

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Aplicación de Ácido Naftalenacético y 6 Benciladenina para el Control de Abortos en el Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:

**RODRIGO MORALES GARCIA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Aplicación de Ácido Naftalenacético y 6 Benciladenina para el Control de Abortos en el Pepino (*Cucumis sativus* L.)

Por:

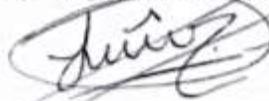
**RODRIGO MORALES GARCÍA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



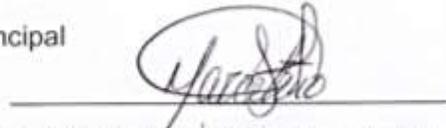
Dr. Antonio Juárez Maldonado

Asesor Principal



M.C. Lino Jeremías Ramírez Pérez

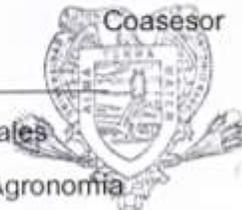
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coasesor  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2017

## DEDICATORIAS

### A mi familia:

#### Mis padres

A mi madre la Sra. **Jesús Emilia García Vega** por estar conmigo en los mejores y peores momentos, por siempre creer en mí y cuando no tenía a quien acudir, sabía que podía contar contigo, cuando todos los caminos se cerraban, tu puerta era la única siempre abierta y cuando todo se ponía difícil ahí estabas tú a mi lado diciéndome que todo saldría bien. Gracias Mamá por todo lo que hiciste y por todo lo que serias capaz de hacer si te lo hubiera pedido, sin ti no sería quien soy actualmente todo te lo debo a ti.

A mi padre el **Sr. Oscar Rene Morales Vargas** muchas gracias papá porque tus consejos me ayudan a tomar las decisiones correctas, porque tu esfuerzo ha hecho que no me falte nada y porque tu amor me ha enseñado a amar a los que me rodean.

#### Mis hermanos

**Israel** por estar en los momentos en los que te necesito y por confiar en mí, por ayudarme cada vez que te necesitaba y darme palabras de aliento al hablar contigo.

**Juan de Dios** por dedicarme tiempo en esas pláticas sobre los momentos que hemos vivido y la confianza que deposita en mí y por hacerme reír con sus tonterías.

**Everardo** por su apoyo, por estar ahí en todo momento y darme consejos cada vez que los necesitaba, los quiero mucho hermanos.

A mis abuelitas **Praxedis** y **Rosalinda**, a toda mi familia por creer en mi los quiero a todos.

## AGRADECIMIENTO

A mi **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por ser mi casa de estudio y darme la oportunidad de formalizarme de manera profesional para poder ser alguien en la vida competente.

Al **Dr. Antonio Juárez Maldonado** por compartirme su conocimiento y profesionalismo durante el trabajo de investigación en el cual me permitió ser parte de él, por su comprensión y experiencia dedicado hacia mí.

Al **M.C. Lino Jeremías Ramírez Pérez** por la importancia que le dedico al proyecto de investigación y el conocimiento que me impartió durante toda esta etapa.

Al **Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente** por su importante y valiosa orientación y consejos que sirvieron para fortalecer este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la carrera de la generación CXXIII, por brindarme su amistad y compañerismo cada vez que lo necesitaba.

A mis amigos **Saul, Nelly, Lupita, Yoselin, Cano, Lili, Devora** y **Aleida** por estar siempre que los necesito y en especialmente a **Saul y Nelly** que me ayudaron con el trabajo de investigación, los quiero mucho a todos.

Agradezco en especial a **Lorenzo Manuel Arias Hernández** por estar siempre cuando lo necesito y acompañarme siempre en los mejores y peores momentos, por demostrarme su afecto todo el tiempo y sin que se lo pidiera, ojalá que nunca pierda a personas como tú.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Origen .....	4
Importancia del cultivo en México .....	4
Clasificación taxonómica .....	5
Descripción botánica .....	5
Tutorado .....	5
Plagas en el cultivo de pepino .....	6
Enfermedades del cultivo de pepino .....	6
Reguladores de crecimiento .....	7
Importancia de los reguladores de crecimiento en la agronomía .....	12
Auxinas .....	12
Aplicación de auxinas en cultivos agrícolas .....	14
Aplicación de auxinas en el cultivo del pepino .....	15
Citoquininas .....	15
Aplicación de las citoquininas en cultivos agrícolas .....	17
Aplicación conjunta de auxinas y citoquininas en cultivos agrícolas .....	18
<b>METODOLOGÍA</b> .....	20
Ubicación del experimento .....	20
Descripción del experimento y tratamientos .....	20
Variables evaluadas .....	22
Diseño experimental y análisis estadístico .....	22

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	23
Rendimiento .....	24
Abortos totales y número frutos cortados .....	26
Numero de hojas, peso fresco de hojas y peso fresco total .....	30
Diámetro de tallo y altura final .....	33
<b>CONCLUSIONES</b> .....	36
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diseño de la distribución del experimento y las concentraciones de cada tratamiento (6 repeticiones de c/u).....	22
<b>Tabla 2.</b> Comparación de medias para cada factor de las variables evaluadas del cultivo de pepino.....	23
<b>Tabla 3.</b> Rendimiento del cultivo de pepino.....	25
<b>Tabla 4.</b> Número de abortos totales del cultivo de pepino.....	28
<b>Tabla 5.</b> Número de frutos cortados del cultivo de pepino al final del experimento.....	29
<b>Tabla 6.</b> Número de hojas totales del cultivo de pepino.....	31
<b>Tabla 7.</b> Peso fresco de las hojas y el peso fresco total del cultivo de pepino.....	32
<b>Tabla 8.</b> Diámetro del tallo del cultivo de pepino.....	34
<b>Tabla 9.</b> Altura final del cultivo de pepino.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de auxinas comerciales. ....	9
<b>Figura 2.</b> Tipos de citoquininas comerciales. ....	9
<b>Figura 3.</b> Tipos de giberelinas comerciales.....	10
<b>Figura 4.</b> Etileno comercial.....	11
<b>Figura 5.</b> Estructura del ácido abscísico.....	11
<b>Figura 6.</b> Localización del Departamento de Botánica.....	20

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Saltillo, Coahuila. Se estableció un cultivo de pepino variedad Vítaly SYNGENTA® con el objetivo de evaluar diferentes dosis de ácido naftalenacético (ANA) y 6 bencil adenina (6-BA) para conocer los efectos en el control de abortos, el rendimiento y la mejora del cultivo. Las dosis de ANA fueron de 1, 10 y 15 g/L, las de 6-BA fueron de 1, 5 y 10 ml/L, más las combinaciones de estos, totalizando en 16 tratamientos. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, abortos totales, número de frutos cortados, número de hojas, peso fresco de hoja, peso fresco total, altura final y diámetro de tallo. El diseño experimental fue factorial. Los resultados arrojaron que la dosis de 1 ml de 6-BA presentó el mejor rendimiento, por otra parte, el tratamiento de 15 g de ANA y 1 ml de 6-BA presentó la mayor incidencia de abortos y el que menos presentó fue a dosis de 15 g ANA y 10 ml de 6-BA, esto pasó por que el bloque ya no produjo frutos, sin embargo, el mejor tratamiento para el control de abortos es a concentraciones de 1 g de ANA y 10 ml de 6-BA. Para el número de frutos cortados la mejor dosis fue la de 1 ml de 6-BA. Las hojas se favorecen en concentraciones de 15 g de ANA y 1 ml de 6-BA. Por otra parte, el peso fresco aumentó en concentraciones de 1 ml de 6-BA o 1 g de ANA. El resto de las variables son favorecidas a concentraciones de 15 g de ANA. La aplicación de altas concentraciones tanto de auxina (ANA) como de citoquininas (6-BA) provocan efectos negativos sobre las plantas, ya que estos detienen el

crecimiento y desarrollo de las mismas, lo que se recomienda utilizarlas a concentraciones razonables para el fortalecimiento del cultivo.

**Palabras clave:** Rendimiento, control de abortos, variables agronómicas, ácido naftalenacetico, 6 bencil adenina.

## INTRODUCCIÓN

En México, el pepino (*Cucumis sativum* L.) es una hortaliza que se ha difundido rápidamente entre los agricultores y consumidores del país, llegando a obtener el reconocimiento de ocupar el primer lugar como proveedor de las importaciones americanas de pepino, ya que de la producción total nacional el 80% es exportado. El 85 % de esta exportación es dirigida específicamente a EU, esto debido a las condiciones climáticas que presenta, por lo que la producción de pepino se hace más costoso (SAGARPA-CONACYT, 2009).

Los reguladores de crecimiento llamados también fitohormonas u hormonas de crecimiento son compuestos orgánicos diferentes a los nutrientes naturales, que tienen la capacidad de fomentar, inhibir o modificar el desarrollo de las plantas, dependiendo del regulador que se esté suministrando. En la actualidad existen 5 tipos de reguladores de crecimiento; las auxinas, las giberelinas, las citoquininas, el etileno y ácido abscísico (Azcon-Bieto, 2008). Estos reguladores de crecimiento son utilizados en diversos campos de la agronomía, para combate de malezas, desarrollo del fruto, defoliación, propagación vegetativa y el control de tamaño de planta, entre otras (Zeiger, 2006).

En un estudio sobre el efecto de ácido naftalenacético (ANA) en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) para mejorar el enraizamiento en la formación de acodos aéreos, donde se aplicaron concentraciones de 0, 2000, 4000, 6000 y 8000 mg/kg, se demostró que a las siete semanas se registró un 100% de acodos

enraizados (4000 mg/kg), con 10.5 raíces por acodo y 6.69 cm de longitud de la raíz más larga en el cultivo de guayaba (Villalobos y Fernández, 2004).

