

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Efecto del Ácido Benzoico Sobre el Crecimiento y Desarrollo de un
Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

POR:

Héctor Osvaldo Muñoz Colmenero

TESÍS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila

Marzo de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Efecto del Ácido Benzoico Sobre el Crecimiento y Desarrollo de Un
Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**

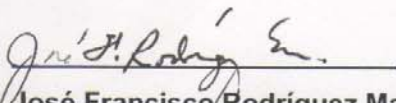
POR:

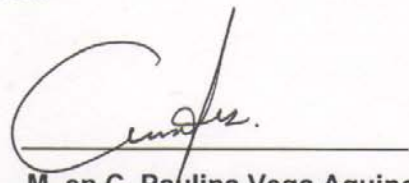
Héctor Osvaldo Muñoz Colmenero

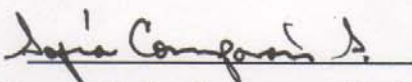
**Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:**


INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

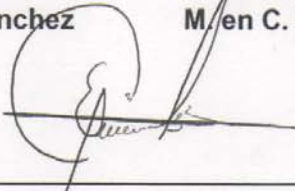
Aprobada Por:


Dr. José Francisco Rodríguez Martínez.
Presidente del Jurado.


M. en C. Paulina Vega Aquino.
Sinodal.


M. en C. Sofia Comparan Sánchez
Sinodal.


M. en C. Laura González Méndez.
Sinodal.


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.
Coordinador de la División de Agronomía.



**Coordinación
División de Agronomía
Buenavista, Saltillo, Coahuila, Marzo de 2011**

In a free society, We are supposed to know the truth. In a society where truth becomes treason, We are in big trouble....

Ron Paul, 2010.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme la oportunidad de forjarme como profesionista y por ende a Don Antonio Narro, que despojado de avaricia brindo los medios necesarios para la fundación de esta universidad.

Al personal docente de la Narro, en particular a todo el personal del departamento de Botánica y Fisiología Vegetal quienes no solo brindaron su apoyo y amistad a mi persona sino también a pesar de mi constante ausencia de las aulas forjaron un excelente profesionista.

A la Familia Escobedo Contreras por facilitarme mi estancia en esta ciudad, por el apoyo moral y educación que inculcaron en mí y por hacerme parte de su familia por un tiempo prolongado.

A mis amigos de toda la vida: Montañó, Matito, Chícharo, psicópata (Moyis), Guille, Moya, Manuel, Yuyin, Christian. Agradezco su amistad, apoyo, en general agradezco poder compartir pláticas profundas e interesantes, dios los crea, ellos se juntan y el alcohol, videojuegos y política los entretienen.

A mis amigos universitarios: Karla, Erik, Eutiquio, Raudales, Miriam, Karina, Paulina, Vanessa, Ricardo, William y otro tanto, quienes ayudaron y en ocasiones forzaron mis estudios, gracias por los momentos.

A todas aquellas personas que dificultaron mis esfuerzos por alcanzar mis metas, gracias a ustedes labre mi camino y solo me resta decir: ja! Ingenuos.

DEDICATORIA

Sin duda alguna soy el fruto de las influencias que formaron mi carácter, mi personalidad y las experiencias vivenciales que he tenido la fortuna de atravesar, por esta razón deseo dedicar la realización de esta tesis y de mi formación académica a mi familia:

A mi madre: Angélica Teresa Colmenero López, que es la principal razón de todo lo bueno en mi, quien a pesar de tener un panorama adverso para la crianza de 6 hijos sin duda alguna es la mejor madre que pude haber recibido, te amo mama.

A mi padre: José Félix Muñoz Solano, quien a pesar de su eterna ausencia influyo en gran manera en el forjado de quien ahora resulto como persona.

A mis abuelos: Salvador Camacho López † y María López Amaya † que durante toda la vida procuraron lo mejor para mí y las dos personas que más extraño en mi vida, Abuelo no fui doctor pero tu segunda opción era agrónomo y heme aquí.

A mis hermanos: Roció, Liz, Faby, Mane y Marcos que han sido una presencia positiva en mi vida y aunque representamos todo el espectro de las personalidades existentes, los quiero y agradezco lo vivido.

A mi hija: Ángela Fernanda Muñoz Escobedo, eres lo mejor que me ha pasado y aunque lamento que las cosas no sean del modo que debieran ser, estoy muy contento y orgulloso de ser tu padre.

A mis tíos: Norma, Mauricio, Rey y Luis quien siempre me han apoyado durante el transcurso de mi vida, se que durante mucho tiempo he sido una fuga en su economía y agradezco el apoyo, amor y enseñanzas que tienen hacia mi persona.

A mi sobrino Orlando, quien con sus ocurrencias e inocencia es el encargado de proveer la alegría día con día en nuestro hogar, ¡te quiero pelón!

ÍNDICE DE CONTENIDO.

ÍNDICE DE CUADROS.	X
ÍNDICE DE FIGURAS.	XI
ÍNDICE DE FORMULAS.	XII
RESUMEN.	XIII
ABSTRACT.	XIV
INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVO.	3
Hipótesis.	3
REVISIÓN DE LITERATURA.	4
Fisiología vegetal	4
Crecimiento.	4
Índices de crecimiento.	5
Tasa de crecimiento relativo (TCR).	5
Tasa de asimilación neta (TAN).	6
Relación de área foliar (RAF).	6
Relación de peso foliar (RPF).	7
Área foliar específica (AFE).	7

Desarrollo.	7
Índices de desarrollo.	8
Fitoreguladores	9
Auxinas.	9
Citocininas.	10
Giberelinas.	11
Inhibidores.	11
Acido Benzoico.	12
Acido Salicílico.	17
MATERIALES Y METODOS.	19
Descripción del sitio.	19
Materiales.	19
Material biológico.	19
Equipo.	20
Procedimiento.	20
Variables Evaluadas	20

Diseño Experimental.	21
RESULTADOS Y DISCUSION.	22
Área foliar (AF).	24
Peso seco total (PST)	25
Coeficiente de partición de biomasa de tallo (CPB_t).	26
Coeficiente de partición de biomasa de raíz (CPB_r).	26
Coeficiente de partición de Biomasa de Hoja (CPB_h)	27
Coeficiente de partición de Biomasa de Flor (CPB_F).	27
Coeficiente de partición de Biomasa de Fruto (CPB_F) ó	
Índice de Cosecha (IC).	28
Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).	31
Tasa de Asimilación Neta (TAN).	32
Relación de área Foliar (RAF).	33
Relación de Peso Foliar (RPF)	34
Área Foliar Especifica (AFE).	35
CONCLUSIONES.	37
LITERATURA CITADA.	40

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Valores medios y coeficientes de variación de las variables: área foliar (AF), peso seco total (PST), coeficientes de partición de biomasa: de tallo (CPB_t), de raíz (CPB_r), de hoja (CPB_h), de flor (CPB_f) y fruto (CPB_{fr}), para el tiempo 1, en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB). 22**
- Cuadro 2. Valores medios y coeficientes de variación de las variables: tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e índice de eficiencia de crecimiento de vaina (IECv), para el punto 1 (t₂ – t₁), en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB). 30**

ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1: Ácidos benzoicos representativos y compuestos derivados que son incorporados o biosintetizados a partir del AB.	14
Fig. 2: Valores medios de área foliar en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	24
Fig. 3: Valores medios de peso seco total en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	25
Fig. 4: Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa: de tallo (CPB_t), de raíz (CPB_r), de hoja (CPB_h), de flor (CPB_f) y de fruto (CPB_f) en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB), en los cuatro muestreos.	29
Fig. 5: Comportamiento de la tasa de crecimiento relativo en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	31
Fig. 6: Comportamiento de la tasa de asimilación neta en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	33
Fig. 7: Comportamiento de la relación de área foliar en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	34
Fig. 8: Comportamiento de la relación de peso foliar en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	35
Fig. 9: Comportamiento del área foliar específica en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).	36

ÍNDICE DE FORMULAS.

Fórmula 1: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de la tasa de crecimiento relativo (TCR).	5
Fórmula 2: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de la tasa de asimilación neta (TAN).	6
Fórmula 3: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de la relación de área foliar (RAF).	6
Fórmula 4: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de la relación de peso foliar (RPF)	7
Fórmula 5: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de área foliar específica (AFE).	7
Fórmula 6: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de coeficiente de partición de biomasa de los diferentes órganos de la planta (CPB).	8

RESUMEN.

Estudios recientes han demostrado que el ácido benzoico (AB) y sus derivados funcionales, tienen efecto sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, no obstante es importante estudiar el efecto de la aplicación de AB en los diferentes cultivos para determinar qué efectos causa en los mismos y no hacer aplicaciones basados en inferencias de resultados de experimentos con especies diferentes, debido a que el efecto que puede causar es muy variado. Se estudió el efecto de aplicaciones exógenas de AB (vía foliar) en concentraciones molares: 1×10^{-2} M (T1), 1×10^{-3} M (T2), 1×10^{-4} M (T3), 1×10^{-5} M (T4) y un testigo absoluto (T5), sobre un cultivo de frijol, mediante la utilización de un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento (5 x 3) y cuatro fechas de muestreo (60 unidades experimentales). Las variables: peso seco total (PST), peso seco de raíz (PSr), peso seco de tallo (PSt), peso seco de hoja (PSh), peso seco de flor (PSf) y peso seco de fruto (PSF) fueron medidas y utilizadas para el cálculo de los parámetros de crecimiento: crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e índice de eficiencia de crecimiento de vaina (IEC_v), además de los índices de desarrollo: coeficiente de partición de biomasa de hoja (CPB_h), coeficiente de partición de biomasa de raíz (CPB_r), coeficiente de partición de biomasa de tallo (CPB_t), coeficiente de partición de biomasa de flor (CPB_f), coeficiente de partición de biomasa de fruto (CPB_r). La prueba de diferencia mínima significativa (DMS) mostro que en etapas fisiológicas tempranas, altas dosis de aplicación de AB ($T1 > T2 > T3 > T4 > T5$) promueven un mayor desarrollo del área radical, mientras que el efecto provocado por dichas aplicaciones exógenas derivaron en una menor proporción radical ($CPBr$) en comparación con el testigo en etapas fisiológicas más avanzadas. Por otro lado, la relación de área foliar (RAF) demostró ser inversamente proporcional a la dosis de AB inoculada ($T4 > T3 > T2 > T1 > T5$), los resultados sugieren que la aplicación de AB interviene y modifica el crecimiento y desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Palabras clave: Crecimiento, desarrollo vegetal, ácido benzoico y *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT.

Recent studies relative to benzoic acid (BA) and its functional derivatives show that this compound has some effects over growth and plant development, regardless of this condition it is important to investigate the effect of exogenous application of BA to find out the particular effect in each species to avoid applications of BA based on results obtained from other species. The effect of BA application, in molar concentrations, over growth and plant development was studied: 1×10^{-2} M (T1), 1×10^{-3} M (T2), 1×10^{-4} M (T3), 1×10^{-5} M (T4) and absolute control (unexposed plants, T5), on a bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). Completely random design with 5 treatments, 3 repetitions (5 x 3) and 4 data's measurements (60 experimental units) were used. The variables: total dry weight (TDW), root dry weight (rDW), stem dry weight (sDW), leaf dry weight (hDW), flower dry weight (fDW), fruit dry weight (FDW) were measured and used to calculate growth parameters such as: relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area relationship (LAR), leaf weight relationship (RPF), specific leaf area (SLA) index of sheath growth efficiency (ISGEv), moreover development index was calculated: biomass root partition coefficient (B_rPC), biomass stem partition coefficient (B_tPC), biomass leaf partition coefficient (B_hPC), biomass flower partition coefficient (B_fPC), biomass fruit partition coefficient (B_FPC). The DMS showed that BA in high doses ($T1 > T2 > T3 > T4 > T5$) at early physiological states promotes a higher root development as long as the same applications derived on a smaller root area (B_rPC) at advanced physiological states, in comparison against the control, however leaf area relation (LAR) displays an inverse correlation with AB doses ($T4 > T3 > T2 > T1 > T5$), this research suggests that interaction of BA on growth and development of bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.).

