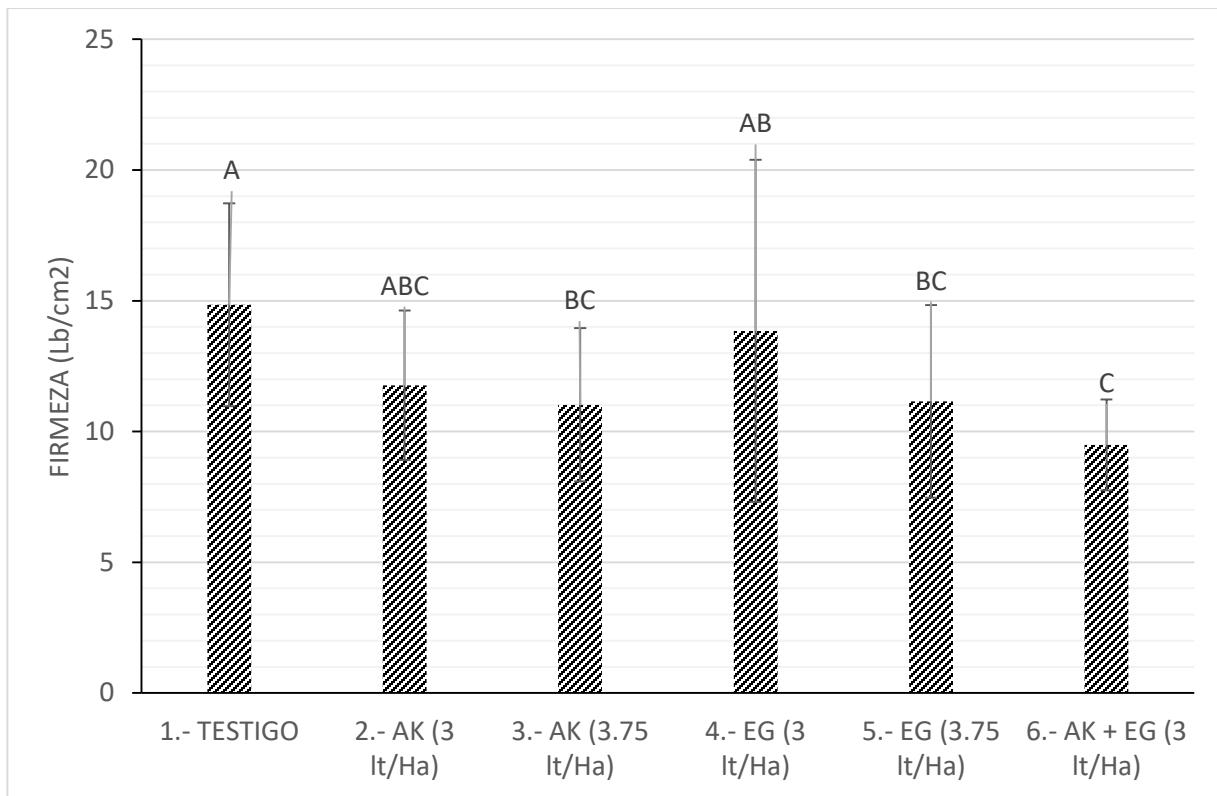
**Figura 20:** Comportamiento del peso en frutos de naranja valencia.

Los sólidos solubles totales manifiestan una tendencia de incremento con las aplicaciones de EG ( $3.75 \text{ L ha}^{-1}$ ) y AK + EG ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ), lo que concuerda con lo reportado por Carpio-Muñoz, (2023), quienes demostraron que la bioestimulación foliar con (Crop+Plus y Kelan Complex) provocó que los sólidos solubles mostraran un aumento en los resultados con relación al testigo, esto en frutos de granadilla.



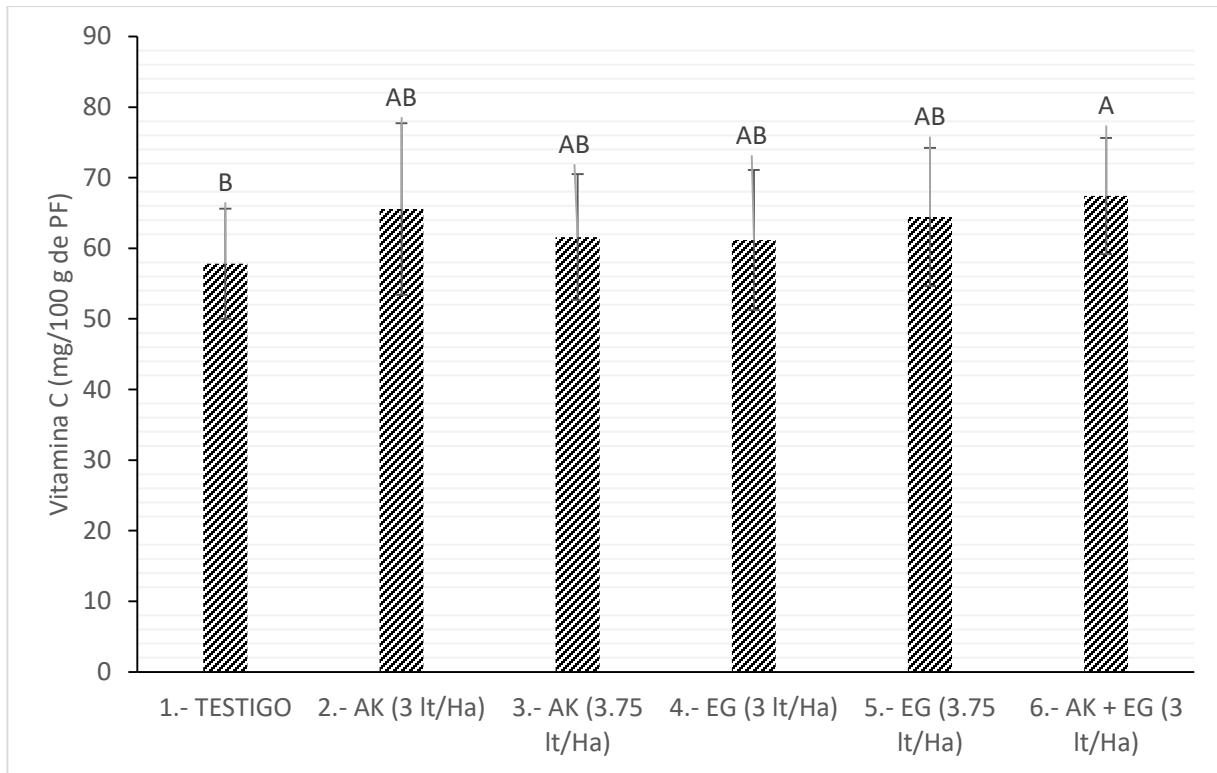
**Figura 21:** Comportamiento del contenido sólidos solubles totales en frutos de naranja valencia.