Castañeda-Nava y Santacruz-Ruvalcaba en el 2006, llevaron a cabo un experimento sobre propagación masiva *in vitro* de pata de elefante (*Beaucarnea recurvata*), donde aplicaron 6 bencil-adenina (6 BA) a concentraciones de 0, 2.5, 5 y 7.5 mg/L, lo cual al paso de 65 días el análisis estadístico demostró que a concentración de entre 0 y 2.5 mg/L de 6 BA favorece la proliferación de yemas axilares, posteriormente se demostró que la aplicación de cualquiera de las dosis pudo estimular la proliferación de las yemas axilares sobre esta especie, tomando en cuenta que el mejor tratamiento presentó el promedio más alto en la producción de brotes (10.93 brotes por explante) con la dosis de 5 mg/L.

El ácido neftalenacético y 6 bencil-adenina, son reguladores de crecimiento que tienen propiedades para inhibir la aparición de abortos aumentando la producción de frutos de pepino (Benalcazar y Rodríguez, 2016), por lo tanto, el uso de estos puede ser una alternativa para el control de frutos abortados en la etapa de fructificación del cultivo de pepino, que ha sido un problema para los productores de esta hortaliza ya que representa una pérdida de casi el 50% de la producción.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar el efecto de la aplicación de ácido naftalenacético y 6 benciladenica sobre el aborto de frutos de un cultivo de pepino.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar las respuestas morfológicas de la planta de pepino después del tratamiento con los reguladores de crecimiento.
2. Determinar si la aplicación de reguladores de crecimiento genera efectos adversos en las plantas de pepino.
3. Calcular el porcentaje de abortos de frutos de pepino después de la aplicación del tratamiento de auxinas y citoquininas.

## **HIPÓTESIS**

Las auxinas y citoquininas pueden controlar la incidencia de abortos del fruto en el cultivo de pepino, además de mejorar las características agronómicas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen

De acuerdo a estudios con secuenciación de ADN y marcadores moleculares, se ha demostrado que el género *Cucumis* tiene su origen en el sureste de Asia (Sebastian *et al.*, 2010). Sin embargo, no se conoce con exactitud el origen del cultivo del pepino, al parecer se empezó a cultivar en el sudeste y este de Asia por los países de China y Japón, expandiéndose a los territorios cercanos (Reche, 2011). Otros dicen que es del sur de Asia, donde se cultivaba en la India hace más de 3,000 años, fue adoptado como alimento en Grecia y Roma, fue extendido en toda Europa por los romanos y posteriormente en América por Cristóbal Colon (Zamudio *et al.*, 2014).

### Importancia del cultivo en México

El cultivo del pepino es muy importante porque tanto en el mercado mexicano como internacional es una hortaliza con gran demanda pues tienen un elevado índice de consumo, ya que se puede consumir en fresco como procesado (Alonzo-Torres, 2007).

México ocupa el primer lugar como proveedor de las importaciones a diferentes países de América, ya que de su producción total el 80% va destinado a la exportación. De esto, el mercado de Estados Unidos de América importa el 85% del total de exportación mexicana lo que lo hace un cultivo de importancia para nuestro país. Este alto porcentaje de exportaciones se le atribuye a que el pepino es una hortaliza muy difícil de producir en aquel país, aunque en México el costo de producción sea más alto (SAGARPA-CONACYT, 2009).

## **Clasificación taxonómica**

El pepino ha sido clasificado de la siguiente manera (Lara, 2013):

Reino: *Metaphyta*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Violales*

Familia: *Cucurbitacea*

Género: *Cucumis*

Especie: *sativus* L.

El nombre común del pepino es: en español pepino cohombro, en inglés cucumber, en francés cocombre y en italiano cetriolo.

## **Descripción botánica**

Hierbas anuales, postradas, tallos angulosos, hispídeos, zarcillos simples, densa o esparcidamente hispídulos, hojas pecioladas, pecíolos 4.0-7.0 cm largo, hispídeos; láminas 8.0-12.0 cm largo, 6.0-11.0 cm ancho, cordado-triangules, angulosamente 3-5-lobadas, el lóbulo terminal triangular, acuminado, ambas superficies hispídas (CONABIO, 2008).

## **Tutorado**

Se recomienda hacer esta actividad antes de la siembra para evitar dañar el cultivo después de esta, es imprescindible para mantener la planta erguida aprovechando aireación, mayor aprovechamiento de radiación solar y labranzas

culturales con mayor facilidad. Todo esto repercute positivamente en la calidad y la producción del fruto. Se recomienda usar hilo blanco para repeler enfermedades, plagas o virus, amarrando ambos extremos y con una altura de 2 metros o más para que tenga un buen sostén y sea más largo que el tallo del cultivo mismo (Arias, 2007).

### **Plagas en el cultivo de pepino**

Existen diferentes especies patógenas denominadas insectos plaga para el cultivo de pepino, de los cuales se puede mencionar el minador de la hoja (*Liriomiza* spp.), que se alimenta principalmente de los frutos y el interior de las hojas (Garza, 2001; Jiménez y Mejía, 2010), pulgones (*Aphididae* spp.), mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y trips (*Frankliniella occidentalis*) que se caracterizan principalmente por alimentarse del mesófilo de la hoja, además, son plagas resistentes a diversos insecticidas, ya que puede atacar y acabar a los estadios más maduros pero resultan ineficientes para el huevecillo que puede persistir en diversas partes de la planta y en el suelo (Franco *et al.*, 2014; Vázquez *et al.*, 2014; Cabello y Cañero, 1994).

### **Enfermedades del cultivo de pepino**

Las enfermedades son un agente de infección el cual se le adjudica la disminución de la producción y muerte de la planta, principalmente las enfermedades que atacan a las etapas fisiológicamente jóvenes del cultivo (Arcaya *et al.*, 2004). Las enfermedades del cultivo se presentan tanto por hongos y virus ya que dejan susceptible a la planta a ser atacados, de los cuales se puede mencionar el virus del mosaico de las cucurbitáceas (Cucumber Mosaic Virus

CMV), antracnosis (*Coniothyrium fuckelii*), mildiu lanoso (*Peronospora destructor* (Berk.) Casp. en Berk), mildiu polvoriento (*Erysiphe cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea*), además del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y temprano (*Alternaria solani*) que atacan a las diferentes partes vegetativas de la planta y al mismo fruto, dichas enfermedades son causadas por diferentes agentes patógenos como hongos de diferentes órdenes de los cuales se pueden mencionar los del orden Erysiphales y Oomycota (Casaca, 2005; Sanchez *et al.*, 2004; Pozo *et al.*, 2004).

### **Reguladores de crecimiento**

Los reguladores de crecimiento (RDC) son unas sustancias orgánicas que se encuentran a muy baja concentración, se sintetizan en determinado lugar de la planta y se transportan a otro, que es donde ejercen sus efectos reguladores (FAGRO, 2012).

Los reguladores de crecimiento vegetal han sido empleados en la producción de diferentes cultivos y tienen la peculiaridad de ofrecer distintas respuestas en el momento en el que se emplean y según a la concentración en las que son aplicados (Sánchez, 2004).

Cabe mencionar que el término reguladores de crecimiento no tiene nada que ver con el término de hormona de crecimiento, ya que estas últimas son aquellas sustancias orgánicas cuya función la ejercen en un lugar diferente al que fue sintetizada (Gonzales, 2010) y los RDC se pueden definir como sustancias sintéticas que pueden ser homologas a las hormonas o no y cumplen funciones parecidas a estas (INTAGRI, 2015).

Los reguladores de crecimiento se clasifican en cinco grandes grupos con cualidades tanto bioquímicas y por el efecto que pueden causar o inducir en la fisiología y morfología de la planta (Azcon-Bieto, 2008), estos grupos son:

- Auxinas
- Citoquininas
- Giberelinas
- Ácido abscísico
- Etileno

En base a las características y el efecto que generan los reguladores de crecimiento se pueden clasificar por promotores (son aquellos que fomentan el crecimiento), inhibidores (aquellos que inhiben el crecimiento) y retardantes (son todos aquellos que retardan el crecimiento) (Cossio, 2013).

Las auxinas fueron las hormonas que abrieron la ciencia de la regulación del crecimiento en plantas, con la identificación del ácido indolacético en las plantas, se sintetizan en los meristemos apicales de los tallos y son transportadas hacia la parte inferior de la planta a través del parénquima que rodea a los ejes vasculares. Posteriormente, se sintetizaron hormonas de origen sintético que tenían las mismas capacidades de las auxinas, como el ácido naftalenacético, el ácido 2,4 diclorofenoxiacético y finalmente el ácido indolbutírico. El ácido naftalenacético y ácido indolbutírico, mucho más efectivos y estables que el ácido indolacético, ya que ayudan a la formación de las raíces (Aguilar *et al.*, 2005).

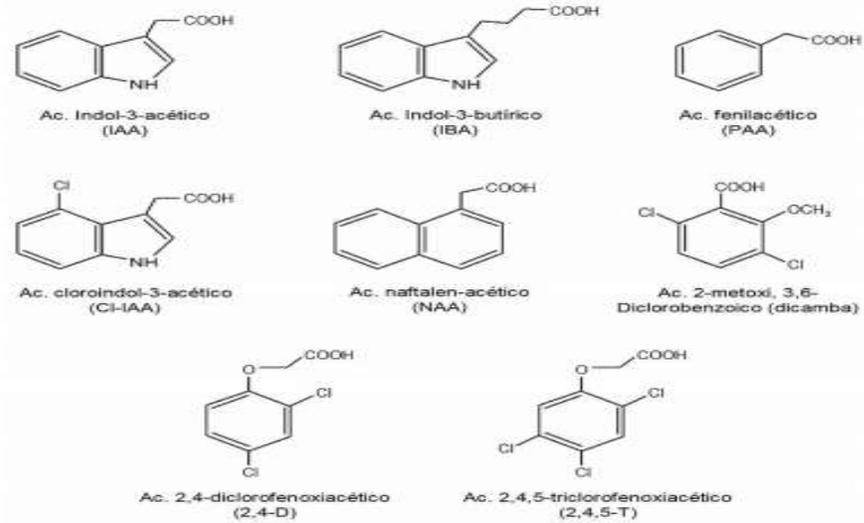


Figura 1. Tipos de auxinas comerciales. (Squeo y Cardemil, 2006). Fuente: Fisiología Vegetal. Universidad de La Serena, La Serena, Chile.