Key words: Growth, plant development, benzoic acid and *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUCCIÓN.

Las leguminosas, además de formar parte de la dieta básica de muchas poblaciones en los países en vías de desarrollo, representan una valiosa fuente de proteína que complementa el valor nutricional de las dietas basadas en cereales. El consumo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un hábito alimenticio muy arraigado en la mayoría de los países latinoamericanos, especialmente en México donde junto con el maíz constituyen la base de la alimentación del grueso de la población mexicana (Leterme y Muñoz, 2002).

La globalización ha derivado en una apertura de mercados internacionales aumentando significativamente la demanda de frijol en el mundo, dichas presiones obligan a una búsqueda para el aumento de la productividad del cultivo de frijol.

El crecimiento, desarrollo y productividad, es el resultado de dos grandes determinantes: la conformación genética de la planta (genotipo) y su ambiente circundante. El genotipo es esencialmente constante en comparación con cambios ambientales que experimentan las plantas. Sin embargo, la expresión de la información genética (fenotipo), es influenciada ampliamente por los cambios regulares e irregulares del ambiente de crecimiento y por sustancias propias de la fisiología vegetal (Moreno, 1985).

Los compuestos que pueden alterar la producción de un cultivo vía modificación o regulación de crecimiento son denominados fitohormonas y se definen como compuestos orgánicos, tanto naturales como sintéticos, que en pequeñas cantidades: fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Lira, 1994).

La aplicación de estos compuestos en etapas fisiológicas determinadas puede derivar en aumento de la productividad vía: aumento del órgano fotosintético,

aumento del órgano asimilativo, mayor floración, mayor eficiencia fotosintéticas, protección contra condiciones adversas, entre otras (Lira, 1994).

Algunos compuestos pertenecientes al grupo de los fenoles, por ejemplo el ácido benzoico(AB) y el ácido salicílico (AS) han demostrado tener la capacidad de inducir modificaciones en la fisiología de las plantas, efectos que van desde: una precoz y mayor floración (Shozo *et al.*,1983), mayor producción de tubérculos (Mundo, 2004), resistencia a sequia (García, 2002), entre otros.

Recientemente ha surgido interés por nuevas sustancias que al parecer tienen efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como: el ácido salicílico o el ácido benzoico, pero es necesario comprobar su efecto sobre un cultivo en particular, mediante análisis matemático que determine de manera más descriptiva el efecto de estos compuestos sobre la planta. Este trabajo tuvo como finalidad estudiar el efecto del ácido benzoico sobre el crecimiento y desarrollo de un cultivo de frijol.

OBJETIVO.

El presente trabajo tiene como objetivo general: evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis de ácido benzoico sobre el: crecimiento, y desarrollo de un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Hipótesis.

Por lo menos una de las dosis de ácido benzoico aplicadas foliarmente, evaluadas en este estudio, afectará el desarrollo y crecimiento del cultivo de frijol, provocando un mayor crecimiento y/o el desarrollo de los órganos de la planta.

REVISIÓN DE LITERATURA.

Fisiología vegetal.

La fisiología vegetal es el conjunto de procesos: químicos, genéticos, físicos, entre otros, que se suscitan dentro de los organismos vegetales y son inherentes e inalienables a la vida, es decir, son todos aquellos procesos directamente involucrados con los procesos que involucran o causan la vida vegetal (Lira, 1994)..

Dos de los procesos fisiológicos más evidentes son sin duda alguna él: crecimiento y desarrollo vegetal, siendo probablemente estos procesos los más evidentes para el observador y son los aspectos fisiológicos que atañen al presente estudio.

Crecimiento.

El crecimiento y desarrollo de las plantas forman una combinación de diversos eventos en diferentes niveles, desde el biofísico y bioquímico hasta el organismico que da como resultado la producción integral de un organismo, el crecimiento se define: como el incremento natural en tamaño de los seres orgánicos, generalmente se determina mediante el incremento de superficie o peso, ya sea fresco o seco, este proceso fisiológico es resultante de las actividades fisiológicas inherentes a los seres vivos (Lira, 1994).

En sentido estricto es el aumento irreversible de tamaño. Cualquier factor que altere el volumen de la planta de forma reversible no se considera crecimiento, se cuantifica con el incremento de los componentes citoplasmáticos (peso seco), número de células, crecimiento en longitud y en términos generales, de cualquier dimensión; un mayor crecimiento implica una mayor división celular, células meristemáticas concretamente soportan el crecimiento (Salisbury y Ross, 1994).

Índices de crecimiento.

Existen diversos métodos para estimar el crecimiento de un organismo, desde los más sencillos como son: altura de planta, peso fresco, peso seco, hasta índices de estimación que correlacionan el desarrollo de un sistema con otro como: Tasa de crecimiento relativo (TCR), Tasa de asimilación neta (TAN), Relación de área foliar (RAF), Relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE).

Se han realizado intentos para expresar la producción en términos de crecimiento. El análisis de crecimiento ha tratado de explicar matemáticamente las variaciones en peso seco y área foliar de los organismos, en función del tiempo. Para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento, o parámetros fisiotécnicos, es necesario obtener el peso seco de plantas y órganos y el área foliar, en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Hunt, 1990).

Tasa de crecimiento relativo (TCR).

La tasa de crecimiento relativo es un ritmo en base logarítmica que determina la cantidad de material vegetal producido por unidad de material vegetal existente, se calcula mediante el coeficiente de la diferencia del logaritmo natural del peso seco total del tiempo dos menos el tiempo uno, por la diferencia entre el tiempo dos menos el tiempo uno, teniendo por unidades $g \times g^{-1} \times día^{-1}$. (Hunt, 1990):

$$TCR = \frac{\ln PST2 - \ln PST1}{t2 - t1}$$

Formula 1: Fórmula para la obtención del cálculo de la tasa de crecimiento relativo (TCR).

Tasa de asimilación neta (TAN).

La tasa de asimilación neta es un estimador de la eficiencia fotosintética, es decir, es el incremento de materia vegetal por unidad del sistema asimilativo, por unidad de tiempo, tiene por unidades las de $g \times cm^{-2} \times día^{-1}$, y se calcula con la siguiente formula (Hunt, 1990):

$$TAN = \frac{(PST2 - PST1)}{(t2 - t1)} \times \frac{\ln AF2 - \ln AF1}{AF2 - AF1}$$

Formula 2: Fórmula para la obtención del cálculo de la tasa de asimilación neta (TAN).

Relación de área foliar (RAF).

La relación de área foliar estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta. Es la relación entre el área foliar y el peso seco total de la planta, es decir, es la proporción de material asimilativo por unidad de material vegetal presente en un instante de tiempo. Se expresa en $cm^2 \times día^{-1}$ y se calcula con la siguiente formula (Hunt, 1990):

$$RAF = \frac{\frac{AF1}{PS1} + \frac{AF2}{PS2}}{2}$$

Formula 3: Fórmula para la obtención del cálculo de la relación de área foliar (RAF).

Relación de peso foliar (RPF).

La relación de peso foliar determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta. Este parámetro no tiene unidades ya que los dos componentes tienen las mismas unidades, y se calculó de la siguiente manera (Hunt, 1990):

$$RPF = \frac{\frac{PSH1}{PST1} \times \frac{PSH2}{PST2}}{2}$$

Formula 4: Fórmula para la obtención del cálculo de la relación de peso foliar (RPF)

Área foliar específica (AFE).

El área foliar específica es un índice que expresa la densidad o el grosor relativo de la hoja, es la medida de la relación entre el área foliar y el peso seco de la hoja. Se expresa en $\text{cm}^2 \times \text{g}^{-1}$, y se calcula con la siguiente fórmula (Hunt, 1990):

$$AFE = \frac{\frac{AF1}{PSH1} \times \frac{AF2}{PSH2}}{2}$$

Formula 5: Fórmula utilizada para la obtención del cálculo de área foliar específica (AFE).

Desarrollo.

El desarrollo puede definirse como el cambio ordenado o progresivo generalmente hacia un estado superior más ordenado ó más complejo, es decir conlleva un

diferenciación de tejidos que se especializan en funciones más específicas dentro de la fisiología vegetal (Lira, 1994).

Entendemos por desarrollo el conjunto de eventos que contribuyen a la progresiva elaboración del cuerpo de la planta, reproducirse y adaptarse plenamente a su ambiente. El desarrollo comprende dos procesos básicos; el crecimiento que denota los cambios cuantitativos que tienen lugar durante el desarrollo y la diferenciación que se refiere a los cambios cualitativos. El desarrollo es sinónimo de morfogénesis. Así podríamos definir el desarrollo como el conjunto de cambios graduales y progresivos en tamaño (crecimiento), estructura y función (diferenciación) que hacen posible la transformación del cigoto en una planta completa. (Salisbury y Ross, 1994).

Índices de desarrollo.

Una de la manera más sencilla de estimar el desarrollo de una planta es la utilización de los coeficientes de partición de biomasa de los diferentes órganos que la componen: raíz (CPBr), tallo (CPBt), hoja (CPBh), flor (CPBf) y fruto (CPBF); los cuales representan la proporción de material vegetal que en relación con el peso seco total se transforman en parte de dichos órganos (Hunt, 1990).

Estos coeficientes se calculan dividiendo el peso seco del órgano (PS_x) correspondiere entre el peso seco total (PS_T). Esta división anula las unidades por lo cual los coeficientes son a dimensionales (Hunt, 1990).

$$CPB_{h, r, t, f, fr} = \frac{PS_{h, r, t, f, fr}}{PST}$$

Formula 6: Fórmula para la obtención del cálculo de coeficiente de partición de biomasa de los diferentes órganos de la planta (CPB).

Fitoreguladores.

La fisiología de las plantas está influenciada por múltiples factores, endógenos: genético, química celular, morfogénesis, etc.; y exógenos: luminosidad, nutrición, temperatura, humedad, altitud. Además de los factores antes mencionados existen compuestos orgánicos que pueden influir en la fisiología de la planta: los reguladores de crecimiento de las plantas, también conocidos como fitohormonas, son definidos como compuestos orgánicos, tanto naturales como sintéticos, que en pequeñas cantidades: fomentan, inhiben o modifican de alguna forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Lira, 1994).

Estos compuestos han sido tratados de clasificar en grupos, acorde a su: origen, función y estructura química. Actualmente la clasificación más aceptada y difundida es aquella que los agrupa en 4 diferentes grupos muy diversos: Auxinas, Citocininas, Giberelinas e inhibidores además del caso especial del etileno (Lira, 1994).

La actividad de las hormonas vegetales no está determinada por una participación aislada, su efecto tiene carácter dinámico y en sinergismo o antagonismo, tienen un resultado determinado, dependiendo de la concentración en un lugar y tiempo determinado (Vielle *et al.*, 1987)

Auxinas.

Auxina es un término genérico, aplicado al grupo de compuestos caracterizado por su capacidad para inducir la elongación de las células, por lo general estos compuestos son ácidos de núcleo cíclico insaturado o derivados de los mismos (Nickell, 1982;Lira,1994).

Las auxinas participan ampliamente en la organización de los procesos vegetales, incluyendo la regulación de fenómenos de diferenciación, los cuales pueden ser

estimulados o inhibidos dependiendo de la concentración auxinicas en las células o estructuras vegetales (Kende y Zeevaart, 1997).

Los principales procesos fisiológicos que son afectados por el grupo de las auxinas son: partenocarpia, dominancia apical, formación de: brotes, raíces y tejidos callosos, la respiración estomatal, puede inclusive iniciar la floración e inducir el amarre de frutos (Kende y Zeevaart, 1997).

Las principales auxinas identificadas son:

- Ácido 3-Indolacetico (AIA).
- Ácido 3-Indolbutirico (AIB).
- Ácido Naftalenacético (ANA).
- Ácido 2,4 Diclorofenoxiacético (2,4 D).

Citocininas.

Gottlieb Haberlandt en el año de 1913 determino la existencia de compuestos químicos presentes en tejidos vasculares vegetales de diferentes plantas que promovían la citocinesis (división celular). Debido a dicho hecho este grupo de hormonas recibe el nombre del fenómeno fisiológico que promueve; la mayor parte de estos compuestos provienen de la adenina, una base nitrogenada del grupo de las purinas (Salisbury y Ross, 1994).