El comportamiento de la firmeza de la fruta indica un decremento con las aplicaciones de los tratamientos, puesto que mostraron tendencias inferiores al testigo, esto debido a que los productos aplicados a los árboles de naranja presentaban un alto contenido de ácido gálico en el EG, debido a que es esta alta la presencia, lo que obstaculiza la absorción de nutrientes como hierro y zinc, los cuales son los encargados de mejorar y fortalecer el tejido estructural de la fruta de naranja de los arboles tratados, estos resultados difieren con lo reportado por Huachi y Dobronski, (2019), quienes realizaron aplicaciones de distintos bioestimulantes a base de extractos orgánicos a plantas de fresa en las cuales encontraron un incremento en la firmeza de los frutos cosechados.



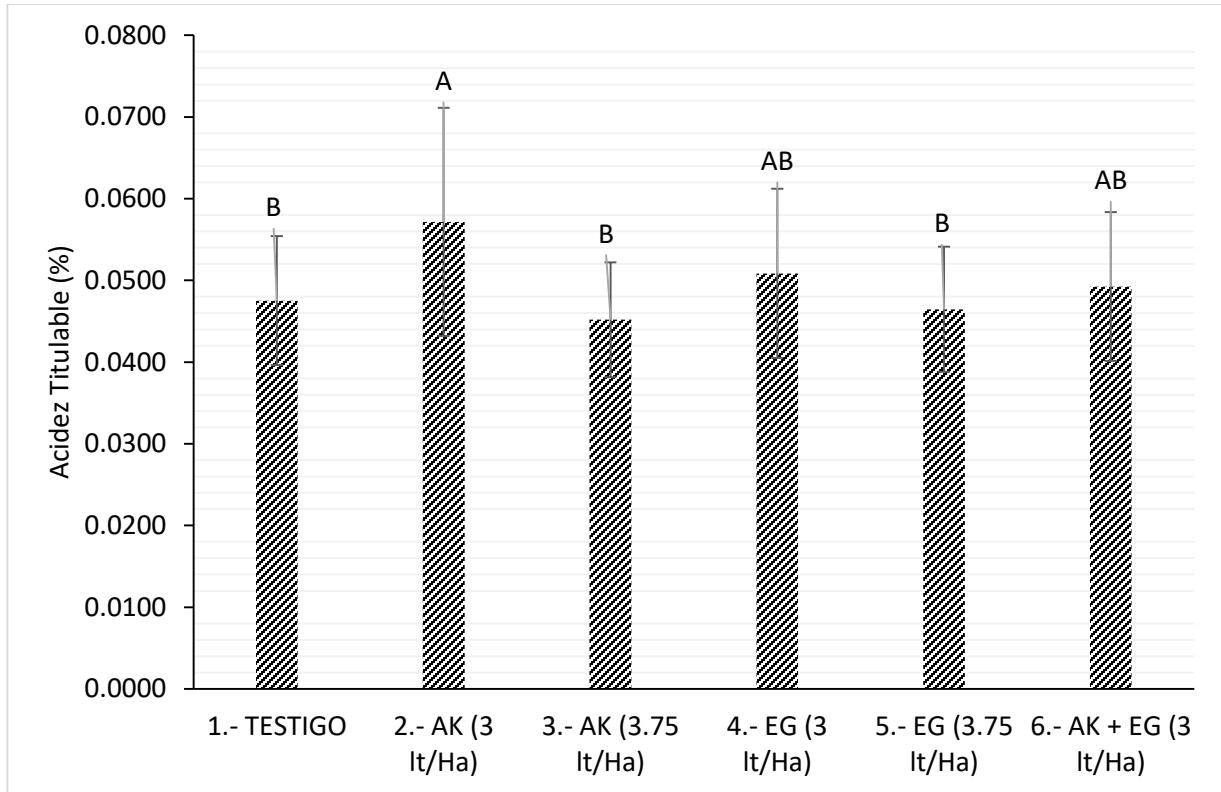
**Figura 22:** Comportamiento de la firmeza en frutos de naranja valencia.

Los resultados de las aplicaciones de los productos de AK y EG a distintas dosis de concentración, mantuvieron una tendencia de incremento en el contenido de Vitamina C en las frutas de naranja Valencia, lo cual concuerda con lo reportado por Soriano-Melgar *et al.*, (2020), quienes incrementaron el contenido de Vitamina C en frutos de calabacita mediante aplicaciones bioestimulantes orgánicos en distintas concentraciones.



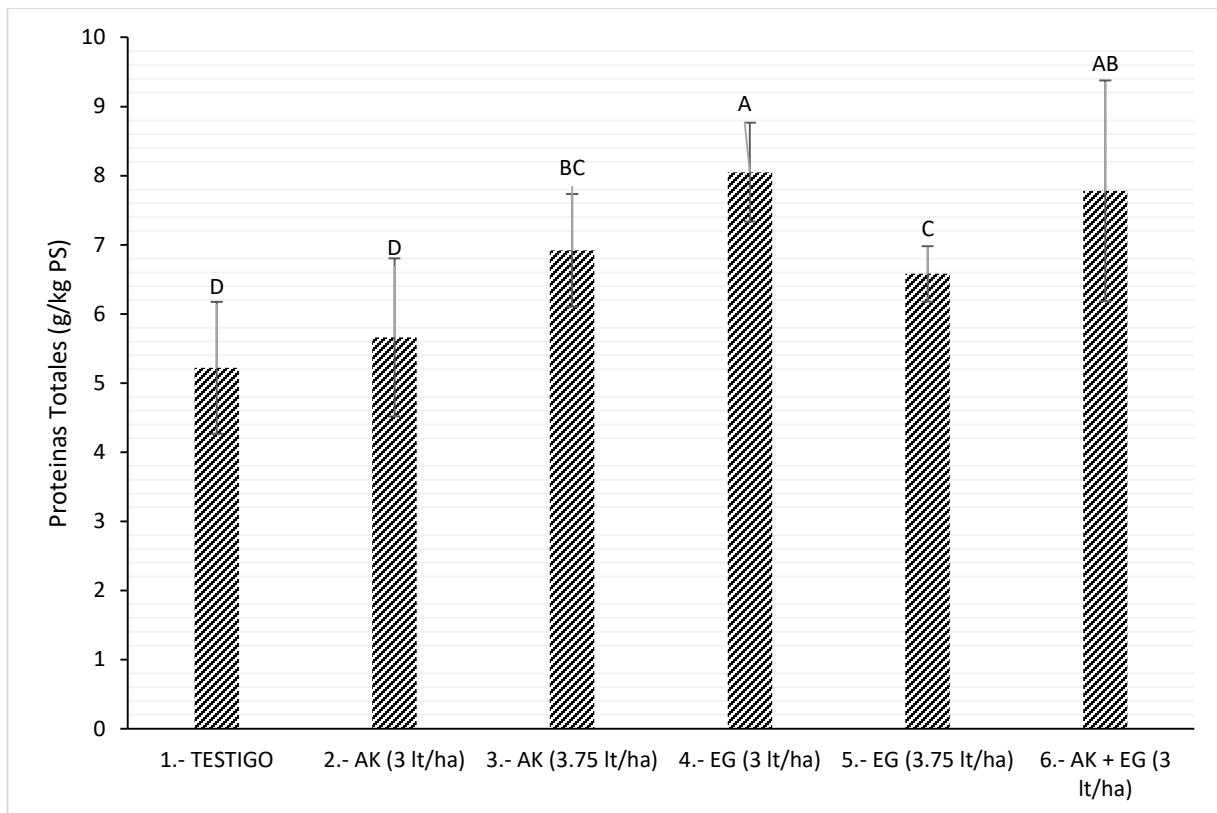
**Figura 23:** Comportamiento del contenido de Vitamina C en frutos de naranja valencia.