Las citoquininas fueron descubiertas en la leche de coco, además de que también se encontraban en el extracto de malta. En ornamentales para promover la brotación lateral se utiliza la benciladenina, además frena la dominancia apical, retrasar la senescencia en las hojas y flores, y frena la amarillez en las hojas de tallos cortados floríferos almacenados en la oscuridad (Retamales, 2005), estas se sintetizan en el meristemo apical de las raíces, aunque también se encuentran en abundancia en frutos y semillas inmaduras.

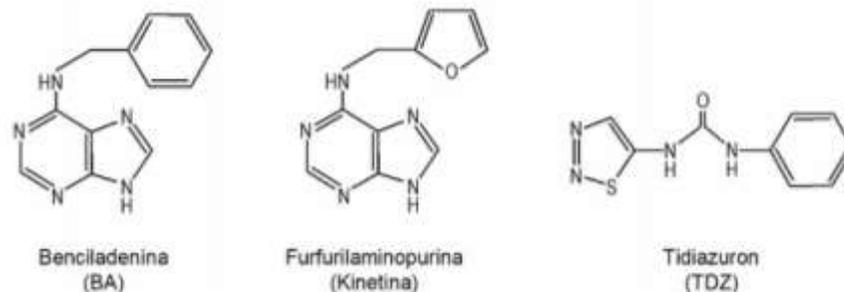


Figura 2. Tipos de citoquininas comerciales. (Squeo y Cardemil, 2006). Fuente: Fisiología Vegetal. Universidad de La Serena, La Serena, Chile

Las giberelinas deben su nombre a que fueron descubiertas en un hongo del género *Gibberella* por científicos japoneses, dicho hongo segregaba una sustancia química que hacía que los tallos de arroz alcanzaran una gran altura antes de caer, a este fenómeno se le llamo *bakanea* o "plántulas tontas", hay 110 tipos de giberelinas pero solo pocas están activas biológicamente y son sintetizadas en los meristemas apicales, hojas jóvenes y embriones (De la Rosa, 1997).

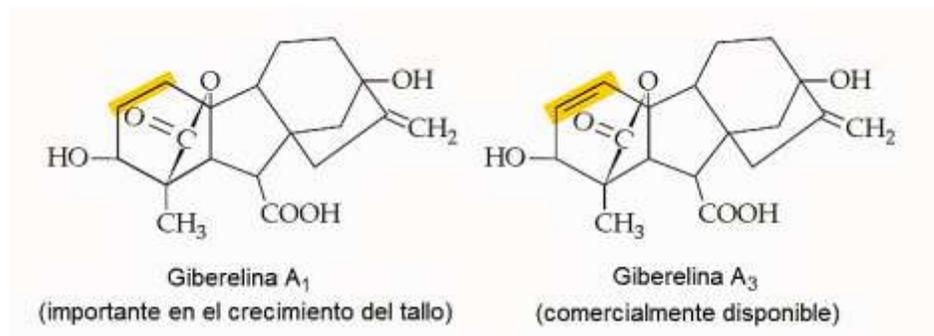


Figura 3. Tipos de giberelinas comerciales. (Squeo y Cardemil, 2006).

Fuente: Fisiología Vegetal. Universidad de La Serena, La Serena, Chile

El etileno es la única hormona vegetal que se encuentra en forma gaseosa, tiene la peculiaridad de que además de encontrarse en vegetales se pueden presentar en bacterias, hongos, musgos, hepáticas, helechos y otros organismos. Siendo un gas se puede mover rápidamente entre los tejidos por difusión, además en mínimas cantidades ya está causando efectos en la planta (Jordán, 2006), se sabe que todos los órganos de la planta pueden producir esta sustancia y se incrementa su producción en condiciones de estrés (Balaguera-Lopez *et al.*, 2014).

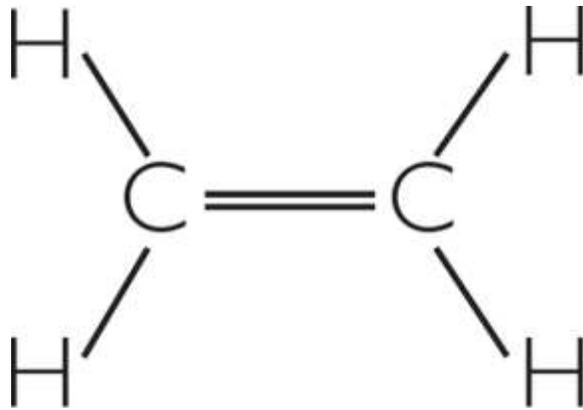


Figura 4. Etileno comercial. (Squeo y Cardemil, 2006).

Fuente: Fisiología Vegetal. Universidad de La Serena, La Serena, Chile

El ácido abscísico (ABA) es un regulador de crecimiento que se le asociada con la inhibición de varios procesos fisiológicos de la planta. El ABA es importante en la aclimatación de las plantas a condiciones de sequía, frío, salinidad, en el desarrollo de la latencia e inhibición de la germinación de semillas (Assmann, 2010); regula el balance de agua en plantas en condiciones de estrés: con el cierre estomático y con la manutención de absorción de agua por la raíz (Li *et al.*, 2006), es un regulador terpenoide sintetizada en las hojas, tallos, raíces y frutos verdes (Murray y Nabor, 2006).

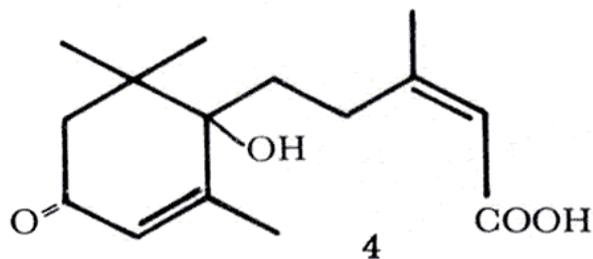


Figura 5. Estructura del ácido abscísico. (Squeo y Cardemil, 2006).

Fuente: Fisiología Vegetal. Universidad de La Serena, La Serena, Chile

## **Importancia de los reguladores de crecimiento en la agronomía**

Chavez *et al.* (2012), mencionaron que los reguladores de crecimiento tienen gran importancia en la agronomía ya que ayuda a contrarrestar los efectos al ser expuestos a diferentes tipos de estrés abiótico como lo que son; temperaturas altas, falta de agua o salinidad excesiva, que son una de las principales causas de la pérdida de producción agrícola a nivel mundial.

La regulación del crecimiento de las plantas ornamentales con fines comerciales es un aspecto vital en la producción ornamental, puesto que permite mejorar su calidad visual (tamaño, compacidad, ramificación, color, etc.) y su calidad fisiológica (resistencia a estrés, salida del reposo, mejorar la poscosecha, etc.) (Retamales, 2005).

## **Auxinas**

Las auxinas son hormonas que participan durante todo el ciclo de vida de las plantas y son particularmente interesantes ya que se distribuyen diferencialmente dentro de los tejidos lo que puede dar como resultado alteraciones morfogénicas (Garay *et al.*, 2014).

Según Jordán y Casaretto, (2006) las auxinas afectan el crecimiento de varias formas:

- Inician el crecimiento de las raíces en estacas.
- Estimulan la separación de las hojas viejas de los tallos (abscisión).
- Mantienen la dominancia apical.
- Promueven el alargamiento del tallo e inhiben al alargamiento de la raíz.

- La auxina promueve la expansión celular aumentando la plasticidad de las paredes celulares.
- Crecimiento de los tallos en relación a la luz, lo que asegura que las hojas reciban una cantidad de luz óptima para la fotosíntesis (Fototropismo).
- Crecimiento de las raíces hacia el suelo (gravitropismo positivo) y de los tallos hacia arriba (gravitropismo negativo).
- Tigmotropismo o crecimiento en respuesta al contacto con un cuerpo duro, lo que produce el movimiento de las raíces alrededor de una roca o de los tallos de las plantas trepadoras alrededor de otras estructuras que le sirven de soporte.

Las auxinas son sintetizadas en las hojas jóvenes, especialmente por las células presentes en los primordios en el meristema apical. También las semillas que están en desarrollo pueden producirlas.

Las auxinas se difunden de célula en célula y estimulan el crecimiento de los tallos a través de la elongación y división celular. Las auxinas pueden transportarse junto con los azúcares y otros compuestos orgánicos que son producto de la fotosíntesis y estos bajan en conjunto por el floema de los tallos hacia el lugar a donde va a realizar su función (Sánchez, 2004).

Fueron las primeras hormonas en descubrirse y su principal función es estimular la elongación de la planta. Se sintetizan en las regiones meristemáticas del ápice de los tallos, producen curvatura del tallo hacia la fuente de luz (fototropismo) y evitan el desarrollo de yemas laterales (Gonzales, 2010).

Una de las aplicaciones más importantes que se les atribuyen a los compuestos auxínicos es la estimulación de la formación de raíces en la reproducción de ejemplares (FAGRO, 2012).

### **Aplicación de auxinas en cultivos agrícolas**

Se han realizado diversos estudios sobre los efectos que pueden causar las auxinas en el organismo vegetal. Se aplicaron diferentes concentraciones de auxinas sobre dos diferentes sustratos para determinar la viabilidad y el potencial de enraizamiento de estacas de agraz, las auxinas utilizadas fueron ácido indolbutírico (AIB), ácido indolacético (AIA) y ácido naftalenacético (ANA), los resultados arrojaron que el AIB y AIA aumentaron la viabilidad de las estacas de agraz, pero que AIB 200 mg/L demostró que es el mejor tratamiento ya que la raíz aumento en un 18.7% después de la aplicación y se mostraron un mayor número de raíces en la planta (Castrillon, 2008).

En la aplicación de giberelinas y auxinas en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) demostró que las auxinas ayudaban en que los frutos mostraban cavidades locales llenas, favoreció la división celular, ayudaba a la expresión de algunos genes del fruto y de acuerdo a los resultados obtenidos, las auxinas inducen la fructificación y crecimiento del fruto de tomate (Martinez, 2008).