Vielle y colaboradores (1987) identifican a la raíz como el posible órgano sintetizador de dichas sustancias, las cuales no solo promueven la división celular sino también: la cicatrización, diferenciación de órganos vegetales, desarrollo del fruto, retardo de la senescencia y promoción de resistencia de la planta a factores bióticos adversos como: bajas temperaturas, altas radiaciones e infecciones virales (Salisbury y Ross, 1994).

Los dos principales exponentes de este grupo de fitohormonas son:

- Cinetina.
- Zeatina.

Giberelinas.

La primera sustancia descubierta de este grupo de hormonas fue el ácido giberelico (G3). El Biólogo Kurosawa al estudiar plantas de arroz con altura excesiva, lo cual ocasionaba tallos demasiado delgados derivando en cosechas pobre y extrema debilidad en el cultivo, descubrió que las plantas estaban infectadas por el hongo fitopatogeno denominado *Gibberella fujikori* (el estado asexual o imperfecto es *Fusarium moniliforme*) (Vielle *et al.*, 1987; Salisbury y Ross, 1994).

Las giberelinas son mayoritariamente sintetizadas en los cloroplastos de las hojas, aunque la raíz también sintetiza dichas sustancias pero en menores cantidades. Hasta la fecha se han aislado más de 84 compuestos que pertenecen a este grupo de fitohormonas. Sin embargo el efecto de cada uno varia de cultivo a cultivo , pero los efectos más reconocidos y comúnmente producidos son: elongación celular (y por ende de tallos y entrenudos), inhibición de yemas florales y vegetativas, disminución del periodo de latencia de semillas y promoción del desarrollo de las hojas entre otros (Harry *et al.*, 1974)

Inhibidores.

A diferencia de los demás grupos de hormonas este grupo es más disperso, variado y poco reconocido, su actividad radica en la inhibición de procesos fisiológicos promovidos por los demás grupos de fitohormonas (Kende y Zeevaart, 1997). Algunos autores manejan solo los tres grupos de hormonas anteriormente descritos

y de manera separada presentan los particulares casos del Acido Abscísico (ABA) y el etileno.

Ácido Benzoico.

El ácido benzoico (ácido bencenocarboxílico, C_6H_5COOH), pertenece al grupo de sustancias fenolicas, las cuales están compuestas por un anillo aromático y un grupo hidroxilo o su derivado funcional (Raskin, 1992). Dichos compuestos comprenden la más extensa cantidad de agentes alelopáticos por ejemplo: derivados del ácido benzoico, derivado del ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos. Se obtuvo por primera vez de exudaciones resinosas provocadas por incisiones en la corteza de *Styrax benzoin*, árbol de la familia de las lauráceas (Kirk, 1961).

Es uno de los conservantes más empleados en todo el mundo. El producto utilizado en la industria se obtiene por síntesis química. Sin embargo el ácido benzoico se encuentra presente en forma natural en algunos vegetales, como la canela o las ciruelas (www.milksci.unizar.es, 2010).

El ácido benzoico es especialmente eficaz en alimentos ácidos, y es un conservador barato, útil contra levaduras, bacterias (gran negativas) y mohos. Sus principales inconvenientes son: el tener sabor astringente poco agradable y su toxicidad, que aunque relativamente baja, es mayor que la de otros conservadores. En España se utiliza como conservador en bebidas refrescantes, zumos para uso industrial, algunos productos lácteos, en repostería y galletas, en algunas conservas vegetales por ejemplo: el tomate o pimiento envasados en grandes recipientes, mermeladas, crustáceos frescos ó congelados, margarinas, salsas y otros productos (www.milksci.unizar.es, 2010).

La OMS considera como aceptable una ingestión de hasta 5 mg por Kg de peso corporal por día, una dosis conservante del ácido o de un benzoato puede provocar alergia al ser humano y un efecto mortal para los animales doméstico (www.berlin-

und-mehr.info, 2010). La tendencia actual es utilizarlo cada vez menos substituyéndolo por otros conservantes de sabor neutro y menos tóxico, como los sorbatos. El ácido benzoico no tiene efectos acumulativos, ni es mutágeno o carcinógeno (www.milksci.unizar.es, 2010).

El ácido benzoico es un intermediario en la biosíntesis de ácido salicílico (Raskin, 1992). Inicialmente se empleaba para desatar la cascada de señalización, que da lugar a las respuestas de adaptación en ambientes extremos, y la expresión de los sistemas de control de daño oxidativo (García, 2002), incrementando la síntesis de metabolitos secundarios con capacidades antioxidantes (Ramírez *et al*, 2005). Además son intermediarios en la respuesta a estrés biótico y abiótico, por ejemplo el ácido salicílico, derivado funcional del AB induce resistencia contra una gran variedad de patógenos en *Arabidopsis thaliana* (Wildermuth, 2006).

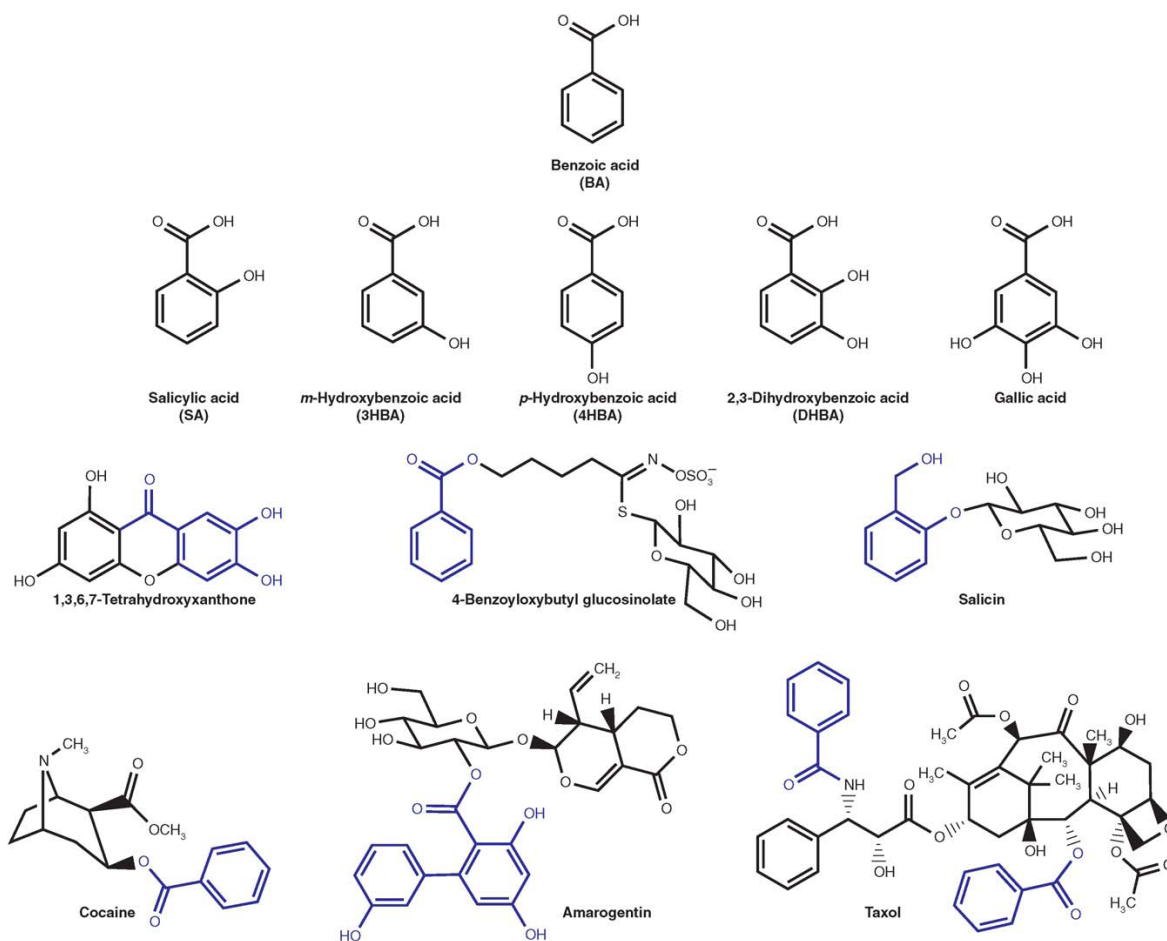


Figura 1: Ácidos Benzoicos representativos y compuestos derivados que son incorporados o biosintetizados a partir del AB. (Wildermuth, 2006).

El ácido benzoico y sus derivados tales como: los ácidos hidroxibenzoico y vainílico, están comúnmente involucrados en fenómenos alelopáticos. Dentro de las especies que los contienen se pueden citar: el pepino, la avena y el sorgo (www.biologia.edu.ar, 2010). Algunas plantas segregan y acumulan ácido benzoico en la rizosfera, en donde funciona como un aleloquímico (Kaur *et al.*, 2005).

En los últimos años se ha estudiado el posible efecto del AB en la fisiología de la planta, y se ha encontrado que este manifiesta efectos positivos muy diversos dependiendo del cultivo al que haya sido aplicado. En calabaza promueve el desarrollo de la guía (Palafox, 2001), en *Lemma* induce la floración y la disminución

del crecimiento radical (Jitendra y Cleland, 1992), además promueve la germinación en betabel y lechuga (Guillen, 2002).

Fujioka *et al.* (1983a) reportaron que los niveles endógenos de AB en *Lemna sp.* no están directamente correlacionados con la floración. Sin embargo, esto no es necesariamente un indicativo de que el AB no juega un papel importante en la floración de *Lemna sp.* debido a que la presencia de fitohormonas puede modificar el efecto del AB sobre la floración.

Algunos investigadores reportan el efecto del ácido benzoico en interacción con diferentes fitohormonas (Fujioka *et al.* 1983b) tales como: Ácido indol acético (AIA). Ácido indol butírico (AIB) y ácido giberélico (G_3) donde se demostró que el efecto de floración que induce el AB es disminuido e inclusive cancelado por diferentes concentraciones de las hormonas antes mencionadas. El AIB tiene el mayor efecto en la disminución del efecto provocado por el AB en relación con la floración, seguido por G_3 y AIA. El experimento demostró que a mayores concentraciones de estas hormonas, menor es el efecto inducido por AB.

Muchos de los efectos fisiológicos provocados por sustancias fenólicas están ampliamente estudiados. Whittaker (1971) reportó que la interacción planta-medio ambiente con dichos compuestos afecta el crecimiento y distribución de ciertas especies.

Pallas (1958) demostró que aplicaciones foliares de AB en semillas derivaban en una traslocación hacia el epicotileo, así mismo demostró que la absorción y traslocación del mismo es más eficiente con altas humedades relativas y temperatura de 30° C.

Existe una interacción del AB con la absorción de iones de potasio, donde el AB disminuyó la cantidad de iones absorbidos por muestras de raíz de cebada en un 54 % (Anthony, 1973).

La acumulación de dichos compuestos determinan la resistencia local o sistémica, así mismo compuestos derivados desencadenan el control del daño oxidativo contra compuestos como el ozono provocando una respuesta que produce protección a la planta (Wildermuth,2006).

Charles y Ramini (1988) documentaron que aplicaciones de ácido benzoico reduce la producción de etileno, pero la inhibición es mayor con algunos de sus derivados funcionales.

Datos obtenidos de experimento recientes confirman que el AB tiene una influencia directa sobre el crecimiento y desarrollo vegetal. Existen reportes de que promueve la germinación en betabel (*Beta vulgaris*) y lechuga (*Lactuca sativa*) (Guillen, 2002), estimula la tuberización en papa (*Solanum tuberosum*)(Mundo, 2004), induce la floración (Sumiko *et al.*,1981; Shozo *et al.*,1983; Masateru y Takimoto, 1983; Jitendra y Cleland, 1992; García, 2002). Palafox (2001) reporta que las plantas de calabaza (*Cucurbita pepo*) las cuales fueron sometidas a aplicaciones exógenas de AB desarrollaron una mayor cantidad de guía en comparación con las plantas no tratadas.

