

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA



Efecto de la Aplicación de Bioestimulantes Comerciales, sobre el Desarrollo,
Rendimiento y Calidad del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:

BRAYAN ESTEBAN SANTOS CORTES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Efecto de la Aplicación de Bioestimulantes Comerciales, sobre el Desarrollo,
Rendimiento y Calidad del Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:


BRAYAN ESTEBAN SANTOS CORTES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité Asesor:




DRA LAURA RAQUEL LUNA GARCIA
Asesor Principal



MC MARTIN ALEJANDRO TUCUCH PEREZ
Asesor Principal Externo



DRA NADIA LANDERO VALENZUELA
Coasesor



DR. VALENTIN ROBLEDO TORRES
Coasesor



DR ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Junio 2026

CARTA DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, 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 citado; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declararemos que este trabajo es original.

ATENTAMENTE



Brayan Esteban Santos Cortes

DEDICATORIAS

A mis padres: Hortensia Cortes Martínez y Félix Santos Diego, quienes son los que me dieron la vida y me han apoyado en cada paso y decisión que he tomado, gracias por su paciencia, sus consejos, por todo su apoyo incondicional y cariño que siempre me brindan, con mucho amor y cariño, les dedico el presente trabajo, expresando lo mucho que los amo y que estaré eternamente agradecido con ustedes y con dios por haberme dado unos grandiosos padres.

A mis hermanos: Félix Aldahir Santos Cortes y Dulce Ivonne Santos Cortes, por ser unos grandiosos hermanos, e inspirarme a ser mejor persona, por todo su apoyo y cariño, simplemente gracias.

A mis abuelos paternos: Félix Santos Flores y Juana Diego Martínez, quienes me han visto crecer y han estado presente en cada paso que he dado, aconsejándome y dándome todo su apoyo, los quiero mucho abuelitos y muchas gracias.

A mi abuela materna: Magaly Cortes Martínez, quien me han visto crecer y ha estado presente en cada paso que he dado, aconsejándome y dándome todo su apoyo, la quiero mucho abuelita y muchas gracias.

A mi tía: Aurelia Diego **y sus hijos:** Oscar, Alejandro, Cesar y Mariela. Y a Yolanda y sus hijos: Romualdo y Edith quienes me brindaron su apoyo a lo largo de esta trayectoria.

A mis padrinos: Miguel Paredes, George Salazar, Sergio Pérez, Iván Pérez quienes me brindaron su apoyo a lo largo de esta trayectoria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme la vida, la salud y la oportunidad de cumplir todas mis metas.

A mi ALMA TERRA MATER, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme dado todas las herramientas necesarias para formarme como profesionalista.

A mi asesor principal de tesis la Dra. Laura Raquel Luna García, por ser una gran maestra y apoyarme en cada instante, resolviéndome cada duda, siendo un gran ejemplo a seguir.

Al M.C. Martín Tucuch Pérez. Por la confianza brindada al permitirnos colaborar en la evaluación de sus productos, los cuales han demostrado una excelente calidad. Agradecemos profundamente su tiempo, disposición y, sobre todo, el valioso apoyo otorgado durante la experimentación, desarrollo y redacción del presente documento.

A mis coasesores la Dra. Nadia Landero Valenzuela y al Dr. Valentín Robledo Torres, por su orientación académica, sus observaciones críticas y el acompañamiento brindado durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis hermanos buitres: Vistrain Velázquez, Antonio López, Lizeth Tello, Dolores Salas, Celina González, Carmen Guerrero, Melibeth Toscano, Jaqueline Ramírez, Estefanía Yáñez, Enrique Rodríguez, Katia López, Isabela Ortega, Yasmin Cortes, Arturo Franco y Madai Mnediola, quienes me acompañaron en mi vida estudiantil brindándome su amistad y momentos inolvidables, gracias.

A mis amigos: Ángel Cázares, Manuel Vargas, Dariana Rodríguez, Lesly Olivar, Luz Mena, Miguel Sánchez, Martín Galicia, Yanire López, Guadalupe Salas, Josué Bruno, Iván Herrera, Abiram Cruz, Daniel Sánchez, Ezequiel Suárez, Jaciel Galvez, Enrique Bravo y Leonel Rafael por su amistad a lo largo de este tiempo, gracias.

A los profesores: Kenya Zapata, César Tafolla y Bernardo Rincón, quienes me brindaron su apoyo a lo largo de esta trayectoria.

A los ingenieros: Jonadad Madrigal, Manuel Salazar, Yovanny Salazar y Moisés, quienes me ilustraron el gran camino de recorrer nuestra alma mater.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Origen e historia.....	4
2.2 Producción Mundial	4
2.3 Producción Nacional.....	5
2.4 Importancia del cultivo	5
2.5 Clasificación taxonómica del cultivo	5
2.6 Características botánicas del cultivo	6
2.7 Requerimientos edafológicos.....	7
2.8 Principales plagas y enfermedades	10
2.9 Bioestimulación vegetal	12
2.10 Hormonas vegetales.....	15
2.11 Estrés vegetal	17
2.12 Antioxidantes que contrarrestan el estrés vegetal	18
2.13 Productos Bioestimulantes México.....	19
3. MATERIALES Y METODOS	29
3.1 Ubicación del experimento	29
3.2 Material vegetativo	29
3.3 Siembra de la semilla	29
3.4 Descripción de tratamientos	30
3.5 Cuidado y manejo del cultivo	30
3.6 Variables agronómicas evaluadas	33
3.7 Análisis estadístico	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Variables agronómicas	36
4.2 Variables de rendimiento (RTO).....	43
4.3 Variables de calidad de fruto	46
5. CONCLUSIONES.....	56
6. BIBLIOGRAFÍA	58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la altura de planta (ADP) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	37
Figura 2. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el diámetro de tallo (DDT) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	38
Figura 3. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el número de entrenudos (NDE) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	39
Figura 4. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la distancia entrenudos (DE) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	40
Figura 5. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la clorofila de las hojas (CH) medido en unidad SPAD, en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). 41	
Figura 6. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el número de hojas (NDH) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	42
Figura 7. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el rendimiento (RTO) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	44
Figura 8. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	45
Figura 9. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la firmeza del fruto (FDF) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)._____	47
Figura 10. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre los sólidos solubles totales (SST) medidos en °Brix, en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>).__	48
Figura 11. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente en ml L-1 sobre la acidez del fruto (ADF) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	49
Figura 12. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el largo del fruto (LDF) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>). _____	51
Figura 13. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el diámetro del fruto (DDF) en el cultivo de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)._____	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) en el año 2024. _____	4
Cuadro 2. Rangos de temperaturas críticas para el desarrollo del cultivo del pepino (<i>C. sativus</i>) de acuerdo a su etapa fenológica. _____	8
Cuadro 3. Evolución de definiciones del término bioestimulante y su desarrollo en la agricultura. _____	12
Cuadro 4. Clasificación de bioestimulantes en función de su naturaleza y efectos en las plantas. _____	13
Cuadro 5. Sitios de síntesis de los principales reguladores de crecimiento en las plantas. _____	17
Cuadro 6. Clasificación de los tipos de estrés vegetal y sus efectos en el metabolismo y desarrollo de las plantas. _____	18
Cuadro 7. Productos bioestimulantes y dosis utilizadas en el cultivo de pepino, utilizadas como tratamientos experimentales. _____	30
Cuadro 8. Dosificación de fertilizantes y ácidos utilizados en la solución nutritiva Steiner al 90% por cada 16L de agua en él experimento. _____	32
Cuadro 9. Análisis de varianza para las variables agronómicas (ADP), (DDT), (NDE), (DE), índice SPAD y (NDH) en el cultivo de pepino. _____	36
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento (RTO) y peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de pepino. _____	44
Cuadro 11. Análisis de varianza para las variables de calidad del fruto (FDF), (B), (PDF), (LDF) y (DDF) en el cultivo de pepino. _____	46
Cuadro 12. Análisis económico y relación beneficio-costos de los tratamientos evaluados sobre el rendimiento del cultivo de pepino. _____	54
Cuadro 13. Estimación del costo por hectárea de los tratamientos bioestimulantes evaluados en el cultivo de pepino. _____	54
Cuadro 14. Rentabilidad de los tratamientos bioestimulantes expresada mediante la relación costo-beneficio, en el cultivo de pepino. _____	55
Cuadro 15. Resultado de pruebas de medias para las variables agronómicas: Altura de planta (ADP), diámetro de tallo (DDT), número de entrenudos (NDE), distancia entre entrenudos (DE), índice SPAD y número de hojas (NDH). _____	66
Cuadro 16. Resultado de pruebas de medias para las variables de rendimiento: Rendimiento (RTO) y peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de pepino. _____	66
Cuadro 17. Resultado de pruebas de medias para las variables de calidad: Firmeza de fruto (FDF), °Brix (B), pH del fruto (PDF), largo de fruto (LDF) y diámetro de fruto (DDF) en el cultivo de pepino. _____	66

RESUMEN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) constituye una de las hortalizas de mayor importancia en México debido a su relevancia económica, social y nutracéutica. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los bioestimulantes Stimulate, Bio-Forge, N-Large y X-Cyte sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en el cultivo de pepino, así como identificar aquellos tratamientos con mayor impacto agronómico. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos, incluyendo un testigo sin aplicación y cuatro tratamientos con bioestimulantes aplicados semanalmente a una dosis de 500 mL Ha⁻¹. Se evaluaron variables de crecimiento (altura de planta, diámetro de tallo, número y distancia de entrenudos, índice SPAD y número de hojas), además de variables de rendimiento y calidad del fruto (peso promedio, firmeza, sólidos solubles totales, pH, longitud y diámetro). Los resultados indicaron que no se presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables de crecimiento ni en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en los parámetros de calidad del fruto. Los tratamientos con bioestimulantes registraron un peso promedio cercano a 600 g, 25.9% superior al testigo. Asimismo, presentaron valores de pH más bajos (entre 5.13 y 5.32) en comparación con el testigo (5.48). En cuanto a las dimensiones del fruto, los bioestimulantes superaron al testigo, con longitudes entre 24.5 y 24.7 cm y diámetros entre 60.8 y 63.0 mm, mientras que el testigo mostró valores de 22.9 cm y 58.0 mm, respectivamente. Se concluye que la aplicación de bioestimulantes mejora la calidad física del fruto de pepino, particularmente en peso, acidez y dimensiones, sin afectar significativamente el crecimiento vegetativo ni el rendimiento del cultivo.

Palabras clave: *pepino, bioestimulantes, calidad del fruto, reguladores de crecimiento vegetal.*

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.*) representa una de las hortalizas de mayor relevancia en la producción agrícola mexicana, tanto por su volumen, como por su valor nutracéutico, económico y social. En el 2023, México se posicionó en el cuarto lugar a nivel mundial en producción, con un rendimiento promedio de 54.1 t ha⁻¹, correspondiente a una producción aproximada de 1.037 millones de toneladas y un valor estimado de 8,889 millones de pesos (SIAP, 2024). Estos indicadores reflejan la importancia estratégica del cultivo, cuya comercialización contribuye de manera significativa a la economía agrícola nacional. En este contexto, la investigación agronómica ha orientado esfuerzos hacia la identificación y evaluación de alternativas tecnológicas que permitan incrementar el rendimiento y mejora la calidad del fruto, fortaleciendo la competitividad del sistema productivo (De Rodríguez, 2024).

Entre dichas alternativas, los bioestimulantes agrícolas han adquirido especial interés (AEFA, 2025). Estos, se definen como sustancias o microorganismos que, sin constituir fertilizantes o pesticidas convencionales, estimulan procesos fisiológicos naturales relacionados con el crecimiento, la nutrición y la tolerancia al estrés en las plantas (Martínez, 2017). Su acción se asocia con una mayor eficiencia en el uso de nutrientes, optimización en la absorción de agua, estimulación del desarrollo radicular y mejora en la respuesta frente a factores adversos como sequía, salinidad y temperaturas extremas, lo cual puede traducirse en incrementos en la productividad y calidad de los cultivos (Corsi, 2022).

El uso de bioestimulantes se enmarca dentro de los enfoques de agricultura sostenible, ya que contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y otros insumos químicos, favoreciendo sistemas de producción más eficientes y ambientalmente responsables (González, 2022). Esta estrategia responde a la necesidad global de intensificar la producción de alimentos sin ampliar la frontera agrícola, disminuyendo simultáneamente la presión sobre los recursos naturales y

los impactos ambientales asociados (Meena, 2025). Aunado a ello, diversos estudios reportan que la aplicación de bioestimulantes puede incrementar el rendimiento Giraldo (2020) y mejorar atributos de calidad mediante la optimización de procesos fisiológicos, el fortalecimiento del sistema antioxidante y la mejora de la salud del suelo (Adalberto, 2021). De acuerdo a Yuritz (2021), los bioestimulantes a base de extractos de algas incrementan el crecimiento, rendimiento y aumentan la calidad de los cultivos. Estudios también demuestran que ciertos bioestimulantes mitigan sinérgicamente el estrés por salinidad al mejorar las propiedades del suelo, la absorción de nutrientes y el equilibrio iónico, lo que convierte el uso de bioestimulantes en una enmienda sostenible prometedora para mejorar la calidad de suelos (Eissa, 2025). Estos efectos resultan particularmente relevantes ante los desafíos actuales de la agricultura, tales como el cambio climático y la degradación progresiva de los suelos agrícolas (Mawar, 2025). Por lo anterior, el presente experimento tuvo como propósito evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes foliares en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), con el fin de determinar su influencia sobre el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad del fruto. A través de este estudio se busca generar información técnica que contribuya a la optimización del manejo agronómico del cultivo, promoviendo estrategias de producción más eficientes y sostenibles bajo las condiciones específicas del sistema evaluado.

Objetivo General

Evaluar el efecto de los bioestimulantes: Stimulate, Bio-Forge, N-Large y X-Cyte en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*).

Objetivos Específicos

- Determinar del efecto de los bioestimulantes en el desarrollo y crecimiento de las plantas de pepino.
- Identificar el o los bioestimulantes que aumenten el rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de pepino.

Hipótesis

La aplicación foliar de bioestimulantes comerciales incrementa el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de pepino respecto al testigo sin aplicación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia

El origen del pepino comenzó en las regiones tropicales del sur de Asia. La primera mención literaria que se hace del pepino se encuentra en el cuarto texto más antiguo de la India, el Atharvaveda. Dicho texto es de principios del milenio I antes de nuestra era (SIAP, 2020). De la India pasó a Egipto, donde fue uno de los alimentos preferidos por los faraones. Su consumo se trasladó a Grecia mediante las rutas comerciales existentes cuando los griegos eran el centro del mundo antiguo. Se cree que los griegos lo conocían como sikuos y que constituía una parte importante de la gastronomía de la época (Yuritz, 2021).

2.2 Producción Mundial

La producción de pepino a nivel mundial ha ido en aumento en los últimos años. En el 2024, el principal productor de esta hortaliza fue China (Cuadro 1), seguido de India, Turkiye, Federación de Rusia, Uzbekistán, México, Ucrania, España, Estados Unidos y Japón. (FAO, 2024).

Cuadro 1. Principales países productores de pepino (*Cucumis sativus* L.) en el año 2024.

	País	Producción (T)
1	China, Continental	68592516.33
2	India	2050135.00
3	Turkiye	1742900.00
4	Federación de Rusia	1693491.80
5	Uzbekistán	1021485.22
6	México	959037.85
7	Ucrania	850000.00
8	España	757790.00
9	Estados Unidos	511267.00
10	Japón	502900.00

*T = toneladas (FAO, 2024).

2.3 Producción Nacional

Las cinco principales entidades líderes en la producción son: Sinaloa con 262,530 T, Sonora con 198,103 T, Michoacán con 98,923 T, Guanajuato con 64,100 T y Morelos con 61,999 T (SIAP, 2024).

2.4 Importancia del cultivo

El cultivo de pepino es muy rentable en México. Esta hortaliza se cultiva en 29 estados de México. Su importancia ha incrementado en la última década, debido a las exportaciones a los Estados Unidos de América, y ocupa el segundo lugar entre las hortalizas exportadas, superada solo por el tomate (SIAP, 2024). Tiene varios usos, pero principalmente su consumo es en fresco, logrando hasta 1.3 Kg/año per cápita como hortaliza de mesa (Rivera G. G., 2024).

2.5 Clasificación taxonómica del cultivo

De acuerdo a Rivera (2024), la clasificación taxonómica del cultivo es la siguiente:

Filo	Magnoliophyta
Clase	Angiospermas
Orden	Cucurbitales
Familia	<i>Cucurbitaceae</i>
Género	<i>Cucumis</i>
Especie	<i>Cucumis Sativus</i>

2.6 Características botánicas del cultivo

Sistema radical

La planta de pepino posee un sistema radicular compuesto por una raíz principal bien desarrollada y un elevado número de raíces laterales que se forman de manera temprana. Asimismo, presenta abundantes pelos absorbentes de textura fina y coloración blanca, los cuales contribuyen a una eficiente captación de agua y nutrimentos. Su crecimiento puede extenderse hasta aproximadamente 1.2 m de profundidad, concentrándose la mayor actividad de ramificación en los primeros 25 a 30 cm del suelo (Ojeda, 2011).

Tallo

La planta de pepino desarrolla un tallo principal anguloso, flexible y provisto de abundantes tricomas. Su hábito de crecimiento es indeterminado, pudiendo extenderse sobre el suelo o sostenerse mediante estructuras de soporte gracias a su capacidad trepadora. A nivel de los nudos se disponen las hojas y los zarcillos, estos últimos en posición opuesta a las primeras. Asimismo, en las axilas de las hojas se generan brotes laterales y estructuras florales que participan en la formación de nuevos órganos vegetativos y reproductivos (INIFAP, 2014).