Se experimentó con ácido naftalenacético (ANA) para estudiar el efecto de enraizamiento en estacas del cultivo de mandioca *Manihot esculenta*, sumergiendo las estacas en una solución comercial de alfa naftil acetato de sodio 1.3 g en 20 L de agua, durante 8 horas, la aplicación de ANA adelantó la

diferenciación de las raíces e incrementó el porcentaje de materia seca de dichas raíces a partir de los 120 días posteriores a la plantación (Burgos *et al.*, 2009).

Se estudiaron los patrones de distribución de auxinas en *Arabidopsis thaliana* para reflejar los sitios de auxina libre y se encontró que las anteras son los principales sitios de alta concentración de auxina libre que retardan el desarrollo de los órganos florales vecinos, tanto en el acropétalo y direcciones basipétalo, además, el IAA libre se acumula en los granos de polen, lo que sugiere que la auxina promueve el crecimiento del tubo polínico hacia los óvulos (Aloni, 2006).

Se suplemento un medio de cultivo con auxinas para analizar las raíces en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), se observó que el efecto de la auxina aumento la proliferación de la raíz lateral estimulando la actividad de la peroxidasa ASC en la misma parte de la raíz (Krzemiński, 2008).

### **Aplicación de auxinas en el cultivo del pepino**

Vásquez (2014) demostró que al aplicar extractos de algas de las especies *Ulva nematoidea*, *Macrocystis pyrifera* y *Lessonia trabeculata* anteriormente acondicionados con auxinas aumentaban el enraizamiento en el cultivo de pepino a concentraciones de 10, 5, 2.5 y 1.25%, resultando que los extractos de estas especies de algas también son una alternativa para la aplicación de auxinas en el cultivo de pepino para un enraizamiento más eficiente.

### **Citoquininas**

Las citoquininas son hormonas esenciales en la actividad de varios procesos vinculados con el crecimiento y el desarrollo vegetal, esta hormona es derivada

de la base adenina, la primera hormona descubierta de este grupo es la kinetina en los 50's (Jordan, 2006).

Las citoquininas se sintetizan principalmente en la raíz y se transportan a los demás órganos de la planta a través del xilema y floema; esto indica que el transporte es xilema-floema. Se transportan por vía acrópeta, desde el ápice de la raíz hasta las hojas, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema (Pérez, 2006).

Efecto de las citoquininas sobre las plantas:

- Control de división y diferenciación celular
- Contrarresta dominancia apical
- Retrasa el envejecimiento de las hojas
- Impulsan el crecimiento de las yemas
- Aumentan la longevidad de las hojas
- Regularn la apertura estomática

Weisner (1892) y Haberland (1913) propusieron que existían hormonas que estimulaban la división celular y fue Miller *et al.* (1955) quienes aislaron de tejidos animales los compuestos que estimulaban la división celular en plantas, a este compuesto se le llamo cinetina (De la Rosa, 1997).

Los diferentes tipos de citoquininas son zeatina (*Zea mays*), kinetina y benciladenina (Alvarado-Raya *et al.*, 2000).

Las citoquininas se han detectado en todas las plantas principalmente en meristemas en división celular, semillas de germinación, frutos en maduración y

en raíces en desarrollo, estas hormonas se han detectado en concentraciones más bajas que cualquier otra hormona (FAGRO, 2012).

### **Aplicación de las citoquininas en cultivos agrícolas**

Se llevó a cabo un experimento donde se mutó un gen receptor de citoquinina en *Lotus japonicus* que condujo al crecimiento espontáneo de nódulos de raíces en ausencia de rizobios o moléculas de señal rizobios (Tirichine, 2007).

Induciendo los brotes de rosa a florecer *in vitro* aplicando sacarosa y diferentes concentraciones de citoquininas (N6 - benciladenina (BA); tidiazurón (TDZ) y zeatina) en la solución Murashige y Skoog (MS). Los resultados indican que la sacarosa es el factor clave en la morfogénesis floral, mientras que la citoquinina aumenta el porcentaje de floración y ayuda al desarrollo normal de los brotes florales (Hong-Vu, 2006).

Vilchez *et al.* (2009), evaluaron diferentes concentraciones de N6 bencilaminopurina (6-BAP) en *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott *in vitro*, las concentraciones aplicadas fueron 0, 2, 3, 4 mg/L de 6-BAP, evidenciando que 2 mg/L de 6-BAP ayudaban en la inducción del crecimiento de brotes, concluyendo que el uso de 6-BAP logró mejor la multiplicación y la calidad de los brotes de ocumo comparado con el control.

Flores *et al.* (2008), analizaron la acción de las citoquininas en la planta *Solidago x luteus* en condiciones fotoperiódicas opuestas: días largos (DL) 18 h y días cortos (DC) 8 h, en la primera fase se aplicaron los siguientes tratamientos; 1) Ácido Giberélico (GA<sub>3</sub>) 10<sup>-4</sup> M, 6-benzilaminopurina (6-BA) 10<sup>-4</sup> M y GA<sub>3</sub> 10<sup>-4</sup> M

más 6-BA  $10^{-4}$  M; 2) GA<sub>3</sub>  $10^{-4}$  M, Kinetina (KI)  $10^{-4}$  M y GA<sub>3</sub>  $10^{-4}$  M más KI  $10^{-4}$  M y 3) KI  $10^{-4}$  M. En la segunda fase a través de cromatografía de capa fina y cuantificados por la prueba de Elisa se analizaron los extractos vegetales arrojaron resultados que determinaron la actividad de las citoquininas en extractos de hojas y botones florales al inicio del tratamiento en DL y DC, demostrando que KI acelera la antesis floral en el fotoperiodo de DC.

### **Aplicación conjunta de auxinas y citoquininas en cultivos agrícolas**

Arellano *et al.* (2008), demostraron que la aplicación tanto de auxinas como de citoquininas tenían importancia en la estimulación de la síntesis de ADN durante las horas tempranas de germinación dependiendo de la sacarosa en el medio imbibición, los resultados en ausencia de estos reguladores de crecimiento es que aun que existía concentraciones de sacarosa esta no afectaba a la síntesis de ADN.

En otro estudio se cultivaron plantas de *Morinda citrifolia in vitro* con diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas, demostrando que se acumulan más nutrientes cuando se agregó AIB y ANA, esto hizo que disminuyera la antraquinona, los compuestos fenólicos y los flavonoides contenidos, cuando la raíz fue tratada con quinetina y tidiazuron el peso fresco y seco disminuyó, pero el contenido de metabolitos secundarios aumentó, arrojando resultados concretos de que AIB es útil para el crecimiento y producción de metabolitos secundarios en raíces adventicias de *M. citrifolia* (Baque *et al.*, 2010).

Experimentos realizados en *Phoenix dactylifera* demostraron que las aplicaciones bajas de la combinación de auxinas y citoquininas promueven la

formación de yemas y brotes en esta especie, en cambio en concentraciones altas estos son inhibidos, al ser implementado 0.20 mg/L de kinetina + 0.10 mg/L de 2ip + 0.10 mg/L de BAP + 0.10 mg/L de IAA + 0.10 mg/L de NOA + 0.10 mg/L NAA dieron como resultado que el peso fresco y seco de la planta aumento considerablemente (Al-Khateeb, 2006).

Se sabe que en una gran cantidad de plantas presenta un problema fenológico llamado dominancia apical, esto se refiere a que del ápice del brote libera las yemas axilares de su letargo y comienza a crecer fuera, en este trabajo de demostró que las auxinas derivado del ápice del brote suprime el brote consecuencial y las citoquininas estimula por efecto de la decapitación axilar del ápice la excrecencia y el crecimiento de las yemas (Shimizu-Sato *et al.*, 2009).

Chapman y Stelle (2009), experimentaron con la citoquinina ayudando a promover la diferenciación celular en raíces de las plantas mediante la represión de tanto el transporte de auxina y las respuestas a la auxina en el límite entre el meristemo y la zona de elongación de la raíz.

## METODOLOGÍA

### Ubicación del experimento

El experimento se desarrolló en el Departamento de Botánica, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, situada exactamente en una longitud norte 25° 21´ y longitud oeste 101° 03´, con una elevación de 1781 msnm (Figura 6).

El experimento se estableció en un invernadero tipo túnel de dos naves, cubierto por plástico color blanco, implementado con cortinas móviles y estructura de metal, haciéndolo un invernadero de media tecnología.

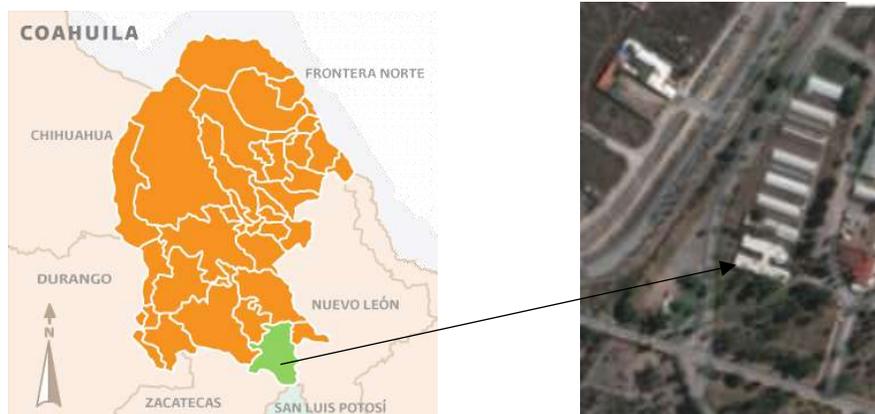


Figura 6. Localización del Departamento de Botánica.