La respuesta de disminución de la acidez de los frutos cosechados de naranja se mantuvo, lo cual, es algo deseado, puesto que se mejora la percepción de sabor, lo que concuerda por lo reportado por Villegas-Espinoza *et al.*, (2018), quienes tras realizar una bioestimulación orgánica con humus líquido, lograron obtener una disminución de la acidez en frutos de tomate.



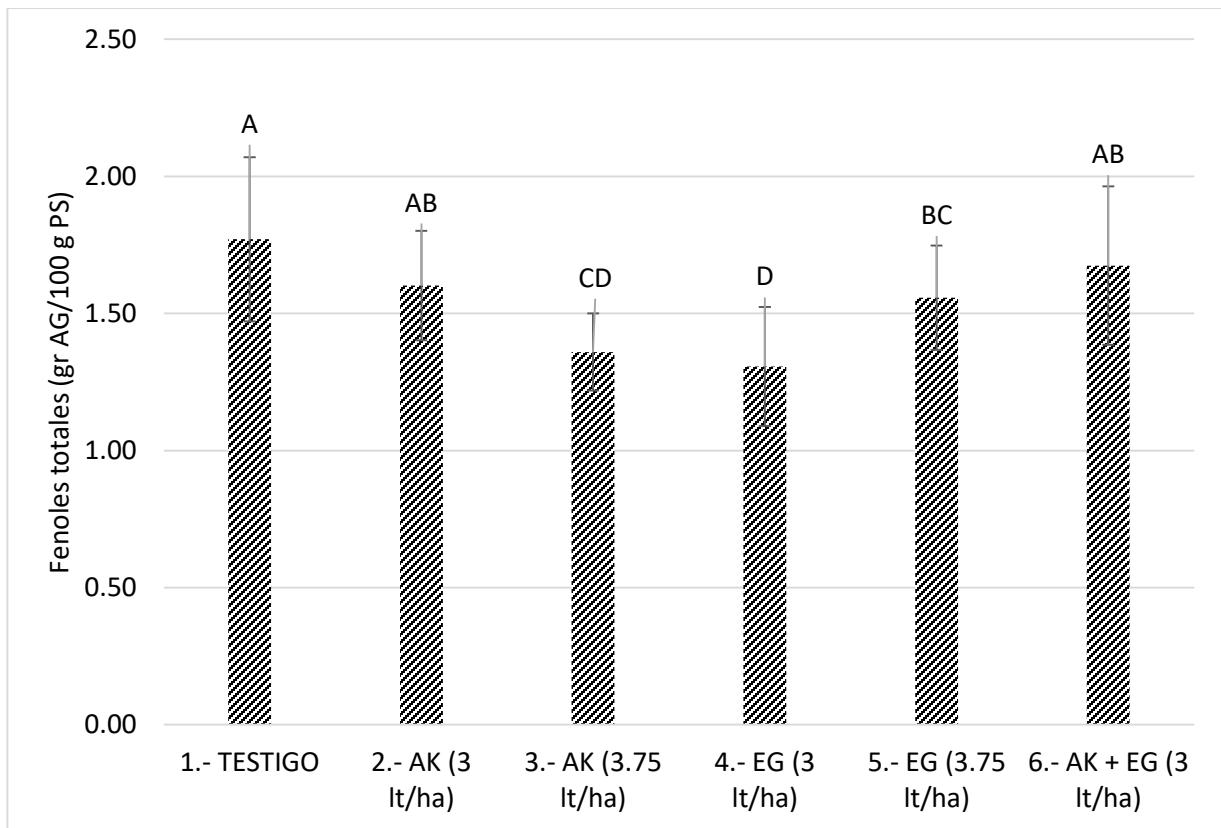
**Figura 24:** Comportamiento de la acidez titulable en frutos de naranja valencia.

Las proteinas totales así como la capacidad antioxidante de los frutos de naranja mostraron una tendencia de incremento en su contenido, dichos resultados concuerdan con lo reportado por Soriano-Melgar *et al.*, (2020), quienes incrementaron el contenido de proteínas totales en frutos de calabacita tras realizar aplicaciones bioestimulantes orgánicos a base de organismos promotores de crecimiento a distintas concentraciones.



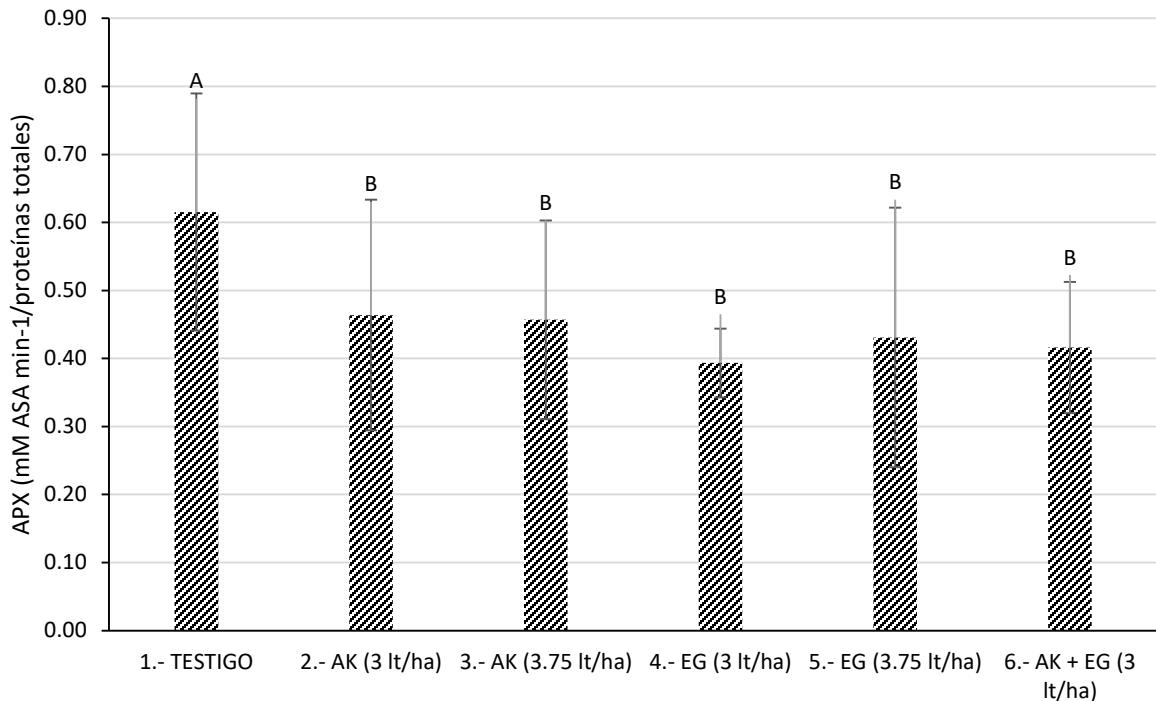
**Figura 25:** Comportamiento del contenido de proteínas totales en los frutos de naranja valencia.