Masateru y Takimoto (1983) reportan que el fenómeno de la floración inducido por el AB en *Pharbitis nil* es acompañado por una inhibición de la elongación de la raíz. Pallas (1958) reportó que la absorción y traslocación de AB exógeno no varía entre los 20 y los 25° C pero existe gran variación entre la absorción a dichas temperaturas en comparación con la temperatura de 30° C, así mismo la tasa de absorción es directamente proporcional con la humedad relativa.

Este compuesto se clasificaba como un integrante del metabolismo secundario, es decir, se consideraba una sustancia con un papel poco significativo dentro de la fisiología de la planta. Sin embargo investigaciones recientes evidencian el gran efecto que desempeña en la regulación del crecimiento y desarrollo de la planta (Raskin, 1992).

Los efectos registrados por las diferentes investigaciones relativas con el AB, son consistentes con los efectos relacionados con el grupo de hormonas auxinicas: promoción de floración (Masateru y Takimoto, 1983), aumento de la tuberización en papa (Mundo, 2004), entre otros. Así mismo la estructura química del AB es consistente con la presentada por el grupo de las auxinas (Wildermuth, 2006).

Ácido Salicílico.

El ácido salicílico, es muy conocido debido a que uno de sus derivados tiene un extenso uso en la medicina, ácido acetilsalicílico (Aspirina). El AS tiene ese nombre debido a que fue obtenido del *Salix alba*, árbol cuyas hojas y corteza se han utilizado tradicionalmente como cura del dolor y la fiebre. Johan Buchner aisló la salicina por primera vez en 1828 (citado en Raskin, 1992).

El AS se obtiene por medio del tratamiento de la sal de un fenol con un dióxido de carbono, que produce el reemplazamiento de un hidrogeno anular por el grupo carboxilo. Esta reacción se conoce con el nombre de Kolbe, mediante la cual se obtiene el ácido ortobenzoico o ácido salicílico (López, 1984).

El AS o ácido 2-hydro benzoico pertenece al grupo de sustancias fenólicas. En las plantas, los compuestos fenolicos relacionados con el metabolismo secundario, están involucrados en gran cantidad de actividades de regulación fisiológica. Diferentes estudios muestran la importancia del AS en los procesos fisiológicos y de adaptación de las plantas al medio ambiente (Raskin, 1992), aplicaciones de AB promueve la formación de AS en el metabolismo vegetal, mediante la adición de un grupo hidroxilo a uno de sus carbonos, por lo cual el rol del AB y AS se encuentra íntimamente relacionado.

En tabaco el AS brinda protección contra algunos patógenos tales como el virus del mosaico del tabaco (Raskin, 1992). Investigaciones recientes han revelado que el AS mejora la calidad poscosecha y aumenta el tiempo de vida de anaquel de algunas hortalizas debido a que provoca una inhibición de la biosíntesis del etileno (Lesli y Romani, 1986).

Además AS se emplea como señalizador de sequía, lo cual desencadena la cascada de señalización que da lugar a las respuestas de adaptación en ambientes extremos, y la expresión de los sistemas de control de daño oxidativo, y de esta manera brinda a la planta mayor tolerancia a la sequía (García, 2002).

Heridas y daños en las paredes celulares en tomate causan una acumulación de proteinasa inhibidora, efecto que puede ser cancelado como resultado de la aplicación de ácido salicílico (Helen *et al.*, 1988).

El cadmio (Cd) es un elemento presente en los suelos agrícolas debido a la contaminación industrial y a la utilización de los fertilizantes con fosfatos. Se ha demostrado que el Cd es un elemento tóxico para el metabolismo de las plantas afectando: la absorción de nutrientes (Sandalio *et al.*, 2001), el metabolismo del nitrógeno (Boussama *et al.*, 1999), disminución de la fotosíntesis debido al cambio estructural que provoca en los cloroplastos y la síntesis de clorofila (Gadallah, 1995). Altas concentraciones de AS disminuyen la acumulación de Cd en plantas coadyuvando a los procesos fisiológicos (Popova *et al.*, 2008).

MATERIALES Y METODOS.

Descripción del sitio.

El trabajo experimental se realizo en el macrotunel del departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Materiales:

Los materiales utilizados para el desarrollo del presente trabajo se enlistan a continuación:

- Atomizador manual.
- Macetas de 3 Kg.
- Confidor® Forte 200 SL.
- Ácido Benzoico a concentraciones Molares (M):
 - 1×10^{-2} M.
 - 1×10^{-3} M.
 - 1×10^{-4} M.
 - 1×10^{-5} M.

Material Biológico:

El material biológico utilizado fue semillas de frijol línea DG-146-94-1 producida de la UAAAN. Fueron proporcionadas por el departamento de fitomejoramiento.

Equipo:

El equipo utilizado durante la realización del presente trabajo fue:

- Estufa de secado marca Felisa® de 50 – 300° C.
- Balanza analítica marca Bosch® con capacidad de 200 g.

Procedimiento.

Sesenta macetas fueron llenadas con 3 cm. de grava lo cual provee un mejor drenaje a la maceta, y suelo agrícola. La profundidad de siembra de la semilla fue de 2 cm. y las labores culturales aplicadas fueron las propias del cultivo.

La aplicación del AB fue vía foliar. Se atomizaron ambas caras de la hoja uniformemente, en la etapa fenológica de V3 (tres hojas verdaderas). Con ayuda del atomizador se inocularon las cuatro dosis de AB en concentraciones molares: T1) 1×10^{-2} M, T2) 1×10^{-3} M T3) 1×10^{-4} M T4) 1×10^{-5} M y un testigo absoluto (T5).

El cultivo recibió 500 ml de agua cada tercer día, y se hizo una aplicación de Confidor® Forte 200 SL, insecticida sistémico, con fines de control preventivo, quince días después de que germinaron todas las semillas.

Variables evaluadas.

Se evaluaron los parámetros: área foliar (AF), peso seco de hoja (PS_h), peso seco del tallo (PS_t), peso seco de la raíz (PS_r), peso seco de flor (PS_f), peso seco de fruto (PS_F) y peso seco total (PS_T).

El área foliar fue estimada mediante la toma de 5 muestreos obtenidos mediante la relación simple del peso de una hoja de maquina con área conocida, con el peso

correspondiente a la superficie que ocupa el área foliar en la hoja de máquina, determinando el área mediante una regla de tres.

El peso seco de raíz (Ps_r), para cada muestreo, se obtuvo con la ayuda de una balanza analítica que registro el peso del órgano libre de contaminantes, el cual fue sometió a secado en bolsas de papel estraza a 70° C. por 36 horas, en la estufa de secado proporcionada por el laboratorio de Biología del departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

El peso seco de hoja (Ps_h), peso seco de la flor (Ps_f), peso seco del tallo (Ps_t) y el peso seco del fruto (Ps_F) se evaluaron cortando la porción de la planta que corresponda a cada órgano, los cuales fueron secados en una bolsa estraza a 65° C durante 36 horas, en la estufa de secado proporcionada por el laboratorio de Biología del departamento de Botánica de la UAAAN.

Los datos de peso seco obtenidos fueron utilizados para calcular los índices de crecimiento: Tasa de crecimiento relativo (TCR), Tasa de asimilación neta (TAN), Relación de área foliar (RAF), Relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE), Índice de eficiencia de crecimiento de vaina (IEC_v). Además de los índices de desarrollo: Coeficiente de partición de biomasa de hoja (CPB_h), Coeficiente de partición de biomasa de raíz (CPB_r), Coeficiente de partición de biomasa de tallo (CPB_t), Coeficiente de partición de biomasa de flor (CPB_f), Coeficiente de partición de biomasa de fruto (CPB_F) utilizando la metodología descrita por Hunt (1990).

Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado para el análisis de varianza fue un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento (5 x 3), con 4 etapas, resultando en 60 unidades experimentales empleadas, para el análisis de comparación de medias se utilizo el modelo matemático de: Diferencia mínima significativa (DMS)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Durante el desarrollo del experimento las plantas tratadas con aplicaciones exógenas de AB presentaron, por lo menos en apariencia, un mejor desarrollo y crecimiento, tallos ligeramente más gruesos, mayores alturas y rea foliar más uniforme.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza , con el modelo de diferencia mínima significativa (DMS), revelaron la existencia de diferencias altamente significativas ($P > 0.01$), para la variable relación de peso foliar en la segunda ($t_3 - t_2$) y tercera evaluación ($t_4 - t_3$); diferencias significativas ($P > 0.05$), en el coeficiente de partición de biomasa de raíz en los muestreos 1, 2 y 4; el análisis de varianza, para los demás parámetro, no mostró diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 1: Valores medios y coeficientes de variación de las variables: área foliar (AF), peso seco total (PST), coeficientes de partición de biomasa de: tallo CPB_t , raíz CPB_r , hoja CPB_h , flor CPB_f y fruto CPB_F , para el tiempo 1, en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Tratamiento	Muestreo 1						
	AF cm ²	PST g	CPBT	CPBR	CPBH	CPBF	CPBFr
	N.S.	N.S.	N.S. A	*	N.S.	N.S.	-----
T1	192.81 A	1.0704 A	0.3433 A	0.2837 A	0.3769 A	0.006767 A	-----
T2	168.41 A	1.1286 A	0.3735 A	0.2730 AB	0.3602 A	0.004667 A	-----
T3	210.13 A	1.1784 A	0.4050 A	0.2616	0.3964 A	0.005433 A	-----
				AB			
T4	230.75 A	1.0756 A	0.3684 A	0.2609 AB	0.3461 A	0.001767 A	-----
T5	180.55 A	1.1498 A	0.3607 A	0.1931 B	0.3745 A	0.003833 A	-----
C. V.	21.27%	13.21%	7.58%	12.92%	6.10%	27.41%	-----

Muestreo 2							
Tratamiento	AF cm ²	PST g	CPBT	CPBR	CPBH	CPBF	CPBF
	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.
T1	172.71 A	1.2607 A	0.3920 A	0.2775 A	0.3214 A	0.0089 A	0
T2	192.48 A	1.1940 A	0.3976 A	0.2458 AB	0.3479 A	0.008 A	0.00066 A
T3	198.98 A	1.2608 A	0.4199 A	0.2052 AB	0.3739 A	0.0048 A	0.0014 A
T4	210.14 A	1.2077 A	0.4114 A	0.2001 B	0.3849 A	0.0035 A	0
T5	171.54 A	1.2645 A	0.4126 A	0.1999 B	0.3540 A	0.0270 A	0.00103 A
C. V.	12.35%	12.05%	8.07%	12.46%	8.04%	30.94%	32.02%
Muestreo 3							
Tratamiento	AF cm ²	PST g	CPBT	CPBR	CPBH	CPBF	CPBF
	N.S.	N.S.	N.S.	N. S.	N.S.	N.S.	N.S.
T1	199.38 A	1.40A	0.3612 A	0.2009 A	0.3715 A	0.0153 A	0.0509 A
T2	200.88 A	1.35 A	0.3892 A	0.2173 A	0.3269 A	0.0145 A	0.0519 A
T3	208.14 A	1.42 A	0.426 A	0.1883 A	0.3525 A	0.0112 A	0.0219 A
T4	226.11 A	1.35 A	0.3878 A	0.1937 A	0.3853 A	0.0106 A	0.0225 A
T5	198.86 A	1.55 A	0.3983 A	0.201 A	0.3269 A	0.0277 A	0.0458 A
C. V.	10.49%	10.19%	7.95%	9.06%	10.21%	96.23%	102.55%
Muestreo 4							
Tratamiento	AF cm ²	PST g	CPBT	CPBR	CPBH	CPBF	CPBF
	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.
T1	172.71 A	1.58 A	0.3483 A	0.149 B	0.4135 A	0.0283 A	0.0890 A
T2	192.48 A	1.49 A	0.3924 A	0.2008 AB	0.3168 A	0.02591 A	0.0899 A
T3	198.98 A	1.56 A	0.4395 A	0.1857 AB	0.3365 A	0.0212 4 A	0.0382 A
T4	210.14 A	1.51 A	0.3672 A	0.20873A	0.3833 A	0.01983 A	0.0406 A
T5	171.54 A	1.76 A	0.3825 A	0.2145 A	0.321 A	0.02983 A	0.082 A
C. V.	15.66%	12.30%	12.57%	12.46%	19.05%	21.2%	101.10%

** = Diferencia altamente significativa (DMS (P> 0.01)).

NS = Diferencia no significativa

C. V. = Coeficiente de variación.

Datos con la misma letra son estadísticamente similares, datos con diferente letra son estadísticamente diferentes.