### Descripción del experimento y tratamientos

Se utilizó suelo calcáreo como sustrato y como contenedor se utilizaron bolsas de plástico con un volumen de 4 L. Como característica particular de este suelo es que contiene grandes cantidades de carbonatos de calcio ( $\text{CO}_3$ ) que es característico de la región norte del país. Se sembró una semilla de pepino cv. Vítaly (SYNGENTA®) por cada maceta, además, se implementó un sistema de

riego por goteo. Con un temporizador se programó el riego con una duración de dos minutos y tres veces por día, así mismo, la duración del riego se incrementó de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo. Para la nutrición se utilizó la solución nutritiva Steiner al 75% que contenía; nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)$ , sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ), nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) y un producto comercial llamado “Ultrasolmicro” para proporcionar los micronutrientes. Se realizó tutorado con rafia color blanco para evitar el acame de la planta, el cual consistió en enredar el tallo de forma que no resultara dañino para la planta y sus estructuras vegetativas, además de la eliminación de yemas axilares para el crecimiento de la guía principal del cultivo, evitando la distribución de nutrientes y requerimientos de la planta para estos tallos. Por último, se realizó la eliminación de los 3 primeros frutos para la estimulación de crecimiento de la planta y la formación de nuevos frutos.

La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo haciendo una solución con los reguladores de crecimiento en las diferentes dosis, las cuales se asperjaron con un atomizador de mano sobre el cultivo, de forma que todas las partes vegetativas de la planta quedaran cubiertas por dicha solución. La auxina que se utilizó fue ácido naftalenacético (ANA) de un producto comercial llamado RAIZAMIN® y la citoquinina 6 benciladenina (6-BA) del producto comercial CYSTAR®, a diferentes dosis y combinadas.

La prueba incluyó los tratamientos distribuidos de la siguiente manera (Tabla 1):

Se consideraron seis repeticiones para cada tratamiento.

Tabla 1. Diseño de la distribución del experimento y las concentraciones de cada tratamiento (6 repeticiones de c/u).

T0-T0	A (0)- C (1)	A (0) – C (5)	A (0) – C (10)
C (0) - A (1)	A (1) - C (1)	A (1) – C (5)	A (1) – C (10)
C (0) - A (10)	A (10) - C (1)	A (10) – C (5)	A (10) – C (10)
C (0) - A (15)	A (15) - C (1)	A (15) – C (5)	A (15) – C (10)

T= testigo, A= auxina (g), C= citoquinina (ml)

### **Variables evaluadas**

Dentro de las variables evaluadas se encuentra el rendimiento, este se determinó pesando cada fruto de pepino cosechado en una balanza digital, así mismo se tomó el registro de cada fruto cosechado. Se determinó el peso fresco de hojas y las demás partes vegetativas de la planta para la determinación del peso fresco total. Se utilizó un vernier digital para medir el diámetro del fruto y diámetro del tallo, así mismo un flexómetro para determinar la altura final de la planta. Finalmente se contabilizó el número de hojas, frutos cortados y la variable de abortos totales que presentó el cultivo.

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño factorial de 4\*4, totalizando en 16 tratamientos con 6 unidades experimentales cada uno (Tabla 1). Para el análisis de datos se realizó un ANOVA y prueba de comparación de medias de LSD Fisher con el paquete estadístico SAS V 9.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de las variables agronómicas relacionadas con el cultivo del pepino y el control de abortos son presentados en las siguientes tablas.

Tabla 2. Comparación de medias de las variables agronómicas evaluadas en el cultivo de pepino al aplicar citoquininas y auxinas.

	Dosis	Rendimiento (kg)	Abortos totales	Frutos cortados	Numero de hojas	Peso fresco de hoja (kg)	Peso fresco total (kg)	Diámetro del tallo (mm)	Altura final (m)
Auxina (g/L)	0	1.62 AB	11.71 A	5.49 A	23.68 B	0.180 B	2.01 AB	8.12 B	1.78 A
	1	1.73 A	11.29 A	5.58 A	25.42 A	0.213 A	2.14 A	8.62 A	1.77 A
	10	1.39 BC	12.08 A	4.58 B	24.04 AB	0.227 A	1.82 BC	8.71 A	1.77 A
	15	1.19 C	12.04 A	3.79 C	21.88 C	0.229 A	1.61 C	8.68 A	1.56 B
Citoquinina (m/L)	0	1.74 A	12.88 AB	5.16 AB	24.80 A	0.223 A	2.17 A	8.34 A	1.89 A
	1	1.72 A	13.92 A	5.33 A	25.42 A	0.217 A	2.14 A	8.45 A	1.82 A
	5	1.24 B	11.29 B	4.38 B	22.42 B	0.201 A	1.63 B	8.69 A	1.60 B
	10	1.23 B	9.04 C	4.58 AB	22.38 B	0.208 A	1.65 B	8.65 A	1.57 B

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ).

La Tabla 2 muestra las medias para las variables evaluadas por cada factor obtenidas con el análisis estadístico. Para la variable rendimiento destacó la dosis 1 g/L de auxina (ANA) como la mejor, al igual que en la variable número de hojas y peso fresco total, por otro lado, dicha dosis también fue la mejor para las variables número de frutos cortados y altura final, al igual que la dosis 0 g/L de auxina y 10 g/L de auxina para altura final. Las variables diámetro de tallo y peso fresco de hoja también resulto como mejor dosis la de 1 g/L de auxina, pero

también las dosis 10 y 15 g/L de este mismo factor. Finalmente, en la variable de abortos totales no se observaron diferencias entre tratamientos de auxina.

Para el factor citoquinina, la mejor dosis resultó ser la de 1 ml/L de 6-BA para todas las variables evaluadas. Sin embargo, el testigo también resultó ser el mejor para las variables rendimiento, número de hojas, peso fresco total y altura final. Finalmente, para las variables peso fresco de hojas y diámetro del tallo no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). Las interacciones de ambos factores de estudio se describen a continuación.

### **Rendimiento**

Para la variable de rendimiento del cultivo los resultados se presentan en la Tabla 3, donde se observan diferencias estadísticas entre tratamientos. El valor más alto de rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 1 ml de 6-BA superando al testigo por 32.5%. El segundo mejor tratamiento fue 1 g de ANA, aunque este no fue diferente al testigo. Estos resultados demuestran que la aplicación en dosis bajas de ANA y 6-BA incrementan el rendimiento en el cultivo de pepino.

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Montaña-Mata y Méndez-Natera (2009), quienes evaluaron el efecto del ácido indolacético (AIA) y ácido naftanelacético (ANA), donde a diferentes concentraciones (mg/L) el fruto fue favorecido aumentando el grosor del mesocarpio y epicarpio en el cultivo de melón (*Cucumis melo*), demostrando que la aplicación de ANA y 6-BA aumenta el rendimiento y la calidad del fruto al igual que en la presente investigación.

Por otra parte, al aplicar concentraciones de 300, 600 y 900 mg/L de 6BAP (6 Bencilaminopurina) sola o en combinación de AG4 + AG7 (Ácido giberelico) el rendimiento en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) aumentó significativamente, probablemente por el efecto de la citoquinina (Viasus *et al.*, 2013).

Tabla 3. Rendimiento del cultivo de pepino.

Tratamientos		Rendimiento
ANA (g)	6-BA (ml)	(Kg)
0	0	1.609 BCDE
0	1	2.134 A
0	5	1.197 EF
0	10	1.617 BCDE
1	0	2.108 AB
1	1	1.811 ABC
1	5	1.492 CDEF
1	10	1.524 CDE
10	0	1.583 CDE
10	1	1.606 BCDE
10	5	1.255 DEF
10	10	1.133 EFG
15	0	1.750 ABCD
15	1	1.333 CDEF
15	5	1.014 FG
15	10	0.648 G
CV (%)		29.62

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

Morales (2010), observó que al aplicar 6-benciladenina a diferentes concentraciones en el cultivo de litchi (*Litchi chinensis*), las concentraciones de 50 y 100 mg/L mejoraron las características agronómicas del cultivo como longitud del fruto, diámetro del fruto y peso de la cascara, resultando mejor que el testigo, al igual que en la presente investigación con aplicaciones de 1 ml de

6-BA se mejoraron las características del fruto y de esta manera su rendimiento. Por su parte, Ramírez *et al.* (2014) al exponer bulbos de cebollín (*Allium fistulosum* L.) a concentraciones de 0, 100 y 200 mg/kg de ANA sumergidos de la parte basal, no mostraron efectos significativos, esto probablemente por las altas concentraciones del regulador.

### **Abortos totales y número frutos cortados**

Lo que corresponde a la variable de abortos totales, el tratamiento que más abortos presentó fue el tratamiento de 15 g de ANA y 1 ml de 6-BA, el cual supero al Testigo por un 61%, como se muestra en la Tabla 4, lo cual se le atribuye a la alta cantidad de ANA. Celis *et al.* (1989), demostraron que la aplicación exógena de auxinas (Ácido Indolacético y Acido Indolbutírico) sobre frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.) a concentraciones de 30, 60 y 90 ppm redujeron considerablemente la caída de flores y frutos jóvenes, observándose que a mayores concentraciones de dichas hormonas menor la cantidad de dicha caída. Esto coincide con el presente trabajo, ya que según el análisis estadístico el tratamiento que menos abortos presentó fue el de la combinación de 15 g de ANA y 10 ml de 6-BA, siendo inferior al Testigo en un 60%. Sin embargo, por la observación durante el proceso del experimento se demostró que este tratamiento por su alto nivel de intoxicación detuvo su productividad al punto de no desarrollar nuevos frutos, lo cual se sugiere que a concentraciones de 1 g de Ana y 10 ml de 6-BA, sea indicado para el control de abortos, aunque este no es diferente al Testigo (Tabla 4).

Ramirez *et al.* (2015), demostraron que en cultivo MS (medio Murashige y Skoog) con concentraciones de 6-BA a 1.0  $\mu\text{M}$  en combinación de AIA a 3.0  $\mu\text{M}$  el epicotilo del cultivo de garbancillo (*Lupinus montanus* L.) produjeron un mayor número de brotes y presento mayor altura.

Esguep Gimeno en el 2005, aplicó diferentes tratamientos en arboles de mandarina los cuales incluían ANA (20 mg/L NAA-800® de ) y 6-BA (1 cm<sup>3</sup>/L de Citogrower®) para la retención de frutos en esta variedad, arrojando resultados donde ANA no resulto mejor que el testigo pero 6-BA en combinación de AG3 (20 mg/L de Activol®) aumentó la producción de frutos y se redujo el número de aborto de estos, semejante a esta investigación, que se demostró el aumento de frutos en aplicaciones de la misma citoquinina (6-BA) en sus diferentes concentraciones (Tabla 5), lo que demuestra que este RDC aumenta la producción de frutos en los cultivos.

En la Tabla 5, se muestra que existieron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable número frutos cortados, sin embargo, el análisis estadístico demostró que existieron tratamientos que presentaron mayor cantidad de frutos cortados al final del experimento, de los cuales el mejor fue la concentración de 1 ml de 6-BA, el cual supero al Testigo por 45%. Al igual que el presente trabajo, Flores *et al.* (2013), demostraron que BA resulta efectivo para el control de raleo de frutos de manzano cv. Royal Gala, ayudando al cuajado y el tamaño de estos en dosis de 10 y 50 ppm respectivamente.

Tabla 4. Número de abortos totales del cultivo de pepino.

Tratamientos		Abortos Totales
ANA (g)	6-BA (ml)	
0	0	11.17 BCD
0	1	12.50 BC
0	5	12.50 BC
0	10	10.83 BCD
1	0	11.67 BCD
1	1	12.67 BC
1	5	12.83 BC
1	10	8.00 DE
10	0	14.17 AB
10	1	12.50 BC
10	5	11.00 BCD
10	10	10.67 BCDE
15	0	14.67 AB
15	1	18.00 A
15	5	8.83 CDE
15	10	6.67 E
CV (%)		29.97

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

Por su parte, Dussi *et al.* (2013) al realizar un experimento donde se trataba de regular la carga frutal adicionando concentraciones de 6-BA, observó que a una concentración de 150 ppm se lograba dicho objetivo, pero a concentración de 75 ppm hubo una mayor cantidad de frutos y las cualidades como el peso y tamaño aumentaron en árbol de perales cv. Williams.

En la Tabla 5, se puede observar también que en las concentraciones más altas de los reguladores de crecimiento se obtuvo la menor cantidad de frutos, reafirmando que, por el grado de intoxicación que se aplicó sobre este tratamiento ya no se detectó crecimiento de sus partes vegetativas ni tampoco generó nuevos brotes para la formación de frutos de pepino. Los segundos mejores tratamientos

fueron con 1 g de ANA, 1 g de ANA y 1 ml de 6-BA, aunque no fueron diferentes al Testigo.

Tabla 5. Número de frutos cortados del cultivo de pepino al final del experimento.

Tratamientos		Frutos Cortados
ANA (g)	6-BA (ml)	
0	0	4.83 BCDE
0	1	7.00 A
0	5	4.33 CDE
0	10	5.83 ABC
1	0	6.33 AB
1	1	5.50 ABCD
1	5	5.17 BCD
1	10	5.33 BCD
10	0	4.50 CDE
10	1	4.67 CDE
10	5	4.50 CDE
10	10	4.67 CDE
15	0	5.00 BCD
15	1	4.17 DE
15	5	3.50 EF
15	10	2.50 F
CV (%)		28.1

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

Amado y Fischer en el 2006, reportaron que dosis de ANA y GA3 a 25 ppm producía un efecto positivo en la producción de frutos de melocotón amarillo (*Prunus pérsica* L.) aumentando su peso y tamaño, además, a concentraciones de 35 ppm inducía los mejores tamaños y pesos del fruto, siendo estos resultados similares a los observados en el presente trabajo, aunque estadísticamente los mejores resultados fueron con la citoquinina en ausencia de auxina, se observaron buenos resultados en la combinación de ambas. Por otra parte, en un experimento donde expusieron al cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) a un

producto comercial llamado “Stimulate®” que contiene una mezcla de AG3, Kinetina y AIB, promovió mayor número de frutos de este cultivo, aumentó su peso a concentraciones de 375 y 500 ml/ha (Junglaus, 2007).

Macedo en el 2010, reportó que al utilizar un bioestimulante (variadas concentraciones de reguladores de crecimiento y minerales) en pepino japonés (*Cucumis sativus* L.) la combinación de la auxina, citoquinina y la giberelina ayudan a la producción y desarrollo del fruto.

### **Numero de hojas, peso fresco de hojas y peso fresco total**

Para la variable de número de hojas, se demostró que el tratamiento de 15 g de ANA y 1ml de 6-BA generaron la mayor cantidad de hojas, sin embargo, no fue estadísticamente superior al Testigo. Como segundo mejor tratamiento fue el de 1 ml de 6-BA, como se muestra en la Tabla 6. El tratamiento de la combinación de 15 g de ANA y 10 ml de 6-BA fue el menos sobresaliente, debido a las altas concentraciones de reguladores de crecimiento que se le aplicaron, siendo inferior al Testigo por 64%.

Valecillos *et al.* (2000), demostraron que la aplicación exógena de benciladenina (BA) induce la producción y formación de primordios de vástagos en el cultivo de melón (*Cucumis melo* var. Edisto) a concentraciones de 4.4 y 5.7 mM, lo que representa un incremento en la biomasa del cultivo, al igual que en el presente trabajo, con la aplicación de 6-BA de forma foliar, aumentando el peso fresco del cultivo de pepino.

Tabla 6. Número de hojas del cultivo de pepino.

Tratamientos		Numero de Hojas
ANA (g)	6-BA (ml)	
0	0	23.83 ABC
0	1	24.33 ABC
0	5	21.33 BCD
0	10	25.83 AB
1	0	25.83 AB
1	1	25.00 AB
1	5	25.50 AB
1	10	25.33 AB
10	0	24.67 AB
10	1	25.67 AB
10	5	22.83 BCD
10	10	23.00 BCD
15	0	25.50 AB
15	1	26.67 A
15	5	20.00 D
15	10	15.33 E
CV (%)		11.72

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

Por otra parte, en una investigación realizada por Robledo-Paz y Carrillo-Castañeda (2004), demostraron que al combinar concentraciones de N6-benciladenina (BA) (5.9  $\mu\text{M}$  a 29.3  $\mu\text{M}$ ), ácido indol-3-acético (AIA) (0.28  $\mu\text{M}$  a 5.71  $\mu\text{M}$ ), ácido  $\alpha$ -naftalenacético (ANA) (0.16  $\mu\text{M}$  a 0.53  $\mu\text{M}$ ) y ácido giberélico (AG3) (0.86  $\mu\text{M}$ ) favorecían el crecimiento de hipocotilos y cotiledones en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de regeneración *in vitro*. Al paso de 16 semanas la mayoría llegó a desarrollarse en plantas adultas, lo que al igual que en esta investigación demostró que la acción combinada y por separado de auxinas y citoquininas favorecen el desarrollo y crecimiento de las partes vegetativas de las plantas de pepino, aumentando la cantidad de hojas en los

cultivos y de esta manera el peso fresco de ellos, más aún con la combinación de otros RDC.

Tabla 7. Peso fresco de las hojas y el peso fresco total del cultivo de pepino.

Tratamientos		Peso Fresco de Hoja	Peso Fresco Total
ANA (g)	6-BA (ml)	(Kg)	(Kg)
0	0	0.190 CDE	2.079 ABC
0	1	0.187 DE	2.453 A
0	5	0.167 E	1.506 EF
0	10	0.181 DE	2.074 ABC
1	0	0.214 ABCDE	2.453 A
1	1	0.228 ABCD	2.191 AB
1	5	0.202 ABCDE	2.033 ABCD
1	10	0.207 ABCDE	1.894 BCDE
10	0	0.244 ABC	2.016 ABCD
10	1	0.206 ABCDE	2.000 ABCD
10	5	0.207 ABCDE	1.606 DEF
10	10	0.251 A	1.650 CDEF
15	0	0.249 AB	2.206 AB
15	1	0.247 AB	1.897 BCDE
15	5	0.229 ABCD	1.387 FG
15	10	0.192 BCDE	0.967 G
CV (%)		23.27	21.42

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

La Tabla 7, muestra que para la variable de peso fresco total existieron diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales en el tratamiento con la concentración de 1 ml de 6-BA se obtuvo la misma cantidad de peso fresco que el tratamiento a concentraciones de 1 g de ANA, siendo estos los mejores y siendo superiores al Testigo por 18%, sin embargo, no fueron diferentes estadísticamente. Ríos *et al.* (2013), mencionan que la concentración de 2.5 mg/L de 6-BA resultó ser la más adecuada para generar material vegetal en multiplicación *in vitro* del plátano (*Cambur manzano*), como también lo demostró

Peraita en el 2016, que al utilizar ANA en concentraciones de 0.1 mg/L combinado con 2 mg/L de 6-BA indujo mayor morfogénesis *in vitro* de pepino (*Cucumis sativus* L.). El tratamiento menos sobresaliente es nuevamente el que se expuso a concentraciones altas de reguladores de crecimiento lo que generó que se detuviera su crecimiento y desarrollo. Por otra parte, el tratamiento de 1 g de ANA y 1 ml de 6-BA y el tratamiento de 15 g de Ana son los segundos mejores, pero no son diferentes al Testigo, de acuerdo al análisis estadístico.

### **Diámetro de tallo y altura final**

Para la variable diámetro de tallo, se observó la existencia de diferentes tratamientos que favorecen su desarrollo, las cuales fueron: 10 g de ANA y 5 ml de 6-BA, 10 g de ANA y 10 ml de 6-BA, 15 g de ANA y 1 ml de 6-BA, 15 g de ANA y 5 ml de 6-BA, siendo superiores al Testigo por un 12.7%. Oliva Cruz (2005), reportó que a concentraciones de 200 ppm de ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) no mostraron resultados favorables para la multiplicación *in vitro* de camu camu arbustivo (*Myrciaria dubia*), al contrario de esta investigación donde se demostró diferencia significativa para la variable diámetro inferior y superior, como se muestra en la Tabla 8.

de Menezes *et al.* (2016) al realizar una multiplicación *in vitro* de plántulas del híbrido intergenérico *Laeliocattleya* (*Hadrolaelia purpurata* Lindl. (Chiron; Castro) x *Cattleya intermedia* Grah), demostraron que aplicaciones de diferentes concentraciones de ácido naftalenacético y N6-benciladenina no se obtuvieron resultados favorables comparado con los tratamientos de compuestos orgánicos de agua de coco y pulpa de banana.