Los fenoles totales de los tratamientos evaluados no presentaron un incremento con las aplicaciones realizadas a los árboles de naranja, esto es distinto a lo encontrado por Sánchez-Pujante *et al*, (2020), quienes al aplicar distintos compuestos bioactivos como jasmonatos a plántulas de brócoli *in vitro* encontraron un incremento en el contenido de fenoles totales.



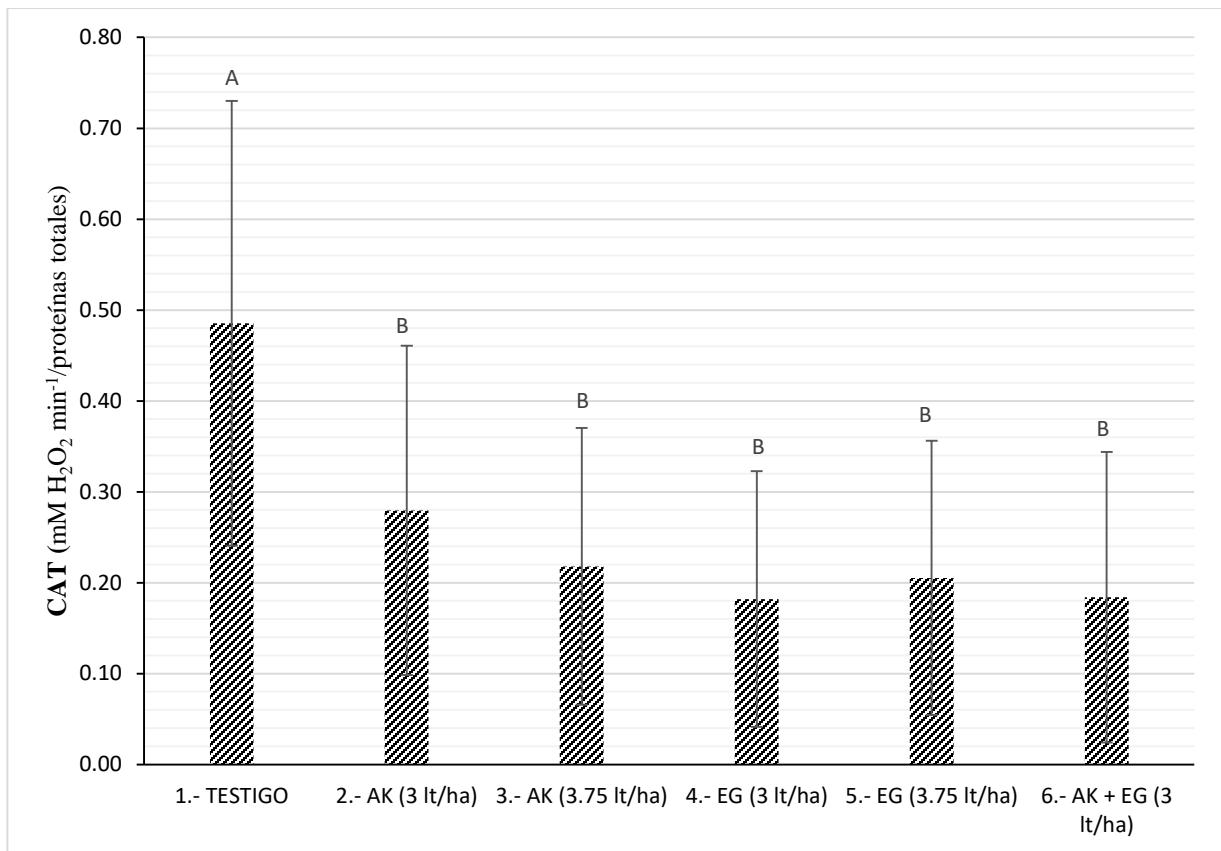
**Figura 26:** Comportamiento del contenido de fenoles totales en frutos de naranja valencia.

Las aplicaciones realizadas a los árboles de naranja no indujeron un incremento en la enzima Ascorbato peroxidasa, esta enzima juega un rol fundamental en el ciclo del glutatión, el cual es transportado por las plantas para neutralizar el efecto de los radicales libres ocasionados a causa del estrés oxidativo por la ROS, Landa-Faz *et al.*, (2021), lo cual es suficiente para activar los mecanismos bioquímicos de defensa que garantizan su reducción y la disminución del efecto negativo causados por algún tipo de estrés, Godoy *et al.* (2021) y Batista-Sanchez *et al.*, (2023), distinto a lo encontrado por Sariñana-Aldaco *et al.*, (2021) quienes tras aplicar extractos de algas sargasum incrementó su actividad en plantulas de tomate.



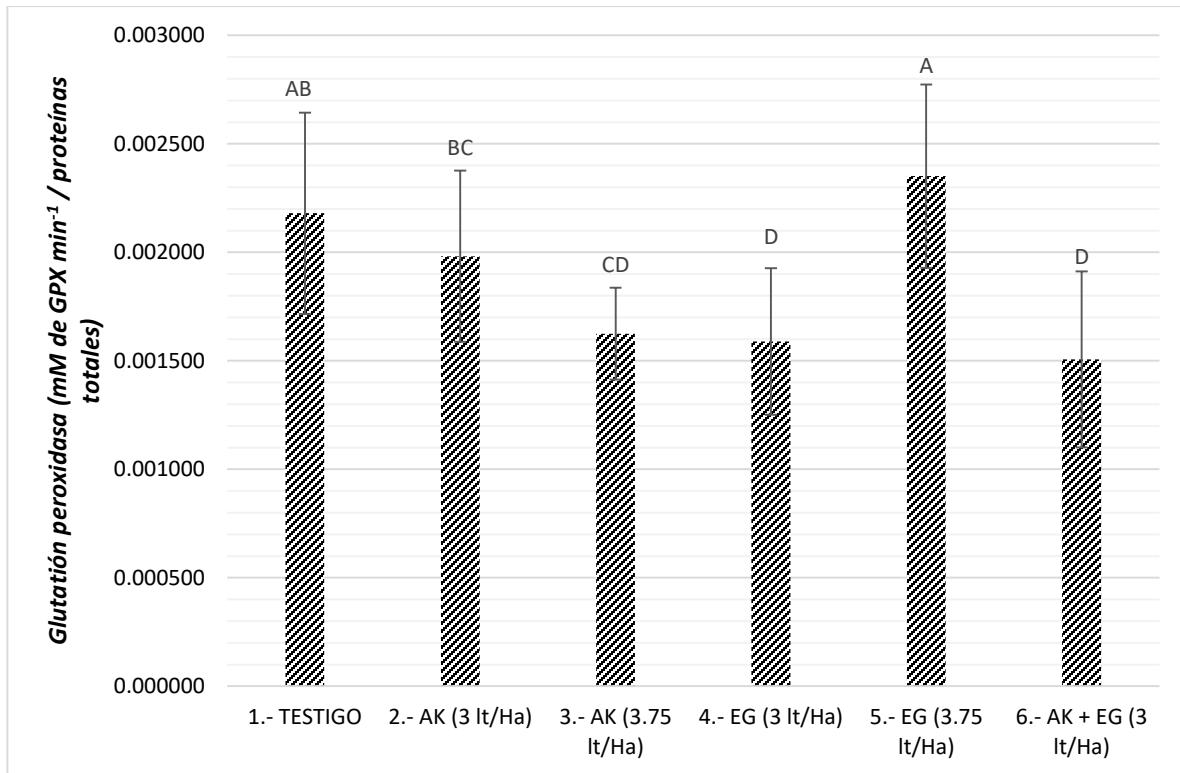
**Figura 27:** Comportamiento de la actividad de la enzima APX en frutos de naranja valencia