Área foliar.

Las pruebas estadísticas llevadas a cabo para la variable área foliar no mostraron diferencias significativas, para esta variable, entre los tratamientos para ningún muestreo. Sin embargo sí presentó una diferencia numérica en todos los muestreos. Los datos fueron mayores para dosis más altas de AB pero sin ser estadísticamente diferentes (Cuadro 1 y Fig. 2), lo cual indica que las dosis AB no influyeron en los procesos fisiológicos y morfológicos de formación de área foliar, resultados similares fueron encontrados por Masateru y Takimoto (1983), quienes no encontraron ningún efecto del AB sobre el área foliar.

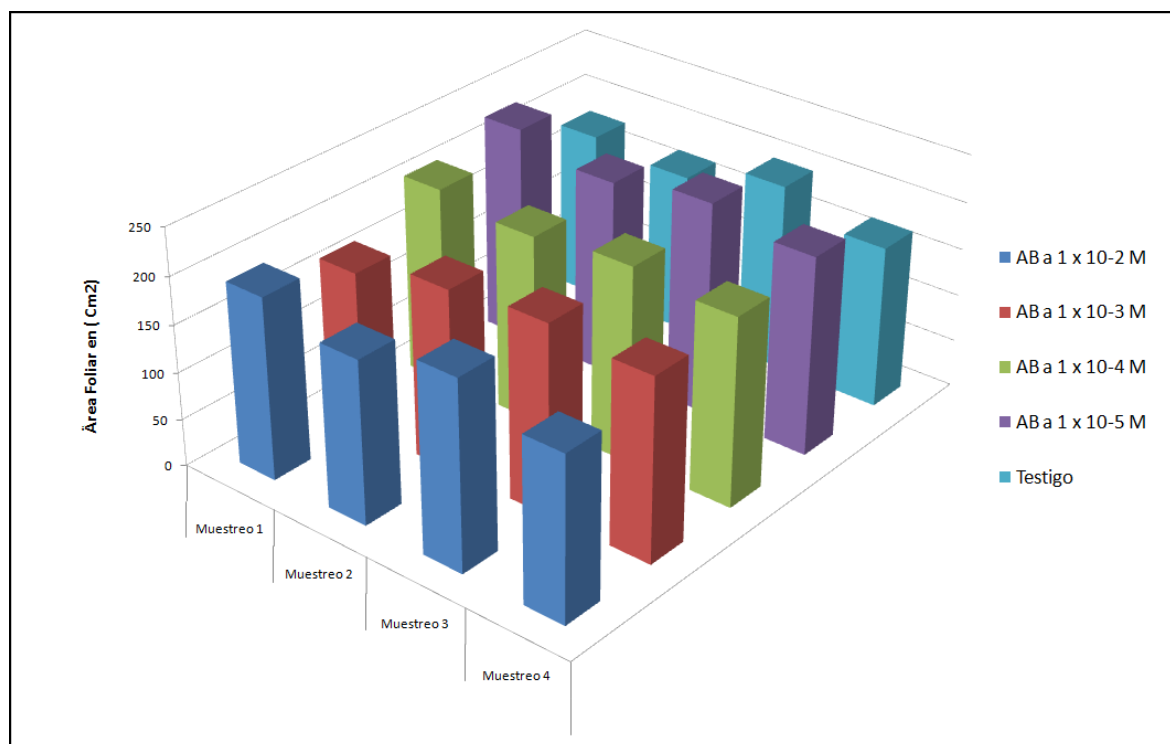


Fig. 2: Valores medios de área foliar en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Peso seco total.

El análisis de varianza mostró que el AB no afectó significativamente la producción de biomasa (Peso seco total), a pesar de existir diferencias numéricas entre las medias (Cuadro 1 y Fig. 3) de los tratamientos, en donde el testigo mostro el mayor peso seco en todos los muestreos, lo cual sugiere que el AB no promueve el crecimiento o la producción de biomasa. Resultados similares fueron presentados por Palafox (2001), el cual encontró que el AB no promovió la producción de biomasa en el cultivo de calabaza.

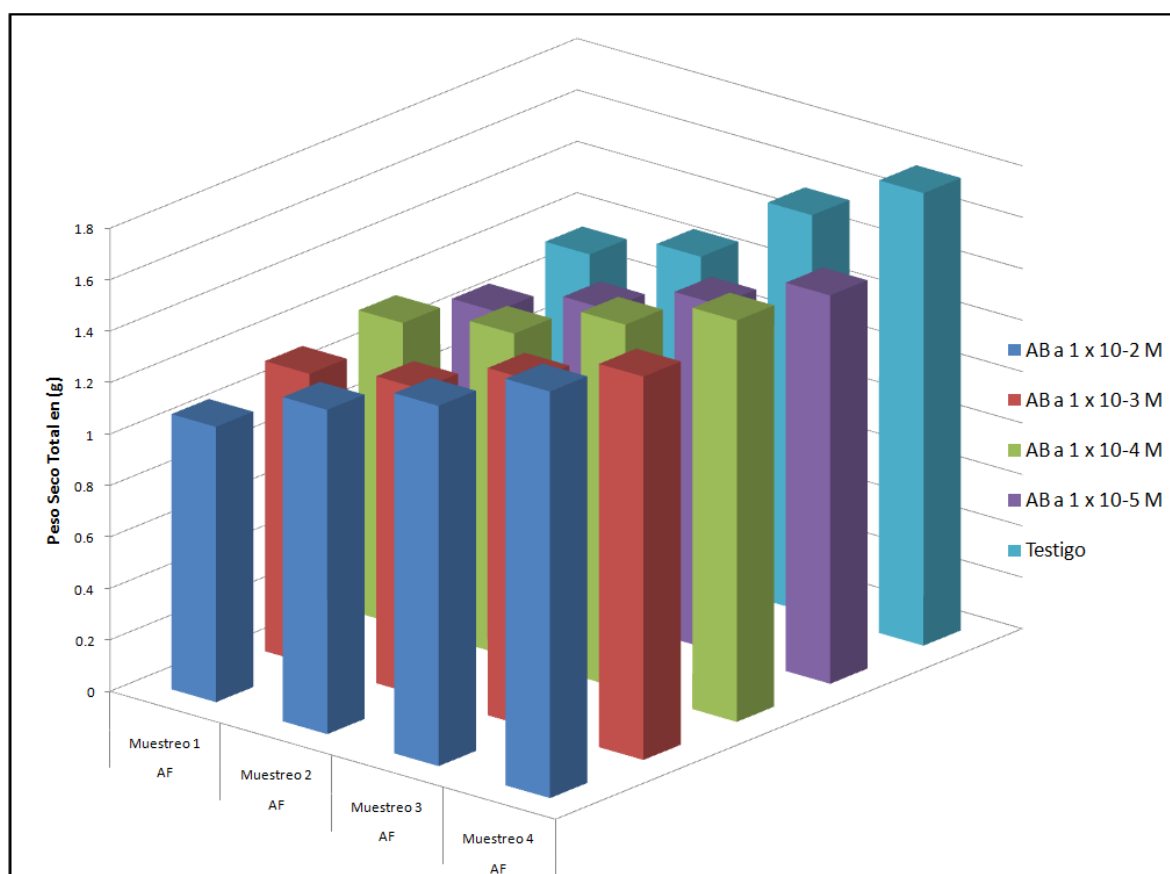


Fig. 3: Valores medios de peso seco total en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Coeficiente de partición de Biomasa de Tallo (CPB_t).

Las pruebas estadísticas relativas a la variable CPB_t no mostraron diferencias estadísticamente significativas, entre los tratamientos y el testigo, en relación a la cantidad de biomasa que se destina al tallo (Cuadro 2 y Fig. 4), pero si existieron diferencias numéricas. El testigo mostro el mayor CPB_t, dejando ver que el AB no afectó la producción de tallo en el cultivo de frijol. Este resultado contrasta con los encontrados por Mundo (2004), quien reporta que el AB estimuló la producción de tallo en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*).

Coeficiente de partición de Biomasa de Raíz (CPB_r).

El análisis de varianza relativo a la variable CPB_r mostró la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$), para esta variable para: el primer, segundo y cuarto muestreos. El primer muestreo mostro valores extremos de 0.2837 en T1 y 0.1931 en T2. Todos los tratamientos fueron superiores al testigo en el primer muestreo (Cuadro 1, Fig. 4), la concentración más alta de AB indujo que T1 obtuviera un CPB_r 47% más alto respectivamente que el testigo.

En el segundo muestreo T1 mostró el mayor CPB_r (0.2775) 37.8 % superior al testigo. Los valores de T2, T3, T4 y T5 fueron los siguientes (0.2458), (0.2052), (0.2001) y (0.1999) (Cuadro 2). La prueba de comparación de medias indico que T1 fue el mejor tratamiento seguido por T2 y T3 además de que T4 y T5 son iguales estadísticamente y ambos inferiores a los demás tratamientos.

Los análisis estadísticos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el tercer muestreo, a pesar de que existió una diferencia numérica entre estos (Cuadro 1).

La prueba DMS mostró diferencias estadísticamente significativas en 3 de los grupos; estos son: A, AB Y B, dentro de los cuales el grupo A conformado por T4 y T5, poseen los mayores valores con 0.2087 y 0.2145 respectivamente (Cuadro 1), el grupo AB, además está conformado por T2 y T3 mostró valores de 0.2008 y 0.1857 y el grupo B integrado únicamente por T1 que obtuvo el valor más bajo con tan solo 0.149, siendo 44 % inferior al testigo. Resultados similares fueron encontrados por Masateru y Takimoto (1983) los cuales reportan que el AB inhibe el crecimiento de la raíz en *Pharbitis nil*.

Coeficiente de partición de Biomasa de Hoja (CPB_h).

La prueba de comparación de medias relativa a CPB_h no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo, en relación a la cantidad de biomasa que se transforma en hoja (Cuadro 1 y Fig. 3), a pesar de las diferencias numéricas. Lo cual indica que el AB no influyo sobre la proporción de biomasa que se convierte en hoja. En general no existen estudios que consideren el efecto del AB sobre este parámetro evaluado en esta investigación (Masateru y Takimoto 1983 en *Pharbitis nil* ; Jitendra y Cleland, 1992 en *Lemna paucicostata*; Shozo *et al.*,1983 en *Lemna spp.*).

Coeficiente de partición de Biomasa de Flor (CPB_f).

El análisis de varianza relativo a CPB_f mostró que el AB no afectó significativamente la producción de biomasa (Peso seco) de flores, a pesar de existir diferencias numéricas entre las medias de los tratamientos y el testigo. Solo existe CPB_f en tres muestreos (1,2 y3) (Cuadro 1, y Fig. 4), debido a que solo en estas fechas las plantas alcanzaron la etapa fenológica reproductiva con flor (G), los resultados obtenidos no muestran efecto alguno sobre la floración en comparación con el

testigo. Resultados difieren fueron reportados por la mayor parte de las investigaciones, en las cuales se encontró que el AB afecta significativamente la producción de flor (Masateru y Takimoto 1983 en *Pharbitis nil* ; Jitendra y Cleland, 1992 en *Lemna paucicostata*; Shozo *et al.*,1983 en *Lemna spp.*).

Coeficiente de partición de Biomasa de Fruto (CPBF) Ó Índice de Cosecha (IC).

Los análisis estadísticos referentes a CPBF mostraron que el AB no promueve diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el testigo, esto a pesar de las diferencias numéricas existentes (Cuadro 1y Fig. 4). El CPBF toma valores a partir del segundo muestreo, donde el cultivo alcanza la etapa fenológica de fructificación y dicho compuesto no afecta la producción de flor y por ende tampoco la producción de fruto. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Benavidez *et al.* (2002) quienes reportan que aplicaciones foliares de ácido benzoico tuvieron un efecto positivo en el incremento de la producción.