Hoja

El follaje del pepino está constituido por hojas pecioladas de gran superficie foliar, con limbo de forma acorazonada y segmentado en tres lóbulos, destacando el central por su mayor desarrollo y terminación aguda. Los bordes presentan denticulaciones bien definidas, mientras que la lámina foliar exhibe una tonalidad verde intensa y una cubierta de tricomas finos distribuidos sobre su superficie (INIFAP, 2014).

Flor

La floración del pepino se caracteriza por la formación de flores amarillas sostenidas por pedúnculos cortos y localizadas en las axilas foliares. Dependiendo del genotipo, las flores pueden ser hermafroditas o unisexuales. Los materiales cultivados antiguamente presentaban una condición monoica, con flores masculinas

y femeninas coexistiendo en la misma planta. En contraste, los híbridos y variedades comerciales modernas son principalmente ginoicos, produciendo exclusivamente flores femeninas, las cuales se identifican por la presencia de un ovario ínfero visible en su base, rasgo que permite diferenciarlas de las flores masculinas (INIFAP, 2014).

Fruto

El pepino produce un fruto tipo pepónide, cuya superficie puede ser lisa o presentar rugosidades según las características genéticas de la variedad. La epidermis experimenta cambios de color durante la maduración, pasando de tonos verdes a una coloración amarillo claro en etapas avanzadas. Los frutos muestran variabilidad en sus dimensiones y generalmente adoptan una forma cilíndrica o alargada. Internamente, el mesocarpo es abundante, carnoso y rico en agua, presentando una tonalidad blanco-verdosa en estados tempranos de desarrollo y adquiriendo una apariencia amarillenta conforme madura. En esta fase, el fruto desarrolla un sabor suave con ligero dulzor. (Rivera G. G., 2024).

Semilla

Las semillas de pepino presentan una forma ovalada y aplanada, con una coloración que varía entre blanco y amarillo pálido. Se encuentran protegidas por una cubierta externa de consistencia dura que contribuye a su conservación. Generalmente, su longitud oscila entre 8 y 10 mm, mientras que su grosor se sitúa en un rango aproximado de 3 a 5 mm (Encarnación, 2019).

2.7 Requerimientos edafológicos

Suelo y pH

El cultivo de pepino puede establecerse en diversos tipos de suelo; sin embargo, su desarrollo y productividad son favorecidos en suelos de textura franco a franco-arenosa o arcillo-arenosa, siempre que presenten un adecuado drenaje. Cuando las características del terreno no son las más apropiadas, es necesario implementar prácticas de manejo que eviten la acumulación excesiva de agua, ya

que el encharcamiento afecta negativamente el crecimiento y desempeño del cultivo. Asimismo, el pepino se desarrolla mejor en suelos con un pH comprendido entre 5.5 y 6.8 (Pérez A. M., 2016). La salinidad constituye otro factor importante para el desarrollo de la planta. Aunque el pepino presenta una tolerancia moderada a las sales, concentraciones elevadas en el suelo dificultan la absorción de agua por las raíces, lo que ocasiona una reducción en la tasa de crecimiento, debilitamiento de los tallos, disminución del tamaño de las hojas y la formación de frutos deformes. Por el contrario, niveles bajos de salinidad favorecen un crecimiento vegetativo más vigoroso, dando lugar a plantas con mayor desarrollo foliar (Idrissa, 2017).

Temperatura y Humedad Relativa

Las condiciones térmicas influyen directamente en el desarrollo fenológico de *Cucumis sativus* L., siendo el intervalo de 25 a 30 °C el más favorable para la expresión de sus principales etapas fisiológicas, incluyendo la germinación, el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación (Cuadro 2). En este rango de temperatura, las semillas generalmente completan su proceso germinativo en un periodo de dos a tres días. Asimismo, la emisión de flores ocurre alrededor de los 28 días después de la emergencia de las plántulas, mientras que los primeros frutos pueden cosecharse entre los 32 y 38 días, cuando aún presentan características de inmadurez comercial y una textura tierna (Rivera G. G., 2024).

Cuadro 2. Rangos de temperaturas críticas para el desarrollo del cultivo del pepino (*C. sativus*) de acuerdo a su etapa fenológica.

Etapa fenológica	Rangos críticos de temperatura (°C)		
	Mínima	Optima	Máxima
Germinación	12	30	35
Desarrollo de cultivo en el día	20	-	25
Desarrollo de cultivo en la noche	18	-	22
Se detiene su desarrollo	10	-	12
Se hiela la planta	-	-1	-

(Sandí, 2016)

Humedad relativa

Debido a la extensa superficie foliar que caracteriza al pepino, este cultivo presenta elevados requerimientos de humedad ambiental para mantener un adecuado equilibrio hídrico. Los rangos óptimos de humedad relativa se sitúan entre 60 y 70 % durante el periodo diurno y entre 70 y 90 % durante la noche (Agroes, 2025). Sin embargo, condiciones de humedad excesivamente altas pueden reducir la tasa de transpiración y limitar el intercambio gaseoso, lo que repercute negativamente en la actividad fotosintética y, en consecuencia, en la productividad del cultivo. Asimismo, valores superiores al 90 % generan ambientes cercanos a la saturación de vapor de agua, favoreciendo la acumulación de gotas de condensación sobre el follaje o provenientes de las cubiertas de protección. Esta situación crea condiciones propicias para el establecimiento y propagación de patógenos fúngicos, incrementando la incidencia de enfermedades en el cultivo. (Pérez A. M., 2016).

Riego

Debido a su elevada tasa de consumo de agua, *Cucumis sativus* L. requiere un manejo eficiente del riego para asegurar un adecuado crecimiento y rendimiento. Se recomienda mantener el contenido de humedad del suelo próximo a la capacidad de campo durante las diferentes etapas de desarrollo del cultivo. Asimismo, es importante evitar la humectación directa del follaje y de los frutos, ya que esta práctica puede favorecer la incidencia de enfermedades y afectar la calidad de la producción. En este sentido, el riego por goteo representa el método más adecuado por su eficiencia en la aplicación del agua y su capacidad para suministrarla directamente a la zona radicular (Rivera G. G., 2024). La frecuencia y cantidad de agua aplicada deben ajustarse de acuerdo con diversos factores, entre ellos la época de siembra, las características físicas del suelo, las condiciones climáticas y el contenido de humedad disponible después del trasplante, con el fin de satisfacer adecuadamente las necesidades hídricas del cultivo (Idrissa, 2017).

Nutrición

El cultivo de *Cucumis sativus L.* presenta elevados requerimientos nutricionales, particularmente de los macronutrientes esenciales nitrógeno, fósforo y potasio, debido a su rápido crecimiento y alta capacidad productiva. En México, la información disponible sobre sus necesidades nutrimentales es relativamente escasa; sin embargo, el INIFAP recomienda para la producción comercial esquemas de fertilización con dosis de N-P-K de 100-80-00 kg ha⁻¹ y 150-175-00 Kg ha⁻¹. (Vazquez, 2008). La disponibilidad adecuada y balanceada de nutrimentos es determinante para el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. Asimismo, resulta indispensable mantener relaciones apropiadas entre nutrientes como nitrógeno-potasio (N:K), potasio-calcio (K:Ca) y calcio-magnesio (Ca:Mg), ya que estas influyen directamente en la eficiencia de absorción y utilización de los elementos minerales. Un desequilibrio nutricional puede provocar fenómenos de antagonismo, reduciendo el vigor de las plantas, su tolerancia a factores de estrés ambiental y su capacidad para enfrentar problemas fitosanitarios (Idrissa, 2017).

2.8 Principales plagas y enfermedades

Mosquita blanca

Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*): las moscas blancas causan cuatro formas de daño: daños directos de alimentación, contaminación con excrementos (melaza), transmisores de virus en las plantas y desórdenes fisiológicos o aparentemente fitotóxicos (Gualsaqui, 2022). Las fuertes densidades de la mosca blanca causan caída de las hojas y una defoliación general. Ésta se alimenta en el envés de las hojas haciendo difícil el control químico mediante métodos convencionales de aplicación (Álvarez, 2023).

Trips

Trips (*Frankliniella occidentalis*): Esta plaga causa daños directos al alimentarse de los tejidos vegetales, generando áreas decoloradas que inicialmente presentan una apariencia plateada y posteriormente adquieren tonalidades marrones (Lacasa & Placencia, 1996). Cuando el ataque ocurre en tejidos jóvenes

o estructuras florales, puede provocar deformaciones, aborto floral, desecación y caída de flores, afectando el desarrollo y la productividad del cultivo (Álvarez, 2023).

Pulgón

Pulgón (*Aphis gossypii*) y (*Myzus persicae*), estas especies se encuentran entre los áfidos más frecuentes en el cultivo de pepino. Su daño se produce por la extracción de savia del floema, lo que reduce la disponibilidad de fotoasimilados necesarios para el crecimiento y desarrollo de los frutos. Además, infestaciones severas pueden provocar amarillamiento, caída de hojas y defoliación. Asimismo, estos insectos actúan como vectores de diversos patógenos, principalmente virus, afectando la sanidad y productividad del cultivo (Álvarez, 2023).

Minadores

Existen varias especies de minadores, entre ellos: (*Liriomiza trifolii*), (*L. bryonidiae*), (*L. strigata*) y (*L. huidobrensis*) (BASF, 2026). Las larvas de estas moscas se alimentan del tejido interno de las hojas, formando galerías visibles que afectan la actividad fotosintética del cultivo. Su manejo puede realizarse eficazmente mediante control biológico, aunque el uso excesivo de insecticidas no selectivos puede incrementar la incidencia de la plaga al reducir las poblaciones de enemigos naturales (USAID, 2007).

Enfermedades

El pepino puede ser afectado por hongos, bacterias y virus que reducen su crecimiento y productividad. Entre las enfermedades más comunes de acuerdo a USAID (2007), destacan el mildiu, oídio, antracnosis, marchiteces vasculares y diversas pudriciones radiculares. Además, el Virus del Mosaico del Pepino (PepMV) ocasiona moteados y deformaciones en hojas y frutos, disminuyendo la calidad de la producción.

2.9 Bioestimulación vegetal

No existe una definición única y universal de bioestimulante; sin embargo, hay cierto consenso en la comunidad científica sobre sus características y modo de acción (Cuadro 3). El término ha sido utilizado de forma variable por distintos autores para referirse a productos similares, lo que refleja su evolución y la ampliación de su uso en la agricultura (Adalberto, 2021).

Cuadro 3. Evolución de definiciones del término bioestimulante y su desarrollo en la agricultura.

Nombre utilizado	Definición	Auto(es) y año
Estimulantes biogénicos	Cada tejido vivo (humano, animal y de plantas), cuando se expone a condiciones desfavorables no letales se reestructura bioquímicamente con la síntesis de sustancias especiales que son estimulantes biogénicos de naturaleza no específica. Estos promueven las reacciones biológicas del organismo.	Filatov, 1951
Bioestimulante orgánico	Compuestos que incrementan el crecimiento y el vigor de las plantas por medio de mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. Son productos no fertilizantes que tienen un impacto benéfico en las plantas. Muchos de estos materiales bioestimulantes son productos naturales que no contienen químicos añadidos ni reguladores del crecimiento de las plantas sintéticas.	Russo y Berlyn, 1991
Bioestimulante	Se refiere a compuestos o composiciones que no son ni fertilizantes ni pesticidas, que al aplicarse a las plantas mejoran el vigor y el crecimiento de la planta.	Lovatt, 2015
Bioestimulante	Un producto formulado de origen biológico que mejora la productividad de las plantas como consecuencia de propiedades nuevas o emergentes del complejo de constituyentes, y no solamente como consecuencia de nutrientes esenciales, reguladores del crecimiento o compuestos protectores de las plantas.	Yakhin et al., 2017

(Adalberto, 2021)

Gracias a los bioestimulantes, las plantas obtienen nutrientes capaces de reducir los impactos no deseados al medio ambiente, a la vez que aseguran que los agricultores obtengan un mayor retorno en sus inversiones (Infoagro, 2025). Mejoran la calidad de los cultivos con su uso, el cultivo tiene una mayor calidad, contenido en azúcares, color, firmeza y absorción de nutrientes (Salazar & Alfonso, 2021).

Tipos de bioestimulantes

De acuerdo con Yuritzí (2021), los tipos de bioestimulantes se pueden clasificar como lo muestra el Cuadro 4:

Cuadro 4. Clasificación de bioestimulantes en función de su naturaleza y efectos en las plantas.

Tipo de biostimulante	Descripción
Ácidos húmicos y fúlvicos	Las sustancias húmicas son constituyentes naturales de la materia orgánica de los suelos, resultantes de la descomposición y oxidación de toda materia orgánica.
Aminoácidos y mezclas de péptidos	Obtenidos a partir de la hidrólisis química o enzimática de proteínas procedentes de productos agroindustriales tanto vegetales como animales ya sea que sean sustancias puras o mezclas.
Bacterias beneficiosas:	Interactúan con las plantas de todas las formas posibles; puede ser desde el parasitismo hasta el mutualismo, estas interacciones pueden ser permanentes o temporales.
Compuestos inorgánicos	Los elementos como, el aluminio, cobalto, sodio, selenio y silicio, sus efectos beneficiosos pueden ser constitutivos, como el reforzamiento de las paredes celulares y resistencia al ataque de patógenos.
Extracto de algas y plantas	Son extractos a base de algas, incrementan el crecimiento, rendimiento y aumenta la calidad de los cultivos.

Quitosan	y	otros	El quitosano es un biopolímero de quitina, producido de forma natural o artificial. El efecto fisiológico tiene como resultado la capacidad de este compuesto policatiónico de unirse a una amplia variedad de compuestos celulares, incluyendo ADN (ácido desoxirribonucleico) y constituyentes de la membrana plasmática y de la pared.
biopolímeros			
Hongos beneficiosos			Interactúan con las plantas de muchas formas, desde simbiosis mutualista hasta el parasitismo.

(Yuritzzi, 2021)

Mecanismos de acción

El efecto de los bioestimulantes va a depender de su composición, y presenta una gran diversidad (Vassilev, 2017). Si se excluye el efecto de componentes de acción conocida como los reguladores de crecimiento (auxinas, citoquininas, etileno, etc.) el modo de acción de los bioestimulantes puede explicarse de diferentes maneras:

Ahorro energético: Los bioestimulantes a base de aminoácidos suministran compuestos esenciales que disminuyen el gasto energético asociado a su síntesis, permitiendo que la planta destine más recursos al crecimiento, la floración y la producción de frutos, particularmente en condiciones de estrés (Lara, 2015).

Suplemento de aminoácidos de alto consumo: Aminoácidos como la glicina y el ácido glutámico, comúnmente incluidos en bioestimulantes, participan en el metabolismo del nitrógeno y en la formación de compuestos esenciales para el crecimiento de las plantas, favoreciendo su desarrollo durante las etapas iniciales (Lara, 2015).

Formación de sustancias biológicamente activas: La aplicación de aminoácidos mediante bioestimulantes favorece la producción de compuestos que participan en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estos productos pueden

estimular procesos fisiológicos relacionados con la síntesis de clorofila, fitohormonas, vitaminas y enzimas, contribuyendo a mejorar el vigor vegetal. Como resultado, se pueden observar efectos positivos en la floración, el cuajado, la maduración y la calidad de los frutos, especialmente bajo sistemas de producción intensiva. (Lara, 2015)

Efecto regulador sobre el metabolismo de los microelementos: Los aminoácidos mejoran la absorción y translocación de micronutrientes al formar quelatos con elementos como Fe, Zn, Cu y Mn. Sin embargo, la interacción con productos cúpricos puede incrementar el riesgo de fitotoxicidad en algunos cultivos (Rivera M. A., 2017). Los bioestimulantes que contienen ácido ascórbico, además de su acción como antioxidante promueven la formación de xilema. Además, favorecen la captación de nutrimentos al actuar como bombas de microelementos (Molina & Melendez, 2002). Los bioestimulantes favorecen el desarrollo vascular y radicular, aumentando la eficiencia en la captación y movilización de agua y nutrimentos dentro de la planta (Lara, 2015).

Incremento de polifenoles: La aplicación de bioestimulantes puede fortalecer la capacidad defensiva de las plantas al favorecer la producción de compuestos fenólicos, como los polifenoles, asociados con una mayor resistencia frente al ataque de insectos (Baroja-Llanos & Marce, 2008).

2.10 Hormonas vegetales

Las auxinas: Son fitohormonas presentes en diversos tejidos de la planta y desempeñan un papel fundamental en la regulación del crecimiento vegetal. Su transporte ocurre de forma polar mediante mecanismos que requieren energía y que se encuentran asociados a los tejidos conductores, aunque su funcionamiento aún no se conoce por completo (Duval, 2006). Entre sus principales funciones destacan la promoción de la elongación celular, la diferenciación de los tejidos vasculares (xilema y floema), el desarrollo de raíces laterales y adventicias, la respuesta fototrópica y el control de la dominancia apical mediante la inhibición del crecimiento

de yemas axilares. Asimismo, contribuyen a retrasar el proceso de senescencia de las hojas (Biología, 2025).

Las giberelinas: Son un grupo amplio de fitohormonas involucradas en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Se han identificado numerosas formas de estas hormonas, siendo el ácido giberélico (GA_3) una de las más estudiadas debido a su importante actividad biológica (Duval, 2006). Entre sus principales funciones destacan la promoción de la elongación del tallo, la estimulación de la germinación de semillas, la movilización de reservas durante el crecimiento inicial de las plántulas y la inducción de la síntesis de enzimas como la α -amilasa. Además, pueden favorecer la partenocarpia e intervenir en los procesos de floración de determinadas especies (Cossio, 2013).