La enzima Catalasa no mostró efecto de incremento con la aplicación de los tratamientos, situación diferente con lo encontrados por Valencia-Hernández, (2023), quien demostró que la actividad de la enzima Catalasa se vio incrementada con la interacción de un producto bioestimulante con cadmio en los cultivos de maíz en etapa de grano y en tomate en frutos cosechados.



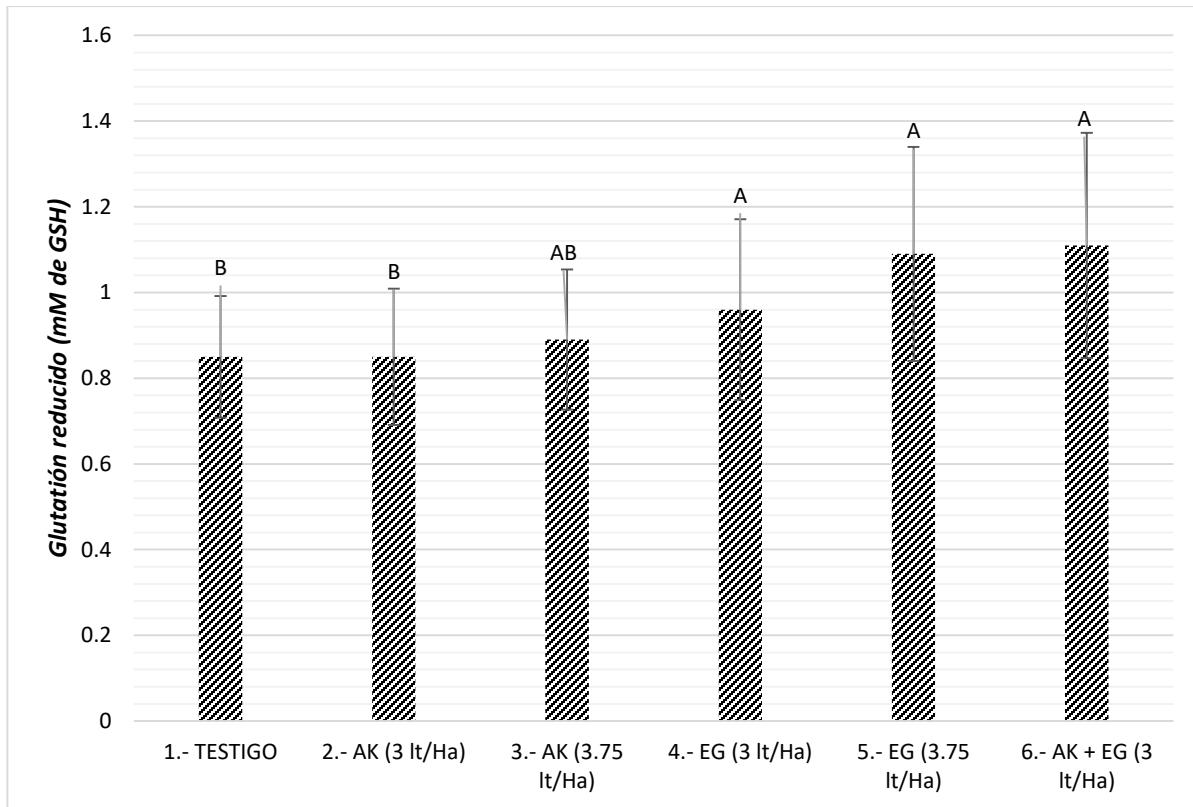
**Figura 28:** Comportamiento de la actividad de la enzima CAT en frutos de naranja valencia

La enzima glutatión peroxidasa mostró una tendencia de incremento con la interacción de la aplicación de la mezcla de los productos, caso similar a lo que reporta Batista-Sanchez *et al.*, (2023) quienes obtuvieron un aumento en la actividad de la enzima GPX en plantas de albahaca tratadas con el bioestimulante comercial FitoMas-E®, el cual es una mezcla de sales minerales y sustancias bioquímicas.



**Figura 29:** Comportamiento de la actividad de la enzima GPX en frutos de naranja valencia

El glutatión reducido mostró una tendencia de incremento con las aplicaciones realizadas a los árboles de naranja, resultados similares fueron obtenidos por Sánchez-Pujante *et al*, (2020), quien encontró un incremento en la producción de glutatión en cultivo in vitro de brócoli tras agregar compuestos bioactivos.



**Figura 30:** Comportamiento del contenido de GSH en frutos de naranja valencia

## CONCLUSIÓN

Tras la aplicación del tratamiento de Ácido Kójico a la dosis de 3 L ha<sup>-1</sup> a los árboles de naranja valencia, se obtuvo un incremento en el rendimiento del 4.5% al momento de la cosecha, lo cual a escala de producción resulta en un incremento para el productor en el ingreso económico percibido por la comercialización de la cosecha.

La calidad comercial, en la variable de sólidos solubles totales y acidez titulable se vio incrementada con la aplicación de EG (3.75 L ha<sup>-1</sup>), así mismo, el contenido de Vitamina C aumentó con el tratamiento de AK + EG (3 L ha<sup>-1</sup>), por lo tanto, al aplicar extracto de granada a dosis alta y mezclado con el compuesto con ácido kójico se obtienen mejoras en este parámetro.

Proteínas totales, así como la capacidad antioxidante se vio afectada positivamente, de igual manera se encontró un incremento en la actividad de la enzima GPX y del GSH en su forma reducida, por lo que al aplicar los productos a ambas dosis se incrementa la calidad nutracéutica.

La firmeza del fruto mostró una disminución de un 6.7% hasta un 36.1% al aplicar los tratamientos, por lo que el periodo de vida de anaquel se vio disminuida, dado que la maduración se vio acelerada.

Por lo tanto, al aplicar el compuesto con ácido kójico y extracto de granada, ambos a las dosis 3 L ha<sup>-1</sup> y 3.75 L ha<sup>-1</sup>, así como la mezcla de ambos se indujo un incremento en variables de calidad física de igual manera en el contenido nutraceutico de los frutos de naranja valencia.