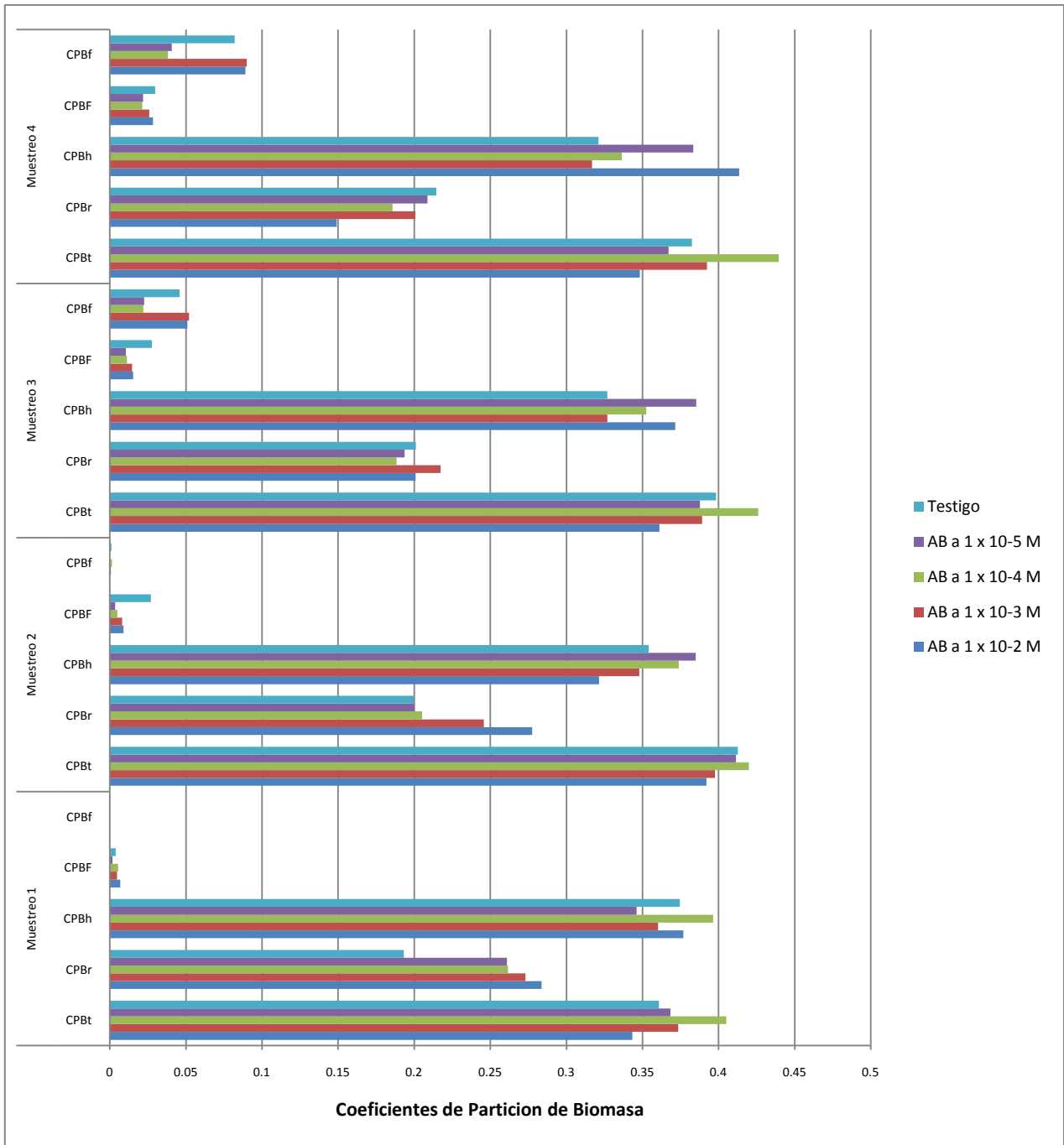


Fig. 4: Valores medios de los coeficientes de partición de biomasa de: tallo CPB_t, raíz CPB_r, hoja CPB_h, flor CPB_f y fruto CPB_F en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB), en los cuatro muestreos.

Cuadro 2: Valores medios y coeficientes de variación de las variables: tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), relación de área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF), área foliar específica (AFE) e índice de eficiencia de crecimiento de vaina (IECv), para el punto 1 (t2 – t1), en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB) .

Primer Punto						
Tratamiento	TCR g x g ⁻¹ x día ⁻¹ . N.S.	TAN g x cm ⁻² x día ⁻¹ N.S.	RAF cm ² x día ⁻¹ N.S.	RPF N.S.	AFE cm ² x g ⁻¹ N.S.	IECv g x cm ⁻² x día ⁻¹ N.S.
T1	0.02277 A	0.000151 A	159.7 A	0.3492 A	454.62 A	0.000000 A
T2	0.009264 A	0.000071 A	155.86 A	0.3540 A	441.13 A	0.000001 0A
T3	0.009628 A	0.000053 A	168.87 A	0.3851 A	437.66 A	0.000000 A
T4	0.016567 A	0.000086 A	195.61 A	0.3655 A	539.43 A	0.000000 A
T5	0.013648 A	0.000094 A	146.83 A	0.3642 A	405.41 A	0.000001 A
C. V.	153.03%	150.86%	13.19%	4.77%	12.66%	227.43%
Segundo Punto						
Tratamiento	TCR g x g ⁻¹ x día ⁻¹ . N.S.	TAN g x cm ⁻² x día ⁻¹ N.S.	RAF cm ² x día ⁻¹ * *	RPF N. S.	AFE cm ² x g ⁻¹ N.S.	IECv g x cm ⁻² x día ⁻¹ N.S.
T1	0.01602 A	0.000115 A	139.41 AB	0.3464 A	405.09 A	0.000057 A
T2	0.018728 A	0.000115 A	154.86 AB	0.3374 A	459.29 A	0.00005 A
T3	0.018367 A	0.000118 A	152.45 AB	0.3632 A	420.74 A	0.000021 A
T4	0.016727 A	0.000098 A	172.08 A	0.3851 A	451.67 A	0.00002 A
T5	0.029302 A	0.000223 A	131.84 B	0.3405 A	392.45 A	0.000054 A
C. V.	69.43%	64.24%	9.35%	7.05%	11.80%	109.70%
Tercer Punto						
Tratamiento	TCR g x g ⁻¹ x día ⁻¹ . N.S.	TAN g x cm ⁻² x día ⁻¹ N.S.	RAF cm ² x día ⁻¹ * *	RPF N. S.	AFE cm ² x g ⁻¹ N.S.	IECv g x cm ⁻² x día ⁻¹ N.S.
T1	0.017495 A	0.000124 A	141.84 AB	0.3925 A	367.2 A	0.00005 A
T2	0.012578 A	0.000085 A	143.64 AB	0.3218 A	446.7 A	0.000047 A
T3	0.01256 A	0.000087 A	142.03 AB	0.3445 A	417.99 A	0.00002 A
T4	0.015493 A	0.000094 A	164.07 A	0.3843 A	440.05 A	0.000019 A
T5	0.018664 A	0.000145 A	125.14 B	0.3239 A	390.19 A	0.00005 A
C. V.	72.27%	69.56%	6.39%	14.31%	15.16%	108.33%

** = Diferencia altamente significativa (DMS (P> 0.01)).

NS = Diferencia no significativa

C. V. = Coeficiente de variación.

Datos con la misma letra son estadísticamente similares, datos con diferente letra son estadísticamente diferentes.

Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).

Los tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la tasa de crecimiento relativo, en ninguno de los puntos evaluados (Cuadro 2 y Fig. 5), pero si existieron diferencias numéricas, en el primer punto T1 presento la mayor tasa de crecimiento con un valor de: $0.02277 \text{ g} \times \text{g}^{-1} \times \text{día}^{-1}$ y T4 presento la menor tasa con $0.009264 \text{ g} \times \text{g}^{-1} \times \text{día}^{-1}$.

En el segundo y tercer punto todos los tratamientos presentaron valores menores al testigo, el cual alcanzó: 0.029302 y $0.018664 \text{ g} \times \text{g}^{-1} \times \text{día}^{-1}$ respectivamente. En el segundo punto T1 presento el valor más bajo con $0.01602 \text{ g} \times \text{g}^{-1} \times \text{día}^{-1}$, así mismo el tercer punto la menor TCR se presentó en T4 que obtuvo solo $0.012578 \text{ g} \times \text{g}^{-1} \times \text{día}^{-1}$ (Fig. 5).

Estos resultados indican que el AB no influye sobre el crecimiento de la planta. Resultados similares fueron encontrados por Guillen (2002) quien reporta que en lechuga (*Lactuca sativa*) el AB no afecta la producción de biomasa.

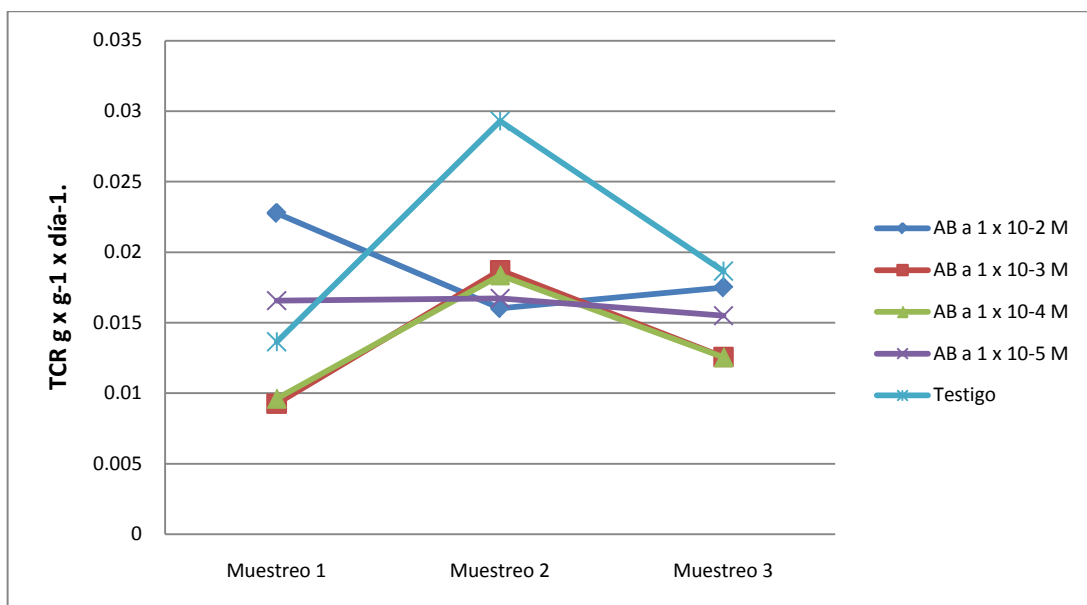


Fig. 5: Comportamiento de la tasa de crecimiento relativo en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Tasa de Asimilación Neta (TAN).

El análisis de varianza relativo a la variable TAN, mostró que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para este parámetro, en ninguno de los puntos evaluados (Cuadro 2). El mayor valor de la TAN fue obtenido por T1 seguido del testigo y los demás tratamientos: T1 0.000151, T5 (Testigo) 0.000094 T2 0.000071, T3 0.000053 y T4 0.000086 $\text{g x cm}^{-2} \text{ x día}^{-1}$.

En el segundo y tercer punto la mayor TAN fue exhibida por el T5(testigo) con: 0.000223 y 0.000145 $\text{g x cm}^{-2} \text{ x día}^{-1}$ respectivamente. Para el segundo punto los datos obtenidos son: T1 (0.000115), T2 (0.000115), T3 (0.0001189 y T4 (0.000098) (Fig. 6).