Tabla 8. Diámetro del tallo del cultivo de pepino.

Tratamientos		Diámetro de Tallo (mm)
ANA (g)	6-BA (ml)	
0	0	7.75 C
0	1	8.00 BC
0	5	8.43 ABC
0	10	8.29 ABC
1	0	8.63 AB
1	1	8.48 ABC
1	5	8.63 AB
1	10	8.73 AB
10	0	8.57 AB
10	1	8.47 ABC
10	5	8.84 A
10	10	8.99 A
15	0	8.39 ABC
15	1	8.85 A
15	5	8.88 A
15	10	8.58 AB
CV (%)		7.77

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

Lemes Hernandez *et al.* (2001), realizaron un experimento donde expusieron diferentes tipos de estacas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) para la multiplicación vegetativa, donde a concentraciones de 0, 50 y 100 ppm de AIA, AIB y ANA no se obtuvieron resultados favorables para su multiplicación, concluyendo que la auxina no fue eficiente para el experimento al igual que para este trabajo en la variable de diámetro de plantas de pepino.

En la Tabla 9, se observan diferencias significativas para la variable de altura final de la planta entre los tratamientos, donde el mejor resultado ser el de 15 g de ANA, siendo superior al Testigo por 7%. Cabe referir que en el tratamiento en combinación de ambos reguladores con dosis de 15 g de ANA y 10 ml de 6-BA

fue el menos sobresaliente, resultando inferior al Testigo por 63%, ya que el crecimiento se detuvo por el efecto de las dosis utilizadas de estos reguladores. Luna *et al.* (2014), reporto que a concentraciones de 6 mg/L de BA en cultivo in vitro se obtiene una mayor formación de brotes de agave (*Agave americana* L.) y reporta ser las que mejores resultados de altura proporcionaron.

Por otro lado, en un experimento donde se trataron semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) a concentraciones de 0.1, 0.5 y 1.0% en solución de 6-Benciladenina, se encontró que la raíz se redujo, pero la parte de la plúmula era más larga según aumentaba la concentración de 6-BA (Herrera y Arias, 1982), a lo que se pretende afirmar que es la auxina y la dosis de esta la que no funciona en el experimento, según los datos mencionados en la Tabla 9.

Tabla 9. Altura final del cultivo de pepino.

Tratamientos		Altura Final
ANA (g)	6-BA (ml)	(m)
0	0	1.83 ABCD
0	1	1.81 ABCD
0	5	1.68 BCD
0	10	1.85 ABC
1	0	1.91 AB
1	1	1.84 ABC
1	5	1.76 ABCD
1	10	1.59 DE
10	0	1.91 AB
10	1	1.87 AB
10	5	1.61 CD
10	10	1.68 BCD
15	0	1.96 A
15	1	1.78 ABCD
15	5	1.35 EF
15	10	1.16 F
CV (%)		12.6

Letras diferentes por columna indican diferencias significativas (LSD Fisher,  $p < 0.05$ ), CV= Coeficiente de variación.

## CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo de pepino fue incrementado al aplicarle reguladores de crecimiento de 1 g de ácido naftalenacético (ANA) y 1 ml de 6 benciladenina (6-BA) aplicados por separado.

La aplicación de altas concentraciones tanto de auxina (ANA) como de citoquininas (6-BA) provocan efectos negativos sobre las plantas, ya que detienen el crecimiento y desarrollo de las mismas.

Se demostró que la acción de altas dosis de ANA (15 y 10 g) provocan un mayor índice de abortos en el cultivo de pepino.

A dosis de auxinas de 1 g de ANA y citoquininas de 10 ml de 6-BA, en conjunto y por separado pueden prevenir la aparición de abortos del fruto en el cultivo de pepino. Sin embargo, es más recomendable la aplicación de dosis bajas, ya que, aunque no disminuyen el número de abortos si aumentan significativamente el rendimiento.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. M., Melgarejo, L. M., & Romero, M. (2005). Fitohormonas. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología, 39-62.
- Al-Khateeb, A. A. (2006). Role of cytokinin and auxin on the multiplication stage of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cv. Sukry. *Biotechnology*, 5(3), 349-352.
- Aloni, R., Aloni, E., Langhans, M., & Ullrich, C. I. (2006). Role of auxin in regulating *Arabidopsis* flower development. *Planta*, 223(2), 315-328.
- Alonzo-Torres, M. (2007). Producción de hortaliza todo el año. Módulo II: Producción de hortalizas de frutas. Boletín 10: Producción de pepino. Trabajando por el Desarrollo Rural de la Provincia de Sofala. República de Moçambique DPA Sofala.
- Amado, M. A., & Fischer, G. (2006). El ácido alfa-naftalenacético (ANA) y el ácido giberélico (GA) influyen en la producción y calidad del fruto del durazno" Melocotón Amarillo'(*Prunus persica* L.). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Bogotá, Colombia.
- Arcaya, E., Díaz, F., & Paz, R. (2004). Primer registro de *Diaphania indica* (Saunders, 1851) (Lepidoptera: Crambidae) en el cultivo de pepino en Venezulea. *Bioagro*, 16(1), 73-74.
- Arellano, Y., García, E., & Vázquez-Ramos, J. M. (2008). Estimulación de la síntesis de ADN y de proteínas del ciclo celular por auxinas durante la germinación de maíz. *Agrociencia*, 42(6), 637-644.

- Arias, S. & Martínez, J.A. (2010). Control de crecimiento y desarrollo de plantas ornamentales. Aplicación de fitorreguladores y técnicas alternativas. Interempresas, horticultura. Dep. Producción Vegetal de la Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, España.
- Arias, S. (2007). Producción de pepino. Manual de Producción. Proyecto De Diversificación Económica Rural. USAID-RED. Oficinas de la FHIA, La Lima, Cortes, Honduras.
- Assmann, S. M. (2010). Abscisic acid signal transduction in stomatal responses. *Plant hormones*, 399-426.
- Azcón-Bieto, J. and M. Talón. (2008) *Fundamentos de Fisiología Vegetal* - Editorial: Mc Graw-Hill Interamericana de España, S.A.U. 2ª Edición. pp 651.
- Balaguera-López, H. E., Salamanca-Gutiérrez, F. A., García, J. C., & Herrera-Árevalo, A. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 302-313.
- Baque, M. A., Hahn, E. J., & Paek, K. Y. (2010). Growth, secondary metabolite production and antioxidant enzyme response of *Morinda citrifolia* adventitious root as affected by auxin and cytokinin. *Plant Biotechnology Reports*, 4(2), 109-116.
- Benalcazar, D. A., & Fernández, P. A. R. (2016). Producción sostenible de pepino (*Cucumis sativus* L.) con la aplicación de bioestimulantes foliares en casa

- de cultivo protegido sustainable production of cucumber (*Cucumis sativus* L.) with foliar bio stimulants in a greenhouse. *Investigación y Saberes*, 5(2), 69-77.
- Burgos, Á. M., Cenóz, P. J., & Prause, J. (2009). Efecto de la aplicación de auxinas sobre el proceso de enraizamiento de estacas de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 539-546.
- Casaca, A. G. (2005). El cultivo del pepino. Documento Técnico 15. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. SAG. Costa Rica.
- Celis, C., Ávila, R., Marín, M., & Casanova, Á. (1989). Control de la abscisión floral en el frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp.), mediante la aplicación de hormonas vegetales. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 7(3), 173-179.
- Chapman, E. J., & Estelle, M. (2009). Cytokinin and auxin intersection in root meristems. *Genome Biol*, 10(2), 1-5.
- Chávez Suárez, L., Álvarez Fonseca, A., & Ramírez Fernández, R. (2012). Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 47-56.
- CONABIO. (2008). *Cucumis sativus*. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. CONABIO.

- Cossio, L. (2013). Cátedra de Fisiología Vegetal. REGULADORES DE CRECIMIENTO. Guía de Estudio. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura FaCENA. Departamento de biología. Área de botánica. Universidad Nacional del Nordeste UNNE.
- De la Rosa, I. M. (1997). Apuntes de fisiología vegetal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 22pp.
- de Menezes Gonçalves, L., Machado, P. S., de Fátima, M., Ballesta, P., Mora, F., Milaneze Gutierrez, M. A., & Mangolin, C. A. (2016). Suplementos orgánicos para el cultivo in vitro del híbrido *Laeliocattleya* (*Orchidaceae*). *Idesia* (Arica), 34(1), 47-54.
- de Tejido, P. Y. C. (2008). El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía colombiana*, 26(1), 16-22.
- Dussi, M. C., Flores, L., Machuca, Y., Toselli, M., & Arjona, C. (2013). Regulación de la carga frutal en agroecosistemas de perales mediante programas de extinción de frutos.
- Espinoza, C., Berger, H., Galletti, L., & Muller, C. (2007). Efectividad de benciladenina más giberelina 4+ 7 aplicadas por aspersión o inmersión, para la conservación de *Lilium cv. Visaversa*. *Agro sur*, 35(2), 34-36.
- FAGRO. (2012). Bioestimuladores de Crecimiento. Grupo FRAGO. Estado de México.

- Flores, L., Dussi, M. C., Machuca, Y., Toselli, M., & Arjona, C. (2013). Efecto de las fitohormonas sobre el control de la fructificación en manzanos. *Horticultura Argentina*, 32, 27-31.
- Garay-Arroyo, A., de la Paz Sánchez, M., García-Ponce, B., Álvarez-Buylla, E. R., & Gutiérrez, C. (2014). La homeostasis de las auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *REB. Revista de educación bioquímica*, 33(1), 13-22.
- García, T. C., & León, R. C. (1994). Análisis económico de la lucha química contra plagas en cultivos hortícolas en invernaderos del SE de España. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 20(2), 437-444.
- Garza, U. E. (2001). El minador de la hoja *Liriomyza* spp y su manejo en la Planicie Huasteca. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental Ebano. Folleto técnico, (5).
- Gimeno, V. M. E. (2005). Efecto de la aspersion de boro, incision de corteza y la aplicacion de algunos reguladores de crecimiento, sobre la retencion y calidad de fruta en mandarina variedad fortuna. Escuela de Agronomia. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Herrera, J., & Arias, O. (1982). Tratamientos fisicos y con 6-Benciladenina para interrumpir el reposo en semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) CR-1113 y CR-5272. *Agronomia Costarricense*. 6(1-2), 99-105.