## LITERATURA CITADA

- Akanbi-Gada, M., Ogunkunle, C. O., Vishwakarma, V., Viswanathan, K., Fatoba, P. O. 2019. Phytotoxicity of nano-zinc oxide to tomato plant (*Solanum lycopersicum L.*): Zn uptake, stress enzymes response and influence on nonenzymatic antioxidants in fruits. *Environmental Technology and Innovation*, 14, 100325
- Ambriz-Cervantes, R., Ariza-Flores, R., Tejacal, I.A., Michel-Aceves, A.C., Barrios-Ayala, A. & OteroSánchez, M.A. (2018). Effect of banding and biostimulants in the flowering, production and quality of persian lime (*Citrus latifolia* Tan.) in winter. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(4):711-722. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000400711&script=sci\\_arttext&tlang=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000400711&script=sci_arttext&tlang=en)
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Arlington, Virginia, USA. Pp. 384
- Aracely. (2016). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ciencias Socioeconómicas: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8462/K64414%20FLORES%20OSORIO%20ARACELI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baltazar, M.; Correia, S.; Guinan, K.J.; Sujeeth, N.; Bragança, R.; Gonçalves, B. (2021) Recent Advances in the Molecular Effects of Biostimulants in Plants: An Overview. *Biomolecules*, 11, 1096. <https://doi.org/10.3390/biom11081096>
- Batista-Sánchez, Daulemys, Murillo-Amador, Bernardo, Ojeda-Silvera, Carlos Michel, Mazón-Suástequi, José Manuel, Preciado-Rangel, Pablo, Ruiz-Espinoza, Francisco Higinio, & Agüero-Fernández, Yuneisy Milagro. (2022). Inducción de un bioestimulante y su respuesta en la actividad bioquímica de *Ocimum basilicum* L. sometida a salinidad. [Induction of a bio -stimulating and its response in the biochemical activity of *Ocimum Basilicum* L. subjected to salinity]. *Ecosistemas y recursos*

- agropecuarios, 9(2), e3185. Epub 02 de junio de 2023.  
<https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3185>
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem. 72: 248–254  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003269776905273>
- Carpio-Rugel, A.L., Muñoz-Espinoza, M.S. (2023). Evaluación de bioestimulantes foliares para incrementar el rendimiento en el cultivo de granadilla (*Pasiflora ligularis*) en el caserío El Obraje cantón Pelileo. [Evaluation of foliar bioestimulants to increase the performance in the granadilla culture (*Pasiflora ligularis*) in the caserío El Obraje cantón Pelileo]. Universidad Técnica de Ambato. Ciencias Agropecuarias.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/38332>
- Carrillo-Rosas, I. (2020). Proyecto de Exportación de Jugo Concentrado De Naranja. Unidad Académica Lázaro Cárdenas. Universidad de Vasco Quiroga. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/10442>
- Chávez-García, M., Morales, S. G., Rodríguez, A. C., & Olivo, A. R. (2018). Efecto de la agitación en la producción de ácido kójico mediante hongos filamentosos. [Effect of agitation on the production of kójic acid by filamentous fungi]. Journal C/M Vol, 6(1).  
[https://www.researchgate.net/publication/343294407\\_Efecto\\_de\\_la\\_agitacion\\_en\\_la\\_produccion\\_de\\_acido\\_kojico\\_mediante\\_hongos\\_filamentosos](https://www.researchgate.net/publication/343294407_Efecto_de_la_agitacion_en_la_produccion_de_acido_kojico_mediante_hongos_filamentosos)
- CITRICAS (2019). Los principales países productores de cítricos del mundo. XIII, 8
- Claros Beltrán, A. E., & Trujillo Trujillo, S. M. (2020). Evaluación de los parámetros de calidad bajo la influencia de arvenses sobre la naranja tangelo en la finca la Granja vereda el Tablón, Municipio de la Plata, Huila. [Evaluation of quality parameters under the influence of Arvenses on the Orange Tangelo on the La Farja El Board farm, municipality of La Plata,

- Huila]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) de Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36863>
- Díaz-Mena, A. G. (2018). Calidad nutracéutica de extractos de granada dulce y ácida y bioaccesibilidad de sus compuestos fenólicos en un modelo in vivo. [Nutraceutical quality of sweet and acidic grenade extracts and bioaccessibility of its phenolic compounds in a in vivo model.] <https://ring.uaq.mx/handle/123456789/580>
- García-Conde KB, Cerna-Chávez E, Ochoa-Fuentes YM y Velázquez-Guerrero JJ. 2024. Una oportunidad para la agricultura. [An opportunity for agriculture.] Revista Mexicana de Fitopatología 42(1). <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2302-2>
- García-Salazar, J.A., Fidel Bautista-Mayorga, F., Borja-Bravo, M., Guzmán-Soria, E. (2021). Variación de los precios de la naranja (*Citrus sinensis* L.) en México. Universidad de Costa Rica. Revista Agronomía Mesoamericana. Volumen 32(1):209-223. Enero-abril, 2021 e-ISSN 2215-3608 <http://doi:10.15517/am.v32i1.40679>  
<http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso>
- Godoy F, Olivos-Hernández K, Stange C, Handford M. (2021). Abiotic stress in crop species: improving tolerance by applying plant metabolites. Plants 10: 186. <http://doi:10.3390/plants10020186>.
- Haro-García, Ana. (2022). Naranja. [Orange]. Puleva. 9 sept 2022. <https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/n/naranja>
- HerbaZest. (2024). Naranja. <https://www.herbazest.com/es/hierbas/naranja>
- Huachi Avila, D. J., Dobronski Arcos, J. (2020). Evaluación de dos bioestimulantes en el cultivo de fresa (*Fragaria annanasa*) variedad albión californiana. [Evaluation of two bioestimulants in strawberry cultivation (*Fragaria Annanasa*) albion californian variety]. (Bachelor's thesis). <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30577>
- Landa-Faz, A. (2021). Producción y aplicación de un biosurfactante producido por el consorcio microbiano para la biorremediación de suelos agrícolas

- contaminados con endosulfán.  
<https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/3418/SSIT0016561.pdf?sequence=1>
- López, B. (2017). Origen e historia de la naranja. Recuperado el 31 de mayo de 2024. <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/comida/articulo/origen-e-historia-dela-naranja-44057.html>
- Luna-Jiménez, B. N., Robledo-Olivo, A., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., González-Fuentes, J. A., Cabrera-De la Fuente, M. (2021). Degradación de residuos de la fruta de granado para la obtención de compuestos fenólicos. [Granado fruit waste degradation to obtain phenolic compounds.] Maestría en Ciencias en Horticultura, UAAAN. Depto. de C. y Tec. de Alimentos, UAAAN. CONACYT-UAAAN, BioTecnología, Año 2021, Vol. 25 No. 4 p-365 <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e946>
- Martínez-Hernández, M. (2022). Realización de oviposición forzada y controlada de anastrepha ludens en naranja valencia tardía para evidenciar los cambios fisicoquímicos por la infestación. Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache. Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/5504>
- Martínez-Jiménez, Alejandro. (2019). Planeación de la Producción de Naranja en México y Análisis de la Volatilidad de Precios. [Orange production planning in Mexico and price volatility analysis.] Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Postgrado en Socioeconomía. Instituto de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.12.091>
- Méndez-Vázquez, José Refugio, Benavides-Mendoza, Adalberto, Juárez-Maldonado, Antonio, Cabrera-De-la-Fuente, Marcelino, Robledo-Olivo, Armando, & González-Morales, Susana. (2021). Efecto del riego deficitario en la acumulación de compuestos antioxidantes en plantas de tomate. [Effect of deficit irrigation on the accumulation of antioxidant compounds in tomato plants]. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), e2822. Epub 03 de julio de 2021. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2822>