En el tercer punto el valor de las medias de los tratamientos para T1, T2, T3, T4 fueron: 0.000124, 0.000085, 0.000087 y 0.000094 $\text{g x cm}^{-2} \text{ x día}^{-1}$ respectivamente

Estos resultados indican que el AB no afecta a la fotosíntesis, es decir, no afecta la cantidad de biomasa producida en relación con su área foliar. Ninguna de las investigaciones consultadas tuvieron por variable este parámetro (Masateru y Takimoto 1983 en *Pharbitis nil* ; Jitendra y Cleland, 1992 en *Lemna paucicostata*; Shozo *et al.*,1983 en *Lemna spp.*).

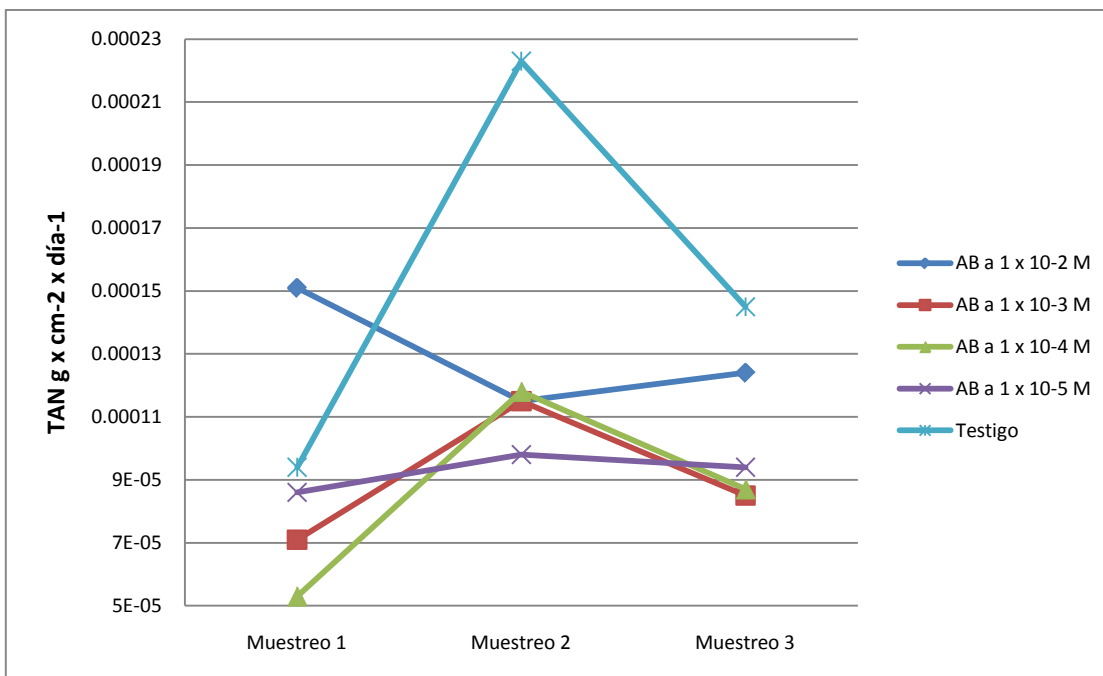


Fig. 6: Comportamiento de la tasa de asimilación neta en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Relación de área Foliar (RAF).

Los análisis estadístico relativos a la variable RAF muestran la existencia de diferencias altamente significativas ($P > 0.01$), a partir del segundo punto ($t_3 - t_2$), en dicho punto todos los tratamientos presentaron una mayor RAF que el testigo, en el segundo y tercer punto (Cuadro 2 y Fig. 7), T4 obtuvo los valores más altos con: 172.08 y 164.07 $\text{cm}^2 \times \text{día}^{-1}$ respectivamente, (30.5%) y (31.1%) mayor al testigo el cual presentó: 131.84 y 125.14 $\text{cm}^2 \times \text{día}^{-1}$, respectivamente. Esto sugiere que el AB no afecta significativamente el porcentaje de biomasa que se convierte en hoja. Resultados similares fueron encontrados por Benavidez *et al.* (2002), quien reportan que el AB no afecta la producción de hoja en tomate (*Lycopersicon esculentum*).

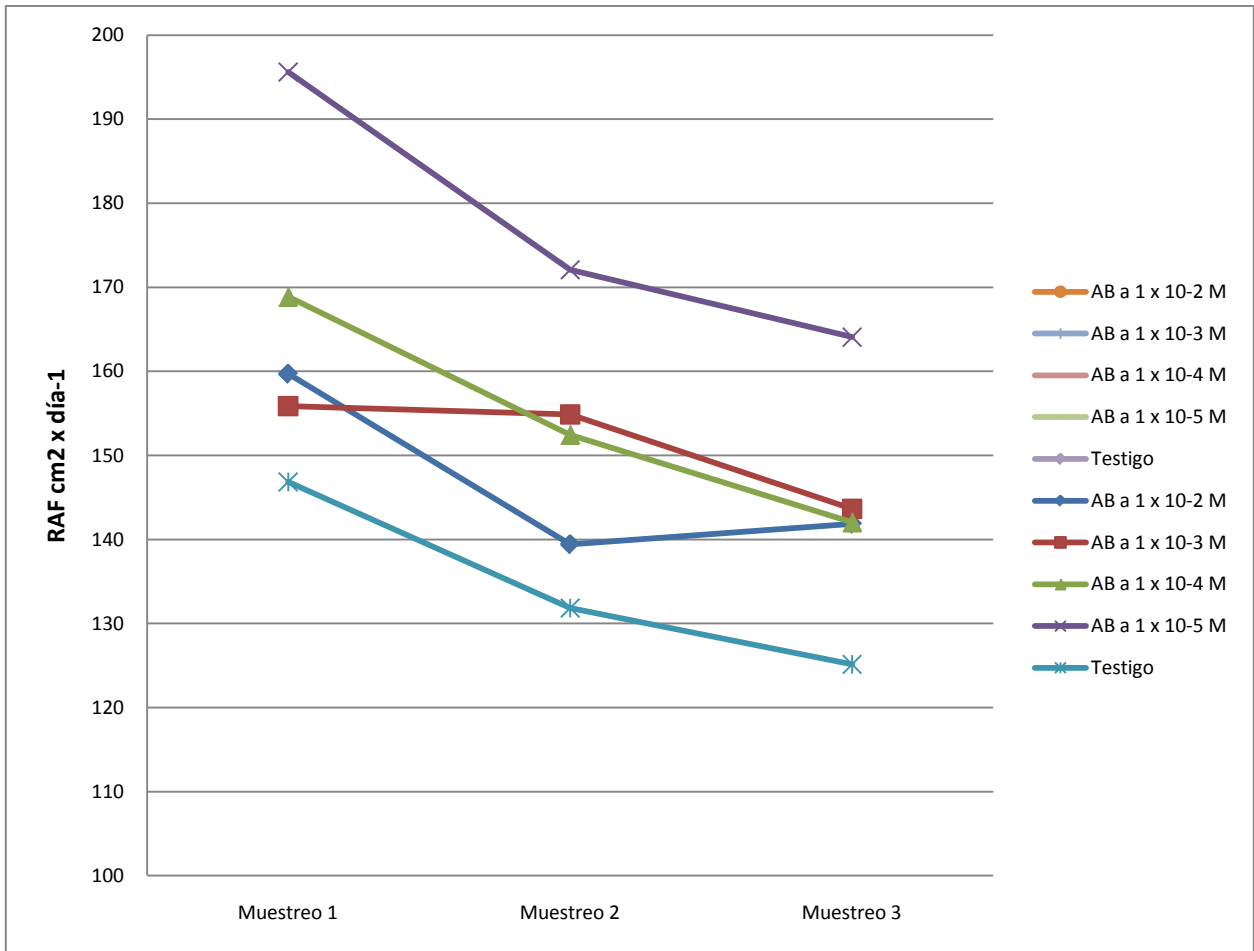


Fig. 7: Comportamiento de la relación de área foliar en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Relación de Peso Foliar (RPF).

A pesar de que los datos referentes a RPF mostraron una diferencia numérica entre los tratamientos, éstos son estadísticamente iguales entre sí e iguales al testigo en los cuatro muestreos (Cuadro 2 y Fig. 8), Benavidez *et al.* (2002) reportan que el AB no afecta el área foliar en tomate (*Lycopersicon sculentum*).

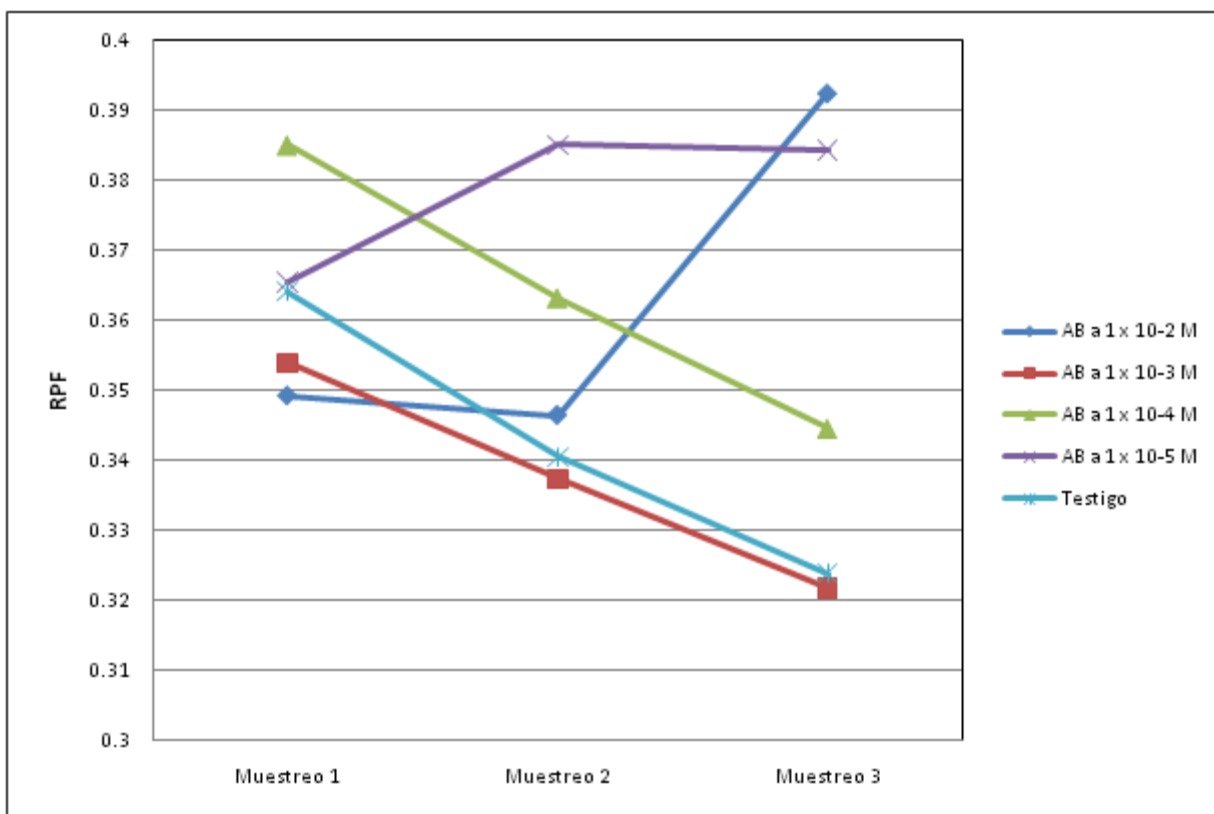


Fig. 8: Comportamiento de la relación de peso foliar en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Área Foliar Específica (AFE).

El análisis de comparación de medias relativo a la variable AFE, mostró que todos los tratamientos y el testigo pertenecen a un mismo grupo estadístico (Cuadro 2 y Fig. 9). No presentan diferencias significativas entre ellos para este parámetro en ninguno de los muestreos.

La falta de diferencias significativas indica que el AB no afecta el grosor de la hoja, en el caso particular del cultivo de frijol. Ninguna de las investigaciones consultadas analiza este parámetro (Masateru y Takimoto 1983 en *Pharbitis nil* ; Jitendra y

Cleland, 1992 en *Lemna paucicostata*; Shozo et al.,1983 en *Lemna spp.*; Sumiko et al.,1981 en *Lemna paucicostata*).