- Hussain, A., & Hasnain, S. (2009). Cytokinin production by some bacteria: its impact on cell division in cucumber cotyledons. *Afr J Microbiol Res*, 3(11), 704-712.
- Jiménez-Martínez, E., & Mejía, M. P. (2010). Efectos de dos técnicas de manejo agronómico del pepino (*Cucumis sativus* L.) sobre la ocurrencia poblacional de insectos plagas, benéficos y el rendimiento en Tisma, Masaya. *La Calera*, 10(15), 16-27.
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. In: *Fisiología Vegetal*. FA Squeo, L. Cardemil. La Serena, Chile. Ediciones Universidad de La Serena. Cap, 15.
- Junglaus, R. W. (2007). Aplicação de bioestimulante vegetal sobre o desenvolvimento de pepineiro (*Cucumis sativus*) enxertado e não enxertado. Cámpus de Botucatu. Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". São Paulo, Brasil.
- Lara, I. V. C. (2013). Evaluación de la resistencia a mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*) (Berk. y Curt.) Rostw. de cuatro híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.). Trabajo de experiencia recepcional. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Xalapa. Xalapa de Enrique, Veracruz.
- Laura Vasquez, Y. (2014). Bioactividad tipo auxina y citoquinina de extractos de macroalgas sobre cotiledones de *Cucumis sativus* L. Tesis de licenciatura

en Bióloga con mención en Botánica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de ciencias biológicas. Lima, Perú. 66 pp.

Lemes Hernández, C. M., Rodríguez Ferradá, C. A., & Acosta de la Luz, L. (2001). Multiplicación vegetativa de *Rosmarinus Officinalis* L.(romero). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 6(3), 79-82.

Li, S., Assmann, S. M., & Albert, R. (2006). Predicting essential components of signal transduction networks: a dynamic model of guard cell abscisic acid signaling. PLoS Biol, 4(10), e312.

Luna, M. E. M., Enríquez del Valle, J. R., Velasco Velasco, V. A., Villegas Aparicio, Y., & Carrillo Rodríguez, J. C. (2014). Concentración de benciladenina, tipo y dosis de carbohidratos en el medio de cultivo para proliferación de brotes de *Agave americana*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 46(1), 97-107.

Macedo, A. C. (2009). Influência de bioestimulante no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertados em condições de ambiente protegido. Câmpus de Botucatu. Facultad de de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". São Paulo, Brasil.

Mata, N. M., & Méndez-Natera, J. R. (2009). Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Edisto 47. Revista Científica UDO Agrícola, 9(2), 295-303.

- Morales Gutiérrez, M. E. (2010). Época de iniciación floral y reguladores de crecimiento exógenos en brotación floral, amarre de fruto, azúcares solubles, rendimiento y rentabilidad en litchi 'Brewster'. Tesis de Maestría en Ciencias de Recursos Genéticos y Productividad Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos. Montecillo Texcoco, México. 138, pp.
- Murray, W., & Nabor, S. (2006). Introducción a la Botánica. Madrid. Editorial: Pearson Addison Wesley.
- Nava, J. J. C., & Ruvalcaba, F. S. (2008). Propagación masiva in vitro de pata de elefante (*Beaucarnea recurvata* Lemaire (Nolinaceae)). Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Departamento de Producción Agrícola. Km 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales. Zapopan, Jalisco, México.
- OLIVA-CRUZ, C. A. (2006). Efecto de fitoreguladores enraizantes y la temperatura en el enraizamiento de estacas de *Myrciaria dubia* (HBK) Mc Vaugh, camu camu arbustivo, en Ucayali-Peru. *Folia Amazónica*, 14(2), 19-25.
- Paz, A. R., & Castañeda, G. C. (2004). Regeneración in vitro de plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) mediante cultivo de cotiledones e hipocotilos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(2), 121-126.

- Peraita, V. A. (2016). Sistemas de alto rendimiento en la regeneración in vitro de melón y pepino. Universidad Politécnica de Valencia. Master en biotecnología Molecular y Celular de Plantas. Valencia, España.
- Pozo, E., Valdús, R., Mora, E., & Cárdenas, M. (2004). Consumo de área foliar del pepino y umbral económico y señalización de *Diaphania hyalinata* (Linn.) (Lepidoptera: Pyralidae) y control con nematodos entomopatógenos en organopónicos. In Revista de Protección Vegetal. (No. 2132).
- Ramírez, M., Rodríguez, Z., Monsalve, M., Bárcenas, S., & Castro, C. (2014). Tamaño del bulbillo y concentración de ácido naftalenacético en el crecimiento vegetativo y rendimiento del cebollín (*Allium fistulosum* L.). Revista de la Facultad de Agronomía, (Supl 1), 260-269.
- Ramírez-González, G., Arreola-Ávila, J. G., & Álvarez-Moctezuma, J. G. (2015). Morphogenic responses of three explants of *Lupinus montanus* (HBK) cultured in vitro. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 21(1), 17-27.
- Raya, H. A., Alcázar, J. R., Zavala, G. C., & Soriano, E. C. (2000). El thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) shiro. Agrociencia, 34(3), 322.
- Reche, J. M. (2011). Cultivo del pepino en invernadero. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaria General Técnica. Centro de Publicaciones. V.A. Impresores, S.A. Madrid, España.

- Retamales, J. (2005). Actualización en hormonas vegetales y reguladores de crecimiento: aspectos básicos y modos de acción. Valent BioSciences Corporation Universidad de Chile.
- Rios, G., Añez, M., Ramírez, M., Bracho, M., Araujo, D., Suárez, H., & Nava, J. (2013). Cultivo *in vitro* de yemas tratadas con bencila-denina proveniente de cormos enteros o seccionados de plátano (*Cambur manzano*). Bioagro, 25(2), 137-42.
- Rodríguez, J. E. F., Monar, J. B., & Andrade, X. F. (2014). El uso de biocidas botánicos para el control de las plagas en agricultura urbana (II parte y final). Alternativas, 15(2), 43-52.
- SAGARPA-CONACYT. (2009). "Innovación tecnológica de sistemas de producción y comercialización de especies aromáticas y cultivos élite en agricultura orgánica protegido con energías alternativas de bajo costo". Centro de Investigación Biológica del Noreste S.C. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, México. 1° edición.
- Sánchez, E. (2004). Reguladores de crecimiento empleados en la fruticultura. Rompecabezas tecnológico, 9(39).
- Sánchez, V., Crozzoli, R., & Greco, N. (2004). Uso de *Calotropis procera* para el control de *Meloidogyne incognita* en pepino. Fitopatol. Venez, 19, 5-9.
- Sebastian, P., Schaefer, H., Telford, I. R., & Renner, S. S. (2010). Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in

- Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. Proceedings of the National Academy of Sciences, 107(32), 14269-14273.
- Serrani, J. C. (2008). Interacción de giberelinas y auxinas en la fructificación del tomate. Editor: CSIC-UPV - Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas Primo Yúfera (IBMCP).
- Shimizu-Sato, S., Tanaka, M., & Mori, H. (2009). Auxin–cytokinin interactions in the control of shoot branching. *Plant molecular biology*, 69(4), 429-435.
- Steiner A. A. (1961) A Universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant soil*. 15; pag. 134-154.
- Steiner A. A. (1968) Soils culture. En Proc. GTH Colloq. Int. Potash Inst. Florence, Italy. Pag 324-341.
- Tirichine, L., Sandal, N., Madsen, L. H., Radutoiu, S., Albrektsen, A. S., Sato, S., Asamizu, E., Tabata, S., & Stougaard, J. (2007). A gain-of-function mutation in a cytokinin receptor triggers spontaneous root nodule organogenesis. *Science*, 315(5808), 104-107.
- Tyburski, J., Krzemiński, Ł., & Tretyn, A. (2008). Exogenous auxin affects ascorbate metabolism in roots of tomato seedlings. *Plant Growth Regulation*, 54(3), 203-215.
- Valecillos, C., Anaya, M. V., Mora, A., & Tacoronte, M. (2000). Efecto de auxina y citokinina en la regeneración de vástagos a partir de cotiledones de *Cucumis melo* L. var. Edisto. *Revista Pittieria*, (29y30), 67-74.

- Vázquez, M. C., Magaña, N., y López, G. (2014). Cultivo del pepino. Programa Integral de Desarrollo Rural. Componente de Agricultura Familia Periurbana y de Traspatio. SAGARPA. Carta Tecnológica. Número 13. Estado de México.
- Viasus-Quintero, G., Álvarez-Herrera, J., & Alvarado-Sanabria, O. (2013). Efecto de la aplicación de giberelinas y 6-bencilaminopurina en la producción y calidad de fresa (*Fragaria x Ananassa* Duch.). *Bioagro*, 25(3), 195-200.
- Vilchez, J., Rivas, Y., Albany, N., Molina, M., & Martínez, L. (2009). Efecto de la N6-bencilaminopurina sobre la multiplicación in vitro de ocumo criollo (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(2). 212-222.
- Villalobos, M. R., & Fernández, A. U. (2004). Efecto del ácido naftalenacético y de diferentes sustratos sobre el enraizamiento de acodos aéreos del guayabo (*Psidium guajava* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4). 28-34.
- Vu, N. H., Anh, P. H., & Nhut, D. T. (2006). The role of sucrose and different cytokinins in the *in vitro* floral morphogenesis of rose (hybrid tea) cv. "First Prize". *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 87(3), 315-320.
- Zamudio, B. G. & Félix R. A. (2014). Producción de pepino bajo invernadero en valles altos del Estado de México. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sitio experimental Metepec, folleto técnico.

Zeiger E. (2006). "Fisiología Vegetal Aplicada". Editorial Trillas. Estado de México, México. 8ª edición. pp. 475.