- Moran-Duarte, K.M. (2023). Manejo agronómico del cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en el Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14933>
- Muñiz-Amaya, C. B. (2018). Búsquedas de nuevos bioestimulantes para el desarrollo de plantas: ácido elágico. [Searches for new biostimulants for plant development: elágic acid.] CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada). <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/558>
- Ortiz-Andrade, R., Araujo-León, J. A., Centeno-Hoil, G., & Sansores-Chuc, M. (2023). Las cáscaras de naranja: ¿Desechos de la agricultura o riqueza farmacéutica? Desde El Herbario CICY, 15, 160–164. [http://www.cicy.mx/sitios/desde\\_herbario/2023](http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/2023)
- Petropoulos. (2020). Practical Applications of Plant Biostimulants in Greenhouse Vegetable Crop Production. *Agronomy*. 10(10):1569. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101569>
- Romero Valverde, A. M. (2019). Efecto de cuatro dosis del bioestimulante biol, como complemento a la fertilización mineral, en la producción de acelga *Beta vulgaris* var. Cicla L. [Effect of four doses of biol bio -stimulant, as a complement to mineral fertilization, in the production of *Beta vulgaris* var. Cicla L]. Chenopodiaceae. <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5107>
- Nakano, Y., & Asada, K, (1981). Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts, *Plant and Cell Physiology*, Volume 22, Pages 867–880, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232>
- Pérez-Bonilla, M., Oves-Costales, D., González, I., de la Cruz, M., Martin, J., Vicente, F., ... & Reyes, F. (2020). Krisynomycins, imipenem potentiators against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, produced by *Streptomyces canus*. *Journal of Natural Products*, 83(9), 2597-2606. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.inatprod.0c00294>

- Quiterio-Gutiérrez, T., Robledo-Olivo, A., González-Morales, S., Benavides-Mendoza, A., González-Fuentes, J. A., Fernández-Luqueño, F. (2021). Producción de Ácido kójico bajo tres concentraciones diferentes de extracto de levadura como fuente de Nitrógeno. [Kójic acid production under three different concentrations of yeast extract as a source of nitrogen]. Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida, UAAAN. Depto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos, UAAAN. CONACYT-UAAAN. Depto. de Horticultura, UAAAN. Cinvestav-Unidad Saltillo. BioTecnología, Año 2021, Vol. 25 No. 4 p-366 <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2014.05.002>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine 26: 1231 – 1237. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891584998003153>
- Sáenz Pérez, Criseida Alhelí, Hernández, Eduardo Osorio, Estrada Drouaillet, Benigno, Poot Poot, Wilberth Alfredo, Delgado Martínez, Rafael, & Herrera, Raúl Rodríguez. (2019). Principales enfermedades en cítricos. [Main diseases in citrus.] Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(7), 1653-1665. Epub 04 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1827>
- Sahoo, S., Prakash-Awasthi, J., Sunkar, R., & Kumar Panda, S. (2017). Determining Glutathione Levels in Plants Smita. In *Plant Stress Tolerance* (Vol. 1631, Issue 1, pp. 273–277). <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7136-7>
- Sánchez Jara, R., Irala Alonso, R., Fleitas Quintana, C. A., Fleitas Quintana, L. R., & Leguizamón Resquin, A. (2024). Productividad del cultivo de Naranja (*Citrus sinensis* L.) con la aplicación foliar de bioestimulante. *Revista Alfa*, 8(23), 383–392. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.271>
- Sánchez Pujante, PJ, Pedreño-García, MA, Almagro-Romero, L. (2020). Caracterización de la producción de compuestos bioactivos y análisis de proteínas en cultivos celulares de brócoli. [Characterization of the

- production of bioactive compounds and protein analysis in broccoli cell cultures.] Universidad de Murcia. Escuela Internacional de Doctorado. <http://hdl.handle.net/10201/98421>
- Sariñana-Aldaco, Oscar, Benavides-Mendoza, Adalberto, Juarez-Maldonado, Antonio, Robledo-Olivo, Armando, Rodríguez-Jasso, Rosa María, Preciado-Rangel, Pablo, & Gonzalez-Morales, Susana. (2021). Efecto de extractos de *Sargassum* spp. en el crecimiento y antioxidantes de plántulas de tomate. [Sargassum spp. extracts effect in the growth and antioxidants of tomato seedlings]. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2), e2814. Epub 31 de enero de 2022. <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2814>
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquería.
- Soriano-Melgar, Lluvia de Abril Alexandra, Izquierdo-Oviedo, Humberto, Saucedo-Espinosa, Yvette Alessandra, & Cárdenas-Flores, Antonio. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L. var. 'Grey Zucchini'). [Effect of the application of bioestimulants on the quality and antioxidant capacity of zucchini fruits (*Cucurbita Pepo* L. var. 'Gray Zucchini'). *Terra Latinoamericana*, 38(1), 17-28. Epub 20 de junio de 2020.<https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.516>
- Sultana, B., Anwar, F., & Ashraf, M. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14(6), 2167-2180. <https://doi.org/10.3390/molecules14062167>
- Valencia-Hernández, J.A. (2023). Efecto de la exposición al cadmio en maíz (*Zea mays*) y tomate (*Solanum lycopersicum*). Doctorado de Ingeniería en Biosistemas. Facultad de Ingeniería. Repositorio Institucional DGBSDI-AUQ. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3778>
- Villegas-Espinoza, Jorge Arnoldo, Reyes-Pérez, Juan José, Nieto-Garibay, Alejandra, Ruiz-Espinoza, Francisco Higinio, Cruz-Falcón, Arturo, & Murillo-Amador, Bernardo. (2018). Bioestimulante Liplant®: su efecto en

- Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. [Bioestimulant Lipent®: its effect on *Solanum lycopersicum* (L.) cultivated in slightly saline soils]. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(spe20), 4137-4147. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.985>
- Xue, T., Hartikainen, H., & Piironen, V. (2001). Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. *Plant and Soil*, 237(1), 55–61. <https://doi.org/10.1023/A:1013369804867>
- Zang, Y., Liu, J., Tang, X. X., & Zhou, B. (2018). Description of a *Zostera marina* catalase gene involved in responses to temperature stress. *PeerJ*, 6, e4532. <https://doi.org/10.7717/peerj.4532>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals 555–559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)

## ANEXO

### Análisis de la varianza

#### Peso (gr)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso (gr)	120	0.05	3.5E-03	17.47

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5157.02	5	1031.40	1.08	0.3738
Tratamiento	5157.02	5	1031.40	1.08	0.3738
Error	108593.32	114	952.57		
Total	113750.34	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=19.33445**

*Error: 952.5730 gl: 114*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	187.95	20	6.90	A
1	179.75	20	6.90	A
4	177.28	20	6.90	A
3	176.16	20	6.90	A
5	172.33	20	6.90	A
6	166.58	20	6.90	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