Las Citoquininas Las citoquininas son fitohormonas relacionadas con la división celular y el desarrollo de diversos órganos vegetales. Su efecto puede variar según la especie y el tipo de citoquinina involucrada (Duval, 2006). Entre sus principales funciones se encuentran la estimulación del crecimiento de yemas laterales, la movilización de nutrientes, la promoción de la germinación y el desarrollo de brotes. Además, pueden favorecer la expansión celular y la formación de frutos partenocárpicos en determinadas especies (Cossio, 2013).

El Ácido abscísico (ABA): El ácido abscísico es una fitohormona relacionada principalmente con la regulación de respuestas al estrés y la inhibición de procesos de crecimiento. Se sintetiza en diferentes órganos de la planta, incluyendo semillas, frutos, tallos y raíces (Duval, 2006). Entre sus principales funciones destacan la inducción de la dormancia de semillas y yemas, el cierre estomático en condiciones de déficit hídrico, la promoción del crecimiento radicular bajo estrés y la aceleración de la senescencia foliar. Además, participa en la regulación de la floración y el cuajado de frutos en algunos cultivos (Cossio, 2013).

El Etileno: Es una fitohormona gaseosa producida por diversos tejidos vegetales, cuya síntesis varía según el órgano y la etapa de desarrollo de la planta. Su producción suele incrementarse en respuesta a condiciones de estrés o daños físicos (Duval, 2006). Entre sus principales funciones se encuentran la regulación de la maduración de frutos, la germinación de semillas, la ruptura de la dormancia en ciertos órganos vegetativos y la promoción de la senescencia foliar (Cossio, 2013).

Cuadro 5. Sitios de síntesis de los principales reguladores de crecimiento en las plantas.

Regulador de crecimiento	Sitio de síntesis
Auxinas	Polen, meristemas, primordios foliares Hojas jóvenes Semillas y fruto en expansión
Giberelinas	Semillas en desarrollo
Citoquininas	Brotes en activo crecimiento Raíces, frutos, tejidos seminales
Etileno	Todos los tejidos según la etapa de desarrollo
Ácido Abscísico	Hojas (cloroplastos y plastidos) Polen, hojas, flores, semillas, brotes.

(Duval, 2006)

2.11 Estrés vegetal

El estrés vegetal corresponde a las alteraciones fisiológicas, morfológicas y bioquímicas que presentan las plantas como mecanismo de adaptación frente a condiciones desfavorables del ambiente. Estas pueden ser causadas por factores bióticos, como el ataque de patógenos, o por factores abióticos, entre ellos la escasez de agua, temperaturas extremas, exceso de sales, contaminantes y deficiencias o desequilibrios nutrimentales (Stores, 2021). De acuerdo con Basurto, (2008), el estrés en las plantas puede clasificarse en tres grandes categorías (Cuadro 6):

Cuadro 6. Clasificación de los tipos de estrés vegetal y sus efectos en el metabolismo y desarrollo de las plantas.

<i>Estrés ambiental</i>	<i>Estrés fisiológico</i>	<i>Estrés bioquímico</i>
Incluye los factores externos que alteran directamente el entorno de la planta:	Se relaciona con alteraciones en procesos y estructuras internas:	Comprende respuestas metabólicas y moleculares frente a factores adversos:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Estrés hídrico. 2. Estrés por altas y bajas temperaturas. 3. Estrés por alta o baja irradiación. 4. Estrés por radiación ultravioleta (UV). 5. Estrés por salinidad. 6. Estrés nutrimental. 7. Estrés por toxicidad de metales pesados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desequilibrios hormonales (ABA, fitocromos, etileno, giberelinas, entre otros). 2. Cambios en estructuras celulares como estomas, cloroplastos y mitocondrias. 3. Modificaciones en la apertura estomática. 4. Alteraciones en la tasa de asimilación de CO₂. 5. Variaciones en la tasa de fotorrespiración. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acumulación de metabolitos nitrogenados y síntesis de polioles. 2. Ajustes en la absorción y compartimentalización de iones. 3. Cambios en la permeabilidad al agua. 4. Activación de genes de resistencia. 5. Desarrollo de resistencia sistémica adquirida (SAR) e inducida (RSI). 6. Incremento del estrés oxidativo (choque oxidativo). 7. Desarrollo de materiales vegetales con mayor tolerancia al estrés oxidativo, incluidos genotipos mejorados o transgénicos.

(Basurto, 2008)

2.12 Antioxidantes que contrarrestan el estrés vegetal

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe a su capacidad para eliminar los radicales libres, donar átomos o electrones de hidrógeno, o quelar cationes metálicos (Balasundram, 2005). Estos pueden ser enzimáticos y no enzimáticos. Dentro de los antioxidantes enzimáticos se encuentran: la enzima catalasa, el glutatión peroxidasa y junto al ascorbato peroxidasa son las principales enzimas que eliminan y catalizan la reducción de H₂O₂ con el fin de prevenir el daño celular (Zárate, 2021). Dentro de los no

enzimáticos se encuentran los fenoles como son los taninos y los flavonoides. Estos antioxidantes actúan conjuntamente reduciendo los niveles de especies reactivas del oxígeno (ROS) en los cloroplastos, contribuyendo así a mantener un estado adecuado y a mantener la estructura y función de las membranas tilacoidales (infoagro, 2024).

2.13 Productos Bioestimulantes México

Stimulate

Stimulate es un bioestimulante vegetal tri-hormonal formulado a base de Citoquininas (Quinetinas) 0.009%, Giberelinas 0.005% y Auxinas (Ácido 3-indol Butirico) 0.005% P/P, con una exclusiva formulación patentada de alta tecnología que basada en los principios de Balance Hormonal 2:1:1 (Citoquininas:Giberelinas:Auxinas) proporcionando un adecuado equilibrio fisiológico a los cultivos. El equilibrio fisiológico generado por Stimulate® contribuye al óptimo desarrollo de la planta en sus diferentes etapas fisiológicas, mediante la disminución de producción de etileno y ácido abscísico e incrementando de esta forma la división, crecimiento y diferenciación celular, lo cual permite maximizar la expresión del potencial genético (Corteva, Agriscience, 2025).

Dosis y recomendaciones de uso

El bioestimulante Stimulate® puede aplicarse en diversos cultivos, especialmente bajo condiciones ambientales adversas, como temperaturas inferiores a 20 °C o superiores a 30 °C, periodos de baja luminosidad y situaciones de déficit hídrico. En aplicaciones foliares, se recomienda una dosis de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹, con intervalos de 7 a 14 días durante los periodos en que la temperatura se encuentre fuera del rango óptimo para el crecimiento del cultivo. Como tratamiento de semilla, puede utilizarse a razón de 250 mL por cada 100 kg de semilla, con el objetivo de favorecer una germinación más uniforme y vigorosa, así como el desarrollo de plántulas con sistemas radicales más profundos y mayor número de raíces secundarias. Asimismo, puede aplicarse al suelo mediante sistemas de riego

por goteo, en dosis de 500 mL ha⁻¹ por evento de riego, recomendándose hasta dos aplicaciones con intervalos de 8 a 10 días. Este manejo promueve el desarrollo radicular y la formación de raíces más abundantes y funcionales (Corteva, Agriscience, 2025). El efecto bioestimulante del producto se fundamenta en la acción sinérgica de diversas fitohormonas que regulan procesos clave del desarrollo vegetal. Las auxinas estimulan la formación de raíces nuevas y ramificadas, mejoran la absorción de agua y nutrientes y favorecen la dominancia apical durante las etapas iniciales de crecimiento. Por su parte, las giberelinas promueven la elongación celular y el crecimiento de los tallos, contribuyen a una germinación más uniforme y favorecen el cuajado y desarrollo inicial de los frutos. Finalmente, las citocininas estimulan la división celular, impulsan el crecimiento vegetativo y la emisión de brotes, retrasan la senescencia foliar y contribuyen a mejorar el tamaño y la calidad de los frutos (Corteva, Agriscience, 2025). En conjunto, la interacción de estas hormonas optimiza el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo, Lo cual puede comprobarse a través de algunos trabajos de investigación:

- Viscaino Guaras (2023), tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de rosa variedad explorer a la aplicación de dos tipos de bioestimulantes, uno a base de extracto de algas *Ascophyllum nodosum* (**Manvert foliplus**), y el otro a base de auxinas, citoquininas y giberelinas (**Stimulate**) en diferentes dosis; En los resultados obtenidos, **Manvert foliplus** mejoró las variables días a la cosecha, longitud de tallo y longitud de botón. En las variables número de tallos por tratamiento y producción e ingresos, el mejor bioestimulante fue **Stimulate**. Concluyendo, que **Manvert foliplus** y **Stimulate**, generaron una mejor respuesta, con dosis entre 1 - 1,5 cc/L, respectivamente, en cada una de las variables evaluadas.
- Rodríguez J. N. (1992), evaluó el efecto de **Stimulate**® en el crecimiento y llenado de mazorcas en maíz (*Zea mays* L.), mediante la aplicación de dosis de 544, 616 y 6,988 mL ha⁻¹, comparadas con un testigo. Se analizaron variables como altura de planta y acumulación de materia seca en capacho, tusa y grano. Los resultados mostraron que la dosis de 544 mL ha⁻¹ generó los mayores incrementos respecto al testigo, destacando un aumento de

hasta 62 cm en la altura de planta y mayores acumulaciones de materia seca en capacho (119 %), tusa (43 %) y grano (39 %). En consecuencia, esta dosis presentó los valores más altos en índice de prolificidad y rendimiento de grano, siendo considerada la más efectiva.

- Giraldo (2020), evaluó el efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de chícharo (*Pisum sativum* L.) variedad INIA-Utui, bajo condiciones de la costa central. Los tratamientos incluyeron un testigo y la aplicación de **Biozyme TF**, **Stimulate®**, **Gib-bex**, **Promalina** y **Triggrr Foliar**. Los resultados indicaron que **Stimulate®** presentó el mejor desempeño en los componentes de rendimiento, alcanzando un promedio de 29.10 vainas planta⁻¹ y 19.49 t ha⁻¹, lo que representó incrementos de 28.19 % y 42.37 %, respectivamente, en comparación con el testigo. Asimismo, registró un peso promedio de vaina de 8.40 g, superior en 9.80 % respecto al tratamiento sin aplicación.
- Vega & Pacheco (2025), evaluaron el efecto de dos reguladores de crecimiento, **Stimulate®** y **Biozyme®**, sobre el rendimiento y calidad de triticale forrajero (*x Triticosecale Wittmack*) cultivado a 4,107 msnm. Los tratamientos incluyeron un testigo (T1), **Biozyme®** a 0.5 y 1.0 L ha⁻¹ (T2 y T3), y **Stimulate®** a 0.5 y 1.0 L ha⁻¹ (T4 y T5). El tratamiento testigo presentó los valores más bajos en la mayoría de las variables evaluadas. En contraste, las dosis de 1.0 L ha⁻¹ de ambos productos (T3 y T5) mostraron los mejores resultados en características agronómicas y rendimiento. Se concluyó que la dosis de 1.0 L ha⁻¹ fue la más eficaz para ambos reguladores, al mejorar significativamente el desempeño productivo del cultivo.

Bio-Forge

Bio-Forge® es un bioestimulante con acción antioxidante, formulado a base de 2% de nitrógeno (N) y 3% de potasio (K) P/P, diseñado para mitigar los efectos del estrés en las plantas. Bajo condiciones adversas, el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos se ven afectados debido a la acumulación de especies reactivas de oxígeno (ROS), las cuales provocan daño celular y aceleran procesos

de senescencia. La aplicación de este tipo de productos contribuye a disminuir la concentración de ROS, reduciendo el daño oxidativo en células y tejidos y, por ende, la pérdida de potencial productivo. Asimismo, la regulación del estrés oxidativo favorece la disminución de niveles elevados de ácido abscísico y etileno inducidos por condiciones adversas, lo que facilita la recuperación fisiológica del cultivo. De esta manera, se promueve la normalización de procesos metabólicos como la respiración y se restablece el equilibrio hormonal y nutricional, permitiendo la reactivación del crecimiento y desarrollo vegetal (Corteva, Bio-Forge, 2025).

Dosis y recomendaciones de uso

Las recomendaciones de aplicación varían según el tipo de cultivo y su etapa fenológica. En hortalizas, se sugiere una dosis de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹ cuando la planta presenta de 2 a 4 hojas verdaderas, al inicio del brotamiento o previo a la floración. En frutales, la dosis recomendada es de 1.0 a 1.5 L ha⁻¹, aplicándose al inicio del brotamiento o antes de la floración. Para ornamentales, se recomienda de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹ en las mismas etapas fenológicas. En cultivos de granos, la aplicación debe realizarse en prefloración a dosis de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹, mientras que en forrajes se aconseja la misma dosis a los 8 días posteriores a cada corte. En otros casos, como ante daños por fitotoxicidad causada por herbicidas, se recomienda aplicar de 0.5 a 1.0 L ha⁻¹ inmediatamente después de observar los síntomas y repetir la aplicación cada 7 a 10 días hasta su desaparición (Corteva, Bio-Forge, 2025).

Modo de acción:

Bio-Forge® actúa a nivel celular al interactuar con los receptores de etileno en la mitocondria, desplazando esta hormona fuera de la célula y facilitando su liberación a través de los estomas, lo que contribuye a disminuir los efectos fisiológicos negativos asociados al estrés. Su acción antioxidante y antietileno permite mitigar distintos tipos de estrés, reducir los síntomas provocados por sustancias tóxicas y favorecer la recuperación metabólica de la planta. De esta manera, promueve un restablecimiento más rápido de la actividad fisiológica,

estimula el crecimiento vegetal y contribuye al desarrollo de plantas más sanas y productivas (Corteva, Bio-Forge, 2025).

Lo cual puede comprobarse a través de algunos trabajos de investigación:

- Montes (2022), evaluó el efecto de bioestimulantes como herramienta de mitigación del estrés ambiental en plantas de cerezo dulce, analizando variables relacionadas con el estado hídrico y el intercambio gaseoso, como potencial hídrico xilemático, tasa transpiratoria, asimilación neta, conductancia estomática y temperatura foliar. Se compararon tres tratamientos: un control (T0), Diformilurea (**Bio-Forge®**) (T1) y ácido salicílico (**Rezist®**) (T2). Durante la etapa de cosecha no se observaron diferencias significativas, debido a la ausencia de condiciones severas de estrés hídrico. Sin embargo, en postcosecha se registraron niveles moderados de estrés, donde el tratamiento con **Bio-Forge®** a 150 cc por 100 L de agua mostró los mejores resultados, reduciendo el estrés hídrico y mejorando la respuesta fisiológica de las plantas. Estos resultados evidencian el efecto positivo de **Bio-Forge®** en condiciones de estrés abiótico, particularmente cuando las plantas enfrentan limitaciones hídricas.
- Gatti (2020), evaluó el efecto de **Bioforge®** sobre el daño ocasionado por bajas temperaturas en plantaciones de papayo (*Carica papaya* L.) de las variedades Alicia, Caballero y Red Lady, afectadas por heladas cercanas a -1 °C que provocaron quemaduras en hojas, meristemas, flores y frutos, e incluso la pérdida total de algunas plantas. El producto se aplicó en solución al 3 ‰ cada 15 días con el objetivo de favorecer la recuperación. Aproximadamente diez días después del tratamiento se observaron nuevas brotaciones en los tallos, evidenciando reactivación fisiológica. Se concluyó que la aplicación quincenal de **Bioforge®** contribuye a la recuperación de plantas sometidas a estrés por frío, representando una alternativa eficaz para mejorar la resiliencia del cultivo de papayo frente a eventos de bajas temperaturas.
- Fernández & Agan (2021), evaluaron la efectividad de un **fertilizante inorgánico (NPK)**, **tres fitohormonas (citoquinina, ácido giberélico y**

ácido indol-3-butírico) y el bioestimulante **BioForge®** en el crecimiento y rendimiento de col china (*Brassica rapa* L.). Se establecieron siete tratamientos, incluyendo combinaciones individuales y conjuntas de estos insumos. Los resultados mostraron que el tratamiento que integró **NPK**, las **tres fitohormonas** y **BioForge®** (T7) presentó los mayores valores en altura de planta, peso fresco, número de hojas y rendimiento. Se concluyó que la aplicación combinada de fertilización mineral, reguladores de crecimiento y BioForge® genera un efecto sinérgico que potencia el desarrollo fisiológico y morfológico del cultivo, traduciéndose en un incremento significativo de la productividad.

N-Large

N-Large® es un bioestimulante y regulador de crecimiento de origen no sintético, formulado como solución líquida que contiene 4.0 % p/p de ácido giberélico (AG₃), equivalente a 33.82 g del ingrediente activo. Su acción se basa en la promoción de la elongación y expansión celular, interviniendo tanto en el crecimiento vegetativo como en el desarrollo reproductivo, además de influir en la regulación fisiológica del etileno. El producto participa en procesos como la inducción floral, el alargamiento de tallos, la emisión de brotes en ornamentales de corte, el cuajado y el desarrollo de frutos. Asimismo, puede emplearse para modular la floración y el raleo, así como para mejorar el calibre, llenado y calidad de frutos y granos. En postcosecha, contribuye a retardar la maduración, favoreciendo la conservación durante transporte y almacenamiento (Corteva, N-Large , 2025). N-Large® presenta recomendaciones de uso diferenciadas según el cultivo y la etapa fenológica, con aplicaciones orientadas a estimular el crecimiento, mejorar el cuajado, favorecer el desarrollo y calibre de frutos y regular la maduración. En hortalizas, leguminosas y granos se emplea desde fases tempranas de desarrollo hasta la formación de estructuras reproductivas. En cucurbitáceas —como melón, sandía, pepino, calabacita y calabaza— se recomienda un esquema de tres aplicaciones: 0.060–0.120 L ha⁻¹ al 50 % de floración, 0.120–0.180 L ha⁻¹ cuando los frutos alcanzan 2–3 cm de diámetro y 0.300–0.360 L ha⁻¹ 15 días antes de la

cosecha, con el objetivo de optimizar el cuajado, estimular el crecimiento y llenado de frutos y mejorar el rendimiento y la calidad comercial. Asimismo, puede utilizarse en tratamiento de semillas (30–60 ml/200 L de agua) y en aplicaciones postcosecha, como en banano, para retardar la maduración durante el almacenamiento y transporte. Su modo de acción se fundamenta en la actividad del ácido giberélico (GA_3), el cual promueve la elongación celular mediante la activación de enzimas que flexibilizan la pared celular, estimula la inducción floral al favorecer la transición de la fase vegetativa a la reproductiva, rompe la dormancia de semillas y yemas acelerando la germinación y brotación, y contribuye al desarrollo uniforme de estructuras reproductivas, lo que se traduce en una mejora integral del desempeño fisiológico del cultivo (Corteva, N-Large , 2025).

Lo cual puede comprobarse a través de algunos trabajos de investigación:

- Briceño (2023), evaluó el efecto de diferentes dosis de los reguladores hormonales comerciales **N-Large Premier®** y **Rumba®** en la emisión de hijuelos por rizoma de jengibre (*Zingiber officinale*). A los 120 días de brotación, la dosis de 180 mL de **Rumba®** registró el mayor número de hijuelos por rizoma (23,0) y el mayor peso acumulado. No obstante, las aplicaciones de **N-Large Premier®** también evidenciaron efectos significativos frente al testigo, incrementando la altura, diámetro, número de hojas y peso de los hijuelos, además de reducir la mortalidad de rizomas post-siembra. Estos resultados confirman la eficacia de **N-Large Premier®** como regulador del crecimiento en la estimulación de brotación y vigor vegetativo, contribuyendo a una propagación más eficiente del cultivo.
- Arévalo (2019), evaluó el efecto de dos dosis de **N-Large®** (80 y 100 ppm de AG_3) sobre la precocidad y el desempeño agronómico de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) var. Imperial Cóndor en el valle de Virú, La Libertad. Las evaluaciones realizadas hasta los 181 días después del trasplante incluyeron altura de planta, número de hojas, número de ramas, número de capítulos y rendimiento. El tratamiento con 100 ppm de AG_3 (600 mL) destacó por lograr mayor precocidad de cosecha y mejores características agronómicas,

evidenciando que la aplicación de **N-Large®** a esta concentración optimiza el crecimiento vegetativo y la producción de capítulos, contribuyendo a un manejo más eficiente del cultivo.

- Maldonado (2016), evaluó la interacción de **tres sustratos** (arena blanca + viruta de encino, piedra volcánica y arena blanca + broza de encino) y tres dosis de ácido giberélico **N-Large®** (100, 200 y 300 ppm) sobre el rendimiento y la calidad de flor de corte de anturio. Las variables analizadas incluyeron número de flores por metro cuadrado, días a floración, longitud de tallo y tamaño de bráctea. Los resultados evidenciaron que la dosis de 200 ppm de **N-Large®** maximizó tanto el rendimiento como la calidad floral, destacando en número de flores y características comerciales de la bráctea. En cuanto a sustratos, arena blanca + broza de encino y suelo del área favorecieron el rendimiento, mientras que piedra volcánica, arena blanca + viruta de encino y suelo del área sobresalieron en calidad. Se concluye que la aplicación de 200 ppm de **N-Large®** constituye la dosis más eficiente para optimizar la productividad y calidad del cultivo de anturio, especialmente en combinación con sustratos de adecuada aireación y drenaje.
- Sánchez (2023), evaluó cinco dosis de ácido giberélico **N-Large®** en mango (*Mangifera indica* L.) 'Kent' para determinar su efecto sobre el rendimiento y la calidad del fruto. Se analizaron variables como número de frutos por planta, calibre, tamaño, firmeza, contenido de sólidos solubles (°Brix) y color. La dosis correspondiente a 3 g de AG₃ L⁻¹ (T03) destacó por mejorar significativamente el tamaño y calibre del fruto, así como la firmeza y el contenido de °Brix, superando al testigo. No obstante, el rendimiento total, el número de frutos por planta y el color no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los resultados evidencian que **N-Large®** puede optimizar atributos específicos de calidad sin alterar significativamente la productividad global, constituyendo una herramienta estratégica para mejorar la calidad comercial del mango 'Kent' mediante un manejo adecuado de la dosis.

X-Cyte

X-Cyte® es un bioestimulante vegetal regulador de crecimiento formulado a base de 0.04% P/P Quenetas (Citoquininas de origen natural), fitohormonas que incrementa la permeabilidad en las membranas permitiendo una mejor señalización y una mayor actividad fisiológica. X-Cyte® promueve activamente los procesos de división y diferenciación celular, mejora los procesos de crecimiento, floración, polinización, mayor retención y cuajado de fruto, lo que genera una mayor uniformidad de calibres, número, tamaño y peso de frutos, favoreciendo la producción de cosechas con mejores características de calidad y mayores rendimientos (Corteva, X-Cyte, 2025). El producto presenta recomendaciones de aplicación foliar en una amplia diversidad de cultivos, con dosis que oscilan generalmente entre 0.25 y 2.5 L por 200 L de agua, ajustándose al estado fenológico y objetivo agronómico. En cucurbitáceas como melón, sandía y calabaza, se recomienda aplicar de 0.5 a 1.5 L cuando las plantas alcancen entre 20 y 25 cm de altura, repitiendo en prefloración y durante el cuajado de frutos, estrategia orientada a fortalecer el crecimiento vegetativo, optimizar la floración y mejorar el establecimiento y desarrollo inicial del fruto. Su modo de acción se basa en la estimulación de la división y diferenciación celular, promoviendo la formación activa de nuevos tejidos y un crecimiento más vigoroso; además, retrasa la senescencia, prolongando la funcionalidad fotosintética y reproductiva, mejora la viabilidad del polen y el cuajado bajo condiciones de estrés térmico o hídrico, y favorece la formación y recuperación del sistema radicular. En conjunto, estos efectos fisiológicos posicionan al producto como una herramienta estratégica para incrementar el rendimiento y la calidad de cultivos, especialmente en etapas críticas como floración y cuajado (Corteva, X-Cyte, 2025).

Lo cual puede comprobarse a través de algunos trabajos de investigación:

- Imán (2018), evaluó la combinación de tres dosis de citoquininas (**X-Cyte®**) y tres de giberelinas (**Ryz-Up®**) sobre el cuajado, retención y crecimiento de frutos en papaya, determinando que las citoquininas fueron el factor de mayor influencia en las variables analizadas. La dosis de 12 ppm de **X-Cyte®**

destacó al alcanzar el mayor rendimiento (13.02 t ha^{-1}), evidenciando su efectividad en la mejora productiva del cultivo. En contraste, las dosis de giberelinas no mostraron efectos estadísticamente significativos en las características evaluadas. Estos resultados resaltan la importancia de **X-Cyte®** como herramienta hormonal estratégica para optimizar el rendimiento en papaya.

- Cueva (2025), evaluó el efecto de tres inductores florales —**Triggrr® trihormonal** (500 mL), **X-Cyte®** (400 mL) y **Cythor®** (300 mL)— sobre el rendimiento de aguacate (*Persea americana* Mill.) var. Fuerte en Barranca, considerando número de frutos cuajados, frutos cosechados y rendimiento por categorías comerciales. El tratamiento con **Triggrr® trihormonal** (500 mL) obtuvo los mejores resultados, alcanzando 207 frutos cuajados, 151.75 frutos cosechados y un rendimiento total de 35.24 t ha^{-1} , destacando además en las categorías de primera, mediana y extra. Se concluye que **Triggrr®** fue el inductor floral más eficiente bajo las condiciones evaluadas; sin embargo, **X-Cyte®** formó parte de los tratamientos comparados, evidenciando su relevancia dentro de las alternativas hormonales empleadas para la mejora del rendimiento en aguacate.
- Velásquez (2025), evaluó el efecto de citoquininas en coliflor (*Brassica oleracea*) en Huaral, Perú, comparando un testigo con **Stimplex®** (2 L ha^{-1}), **X-Cyte®** (1.5 L ha^{-1}) y **Triggrr®** foliar (0.5 L ha^{-1}). El tratamiento con **X-Cyte®** (1.5 L ha^{-1}) destacó en la mayoría de variables agronómicas, alcanzando mayor altura de planta (34.9 cm), número de hojas (14.5), mayor longitud y ancho foliar, así como superiores diámetros polar (16.2 cm) y ecuatorial (22.1 cm) de la pella, además del mayor peso promedio (1.09 kg) y rendimiento total (62.1 T ha^{-1}), seguido de **Triggrr®** con 58.9 T ha^{-1} . Se concluye que la aplicación de **X-Cyte®** a 1.5 L ha^{-1} genera un efecto significativo en el crecimiento y rendimiento de coliflor bajo las condiciones evaluadas, posicionándose como una alternativa eficiente para optimizar la productividad del cultivo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo de marzo a julio de 2024 en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila (25°23'42" N y 100°50'57" O), a una altitud de 1,743 msnm. La zona presenta una temperatura media anual de 18.6 °C y una precipitación anual de 325.7 mm, con un régimen pluviométrico concentrado principalmente en septiembre (111 mm) y un periodo seco marcado en diciembre (19 mm). El mes más cálido es junio, con una temperatura promedio de 20.8 °C, mientras que enero registra la media más baja (10.7 °C), condiciones que caracterizan un clima semiárido templado y que influyen directamente en la dinámica fisiológica y el desempeño agronómico de los cultivos establecidos en la región (Conagua, 2020).

3.2 Material vegetativo

El material vegetal empleado para el presente experimento fue semilla F1 de la variedad "Poinsett" de la marca Hortaflo, procedente de la sucursal "Agroquímicos Burgos", Totolapan, Morelos.

3.3 Siembra de la semilla

La siembra se realizó el 5 de marzo de 2024 utilizando una charola de poliestireno de 200 cavidades, la cual fue previamente desinfectada mediante lavado con una solución de hipoclorito de sodio comercial (Cloralex®) a razón de 5 mL L⁻¹ de agua y detergente (1 g L⁻¹), con el fin de reducir la carga microbiana. Posteriormente, las cavidades se llenaron con un sustrato compuesto por turba (peat moss) y perlita hortícola en proporción 2:1, asegurando una adecuada humedad y una compactación homogénea para favorecer el contacto semilla-sustrato sin limitar la aireación. Finalmente, se depositó una semilla por cavidad, cuidando que la profundidad de siembra fuera uniforme y adecuada para promover una germinación eficiente y un desarrollo inicial óptimo.

3.4 Descripción de tratamientos

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, conformado por cinco tratamientos y tres bloques. Cada unidad experimental estuvo integrada por 15 plantas, de las cuales nueve constituyeron la parcela útil, evaluándose únicamente las plantas centrales, con el propósito de minimizar efectos de borde. Los tratamientos (Cuadro 7) se aplicaron un mes después del trasplante, conforme a las dosis recomendadas en la etiqueta del producto, con una frecuencia de una aplicación semanal durante el periodo experimental. Las aplicaciones se realizaron siguiendo las recomendaciones técnicas de los productos, procurando una humectación uniforme del follaje sin provocar escurrimientos, a fin de evitar efectos de fitotoxicidad como quemaduras en las hojas derivadas de aplicaciones excesivas.

Cuadro 7. Productos bioestimulantes y dosis utilizadas en el cultivo de pepino, utilizadas como tratamientos experimentales.

Tratamiento	Producto	Dosis por hectárea	Producto aplicado en el experimento
1	Testigo	0	0
2	Stimulate	500 ml	1 ml L ⁻¹
3	Bio-Forge	500 ml	1 ml L ⁻¹
4	N-Large	500 ml	1 ml L ⁻¹
5	X-Cyte	500 ml	1 ml L ⁻¹

En 10,000m² se aplican 500ml de producto, en el área de 21.28m² que tenían de experimento = le corresponde 1.04 ml de producto utilizado y con un litro o hasta menos podían cubrir bien todas las plantas. Con un total de 8 aplicaciones que se realizaron en todo el ciclo del experimento.

3.5 Cuidado y manejo del cultivo

Preparación del área experimental: El área experimental comprendió una superficie de 21.28 m², en la cual se realizaron labores agrícolas destinadas a preparar la tierra para la siembra una profundidad aproximada de 20–30 cm, eliminando previamente la vegetación espontánea presente. Posteriormente, se conformaron camas de cultivo con dimensiones de 0.80 m de ancho por 5.0 m de

longitud. Se efectuó una fertilización de base con la fórmula comercial 20-10-10, la cual es procedente de la sucursal “Fertilizantes el trébol” Ayala, Morelos, complementada con la incorporación de 30 kg de materia orgánica (humus de lombriz previamente compostado), procedente de las instalaciones de la UAAAN en el área del establo distribuidos a razón de 10 kg por surco. Finalmente, se instaló el sistema de riego por goteo y se colocó acolchado plástico negro en cada cama, con el propósito de optimizar la conservación de humedad y el control de malezas.

Trasplante: El trasplante se realizó a los 40 días después de la siembra, el 14 de abril de 2024, cuando las plántulas presentaban entre tres y cuatro hojas verdaderas, con una densidad de plantación aproximada de 20,500 plantas ha⁻¹. La operación se efectuó en suelo previamente humedecido, manteniendo condiciones cercanas a capacidad de campo para favorecer el establecimiento de las plantas. Al día siguiente se aplicó vía drench un bioestimulante antiestrés a base de extracto de algas (**AlgiMaxx®**) a una dosis de 1 mL L⁻¹, suministrando 20 mL de solución por planta, con la finalidad de evitar pérdidas de plantas, reducir el estrés post-trasplante y favorecer la recuperación radicular.

Manejo fitosanitario: El manejo fitosanitario se realizó de manera preventiva mediante la rotación de ingredientes activos para evitar la generación de resistencia. Se aplicaron dos tratamientos con **diclorvos** (1 mL L⁻¹), dos con **malatión** (1 mL L⁻¹) y dos con **imidacloprid** (1 mL L⁻¹), cada uno con intervalos de siete a diez días entre aplicaciones. Para el monitoreo de insectos se instalaron nueve trampas cromáticas amarillas (tres por surco), renovadas semanalmente, con el fin de identificar poblaciones presentes y apoyar en la toma de decisiones de control. En cuanto a enfermedades, se realizó una aplicación preventiva de **carbendazim** (1 g L⁻¹) y, 15 días después, una aplicación de **mancozeb** (1 g L⁻¹), orientadas a disminuir el riesgo de incidencia de patógenos fúngicos

Solución nutritiva (Steiner 90%): La solución nutritiva se preparó en un contenedor con capacidad de 16 L, incorporando los fertilizantes y ácidos

correspondientes según la formulación de Steiner (1961) ajustada al 90 %. (cuadro 8) Inicialmente se agregó la mitad del volumen de agua, posteriormente los ácidos de manera individual con agitación constante y, finalmente, los fertilizantes previamente disueltos por separado para evitar precipitaciones. Una vez completado el volumen, el pH se ajustó entre 5.5 y 6.0. La solución resultante se aplicó a razón de 150 mL por planta. Durante todo el ciclo del cultivo se mantuvo la concentración al 90 %, iniciando un mes después del trasplante y sosteniéndose hasta la cosecha, con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo bajo una nutrición ligeramente restringida y analizar la interacción con los bioestimulantes aplicados.

Cuadro 8. Dosificación de fertilizantes y ácidos utilizados en la solución nutritiva Steiner al 90% por cada 16L de agua en el experimento.

Fertilizantes	Cantidad
KNO ⁻³	8.7 g
Ca(NO ⁻³)	8.8 g
Mg(SO ⁻⁴)	1.55 g
KSO ⁴	3.5 g
Ácidos	Cantidad
HNO ³	3.088 ml
H ³ PO ⁴	0.061 ml
H ² SO ⁴	0.994 ml

Cosecha: La cosecha se efectuó manualmente a partir de los 50 días después del trasplante, considerando como índices de madurez comercial frutos con longitud ≥ 20 cm, color verde oscuro brillante, alta firmeza y facilidad de desprendimiento de espinas, evitando alcanzar la madurez fisiológica (coloración verde claro-amarillenta). El corte se realizó con tijeras de podar (truper) desinfectadas con alcohol etílico antes de cada uso, a fin de prevenir la diseminación de patógenos y evitar daños mecánicos en la planta y el fruto.

3.6 Variables agronómicas evaluadas

Altura de planta (ADP)

La altura se determinó antes de la poda apical, midiendo desde la base del tallo hasta el ápice con una cinta métrica marca Stanley, y se expresó en centímetros (cm).

Diámetro de tallo (DDT)

Se midió la base del tallo utilizando un vernier digital marca Steren, registrando los valores en milímetros (mm).

Número de entrenudos (NDE)

Se cuantificó el total de entrenudos presentes en cada planta, desde el primero formado en la base hasta el último visible antes del ápice.

Distancia entrenudos (DE)

Se estimó como el promedio de la longitud internodal, calculado a partir de la relación entre la altura total de la planta y el número de entrenudos, expresado en centímetros (cm).

Clorofila (SPAD)

El contenido de clorofila, se evaluó mediante un medidor portátil atLEAF® CHL PLUS, realizando lecturas en tres hojas completamente desarrolladas ubicadas en la parte media-alta de cada planta. Se reportó el valor promedio por planta como indicador indirecto del contenido dicha variable.

Numero de hojas (NDH)

Se contabilizaron las hojas completamente expandidas desde la base del tallo hasta la región apical.

Rendimiento (RTO)

Se calculó con base en el peso acumulado de frutos cosechados por planta durante todo el ciclo productivo, expresándose en gramos por planta (g planta^{-1}).

Peso promedio fruto (PPF)

Cada fruto cosechado se pesó individualmente en una balanza digital con capacidad de 5 kg marca dimac. Los resultados se expresaron en gramos (g) y se obtuvo el promedio por tratamiento.

Firmeza del fruto (FDF)

La firmeza se determinó mediante un penetrómetro (FT 327), realizando tres mediciones por fruto (zona basal, media y apical). Los valores se registraron en kilogramos-fuerza (kgf) y se calculó el promedio correspondiente.

°Brix (B)

Se obtuvo el jugo del fruto sin adición de agua y se colocó una gota sobre el prisma de un refractómetro manual (0–32 %). El resultado se expresó en grados Brix (°Brix).

PH del fruto (PDF)

El pH se midió en el extracto fresco del fruto utilizando un potenciómetro digital tipo pluma marca Ohaus st10, registrando el valor correspondiente para cada muestra.

Longitud del fruto (LDF)

Se midió la distancia longitudinal de cada fruto, de extremo a extremo, con cinta métrica y se expresó en centímetros (cm).

Diámetro del fruto (DDF)

El diámetro ecuatorial se determinó en la parte media del fruto con un vernier digital, registrándose en milímetros (mm).

3.7 Análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los datos fueron analizados mediante el software estadístico SAS versión 9.0, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables agronómicas

El análisis de varianza (ANOVA) para las variables agronómicas altura de planta (ADP), diámetro de tallo (DDT), número de entrenudos (NDE), distancia entre entrenudos (DE), índice SPAD y número de hojas (NDH) indicó que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) como efecto de la aplicación de los bioestimulantes evaluados (Stimulate®, Bioforge®, N-Large® y X-Cyte®) en comparación con el testigo (Cuadro 9). Aunque en algunos casos se observaron variaciones descriptivas —como mayor altura en el testigo, ligero incremento en diámetro de tallo con Stimulate® y X-Cyte®, menor número de entrenudos con N-Large® o mayor longitud de entrenudos con este mismo tratamiento— dichas tendencias no fueron respaldadas estadísticamente.

Cuadro 9. Análisis de varianza para las variables agronómicas (ADP), (DDT), (NDE), (DE), índice SPAD y (NDH) en el cultivo de pepino.

VARIABLES	F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
AGRONÓMICAS						
Altura de planta (ADP)	Tratamiento	1678.3	4	419.588	0.46	0.7677
Diámetro de tallo (DDT)	Tratamiento	1.9978	4	0.4994	0.31	0.8700
Numero de entrenudos (NDE)	Tratamiento	44.133	4	11.0333	0.61	0.6578
Distancia entrenudos (DE)	Tratamiento	1.8399	4	0.45999	0.81	0.5238
Índice SPAD (SPAD)	Tratamiento	203.21	4	50.8035	1.71	0.1686
Numero de hojas (NDH)	Tratamiento	34.355	4	8.58888	0.49	0.7427

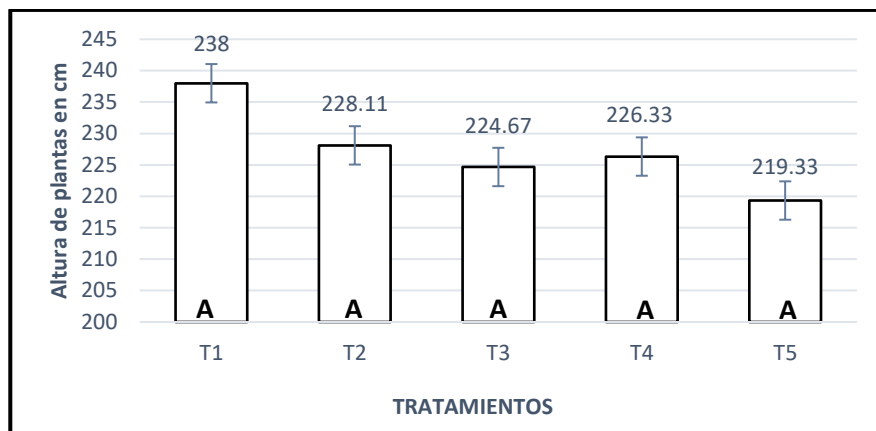


Figura 1. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la altura de planta (ADP) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Aunque de manera gráfica el tratamiento testigo mostró mayor altura promedio, esta tendencia no fue respaldada estadísticamente. En consecuencia, bajo las condiciones experimentales establecidas, la aplicación de Stimulate®, Bioforge®, N-Large® y X-Cyte® no produjo un incremento significativo en la altura de las plantas en comparación con el testigo (Figura 1/Anexos). Los resultados coinciden con Gabriel-Ortega *et al.*, (2024) quienes al trabajar en pepino no encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en altura de planta al aplicar los bioestimulantes: L-Amino, Fossil, Grand Sill, Bioremedy y el testigo, logrando un promedio de 220cm. Esto se puede deber a que la altura está determinada por la genética de la planta, la cantidad y calidad de luz (necesaria para la fotosíntesis) y un equilibrio adecuado de nutrientes (no solo por la aplicación foliar) y las condiciones de experimentación se dieron de una manera homogénea de cultivo. La función principal de los bioestimulantes no es la de fertilizantes, sino la de optimizar los procesos fisiológicos y la eficiencia nutricional Cota (2024), y la falta de altura puede deberse a otros factores. Contrario a lo anterior, De la Torre & Jayo (2018), probaron Stimulate y Biozyme en una dosis de 2 L ha⁻¹ en el cultivo de maíz lograron mejorar significativamente la altura de planta. Debido a los

intervalos de aplicación de los bioestimulantes, así como la capacidad que obtuvo el híbrido utilizado en el experimento al adaptarse a las condiciones climáticas en las que fue expuesto, repercute directamente en el desarrollo de la planta y en el rendimiento productivo de la misma. En el presente estudio, la ausencia de efecto probablemente se debió a que el cultivo se desarrolló en un ambiente sin limitaciones importantes, donde los factores de manejo y ambientales predominaron sobre el posible efecto de los bioestimulantes, produciendo respuestas homogéneas entre tratamientos.

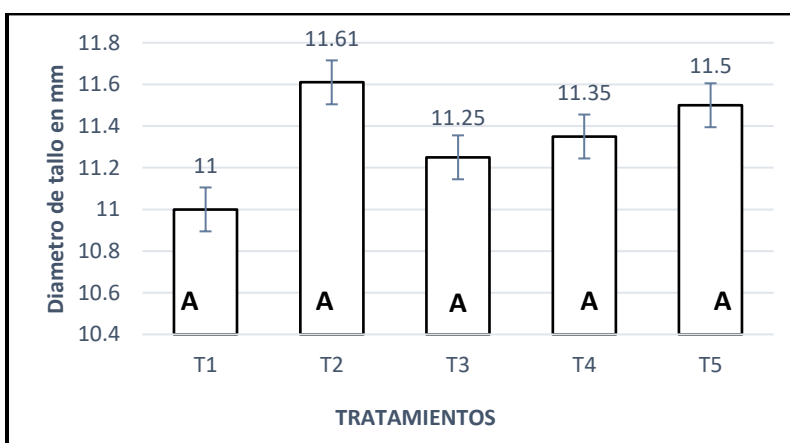


Figura 2. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el diámetro de tallo (DDT) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Aunque de manera descriptiva algunos tratamientos, como Stimulate® y X-Cyte®, mostraron un ligero incremento en el diámetro de tallo respecto al testigo, el análisis estadístico indicó que dichas diferencias no fueron significativas ($P \leq 0.05$). En consecuencia, todos los tratamientos presentaron un comportamiento estadísticamente similar bajo las condiciones del presente estudio (Figura /Anexos). Estos resultados contrastan con lo reportado por Viscaino Guaras (2023), quien en el cultivo de rosa observó diferencias significativas en el diámetro de tallo al aplicar Manvert Foliplus® y Stimulate® en dosis de 1–1.5 cc L⁻¹, atribuyendo este efecto a

la estimulación de la división y elongación celular, así como a una mayor actividad metabólica. De igual forma, Rodríguez (2018), reportó incrementos significativos en diámetro de tallo en frijol común tras la aplicación foliar de diversos bioestimulantes, con aumentos de hasta 54.76% respecto al testigo. Las discrepancias entre estudios y esté presente trabajo pueden asociarse a diferencias en especie, calidad fisiológica de la semilla, condiciones edafoclimáticas, dosis y composición de los bioestimulantes, factores que influyen en la magnitud de la respuesta morfo-fisiológica del cultivo ante la aplicación foliar de dichos biostimulantes.

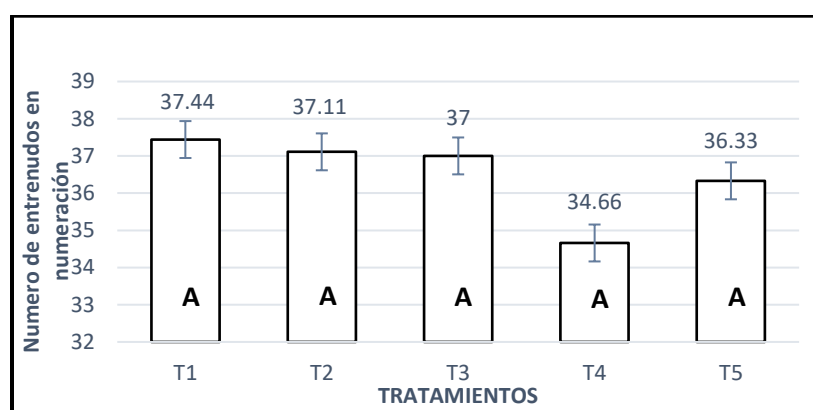


Figura 3. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el número de entrenudos (NDE) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

La evaluación del número de entrenudos en plantas bajo los tratamientos Testigo, Stimulate®, Bioforge®, N-Large® y X-Cyte® no mostró diferencias estadísticas significativas (Figura 3/Anexos). Aunque se observaron ligeras variaciones en los promedios, con N-Large® mostrando una tendencia a menor número de entrenudos, el análisis de varianza (ANOVA) indicó que estas diferencias no fueron significativas, sugiriendo que la aplicación de los bioestimulantes no alteró de manera relevante la emisión de entrenudos respecto al testigo. Estos resultados difieren de estudios previos, como los de Fakhrabad (2019) y Rivas (2021), quienes reportaron incrementos significativos en el número de entrenudos tras la aplicación

de bioestimulantes en tomate y *Vanilla (Tahitensis)*, atribuyéndolo a la acción de fitohormonas, nutrientes y promotores de crecimiento que estimulan la elongación y diferenciación celular. La ausencia de efecto en el presente experimento podría deberse a factores como la genética del cultivo, condiciones ambientales homogéneas, estado fenológico de las plantas y la dosis o frecuencia de aplicación de los bioestimulantes, los cuales podrían no haber sido suficientes para inducir cambios significativos en la elongación de entrenudos.

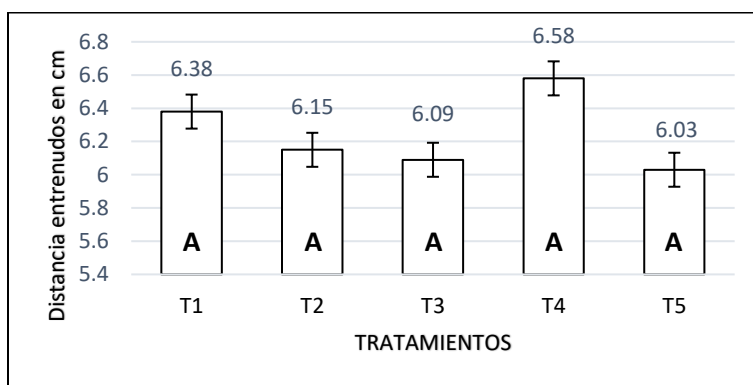


Figura 4. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la distancia entrenudos (DE) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

La evaluación de la longitud de entrenudos en la (Figura 4/ Anexos) mostró ligeras variaciones entre tratamientos, con N-Large® presentando los valores más altos y X-Cyte® los más bajos; sin embargo, el análisis de varianza (ANOVA) no detectó diferencias significativas respecto al testigo, indicando que la aplicación de los bioestimulantes no ejerció un efecto diferencial sobre esta variable bajo las condiciones del presente estudio. Estos resultados difieren de lo reportado por Calero (2018), en tabaco negro ‘Sancti Spíritus 2006’, donde los bioestimulantes ME-50 y Biobras-16® incrementaron significativamente la distancia entre entrenudos, especialmente en combinación, sugiriendo un efecto sinérgico que favoreció la elongación celular y el crecimiento vegetativo, condicionado además

por la genética de la variedad. Asimismo, estudios de Wu, Zhong, & Ma, (2024), en plántulas de vid bajo estrés térmico mostraron que, aunque no se detectaron diferencias significativas iniciales, los tratamientos con bioestimulantes tendieron a producir entrenudos ligeramente más largos, indicando que los efectos fisiológicos de los compuestos activos, como la regulación del crecimiento celular y la mitigación parcial del estrés, podrían manifestarse más claramente con mayor tiempo de exposición o en condiciones de estrés prolongado. En el presente experimento, la ausencia de efecto significativo podría deberse a factores intrínsecos del cultivo, como la genética, el estado fenológico y las condiciones homogéneas de cultivo, que limitaron la expresión de los efectos de los bioestimulantes sobre la elongación de entrenudos.

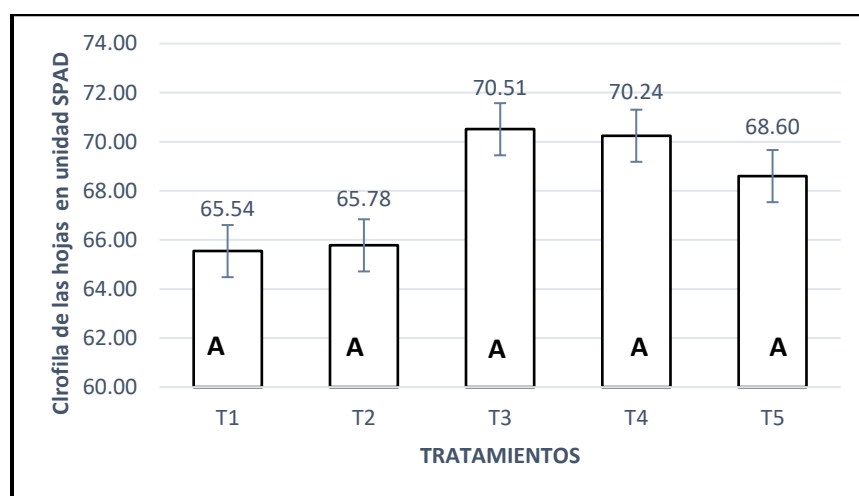


Figura 5. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la clorofila de las hojas (CH) medido en unidad SPAD, en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La Figura 5/Anexos, muestra que no se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de clorofila en hojas (CH) entre los tratamientos, aunque se registró un ligero incremento en las plantas tratadas con Bioforge®. Este comportamiento difiere de lo reportado por Cobeña (2022), en pimiento (*Capsicum*

annuum L.), donde bioestimulantes a base de lixiviados de vermicompost y microorganismos eficientes incrementaron significativamente el contenido de clorofila, evidenciando que estos productos promueven procesos fisiológicos y desarrollo foliar independientemente del aporte directo de nutrientes. De manera similar, Nakhel & Cozzolino (2022), encontraron que la aplicación del bioestimulante TRAINER® en espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo estrés salino aumentó significativamente el índice SPAD, atribuible a una mejor absorción y asimilación de nutrientes mediante aminoácidos y péptidos que estimulan la biosíntesis de clorofila. En el presente estudio, la ausencia de efecto significativo podría deberse a que las condiciones experimentales fueron óptimas y homogéneas, limitando la necesidad de activación fisiológica adicional por los bioestimulantes.

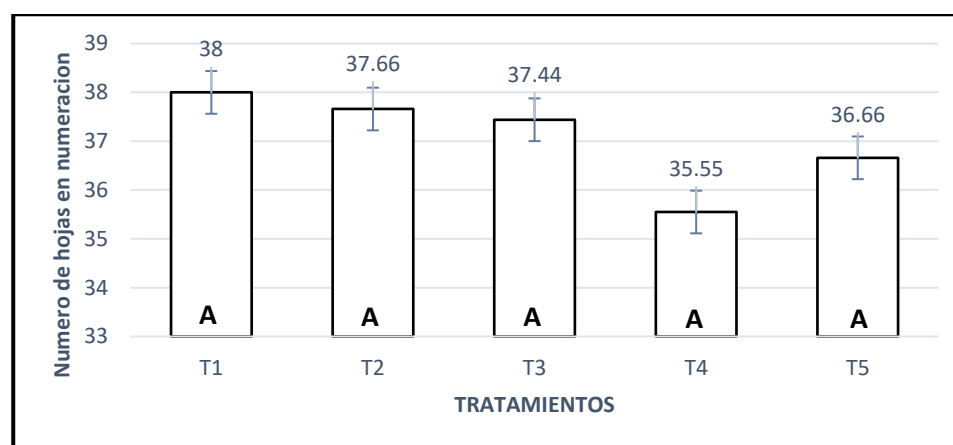


Figura 6. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el número de hojas (NDH) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

En cuanto al número de hojas (Figura 6/Anexos) del presente estudio no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, lo que indica que la aplicación de los bioestimulantes no promovió un incremento en la emisión foliar bajo las condiciones experimentales. Este resultado difiere de lo reportado por Fernández & Agan (2021), en col china (*Brassica rapa L.*), donde la

combinación de fertilizante NPK inorgánico, citoquinina, ácido giberélico, ácido indol-3-butírico y BioForge® produjo un aumento significativo en el número de hojas, evidenciando la sinergia entre nutrientes minerales, reguladores de crecimiento y bioestimulantes en el desarrollo morfo-fisiológico del cultivo. De manera similar, Briceño (2023), encontró que la aplicación de N-Large Premier® y Rumba® en jengibre (*Zingiber officinale*) incrementó significativamente el número de hojas por hijuelo, atribuible a la estimulación del crecimiento vegetativo y la división celular en este cultivo rizomatoso con alta capacidad de respuesta genética. Además, Arévalo (2019), evidenció que la aplicación de 100 ppm de N-Large (AG₃) en alcachofa (*Cynara scolymus*) aumentó significativamente la emisión foliar, resultado asociado a la acción del ácido giberélico en la elongación celular y desarrollo vegetativo. En el contexto del presente estudio, la falta de efecto podría deberse a que las plantas contaban con condiciones óptimas y homogéneas de cultivo, limitando la necesidad de estimulación adicional mediante bioestimulantes.

4.2 Variables de rendimiento (RTO)

El análisis de varianza (ANOVA) para las variables de producción indica que, en la variable RTO, no existen diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) (cuadro 10). No obstante, se observan ligeras variaciones cuantitativas entre los tratamientos, atribuibles a la aplicación de los distintos bioestimulantes en el cultivo (Figura 7/Anexos). Al extrapolar estos efectos a una hectárea y considerando la densidad de siembra estándar utilizada (20,500 plantas ha⁻¹), se estima que el T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹) y el T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) ambos con 4.03 kg por planta fueron los más sobresalientes y podrían generar un rendimiento aproximado de hasta 82.6 t ha⁻¹, en comparación con 66.6 t ha⁻¹ del testigo (3.2 kg por planta), lo que representa una diferencia de 15.9 t ha⁻¹.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento (RTO) y peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de pepino.

VARIABLES DE RENDIMIENTO	F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Rendimiento (RTO)	Tratamiento	3855580.2	4	963895.05	1.43	0.2432
Peso promedio fruto (PPF)	Tratamiento	108271.40	4	27067.85	9.89	<.0001**

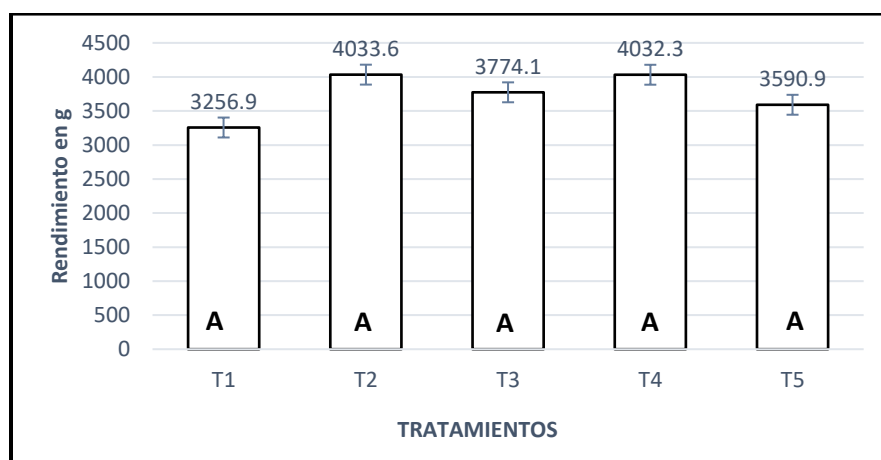


Figura 7. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el rendimiento (RTO) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Este resultado coincide con Sánchez (2023), quien evaluó cinco dosis de ácido giberélico N-Large en el rendimiento del fruto de mango ('Kent') y no encontró diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Esto sugiere que el ácido giberélico, en dosis adecuadas, puede mejorar atributos específicos de la calidad del fruto sin afectar significativamente la productividad total, por lo que se recomienda explorar otras variables y combinaciones de tratamientos para incrementar el rendimiento. Por otro lado, Giraldo (2020), observó resultados distintos en chícharo (*Pisum sativum* L.), al evaluar seis tratamientos: testigo, Biozyme TF, Stimulate, Gib-bex, Promalina y Triggrr Foliar, obteniendo diferencias significativas ($p \leq 0,05$). El producto Stimulate

destacó con el mayor rendimiento, alcanzando 29,10 vainas por planta y 19,49 t·ha⁻¹. Este aumento se atribuye a la acción fisiológica de Stimulate, que estimula la división y elongación celular y la movilización de fotoasimilados hacia los órganos reproductivos, favoreciendo así un mayor número de vainas por planta y una expresión óptima del potencial productivo del cultivo. En el contexto del presente estudio, la falta de efecto podría deberse a que las plantas contaban con condiciones óptimas y homogéneas de cultivo, limitando la necesidad de estimulación adicional mediante bioestimulantes.

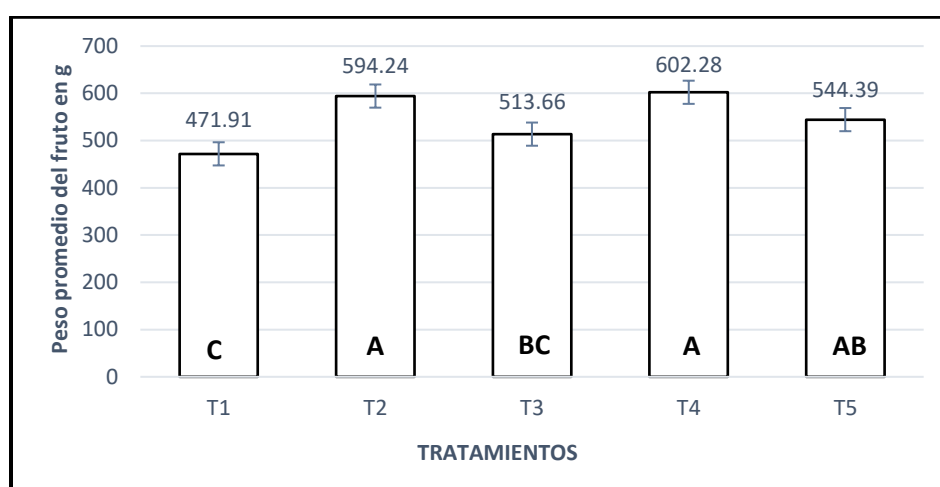


Figura 8. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras distintas sobre cada barra indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para la variable peso promedio de fruto (PPF) se evidenciaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 0.0001$), indicando que al menos uno de los bioestimulantes evaluados influyó de manera distinta sobre este parámetro (Figura 8/Anexos). Los productos Stimulate y N-Large (T2 y T4) presentaron los mayores pesos, cercanos a 600 g por fruto, significativamente superiores al testigo (~480 g). Tratamientos como X-Cyte y Bioforge también superaron al testigo, aunque con menor diferencia estadística. Esto sugiere que el uso de bioestimulantes puede favorecer el llenado y desarrollo del fruto. Estos resultados

conducen con Giraldo (2020), quien reportó que Stimulate aumentó significativamente el peso de vaina en chícharo (*Pisum sativum L.*), con 8,40 g por vaina, un incremento del 9,8 % respecto al testigo, atribuible a la acción de auxinas, giberelinas y citoquininas sobre la movilización de fotoasimilados y el desarrollo del órgano reproductivo. Asimismo, Cuevas & Mireles (2022), demostraron que bioestimulantes microbianos (T22® + micorriza INIFAP®, Mix® y Genifix®) aumentaron significativamente el tamaño y peso de frutos de chile habanero bajo macrotúnel, gracias a la mejora en absorción de nutrientes, desarrollo radicular y condiciones ambientales controladas que potenciaron la eficacia de los productos. De manera contraria, Pérez & Coto (2017), encontraron que el bioestimulante Engordone® no incrementó significativamente el peso de frutos de mango (*Mangifera indica L.*), e incluso el testigo presentó valores superiores, sugiriendo que factores genéticos, morfológicos, dosis, momento de aplicación y condiciones ambientales pueden limitar la respuesta del cultivo. En conjunto, estos estudios muestran que bioestimulantes como Stimulate y N-Large pueden aumentar el peso de fruto, aunque su efecto depende de la especie, genética, condiciones ambientales y tipo de producto aplicado.

4.3 Variables de calidad de fruto

Los resultados de calidad, según el análisis de varianza (ANVA), indican que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$) para las variables firmeza de fruto (FDF) (Figura 9/Anexos) y grados °Brix (B) (Figura 10/Anexos). En contraste, las variables pH del fruto (PDF) (Figura 11/Anexos), largo de fruto (LDF) (Figura 12/Anexos) y diámetro de fruto (DDF) (Figura 13/Anexos) mostraron diferencias estadísticas significativas, evidenciando un efecto atribuible a la aplicación de los distintos bioestimulantes en el cultivo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza para las variables de calidad del fruto (FDF), (B), (PDF), (LDF) y (DDF) en el cultivo de pepino.

VARIABLES DE CALIDAD	F.V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
----------------------	-----	----	----	----	---	---------

Firmeza del fruto (FDF)	Tratamiento	1.0253	4	0.2563	1.71	0.1680
°Brix (B)	Tratamiento	0.4880	4	0.1220	1.62	0.1899
pH del fruto (PDF)	Tratamiento	0.6564	4	0.1641	4.17	0.0035*
Largo de fruto (LDF)	Tratamiento	19.456	4	4.8642	3.05	0.0283*
Diámetro de fruto (DDF)	Tratamiento	131.03	4	32.757	5.31	0.0017**

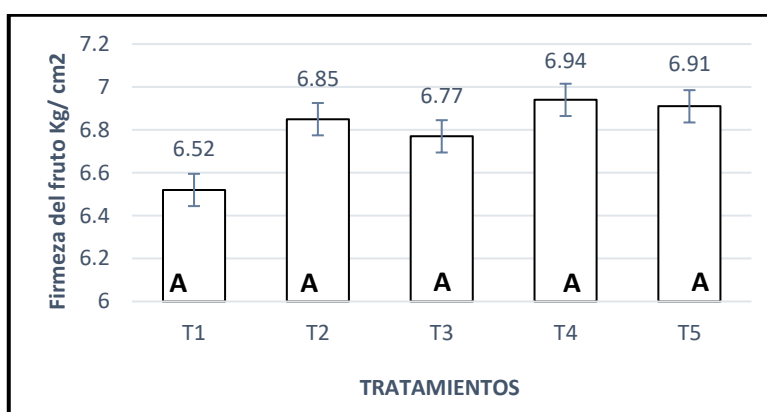


Figura 9. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre la firmeza del fruto (FDF) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Los resultados indican que los bioestimulantes evaluados no incrementaron significativamente la firmeza del fruto ($P \leq 0,05$); no obstante, su efecto potencial podría explorarse bajo diferentes condiciones de manejo y ambiente. Este comportamiento difiere de lo reportado por Sánchez (2023), quien al evaluar cinco dosis de N-Large (ácido giberélico) en mango (*Mangifera indica L.*) 'Kent', encontró que la dosis de 3 g AG₃ L⁻¹ aumentó significativamente la firmeza respecto al testigo. Este efecto se atribuye a la acción fisiológica del ácido giberélico en la regulación del crecimiento, fortalecimiento de la estructura celular y retraso del ablandamiento, respuesta que también estaría influenciada por las características genéticas de la variedad. En contraste, los resultados coinciden con Melgar (2020), quien no observó diferencias significativas en firmeza al aplicar *Azotobacter chroococcum*, Pectimorf® y Quitomax® en calabacita (*Cucurbita pepo L.*), lo que sugiere que este atributo puede estar fuertemente condicionado por factores genéticos y

estructurales del fruto, limitando la expresión del efecto de los bioestimulantes. En conjunto, la evidencia indica que productos como N-Large pueden mejorar la firmeza bajo condiciones y dosis específicas, aunque la respuesta depende de la especie, variedad y contexto de aplicación. La ausencia de efecto en el presente experimento podría deberse a factores como la genética del cultivo, condiciones ambientales homogéneas, estado fenológico de las plantas y la dosis o frecuencia de aplicación de los bioestimulantes, los cuales podrían no haber sido suficientes para inducir cambios significativos en la variable de firmeza del fruto.

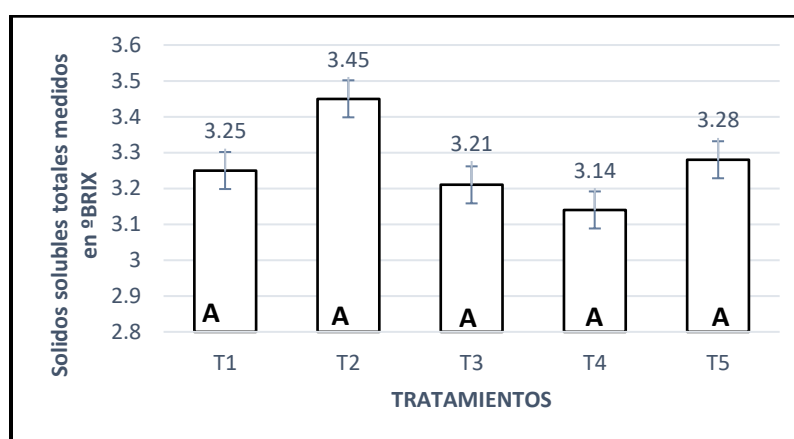


Figura 10. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre los sólidos solubles totales (SST) medidos en °Brix, en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para la variable sólidos solubles totales (SST), todos los tratamientos se agruparon en la misma categoría estadística (letra “A”), evidenciando ausencia de diferencias significativas respecto al testigo (Figura 10). Aunque Stimulate registró el mayor valor de °Brix, este no fue estadísticamente superior. En consecuencia, bajo las condiciones del presente estudio, la aplicación de bioestimulantes no modificó el contenido de azúcares solubles, atributo estrechamente vinculado con la calidad organoléptica y comercial del fruto. Estos resultados difieren de Sánchez (2023), quien reportó que la aplicación de N-Large (ácido giberélico) en mango (*Mangifera indica* L.) ‘Kent’ incrementó significativamente los °Brix, efecto asociado

a una mayor movilización y acumulación de carbohidratos durante el desarrollo del fruto. Asimismo, contrastan con lo informado por Rincón (2024), quien observó aumentos de hasta 21 % en °Brix en fresa (*Fragaria ananassa*) bajo estrés hídrico tras la aplicación de ácido salicílico, ácido glutámico y cisteína, respuesta atribuida a la activación de mecanismos fisiológicos de tolerancia al estrés y a la capacidad genética del cultivar para acumular azúcares. En conjunto, la evidencia sugiere que la respuesta de los (SST) a bioestimulantes depende de la especie, el genotipo y las condiciones ambientales, particularmente del estrés hídrico y del tipo de compuesto aplicado. La ausencia de efecto en el presente experimento podría deberse a factores como la genética del cultivo, condiciones ambientales homogéneas, estado fenológico de las plantas y la dosis o frecuencia de aplicación de los bioestimulantes, los cuales podrían no haber sido suficientes para inducir cambios significativos para la variable (SST).

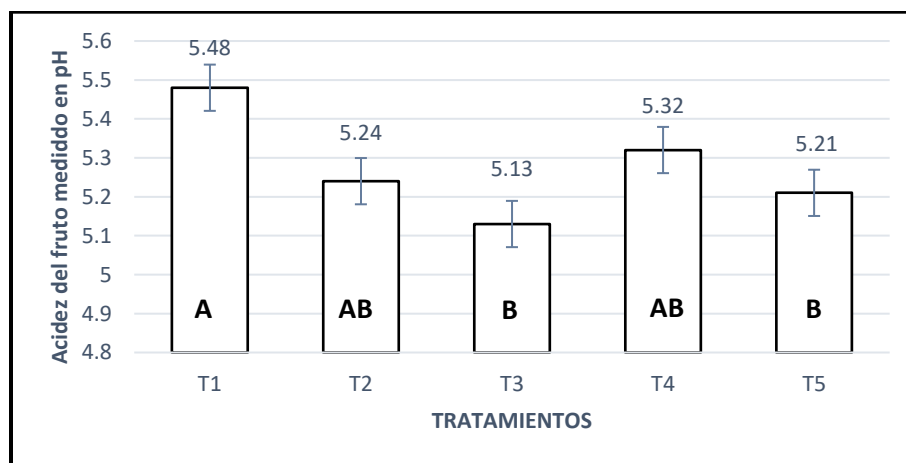


Figura 11. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente en ml L⁻¹ sobre la acidez del fruto (ADF) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras distintas sobre cada barra indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

En la (Figura 11) se observa que el tratamiento testigo registró el valor de pH más alto (5.48), indicando menor acidez. Los tratamientos Stimulate y N-Large presentaron valores intermedios 5,25 y 5,32 respectivamente, sin diferencias

estadísticas significativas respecto al testigo ($P \leq 0,05$). En contraste, Bioforge (5,13) y X-Cyte (5,20) mostraron valores de pH significativamente inferiores, evidenciando mayor acidez en comparación con el tratamiento control. Estos resultados confirman que la aplicación de bioestimulantes generó efectos diferenciados sobre el pH del fruto, modificando significativamente el equilibrio ácido-base en función del producto aplicado. Tuncay, *et al.*, (2024), mencionan que el valor de Ph de pepinos inicialmente es de 5,8, mientras que Cázarez (2024), indica que el pH promedio de los frutos sin tratamiento (testigo) fue de 5.67 ± 0.08 , de acuerdo con los datos reportados para pepino variedad Modan, donde no se observaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con silicio o cloro. Este resultado coincide con Melgar (2020), quien evaluó la aplicación de Azotobacter chroococcum, Pectimorf® y Quitomax® en calabacita (*Cucurbita pepo L.*) var. 'Grey Zucchini', reportando diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el control y los tratamientos, con una disminución promedio de hasta 9,72 % en el pH del fruto. El mayor pH se registró en el grupo control, lo que sugiere que los bioestimulantes favorecieron la síntesis y acumulación de ácidos orgánicos, modificando el equilibrio ácido-base del fruto. En contraste, Melini (2023), al evaluar bioestimulantes microbianos en tomate, lechuga, albahaca, fresa y pepino —incluyendo hongos micorrízicos arbusculares y metabolitos de rizobacterias promotoras del crecimiento—, no encontró efectos significativos sobre el pH del jugo. Esta ausencia de respuesta podría atribuirse a que el pH está principalmente regulado por factores genéticos y fisiológicos del cultivo, más que por la acción directa de estos tratamientos.

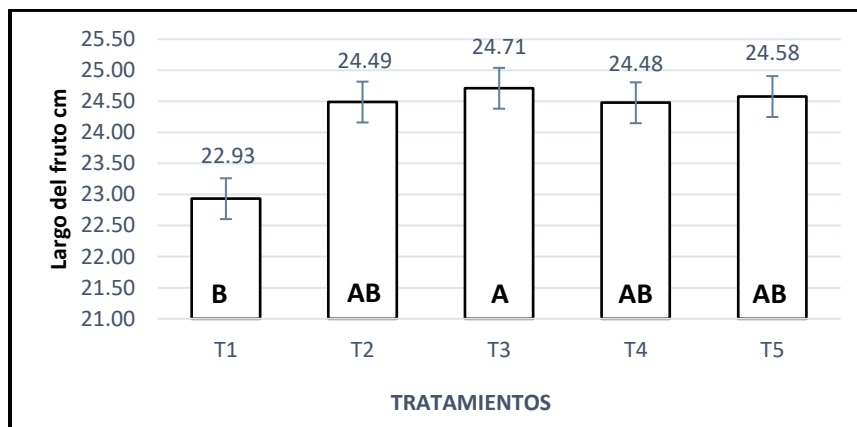


Figura 12. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el largo del fruto (LDF) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras distintas sobre cada barra indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

Para la variable largo de fruto (Figura 12), Bioforge registró la mayor longitud (24,7 cm). Los tratamientos Stimulate, N-Large y X-Cyte no presentaron diferencias estadísticas entre sí, pero pertenecen al mismo grupo estadístico de T3, superando al testigo, que mostró la menor longitud (22,9 cm). Estos resultados indican que ciertos bioestimulantes, particularmente Bioforge, pueden favorecer el crecimiento longitudinal del fruto, atributo relevante para el calibre y la calidad comercial. Este comportamiento coincide con Dasgan & Aksu (2024), quienes reportaron que la aplicación de aminoácidos, rizobacterias promotoras del crecimiento, ácido fúlvico, quitosano y vermicompost en tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo sistema sin suelo incrementó el largo de fruto (promedio 47,07 mm), efecto atribuido a una mejora en la absorción de nutrientes y en la actividad fisiológica del cultivo, favorecida además por condiciones controladas de producción. De igual forma, Csihon (2025), observó que la aplicación foliar de 3 bioestimulantes: 1-Bistep, 2- (*Trichoderma harzianum*) y 3- (*Clonostachys rosea*) en manzano aumentó el tamaño del fruto entre 2 y 6 mm respecto al control, respuesta asociada a la estimulación de procesos de división y expansión celular y a una mayor eficiencia metabólica. En conjunto, esta evidencia

respalda el efecto positivo de los bioestimulantes sobre el desarrollo longitudinal del fruto, condicionado por el cultivo y el sistema de producción.

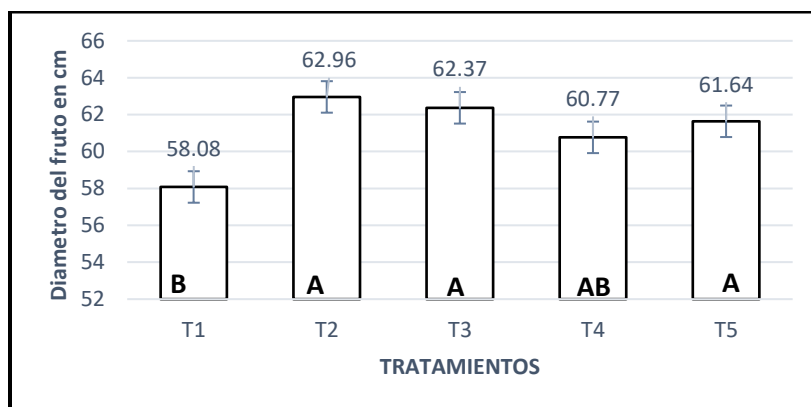


Figura 13. Efecto de la aplicación foliar de diferentes bioestimulantes aplicados semanalmente sobre el diámetro del fruto (DDF) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹). Los valores representan la media y el error estándar. Según el análisis de varianza (ANVA) las letras distintas sobre cada barra indican que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

Para diámetro de fruto (Figura 13) el testigo presentó el menor valor (58 mm), mientras que Stimulate, Bioforge y X-Cyte registraron los valores más altos (61,8–63,0 mm). N-Large mostró un diámetro intermedio (60,8 mm), sin diferir estadísticamente del resto de los bioestimulantes. Estos resultados evidencian un efecto positivo de los tratamientos sobre el desarrollo y llenado del fruto. Estos hallazgos coinciden con Dasgan & Aksu (2024), quienes reportaron un mayor diámetro promedio (73,23 mm) en tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado en invernadero sin suelo tras la aplicación de aminoácidos, rizobacterias promotoras del crecimiento, ácido fúlvico, quitosano y vermicompost, efecto atribuido a una mayor disponibilidad y asimilación de nutrientes y a la estimulación de procesos fisiológicos bajo condiciones controladas. Asimismo, Rodríguez (2020), observó un incremento en el diámetro de cereza en los cultivares ‘Sweetheart’ y ‘Skeena’ tras la aplicación de un bioestimulante a base de *Ascophyllum nodosum*, aunque sin cambios en rendimiento ni calidad nutricional. Este efecto se asoció a la estimulación de la expansión celular por compuestos bioactivos del extracto de

algas, destacando que la magnitud de la respuesta puede estar condicionada por factores genéticos y ambientales. En conjunto, la evidencia respalda que los bioestimulantes pueden incrementar el diámetro del fruto, aunque su impacto agronómico depende del cultivo y las condiciones de producción.

Análisis costo beneficio

El análisis económico evidenció que la aplicación de bioestimulantes incrementó la rentabilidad del cultivo de pepino en comparación con el testigo sin aplicación. Los costos de los tratamientos estuvieron determinados por el precio comercial de cada producto, una dosis uniforme de 0.5 L ha⁻¹ y ocho aplicaciones durante el ciclo del cultivo (Cuadro 13). Bajo estas condiciones, Stimulate® presentó el mayor costo de aplicación (\$3,432 ha⁻¹), seguido de Bio-Forge® (\$3,064 ha⁻¹), N-Large® (\$3,000 ha⁻¹) y X-Cyte® (\$2,072 ha⁻¹).

A pesar de que Stimulate® y N-Large® registraron los mayores rendimientos, con 82.615 y 82.815 t ha⁻¹, respectivamente, las diferencias en los costos de aplicación influyeron directamente en la rentabilidad final de cada tratamiento. En este sentido, N-Large® obtuvo la mayor relación beneficio-costos (44.7), seguido muy de cerca por X-Cyte® (44.4) (Cuadro 14), lo que indica que por cada peso invertido se generaron \$44.70 y \$44.40 de beneficio adicional, respectivamente. Particularmente, X-Cyte® destacó por alcanzar una elevada rentabilidad con el menor costo de aplicación, generando un beneficio adicional de \$91,984.78 ha⁻¹.

Por otro lado, Stimulate® presentó una relación beneficio-costos de 38.9 y una ganancia adicional de \$133,666.26 ha⁻¹, mientras que Bio-Forge® registró la menor rentabilidad relativa (28.8), atribuida principalmente a una menor respuesta productiva y a un costo de aplicación superior al de N-Large® y X-Cyte®. En conjunto, estos resultados demuestran que la rentabilidad de los bioestimulantes no depende únicamente del incremento en el rendimiento, sino también de la relación entre el beneficio obtenido y la inversión requerida para su aplicación. Bajo las

condiciones de este estudio, N-Large® y X-Cyte® representaron las alternativas económicamente más eficientes para la producción de pepino.

Cuadro 12. Análisis económico y relación beneficio-costos de los tratamientos evaluados sobre el rendimiento del cultivo de pepino.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (Ton Ha ⁻¹)	PRECIO DE VENTA (\$ Ton)	INGRESO BRUTO (\$ Ha ⁻¹)	COSTO TRATAMIENTO (\$ Ha ⁻¹)	INGRESO NETO (\$ Ha ⁻¹)	BENEFICIO ADICIONAL (\$ Ha ⁻¹)	RELACIÓN B/C
Testigo	66.625	\$8,574	\$571,243	\$0.0	\$571,242.75	\$0.0	N/A
Stimulate	82.615	\$8,574	\$708,341	\$3,432.00	\$704,909.01	\$133,666.26	38.9
Bio-Forge	77.285	\$8,574	\$662,642	\$3,064.00	\$659,577.59	\$88,334.84	28.8
N-Large	82.615	\$8,574	\$708,341	\$3,000.00	\$705,341.01	\$134,098.26	44.7
X-Cyte	77.595	\$8,574	\$665,300	\$2,072.00	\$663,227.53	\$91,984.78	44.4

Al extrapolar el resultado obtenido para la variable de rendimiento, en cada tratamiento utilizados en el experimento: T1= testigo sin aplicación; T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹); T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹); T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹), obtenemos un Costo Beneficio Adicional (\$ Ha⁻¹) de los tratamientos con los Biostimulantes comparados al testigo. Se estaría realizando una inversión total dependiendo del biostimulante entre \$2,072 y \$3,432 por hectárea.

Cuadro 13. Estimación del costo por hectárea de los tratamientos bioestimulantes evaluados en el cultivo de pepino.

TRATAMIENTO	COSTO PRODUCTO (\$)	DOSIS (L Ha ⁻¹)	APLICACIONES (#)	COSTO TRATAMIENTO (\$ Ha ⁻¹)
Testigo	\$ 0.0	0	0	\$ 0.0
Stimulate	\$858.00	0.5	8	\$3,432
Bio-Forge	\$766.00	0.5	8	\$3,064
N-Large	\$750.00	0.5	8	\$3,000
X-Cyte	\$518.00	0.5	8	\$2,072

Cuadro 14. Rentabilidad de los tratamientos bioestimulantes expresada mediante la relación costo-beneficio, en el cultivo de pepino.

TRATAMIENTO		ANALISIS COSTO BENEFICIO (C/B)
T1 Testigo	N/A	N/A
T2 Stimulate	38.9	Por cada \$1 invertido, se generaron \$38.9
T3 Bio-Forge	28.8	Por cada \$1 invertido, se generaron \$28.8
T4 N-Large	44.7	Por cada \$1 invertido, se generaron \$44.7
T5 X-Cyte	44.4	Por cada \$1 invertido, se generaron \$44.4

La relación costo-beneficio mostró que los tratamientos bioestimulantes generaron un retorno económico de entre \$28.8 y \$44.7 por cada peso invertido, destacando N-Large® y X-Cyte® como las alternativas de mayor rentabilidad.

5. CONCLUSIONES

1. La aplicación de los bioestimulantes (Stimulate®, Bio-Forge®, N-Large® y X-Cyte®) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativum*) no generó diferencias significativas en las variables de desarrollo y/o crecimiento vegetativo ni en el rendimiento, lo que indica que su uso no afecta estadísticamente el desarrollo ni la productividad del cultivo.
2. No obstante, en cuanto a la relación costo beneficio para la variable de rendimiento el uso de bioestimulantes en el cultivo de pepino resultó económicamente favorable en comparación con el testigo sin aplicación, al incrementar la rentabilidad del cultivo versus el rendimiento obtenido. Aunque Stimulate® y N-Large® alcanzaron los mayores rendimientos productivos (82.615 y 82.815 t ha⁻¹, respectivamente), el análisis beneficio-costo demostró que el tratamiento con N-Large® (500 mL ha⁻¹) fue la alternativa más eficiente desde el punto de vista económico, al presentar la mayor relación beneficio-costo (44.7). Esto indica que por cada peso invertido en su aplicación se obtuvieron \$44.70 de beneficio adicional, combinando un alto rendimiento con un costo de aplicación relativamente menor que Stimulate®. Asimismo, X-Cyte® mostró un desempeño económico sobresaliente al alcanzar una relación beneficio-costo de 44.4, muy cercana a la de N-Large®, destacando por generar una elevada rentabilidad con el menor costo de aplicación.
3. Se evidenciaron efectos significativos en parámetros de calidad del fruto. El peso promedio alcanzó valores cercanos a 600 g con T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹) y T4= N-Large® (500 ml ha⁻¹); el largo de fruto aumentó hasta 24,7 cm con T3=Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹) y el diámetro hasta 63,0 mm con T2= Stimulate® (500 ml ha⁻¹), T3= Bio-Forge® (500 ml ha⁻¹) y T5= X-Cyte® (500 ml ha⁻¹), superando los valores registrados con el testigo. Asimismo, los bioestimulantes redujeron el pH del fruto (5.13–5.32) en comparación con el testigo (5.48), indicando un incremento en la acidez. En conjunto, los resultados demuestran que el T2= Stimulate® y el T4= N-Large® son los más sobresalientes, seguidos de T3= Bio-Forge® y T5= X-Cyte® mejorando la calidad física y química del fruto —

particularmente en peso, tamaño y acidez— sin comprometer el crecimiento vegetativo ni el rendimiento, constituyéndose en una herramienta agronómica viable para optimizar atributos clave para la calidad comercial y la competitividad del pepino en el mercado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adalberto, B. M. (2021). Bioestimulantes agrícolas: importancia y definición. *Book ResearchGate*. doi:<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21104.58889>
- AEFA. (2025). Bioestimulantes: Una herramienta clave para conseguir una agricultura rentable y sostenible. *Bioestimulantes Agrícolas*.
- Agroes. (2025). Huerta y horticultura cultivos. *Cultivo de pepino*. Obtenido de <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/pepino/1088-cultivo-del-pepino>
- Álvarez, E. N. (2023). Efecto de combinaciones de sustratos en la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero. *Tesis de licenciatura*. Obtenido de Tesis de licenciatura: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4156>
- Arévalo, M. E. (2019). Efecto de dos dosis de N-Large (ag3) en la precocidad de capítulos de *Cynara scolymus* var. Imperial cóndor “alcachofa”, en el valle de Virú, La Libertad. *Tesis de licenciatura*. Universidad Nacional de Tumbes. Obtenido de Tesis de licenciatura: <https://hdl.handle.net/20.500.12874/389>
- Balasundram, N. (2005). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses, *Food Chemistry*, Volume 99, Issue 1, 2006, Pages 191-203, ISSN 0308-8146. *Analytical, Nutritional and Clinical Methods*. ScienceDirect. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Baroja-Llanos, D. M., & Marce, B.-C. (2008). Efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de alcachofa (*cynara scolymus* L.). *Tesis de licenciatura*. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/259/2/03%20AGP%2072%20TESIS%20FINAL.pdf>
- BASF. (2026). Plagas y enfermedades. *Our Innovation for successful agriculture Copyright © BASF SE*. Obtenido de <https://www.basf.com/mx/es>
- Basurto, S. M. (2008). synthesis. *Fisiología del estrés ambiental en las plantas*. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtenido de <https://www.calameo.com/read/001676612293aa9c6b759>
- Biología. (2025). Desarrollo Embrionario y Establecimiento de la Polaridad. *Fisiología Vegetal: Hormonas, Crecimiento y Desarrollo en Plantas*. Obtenido de https://www.wikibiologia.net/fisiologia-vegetal-hormonas-crecimiento-y-desarrollo-en-plantas/?utm_source
- Briceño, W. D. (2023). Efecto de dos reguladores de crecimiento en la producción de hijuelos a través de rizomas de zingiber officinale. *Tesis de licenciatura*. Tingo María, Perú: Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Calero, A. (2018). Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (*nicotiana tabacum* L.). *Revista de la facultad de ciencias.*, 8(1). doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.73546>

- Castañeda, V. (2021). Variación de las Características de Rendimiento en Frutos de Pepino Europeo. *Tesis de licenciatura*. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cázarez-Flores, L. L.-A. (2024). Respuesta de Dos Variedades de Pepino (*Cucumis sativus* L.) al Silicio y Cloro Aplicados en Casa Sombra. *Terra latinoamerica*, 42, 1-9. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v42/2395-8030-tl-42-e1620.pdf>
- Cobeña, M. Y. (2022). Efectos de bioestimulantes en las clorofilas y el número de hojas en el cultivo de pimiento. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 15-26. doi:https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4096
- Conagua. (2020). Servicio Meteorológico Nacional. *Normales climatológicas por estado*. Obtenido de Normales climatológicas por estado: smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales9120/coah/nor9120_05048.txt
- Corsi, S. (2022). Un análisis bibliométrico de la literatura científica sobre bioestimulantes. *Agronomy*, 12, 1257. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy12061257>
- Corteva, A. (2025). Bio-Forge. *Fertilizante Inorgánico*. Obtenido de Bio - Forge: <https://www.corteva.com/mx/productos-y-soluciones/corteva-biologicals.html>
- Corteva, A. (2025). N-Large . *productos y soluciones*. Obtenido de <https://www.corteva.com/mx/productos-y-soluciones/corteva-biologicals.html>
- Corteva, A. (2025). X-Cyte. *Regulador de Crecimiento*. Obtenido de X-Cyte: <https://www.corteva.com/mx/productos-y-soluciones/corteva-biologicals.html>
- Corteva, Agriscience. (2025). Stimulate® regulador de crecimiento. *Soluciones para cultivos*. Obtenido de Stimulate®: <https://www.corteva.com/mx/productos-y-soluciones/corteva-biologicals.html>
- Cossio, I. (2013). Reguladores de crecimiento. *Fisiología Vegetal*. Obtenido de https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Reguladores%20de%20Crecimiento%20en%20las%20plantas.pdf?utm_source
- Cota, U. D. (2024). Vidra. *Bioestimulación en cultivos agrícolas*. Obtenido de https://vidra.bio/es/bioestimulacion-en-cultivos-agricolas/?utm_source.com
- Csihon, A. (2025). Respuesta del rendimiento y la calidad de la fruta a la aplicación foliar de bioestimulantes en un huerto de manzanos. *Revista Internacional de Ciencias Hortícolas*, 31 (1), 17-23. doi:<https://doi.org/10.31421/ijhs/31/2025/15775>
- Cueva, B. R. (2025). Efecto de tres inductores florales, en el rendimiento del cultivo de palto (*Persea americana* Mill.). *Tesis de licenciatura*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/11838>
- Cuevas, F. D., & Mireles, H. C. (2022). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12 (8). México, ME:1473-81. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2900>

- Dasgan, H. Y., & Aksu, K. S. (2024). Los bioestimulantes mejoran la calidad nutricional de los tomates de invernadero sin suelo. *Los efectos de los métodos de cultivo en el valor nutricional de las verduras*. doi:<https://doi.org/10.3390/plants13182587>
- De la Torre, O. M., & Jayo, N. L. (2018). Interacción de cuatro productos trihormonales estimulantes del desarrollo en la productividad del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.). *Tesis de ingeniería agronomica*. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3122>
- De Rodríguez, D. J. (2024). Bioestimulación de extractos de plantas del semidesierto en crecimiento, rendimiento y calidad en pepino. *Tesis de licenciatura*. doi:<https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2025.04.03>
- Duval, R. L. (2006). Hormonas vegetales: crecimiento y desarrollo de la planta. *Horticultura*. Obtenido de https://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh196_2/22_27.pdf
- Eissa, M. A. (2025). A Novel Biostimulant–Biochar Strategy for Improving Soil Quality and Salinity Tolerance in Medicinal Mint (*Mentha longifolia* L.). *Soil Systems*. doi:<https://doi.org/10.3390/soilsystems9020058>
- Encarnación, C. B. (2019). Productividad de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) cv. Ajax con abonos foliares y residuos de cosecha en el valle de Chillón, Lima. *Tesis de licenciatura*. Lima, Peru, Latino america: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Fakhrabad, M. S. (2019). Investigación del efecto de la aplicación foliar de extracto de algas como bioestimulantes del crecimiento (*Ascophyllum nodosum*) sobre resultados cuantitativos y cualitativos Características de tres cultivares de tomate (*Solanum Lycopersicon* Mill.). *World Journal of Environmental Biosciences*, 8 Issue 4.
- FAO. (2021). *FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- FAO. (2021). *FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. FAO.
- FAO. (2024). *Cultivos y productos de ganadería*. Obtenido de Cantidades de producción de Pepinos, pepinillos por país: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fernández, A. M., & Agan, M. S. (2021). BioForge promueve el crecimiento y el rendimiento del pechay (*Brassica rapa* L.). *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae*. doi:<https://doi.org/10.24917/25438832.6.6>
- Gabriel-Ortega, J. C.-M.-C.-V.-G.-R.-L. (2024). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento y la producción de pepino y melón en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 48(2), 159-168.
- Gatti, R. A. (2020). Prácticas profesionales en el cultivo de mamón (*Carica papaya* L.)". *Trabajo final de grado*. Obtenido de <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/55647>
- Giraldo, A. Y. (2020). Efecto de cinco productos hormonales en el rendimiento del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad INIA-Usui, bajo condiciones de Costa central.

Tesis de licenciatura. Perú: Universidad Católica Sedes Sapientiae Facultad de Ingeniería Agraria. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14095/823>

González, C. A. (2022). Estación Experimental Cajamar. *La importancia del uso de bioestimulantes en la mejora de la sostenibilidad de los cultivos*. Obtenido de <https://www.plataformatierra.es/innovacion/la-importancia-del-uso-de-bioestimulantes-en-la-mejora-de-la-sostenibilidad-de-los-cultivos?utm>

Gualsaqui, P. J. (2022). Evaluación del hongo entomopatógeno *beauveria bassiana* en los cuatro estadios de desarrollo de la mosca blanca (*bemisia tabaci*) en la granja experimental la pradera. *Tesis de grado*.

Idrissa, D. (2017). Respuesta del cultivo de pepino (*cucumis sativus*, L.) A la aplicación de abonos orgánicos en diferentes sistemas de producción. *Tesis de licenciatura*. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma De San Luis Potosí. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/5864>

Imán, M. E. (2018). Efecto de la combinación de diferentes dosis de citoquininas y giberelinas sobre el cuajado, retención y crecimiento de frutos en el cultivo de papaya (carga papaya I) en cieneguillo sur- sullana. *Tesis de licenciatura*. Piura, Perú: Universidad Nacional De Piura.

infoagro. (2024). *Los compuestos fenólicos como antioxidantes naturales para superar situaciones de estrés abiótico*. Obtenido de Artículos técnicos: https://www.infoagro.com/documentos/los_compuestos_fenolicos_como_antioxidantes_naturales_superar_situaciones_estres_abiotico.asp

Infoagro. (2025). Los bioestimulantes y su uso en la agricultura. *Artículos Featured*. Editorial Informativo Agrícola de México. | Newsever por AF themes.

INIFAP. (2014). Producción de pepino bajo invernadero en valles altos del estado de México. *producción de pepino bajo invernadero*. Metepec, Estado de México, México: Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/produccion-de-pepino-bajo-invernadero-manual-4-pdf-free.html>

Lacasa, A., & Placencia, J. (1996). Trips y su control biológico. Pisa Ediciones. *Frankliniella occidentalis*, 134-155. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/plataforma_conocimiento/fichas/pdf/fd_338.pdf

Lara, G. R. (2015). Efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de trigo, Cojitambo y Chimborazo (*Triticum vulgare* L.). *Tesis de licenciatura*. Obtenido de https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4304/1/03%20AGP%20185%20TESIS.pdf?utm_source.com

Maldonado, M. Á. (2016). Efecto del ácido giberélico en diferentes sustratos sobre rendimiento y calidad de flor de corte en anturio (*anthurium andraeanum*). *Tesis de*

licenciatura. Quetzaltenango: Universidad rafael landívar facultad de ciencias ambientales y agrícolas.

- Martínez, A. B. (2017). Principales bioestimulantes y efectos en el cultivo de los cítricos. *Inovagri*.
- Mawar, R. (2025). El papel de los biostimulantes en una agricultura mas inteligente y sostenible. *Asia-Pacific Biofertilizers and Biopesticides Information Platform*. doi:<https://doi.org/10.56669/NECZ9831>
- Meena, D. C. (2025). Biostimulants for sustainable development of agriculture: a bibliometric content analysis. *Discover Agriculture*. doi:<https://doi.org/10.1007/s44279-024-00149-5>
- Melgar, I. d. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre la calidad y capacidad antioxidante de frutos de calabacita (Cucurbita pepo L. var. 'Grey Zucchini'). *Terra Latinoamericana*, 38(1), 17-28. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.516>
- Melini, F. (2023). Efecto de los bioestimulantes microbianos de plantas en la calidad de frutas y verduras: líneas de investigación actuales y perspectivas futuras. *Frontiers in Plant Science*, 14. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1251544>
- Mladenova Y.I., M. P. (1998). An aminoacid based biostimulant reducing osmopressure metabolic changes in maize. *Fertilización foliar*. Obtenido de https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=1.00
- Molina, E., & Melendez, G. (2002). Fertilización foliar: Principios y Aplicaciones. *Centro de investigaciones agronómicas*. Obtenido de https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Memoria_CursoFertilizacionFoliar.pdf#page=110
- Montes, F. B. (2022). Evaluación de bioestimulantes como herramienta de mitigación al estrés ambiental sobre las variables de estado hídrico e intercambio gaseoso en plantas de cerezo dulce (Prunus avium L.) cv. Santana. *Tesis de pregrado*. Talca, Chile: Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.
- Nakhel, C., & Cozzolino, E. (2022). Efecto de la aplicación de bioestimulantes sobre el crecimiento vegetal, las clorofilas y la actividad antioxidante hidrofílica de la espinaca (Spinacia oleracea L.) cultivada bajo estrés salino. *Horticulturae*, 8(10), 971. doi:<https://doi.org/10.3390/horticulturae8100971>
- Ojeda, T. C. (2011). Producción y calidad de genotipos de pepino (Cucumis sativus L.) bajo un sistema orgánico a campo abierto. *Tesis de licenciatura*. Torreón, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2443>
- Pérez, A. M. (2016). Evaluación de la producción de pepino (Cucumis sativus L.) con porcentajes de lixiviado de vermicompost en invernadero. *Tesis de licenciatura*. Torreón, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Obtenido de

[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8315/ARNOLD O%20MENDEZ%20PEREZ.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8315/ARNOLD%20MENDEZ%20PEREZ.pdf?sequence=1)

- Pérez, C. (2026). Corteva precio de productos. *Tierraagro supermercado agropecuario*. Obtenido de <https://www.tierraagro.com/collections/vendors?q=Corteva>
- Pérez, o. E., & Coto, M. L. (2017). Efecto de un bioestimulante sobre la producción de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista de I+D Tecnológico*, 20(2).
- Rincón, L. J. (2024). *Efecto de bioestimulantes en la producción y calidad de la fresa (Fragaria ananasa cv. Albion) bajo estrés hídrico*. saltillo: Terra latinoamerica.
- Rivas, M. L. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la vainilla tahitensis. *Ecociencia*, 8(6), 25-38.
- Rivera, G. G. (2024). Efecto de la Concentración de la Solución Nutritiva en el Contenido de Nitratos y Calcio en el Extracto Celular del Peciolo en Pepino (*Cucumis sativus* L.). *Tesis de licenciatura*. Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rivera, M. A. (2017). Valuación del efecto de tres bioestimulantes en el cultivo de rosa (rosa sp.) De la variedad freedom cayambe, pichincha. *Tesis de licenciatura*. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7b2927bf-75b9-4a74-a635-2077409b076b/content>
- Rodrigues, M. (2020). Bioestimulantes vegetales organicos y calidad de la fruta. *Tesis de licenciatura*. Campinas: Departamento de biologia vegetal, instituto de biologia, universidad estatal de campinas, brasil.
- Rodríguez, E. Q. (2018). Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Villa Clara, Cuba: Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”.
- Rodríguez, J. N. (1992). Acción del stimulate en el crecimiento y llenado de mazorcas en maíz (*Zea mays* L.). 9(1), 115-118. *Tesis de licenciatura*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co//index.php/agrocol/article/view/21159>
- Salazar, R. Y., & Alfonso, M. J. (2021). *Ecovoida. Centro de investigaciones y servicios ambientales* . Obtenido de Biostimulants. An alternative for Cuban agroecological development: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439130>
- Sánchez, C. N. (2023). Efecto del ácido giberélico sobre el rendimiento y calidad del mango 'Kent' (*Mangifera indica* L.) en el distrito de Motupe, Lambayeque. *Tesis de licenciatura*. Lambayeque: Universidad nacional pedro ruiz gallo facultad de agronomía. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12864?utm_source.com
- Sandí, M. C. (2016). Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (*cucumis sativus* l.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de san carlos, costa rica. *Tesis de licenciatura*. Quesada, Costa Rica, Centroamericano: Instituto tecnológico de costa rica sede regional san carlos. Obtenido de <https://hdl.handle.net/2238/9837>

- SIAP. (2020). Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/de-la-familia-de-las-cucurbitaceas-el-pepino-es-el-consentido?idiom=es>
- SIAP. (2022). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de El pepino y su vocación exportadora: <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/el-pepino-y-su-vocacion-exportadora?idiom=es>
- SIAP. (2024). Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. *Panorama agroalimentario: cultivo de pepino*. Obtenido de <https://panorama.agricultura.gob.mx/vista/panorama-agroalimentario.php>
- SIAP. (2024). *Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de Panorama Agroalimentario: <https://panorama.agricultura.gob.mx/vista/productos.php>
- Steiner, A. (1961). The universal nutrient solution. *Publicación científica / libro técnico*. California Agricultural Experiment Station, University of California.
- Stores, A. A. (2021). *Aevus biotecnología*. Obtenido de Las plantas también se estresan: tipos de estrés en plantas: <https://aevus.mx/ciencia/tipos-estres-plantas/>
- Tuncay, T., Güliz, Haskaraca, & Zehra, A. (2024). The effects of ethylene scavenging-active packaging and storage temperature on quality and shelf life of cucumber (*cucumis sativus* L.). *The Journal of Food*, 49(6), 1074-1094. doi:<https://doi.org/10.15237/gida.GD24070>
- USAID. (2007). *Proyecto de diversificación económica rural*. Obtenido de Manual producción de pepino: https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/259/manual_de_produccion_de_pepino.pdf?sequence=1
- Vassilev, A. (2017). Bioestimulantes inorgánicos como productos alternativos de protección vegetal. *Revista sobre protección de plantas, semillas, fertilizantes y agricultura*. Obtenido de <https://www.plant-protection.com/es/article/667?lang=es>
- Vazquez, A. V. (2008). Evaluación de biomasa y componentes del rendimiento en pepino (*cucumis sativus* L.) Bajo macrotúneles con cubiertas fotoselectivas y campo abierto. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Vega, D. N., & Pacheco, D. Y. (2025). Efecto de reguladores de crecimiento en el rendimiento y calidad de triticale forrajero (X *Triticosecale* Wittmack) asociado con avena cultivado a 4107 msnm. *Tesis de pregrado*.
- Velásquez, M. L. (2025). Efecto de la citoquinina en el cultivo de coliflor. *Tesis de licenciatura*. Huacho – Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/11146>
- Venica, J. C. (2023). *Evaluación del efecto de bioestimulantes en el cuajado de paltas (Persea americana Mill), en condiciones de estrés*. Universidad Nacional Del Noroeste Facultad De Cs. Agrarias.

- Viscaino Guaras, E. E. (2023). Respuesta del cultivo de rosa Variedad Explorer a la aplicación de dos tipos de bioestimulantes. *Tesis de licenciatura*. Ecuador, Pichincha, Quito: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29973>
- Wu, J., Zhong, H., & Ma, Y. (2024). Efectos de diferentes bioestimulantes sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas de vid sometidas a estrés por altas temperaturas. *Horticulturae*, 10(3). doi:<https://doi.org/10.3390/horticulturae10030269>
- Yuritzi, V. C. (2021). Variación de las Características de Rendimiento en Frutos de Pepino Europeo *Cucumis sativus* L. Tratados con Bioestimulantes. *Tesis de licenciatura*. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:67214/Description>
- Zárate, M. W. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía Mesoamericana*, 32(3). doi:<https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101>

Anexos

Cuadro 15. Resultado de pruebas de medias para las variables agronómicas: Altura de planta (ADP), diámetro de tallo (DDT), número de entrenudos (NDE), distancia entre entrenudos (DE), índice SPAD y número de hojas (NDH).

TRATAMIENTO	ALTURA DE PLANTA (Metros)	DIÁMETRO DE TALLO (Milímetros)	NUMERO DE ENTRENUDOS (Numeración)	DISTANCIA ENTRENUDOS (Centímetros)	CLOROFILA EN SPAD	NUMERO DE HOJAS (Numeración)
Testigo	238 A	11 A	37.44 A	6.38 A	65.54 A	38 A
Stimulate	228.11 A	11.61 A	37.11 A	6.15 A	65.77 A	37.66 A
Bio-Forge	224.67 A	11.25 A	37 A	6.09 A	70.51 A	37.44 A
N-Large	226.33 A	11.35 A	34.66 A	6.58 A	70.24 A	35.55 A
X-Cyte	219.33 A	11.5 A	36.33 A	6.03 A	68.6 A	36.66 A

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

Cuadro 16. Resultado de pruebas de medias para las variables de rendimiento: Rendimiento (RTO) y peso promedio del fruto (PPF) en el cultivo de pepino.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (Gramos)	PESO PROMEDIO FRUTO (Gramos)
Testigo	3256.9 A	471.91 C
Stimulate	4033.6 A	594.24 A
Bio-Forge	3774.1 A	513.66 BC
N-Large	4032.3 A	602.28 A
X-Cyte	3590.9 A	544.39 AB

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

Cuadro 17. Resultado de pruebas de medias para las variables de calidad: Firmeza de fruto (FDF), °Brix (B), pH del fruto (PDF), largo de fruto (LDF) y diámetro de fruto (DDF) en el cultivo de pepino.

TRATAMIENTO	FIRMEZA DEL FRUTO (Kilogramos)	°BRIX	PH FRUTO	LARGO DE FRUTO (Centímetros)	DIÁMETRO DE FRUTO (Centímetros)
Testigo	6.52 A	3.25 A	5.48 A	22.93 B	58.08 B
Stimulate	6.85 A	3.45 A	5.24 AB	24.48 AB	62.96 A
Bio-Forge	6.77 A	3.21 A	5.13 B	24.71 A	62.37 A
N-Large	6.94 A	3.14 A	5.32 AB	24.47 AB	60.77 AB
X-Cyte	6.91 A	3.28 A	5.21 B	24.57 AB	61.64 A

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