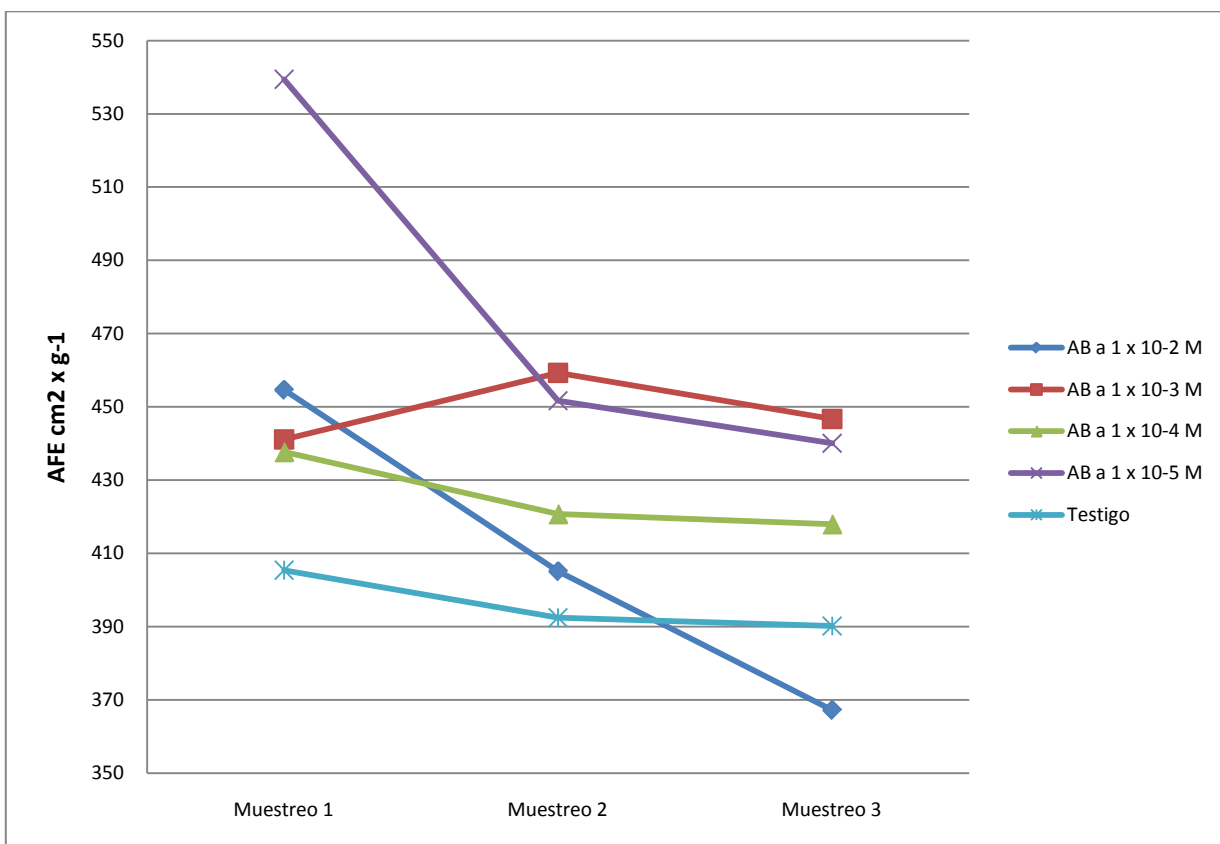


Fig. 9: Comportamiento de la área foliar específica en respuesta a la dosis aplicada de ácido benzoico (AB).

Conclusiones.

El AB no influye sobre los procesos fisiológicos que derivan en la cantidad de material vegetativo que constituye el área foliar en el cultivo de frijol (peso seco). Su aplicación tampoco modifica el crecimiento de la cantidad de componentes que constituyen el peso seco total de este cultivo.

Existió una modificación para la proporción de materia vegetal que se convierte en un órgano específico (coeficientes de partición de biomasa) afectando la cantidad de biomasa que se transforman en raíz, pudiendo ser esto resultado de una promoción de la actividad del meristemo apical ubicado en la raíz. El AB indujo, en estadios tempranos, un mayor crecimiento del área radical y una disminución del crecimiento del mismo sistema en estadios fenológicos más avanzados.

El efecto inducido por el AB no modifica el crecimiento relativo propio del cultivo, tampoco afecta la eficiencia fotosintética de la especie (Tasa de asimilación neta), lo cual sugiere que los efectos causados en relación a los procesos y morfología fotosintética que derivan en el crecimiento no son susceptibles a modificaciones por el efecto de este compuesto.

Aplicaciones de AB afectan positivamente la magnitud del aparato fotosintético en relación con el peso seco de la planta (relación de área foliar), es decir, el AB aplicado en el cultivo de frijol amplía la proporción de material asimilativo en relación con el material vegetal presente.

El efecto del AB sobre los procesos fisiológicos que derivan en la traslocación y la posterior acumulación de asimilados en la hoja es nulo, pudiendo ser esto debido a que la actividad floemática y xilemática así como el potencial electrodinámico de los solutos en las hojas no es modificada, derivando en una traslocación normal propia del cultivo.

La densidad (grosor) del área foliar en el cultivo de frijol no es modificada por efecto del AB. Como se mencionó anteriormente la cantidad de asimilados en las hojas no es modificada, por ende el grosor de las hojas permanece con valores propios del cultivo.

El fenómeno de la floración puede ser acortado por aplicaciones de AB como numerosas investigaciones avalan. Sin embargo en el caso particular del cultivo de frijol el AB no afecta los procesos fisiológicos relativos a la floración.

LITEATURA CITADA.

-----, 2010. Consultado en: <http://www.berlin-und-mehr.info/e33301.htm>.

-----, 2010. Consultado en: www.biologia.edu.ar/plantas/alelopatia.htm

-----, 2010. Consultado en: <http://milksci.unizar.es/adit/conser.html>.

Anthony, D. M. 1973. Influence of Phenolic Acid's on Ion Uptake. *Plant Physiol.* , 51: 1037-1041.

Benavidez M.A., L.O. Fuentes, H. Ortega, H. Ramirez y V. Robledo. 2002 Cambios en algunas propiedades del suelo y en el rendimiento de tomate al aplicar ácido benzoico y complejo de poliacido acrilico-quitosán. *Agrofaz* 3:321-329

Boussama, N., O. Quariti and M.H. Ghorbal. 1999. Changes in growth and nitrogen assimilation in barley seedlings under cadmium stress. *J. Plant Nutr.*, 22:731-752.

Charles, A. L and R.J. Romani. 1988. Inhibition of Ethylene Biosynthesis by Salicylic Acid. *Plant Physiol.* 88: 833-837

Fujioka, S., I. Yamaguchi, N. Murofushi, N. Takahashi, S. Kaihara and A. Takimoto .1983a. Flowering and endogenous levels of benzoic acid in *Lemna* species. *Plant and Cell Physiol.* 24: 235-23

Fujioka, S., I. Yamaguchi, N. Murofushi, N. Takahashi, S. Kaihara and A. Takimoto .1983b. The role of plant hormones and benzoic acid in flowering of *lemna paucicostata* 151 and 381. *Plant & Cell Physiol.* 24(2): 241-246

Gadallah, M.A. 1995. Effects of cadmium and kinetin on chlorophyll content, saccharides and dry matter accumulation in sunflower plants. *Biol. Plant.*, 37: 233-240.

García, M. E. , 2002. Aplicación de ácido benzoico en forma foliar al cultivo de *Lilium* cv dreamland , Tesis de licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.

Guillen, S. A. R.. 2002. Evaluación del ácido salicílico y ácido benzoico en la germinación y biomasa de betabel y lechuga en medio salino. Tesis de licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.

Harry, F, Carotheres, Z., W Payne y M. Balbach. 1974. *Botanica*, quinta edición. Nueva editorial interamericana. México D.F.

Helen, M. D, R. S Robert. and J. B.Dianna. 1988. The wound response of tomato plants can be inhibited by aspirin and related hydroxy-benzoic acids. *Physiological and Molecular Plant Pathology* Vol. 33 (3): 377-384.

Hunt, R.. 1990. *Basic growth analysis*. Academic Division of Unwin Hyman Inc. United State of America.

- Jitendra, P. K. and F. C. Cleland. 1992. Role of salicylic acid and benzoic acid in flowering of a photoperiod-insensitive strain, *Lemna paucicostata* LP6. *Plant Physiol.* 100:1541-1546.
- Kaur, H., S. Inderjit and I. Kaushik. 2005. Cellular evidence of allelopathic interference of benzoic acid to mustard (*Brassica juncea* L.) seedling growth. *Plant Physiol. Biochem.*, 43:77-81.
- Kende, H. and J.A.D. Zeevaart. 1997. The five classical plant hormones. *The Plant Cell*, 9:1197-1210.
- Kirk, R. E. 1961. Enciclopedia de tecnología química. Tomo III. Primera edición Uteha. México
- Leslie, C and R. Romani 1986 Salicylic acid: a new inhibitor of ethylene biosynthesis. *Plant Cell Rep*, 5: 144-146
- Leterme P. and C. Muñoz. (2002) Factors influencing pulse consumption in Latin América. *Brit. J. Nutr.*, 88: 251-254.
- Lira, S. H. 1994. Fisiología Vegetal. Primera edición, Editorial Trillas S.A de C.V., México D.F.

- López, B. 1984. Reguladores de crecimiento vs Estudio de aspersiones de ácido salicílico, saligenina y cinetina en la producción de trigo. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de México. México D.F.
- Masateru, S. and A. Takimoto. 1983. Effects of some growth regulators and benzoic acid derivatives on flower initiation and root elongation of *Pharbitis nil*, strain kidachi. *Plant and Cell Physiology*, Vol. 24, No. 3 : 433-439.
- Moreno, U. 1985. Environmental effects on growth and development of potato plants. *In: Li, P.H. (De.) Potato Physiology*. Academic Press Inc. U.S.A.
- Mundo, C. S. 2004. Efecto de la aplicación foliar de ácidos salicílico y benzoico en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Gigant. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.
- Nickell, L. G. 1982. *Plant growth regulators: Agricultural uses*. First edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Palafox, A.J.R. 2001. Evaluación de la aplicación foliar de ácido salicílico y benzoico sobre el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.). tesis de licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila. México.
- Pallas, J.E. Jr. 1958. Effects of temperature and humidity on foliar absorption and translocation of 2-4-Dichlorophenoxyacetic acid and benzoic acid. *Plant physiol.* 23: 226-232.

- Popova, L.,L. Maslenkova,L. Yordanova, A. Krantev, G. Szalai and T. Janda.2008. Salicylic acid protects photosynthesis against cadmium toxicity in pea plants. Gen. Appl. Plant. Physiology. Special Issue,34 (3-4) 133-148
- Raskin, I.. 1992a. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol., 43: 439-463.
- Raskin, I.. 1992b. Salicylate, a new plant hormone. Plant Physiol. 99: 799-803.
- Salisbury, F. and Ross, C. 1994. Fisiologia Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. México, D.F.
- Sandalio, L.M., H.C. Dalurzo, M. Gomes, M. Romero-Puertas, and L.A. del Rio, 2001. Cadmium- induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. J. Exp. Bot., 52, 2115-2126.
- Sumiko, K., K. Watanabe and A. Takimoto.1981. Flower-inducing effect of benzoic and salicylic acids in various strains of *Lemna paucicostata* and L. minor. Plant and Cell Physiology, Vol. 22,(5) : 819-825.
- Ville, C., E. Solomon and W. Davis. 1987. Biología tomo II. Nueva Editorial Interamericana. México D.F.

Wildermuth, M. C.. 2006. Variations on a theme: synthesis and modification of plant benzoic acids. *Current Opinion in Plant Biology*, 9:288–296.

Whittaker, R. H. and P. P. Feeny. 1971. Allelochemicals: chemical interactions between species. *Science* 171: 757-769.

Zhang, E., S. Zhang, W. Zhang And T. Li.2010. Effects of exogenic benzoic acid and cinnamic acid on the root oxidative damage of tomato seedlings. *Journal of Horticulture and Forestry* 2(2): 22-29.