#### D. Ecuatorial (mm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
D. Ecuatorial (mm)	120	0.13	0.10	6.75

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	365.04	5	73.01	3.53	0.0053
Tratamiento	365.04	5	73.01	3.53	0.0053
Error	2356.87	114	20.67		
Total	2721.91	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.84838**

Error: 20.6743 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2	69.9820	1.02	A
4	68.4620	1.02	A B
3	68.2720	1.02	A B
1	67.2020	1.02	A B
6	65.2420	1.02	B
5	65.1620	1.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### D. Polar (mm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
D. Polar (mm)	120	0.05	0.01	6.02

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	102.30	5	20.46	1.22	0.3059
Tratamiento	102.30	5	20.46	1.22	0.3059
Error	1917.11	114	16.82		
Total	2019.42	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.56894**

Error: 16.8168 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	69.4220	0.92	A
2	69.2820	0.92	A
4	68.3520	0.92	A
6	67.6220	0.92	A
3	67.2820	0.92	A
5	67.0820	0.92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Sólidos solubles totales

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sólidos solubles totales	120	0.09	0.05	13.94

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33.84	5	6.77	2.32	0.0476
Tratamiento	33.84	5	6.77	2.32	0.0476
Error	332.39		114	2.92	
Total	366.24		119		

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.06969**

Error: 2.9157 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5	13.0120	0.38	A
6	12.7120	0.38	A
1	12.4620	0.38	A
3	12.1320	0.38	A
2	11.7420	0.38	A
4	11.4820	0.38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Firmeza (Lb/cm<sup>2</sup>)

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Firmeza (Lb/cm <sup>2</sup> )	120	0.18	0.15	32.40

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	391.42	5	78.28	5.16	0.0003
Tratamiento	391.42	5	78.28	5.16	0.0003
Error	1728.44	114	15.16		
Total	2119.86	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.43925**

*Error: 15.1617 gl: 114*

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
1	14.8520	0.87	A
4	13.8520	0.87	A
2	11.7720	0.87	A
5	11.1520	0.87	B
3	11.0220	0.87	B
6	9.4920	0.87	C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Vit. C (mg/100 g de PF)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Vit. C (mg/100 g de PF)	120	0.09	0.05	16.12

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1204.17	5	240.83	2.34	0.0463
Tratamiento	1204.17	5	240.83	2.34	0.0463
Error	11749.35	114	103.06		
Total	12953.52	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.35971***Error: 103.0645 gl: 114*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
6	67.4120	2.27	A
2	65.5620	2.27	A
5	64.4220	2.27	A
3	61.6020	2.27	A
4	61.1620	2.27	A
1	57.8220	2.27	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Acidez Titulable (%)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Acidez Titulable (%)	120	0.13	0.09	20.83

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.8E-03	5	3.7E-04	3.48	0.0058
Tratamiento	1.8E-03	5	3.7E-04	3.48	0.0058
Error	0.01114	114	1.1E-04		
Total	0.01119				

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00645***Error: 0.0001 gl: 114*

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
2	0.057	20	2.3E-03	A	
4	0.051	20	2.3E-03	A	B
6	0.019	20	2.3E-03	A	B
1	0.048	20	2.3E-03	B	
5	0.046	20	2.3E-03	B	
3	0.045	20	2.3E-03	B	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### Proteínas Totales (g/kg PS)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Proteínas Totales (g/kg PS..)	120	0.53	0.51	14.89

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	126.47	5	25.29	25.38	<0.0001
Tratamiento	126.47	5	25.29	25.38	<0.0001
Error	113.61	114	1.00		
Total	240.08	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.62537**

Error: 0.9966 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	8.05	20	0.22 A B
6	7.78	20	0.22 A
3	6.92	20	0.22 B C
5	6.58	20	0.22 C
2	5.66	20	0.22 D
1	5.22	20	0.22 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Fenoles Totales (g AG/100 g PS)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fenoles Totales (g AG/100 ..	120	0.36	0.33	14.64

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3.25	5	0.65	12.70	<0.0001
Tratamiento	3.25	5	0.65	12.70	<0.0001
Error	5.84	114	0.05		
Total	9.09	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.14174**

Error: 0.0512 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	1.77	20	0.05 A
6	1.67	20	0.05 A B
2	1.60	20	0.05 A B
5	1.55	20	0.05 B C
3	1.35	20	0.05 C D
4	1.30	20	0.05 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Capacidad Antioxidante (mg EAA g $-1$ )

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Capacidad Antioxidante (mg..)	120	0.16	0.12	0.35

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	109.03	5	21.81	4.23	0.0014
Tratamiento	109.03	5	21.81	4.23	0.0014
Error	587.03	114	5.15		
Total	696.06	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.42154

Error: 5.1494 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3	650.40	20	0.51	A
5	650.08	20	0.51	A
2	649.50	20	0.51	A B
6	648.80	20	0.51	A B
4	648.79	20	0.51	A B
1	647.52	20	0.51	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### **APX (mM de ASA min-1/proteínas tota**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
APX (mM de ASA min-1/prote..	120	0.09	0.05	223.45

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	5	0.01	2.24	0.0549
Tratamiento	0.03	5	0.01	2.24	0.0549
Error	0.28	114	2.5E-03		
Total	0.31	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03116**

*Error: 0.0025 gl: 114*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	0.62	20	A
3	0.46	20	B
2	0.46	20	B
5	0.43	20	B
4	0.39	20	B
6	0.42	20	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**CAT (mM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> min-1/proteínas tot)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CAT (mM de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> min-1/prot..)	120	0.27	0.24	69.28

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.36	5	0.27	8.43	<0.0001
Tratamiento	1.36	5	0.27	8.43	<0.0001
Error	3.67	114	0.03		
Total	5.03	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.11243***Error: 0.0322 gl: 114*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	0.49	20	A
2	0.28	20	B
3	0.22	20	B
5	0.21	20	B
6	0.18	20	B
4	0.18	20	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### GPX (mM de GSH min-1/proteínas tota

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GPX (mM de GSH min-1/prote..	120	0.41	0.38	20.97

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.2E-05	5	2.4E-06	15.86	<0.0001
Tratamiento	1.2E-05	5	2.4E-06	15.86	<0.0001
Error	1.8E-05	114	1.5E-07		
Total	3.0E-05	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00025**

Error: 0.0000 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
5	0.00235	20	8.8E-05	A	
1	0.00218	20	8.8E-05	A	B
2	0.00198	20	8.8E-05	B	C
3	0.00163	20	8.8E-05	C	D
4	0.00159	20	8.8E-05		D
6	0.00151	20	8.8E-05		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### GSH (Mm de GSH)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
GSH (Mm de GSH)	120	0.22	0.19	21.05

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.23	5	2.85	6.60	<0.0001
Tratamiento	14.23	5	2.85	6.60	<0.0001
Error	49.20	114	0.43		
Total	63.44	119			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.41154**

Error: 0.4316 gl: 114

Tratamiento	Medias	n	E.E.
6	1.11	20	0.15 A
5	1.09	20	0.15 A
4	0.96	20	0.15 A
3	0.89	20	0.15 A B
2	0.85	20	0.15 B
1	0.85	20	0.15 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )