

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**EL CULTIVO DEL CHILE PIQUÍN Y LA INFLUENCIA DE LOS ÁCIDOS
ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD
NUTRICIONAL**

Por

ALBERTO SANDOVAL RANGEL

**Como Requisito Parcial Para Obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS
Con Acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales**

Febrero de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EL CULTIVO DEL CHILE PIQUÍN Y LA INFLUENCIA DE LOS ÁCIDOS
ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD
NUTRICIONAL

TESIS

Como Requisito Para Obtener el Grado De

DOCTOR EN CIENCIAS

Con Acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales

Presenta

ALBERTO SANDOVAL RANGEL


Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
Director


Dr. Adalberto Benavides Mendoza
Director externo

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Febrero de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EL CULTIVO DEL CHILE PIQUÍN Y LA INFLUENCIA DE LOS ÁCIDOS
ORGÁNICOS EN EL CRECIMIENTO, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD
NUTRICIONAL

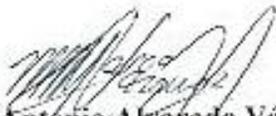
TESIS

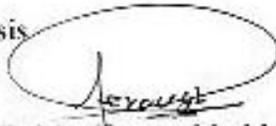
Como Requisito Para Obtener el Grado De
DOCTOR EN CIENCIAS
Con Acentuación en Manejo y Administración de Recursos Vegetales

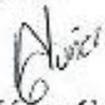
Presenta

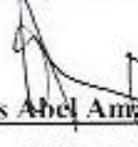
ALBERTO SANDOVAL RANGEL

Comité de Tesis


Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez
Presidente


Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab
Secretario (codirector)


Dra. Ma. Adriana Núñez González
1er Vocal


Dr. Carlos Abel Amaya Guerra
2º Vocal


Dr. Adalberto Benavides Mendoza
3er Vocal

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Febrero de 2011

DEDICATORIA

A quien ha compartido conmigo esta ilusión, mi esposa Hilda Mayela Ortiz Rosales

A quienes con una sonrisa me impulsan a seguir, mis hijas Wendy Xiomara, Arely
Marisol y Alexa Mariela

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)

A la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FCB UANL).

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)

A quienes con sus conocimientos, su tiempo y sus deseos de ayudar han hecho posible concluir este documento, sinceramente gracias.

Dr. Marco Antonio Alvarado Vázquez

Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournabav

Dra. Ma. Adriana Núñez González

Dr. Carlos Abel Amaya Guerra

LISTA DE TABLAS

No	Descripción	Página
Tabla 1	Glutamato libre en productos vegetales (mg/100g).....	26
Tabla 2	Ecotipos evaluados en la primera prueba de producción de planta Marzo 2005.....	33
Tabla 3	Tratamientos utilizados en la prueba de germinación de las distintas edades de semilla de chile piquín.....	37
Tabla 4	ANOVA del porcentaje de emergencia a los 16 DDS.....	50
Tabla 5	Porcentaje de emergencia a los 16 DDS	51
Tabla 6	Características de la planta a los 48 días DDS.....	51
Tabla 7	Comparación de medias en la germinación de semillas de chile piquín” en relación a las edades estudiadas.....	56
Tabla 8	Comparación de medias en la germinación de semillas de chile Piquín, en relación a los tratamientos utilizados.....	56
Tabla 9	Porcentaje de plantas normales durante el primer conteo (10 dds) según la edad de la semilla.....	58
Tabla 10	Porcentaje de plantas normales durante el primer conteo (10 dds) en los TQS.....	58
Tabla 11	Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M y benzoico 10^{-4} M, en la germinación del chile piquín....	63
Tabla 12	Media y desviación estándar del efecto de glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M y benzoico 10^{-4} M, sobre el crecimiento de la plántula de chile piquín.....	64
Tabla 13	Media y desviación estándar del efecto glutamato monosódico al 1% y de los ácidos Salicílico 10^{-4} M y Benzoico 10^{-4} M, sobre el crecimiento del cultivo de chile piquín, a los 98 días después de siembra.....	66

Tabla 14	Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M y Benzoico 10^{-4} M, sobre el crecimiento y productividad del cultivo de chile piquín a los 98 días después de siembra.....	67
Tabla 15	Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M y benzoico 10^{-4} M, sobre la bromatología del fruto de chile piquín.....	68
Tabla 16	Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M y benzoico 10^{-4} M, sobre el contenido de capsaicina en frutos de chile piquín.....	70

LISTA DE FIGURAS

Número	Descripción	Página
Figura 1	Fotografía del Chile Piquín. Fuente: Pedro Tenorio Lezama <i>in</i> : Hanan <i>et al.</i> , 2009.....	7
Figura 2	Estructura química del ácido glutámico y el glutamato monosódico.....	24
Figura 3	Glicolisis y ciclo de Krebs, para mostrar la participación del ácido glutámico en la síntesis de metabolitos o fitoquímicos (Salisbury y Ross, 1994).	25
Figura 4	Estructura química del ácido salicílico.....	27
Figura 5	Estructura química del ácido benzoico.....	30
Figura 6	Ecotipo de chile piquín seleccionado, para obtención de semilla...	42
Figura 7	Plántula de chile piquín a los 48 días después de siembra, de izquierda a derecha Ecotipo bolita, Japonés y Saltillo.....	51
Figura 8	Plántula de chile piquín a los 48 días después de siembra, del ecotipo Japonés con y sin ácido giberélico.....	52
Figura 9	Tasa de Imbibición en tres edades de semilla de chile piquín.....	53
Figura 10	Tinción de la semilla por tetrazolio.....	54
Figura 11	Viabilidad de la semilla de chile piquín de tres edades. Primera evaluación media y desviación estándar.....	54
Figura 12	Viabilidad de la semilla de chile piquín de tres edades. Segunda evaluación media y desviación estándar.....	55
Figura 13	Viabilidad de la semilla de chile piquín de tres edades. Tercera evaluación media y desviación estándar.....	55
Figura 14	Interacción de edad y tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas de chile piquín.....	57
Figura 15	Índice de velocidad de emergencia de semilla de chile piquín en la interacción edad-TQS.....	59

Figura 16	Producción de chile piquín en campo abierto con fertirrigación y acolchado de segundo ciclo en el periodo marzo-agosto del 2005. En la Galera-Palma Gorda, Municipio de Saltillo, Coahuila.....	60
Figura 17	Frutos de chile piquín con antocianinas producidos en campo abierto con fertirrigación y acolchado de segundo ciclo, en el periodo marzo-Agosto del 2005. En la Galera-Palma Gorda, Municipio de Saltillo, Coahuila	60
Figura 18	Producción de chile piquín en campo abierto con fertirrigación y acolchado durante el periodo agosto-noviembre del 2005. En la parcela 12 del ejido el Pilar, municipio de General Cepeda, Coahuila.....	62
Figura 19	Producción de chile piquín en campo abierto con fertirrigación, durante el periodo marzo-septiembre del 2006. En Buenavista, Saltillo, Coahuila.	62
Figura 20	Formas de fruto obtenidas en la prueba de producción en el periodo marzo-septiembre del 2006. En Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	63
Figura 21	Plántula de chile piquín a los 45 días después de siembra, donde se muestra el porcentaje de emergencia obtenido.....	64
Figura 22	Cultivo de chile piquín, para la evaluación de los ácidos orgánicos	66
Figura 23	Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M y benzoico 10^{-4} M, sobre el contenido de antioxidantes en el fruto de chile piquín.....	70

TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. IMPORTANCIA.....	4
4. OBJETIVOS.....	5
4.1 Objetivo General.....	5
4.2 Objetivos Particulares.....	5
5. HIPOTESIS.	6
6. ANTECEDENTES.....	7
6.1 Generalidades del Chile.....	7
6.2 El chile Piquín Breve Descripción	7
6.2.1 Origen e Historia.....	7
6.2.2 Aspectos Botánicos.....	7
6.2.3 Ecotipos del Chile Piquín en México	9
6.2.4 Distribución Geográfica.....	10
6.2.5 Importancia del Chile Piquín	10
6.3 Proceso de Producción.....	15
6.3.1 Adquisición de Semilla	15
6.3.2 Germinación de la Semilla	16
6.3.3 Producción de Planta o Plántula	17
6.3.4 Épocas de Siembra y Transplante	17
6.3.5 Sistemas de Cultivo.....	17
6.3.6 Riegos y Fertilización.....	19

6.3.7 Manejo Fitosanitario.....	19
6.3.8 Cosecha.....	20
6.3.9 Comercialización.....	21
6.4 Fitoquímicos o Metabolitos.....	22
6.5. Los Ácidos Orgánicos.....	24
6.5.1 Glutamato Monosódico (GMS).....	24
6.5.1.1 El GMS en el Crecimiento y Productividad de los Cultivos...	27
6.5.2. Ácido Salicílico AS	27
6.5.2.1 El AS en el Crecimiento y Productividad de los Cultivos.....	28
6.5.2.2 El AS en la Calidad Alimenticia de los Cultivos.....	29
6.5.3 El Ácido Benzoico (AB).....	30
6.5.3.1 El AB en el Crecimiento y Productividad de los Cultivos	30
6.5.3.2 El AB en la Calidad Alimenticia de los Cultivos	31
6.5.4 Propósito del Estudio de los Ácidos Orgánicos como Inductores en la Producción de Metabolitos o Fitoquímicos.....	31
7. METODOLOGÍA.....	33
7.1 Producción Agronómica del Chile Piquín	33
7.1.1 Prueba de Producción de Plántula.....	33
7.1.2 Evaluación de la Calidad Fisiológica de la Semilla.....	35
7.1.2.1 Prueba de Imbibición	36
7.1.2.2 Prueba de Viabilidad con Tetrazolio (TDZ)	36
7.1.2.3 Prueba de Germinación con Acido Giberélico y Nitrato de Potasio	37
7.1.2.4 Prueba de Vigor de la Semilla	38
7. 1.3 Pruebas de Producción en Campo	39
7.1.3.1. Primera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego de Segundo Ciclo	39
7.2 Segunda Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego	40
7.2.1 Tercera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego	42
7.2.2 Evaluación de los Ácidos Orgánicos	43
7.2.3 Emergencia de Semilla y la Producción de Plántula	43

7.2.4 Efecto de los Ácidos Orgánicos (Aplicación Foliar), en el Crecimiento y Productividad del Chile Piquín Cultivado en Campo Abierto.....	44
7.2.5 En el Perfil Bromatológico, Antioxidantes y Capsaicina del Fruto...	47
8. RESULTADOS	51
8.1 Producción Agronómica del Chile Piquín.....	51
8.1.1 Primera Prueba de Producción de Plántula.....	51
8.1.2 Calidad Fisiológica de la Semilla.....	53
8.1.2.1 Prueba de Imbibición.....	53
8.1.2.2 Prueba de Viabilidad con Tetrazolio.	54
8.1.2.3 Prueba de Germinación con ácido Giberélico (GA3) y Nitrato de Potasio (KNO ₃).....	56
8.1.2.4 Prueba de Vigor de la Semilla	58
8.1.3 Pruebas de Producción en Campo Abierto	60
8.1.3.1. Primera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego de Segundo Ciclo.	61
8.1.3.2. Segunda Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego.....	61
8.1.3.2. Tercera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego.....	62
8.2 Evaluación de los Ácidos Orgánicos.....	64
8.2.1. En la Germinación de la Semilla.....	64
8.2.2 En el Crecimiento de Plántula.....	65
8.2.3 En el Cultivo de Chile Piquín	66
8.2.3.1 Efecto en el Crecimiento.....	66
8.2.3.2 Efecto en la Productividad.....	67
8.2.4 En el Perfil Bromatológico de Fruto	68
8.2.5 En el Contenido de Antioxidantes Totales.....	69
8.2.6 En el Contenido de Capsaicina	70
10. DISCUSIONES	72
10.1 Producción de Chile Piquín.....	72
10.2 Evaluación de los Ácidos Orgánicos.....	74
11. CONCLUSIONES	81

12. RECOMENDACIONES.....	83
13. BIBLIOGRAFÍA.....	84
14. APÉNDICES.....	93

RESUMEN

Con el propósito de determinar la factibilidad de producir chile piquín, utilizando la tecnología con que actualmente se producen chiles comerciales, además de evaluar el efecto de la aplicación exógena de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico en el cultivo. Se realizó este trabajo en dos etapas, en la primera se realizaron pruebas de producción y en la segunda la evaluación de los ácidos orgánicos. La primera etapa inició con la colecta de ecotipos de Tamaulipas, Nuevo León y Saltillo, a los cuales primero se les hicieron pruebas de germinación y viabilidad, se continuó con pruebas de producción de plántulas con cepellón y posteriormente se hicieron pruebas de producción en campo abierto con acolchado y fertirriego. En la segunda etapa, se evaluó el efecto de la aplicación de los ácidos salicílico y benzoico y glutamato monosódico en: la germinación de la semilla, la producción de plántula con cepellón, el crecimiento y productividad del cultivo y sobre la bromatología, contenido de antioxidantes y capsaicina de los frutos.

Los resultados indican que es factible producir chile piquín con acolchado y fertirriego en campo abierto. También se encontró que la semilla obtenida de frutos rojos frescos presenta un embrión inmaduro y requiere de al menos dos meses después de cosechada para madurar y su viabilidad disminuye a menos de 3% después del año. Se observó que la semilla no es impermeable al agua y los tratamientos a la semilla con ácido giberélico a 100, 1000 y 5000 ppm, no fueron diferentes a los obtenidos con sólo imbibir la semilla en agua durante 24 horas previas a la siembra. La germinación de la semilla de chile piquín alcanza tasas de germinación mayores al 85% si se beneficia. Se puede producir plántula con cepellón, en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades y sustrato de turba, se requieren en promedio 55 días después de siembra para tener planta de calidad para trasplante. Al producir en campo abierto las plantas son más compactas, con rendimientos muy variables en promedio de 130.9 g/planta de chile verde, durante el primer corte.

Respecto al efecto de los ácidos orgánicos salicílico (AS), benzoico (AB), y el Glutamato monosódico (GMS). Los resultados muestran que; El GMS y los AS y AB por separado y en mezcla, aumentaron la germinación de la semilla chile piquín. En

plántulas, el GMS y el AB estimularon el desarrollo vegetativo, por el contrario el AS mostro un efecto inhibitorio del crecimiento. En el cultivo, el GMS y el AB, aumentaron el crecimiento, AS lo disminuyó al igual que en plántula. La productividad fue muy variable y no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos. Respecto a perfil bromatológico del fruto; el GMS, aumentó el contenido de sodio, azúcares y disminuyo el contenido de fibra. El AS disminuyó el contenido de carbohidratos y fibra. El AB también aumentó el contenido de carbohidratos, fibra y proteína, y la mezcla de AS+GMS, aumento el contenido de carbohidratos totales y proteína. El AB aumento el contenido de antioxidantes y el mayor contenido se dio en el tratamiento con AB+GMS. El AS y AB, incrementaron el contenido de capsaicina y los frutos con mayor contenido de capsaicina se obtuvieron con la mezcla de AB+GMS. Para antioxidantes y capsaicina se observa que el GMS, actúa como un sinergista del AB.

ABSTRACT

In order to determine the feasibility of producing piquin, using the technology currently produced commercial chiles, and to evaluate the effect of exogenous application of salicylic acid, benzoic acid and monosodium glutamate in the culture.

This work was conducted in two stages, the first stages were production test and second evaluation of organic acids.

The first stage began with the collection of ecotypes of Tamaulipas, Nuevo León, and Saltillo, which first were tested for germination and viability, continued with tests on production of seedlings with root ball and then were tested for open field production with mulch and drip irrigation. In the second stage, we evaluated the effect of the application of salicylic and benzoic acids and monosodium glutamate in, the seed germination, seedling production with root ball, growth and crop productivity and food science, antioxidants content and capsaicin in the fruits.

The results indicate that it is feasible to produce piquin padded and fertigation in the open field. We also found that the seed obtained from fresh red fruit and presents an immature embryo requires at least two months after harvest to ripen and viability decreased to less than 3% after year. It was noted that the seed is not impervious to water and seed treatments with gibberellic acid at 100, 1000 and 5000 ppm were not different from those obtained with only the seed imbibed in water for 24 hours before planting. The seed germination piquin higher germination rates reached 85% if profits. It can produce seedling with root ball in expanded polystyrene trays of 2000 cavities and peat moss, it takes on average 55 days after planting to get quality plants for transplantation. Open field to produce more compact plants with highly variable yields averaged 130.9 g / plant green chile in the first cut.

Regarding the effect of organic acids salicylic acid (SA), benzoic acid (AB), and monosodium glutamate (MSG). The results show that: The GMS and AS and AB separately and in mixture, increased seed germination piquin. In seedlings, the GMS and AB stimulated vegetative growth, on the contrary, AS showed a growth inhibitory effect. In the growing, and GMS AB, increased growth, it decreased AS as in seedlings. The productivity was highly variable and there were no statistical differences between

treatments. Respect to compositional profile of the fruit, the GMS, increased sodium content, sugar and decreased fiber content. AS decreased the carbohydrate content and fiber. The AB also increased the content of carbohydrates, fiber and protein, and GMS AS mixture, increasing the total carbohydrate and protein. The Ab increase the antioxidant content and the highest content was in the GMS + AB treatment. The AS and AB, increased the content of capsaicin and fruits with higher levels of capsaicin were obtained with a mixture of GMS AB. For antioxidants and capsaicin shows that MSG acts as a synergist of AB.

1. INTRODUCCION

El chile “piquín” o “del monte” (*Capsicum. annuum*, var. *aviculare* Dierb. D’Arcy & Eshbaugh), es una variedad silvestre, considerada como ancestro de todas las variedades y tipos de chiles conocidos actualmente, dentro de esta especie *annuum* (D’Arcy y Eshbaugh 1978, Medina *et al.*, 2002).

El fruto de chile piquín, históricamente se ha consumido en las comunidades aledañas a las áreas de producción (Bañuelos *et al.*, 2008), sin que se haya puesto en riesgo su sobrevivencia; Sin embargo, el consumo se ha incrementado en los últimos años, promovido por la exhibición en los supermercados y la promoción en el mercado estadounidense como chiles exóticos (Arias, 2005., Dávila, 2007). Este proceso de mercadotecnia sumado al consumo tradicional ha incrementado la demanda. Por otra parte, no existen evidencias de su producción comercial, sólo cultivo de traspatio para autoconsumo (Latournerie *et al.*, 2002, Medina *et al.*, 2002, Rodríguez-del Bosque 2005, Pedraza *et al.*, 2008). Por lo tanto se deduce que este mercado se abastece casi en su totalidad de la colecta de frutos silvestres (Medina *et al.*, 2002, Bran *et al.*, 2007). Esta situación ha hecho más intensa y agresiva la colecta, por que los colectores en su afán de cosechar una mayor cantidad, no cosechan sólo los frutos sino que cortan las ramas productivas e incluso la planta completa, limitando sus posibilidades de regeneración. Esto ha causado la desaparición de la especie en algunas regiones, sobre todo aquellas cercanas a los núcleos de población. De continuar esta situación, se pone en riesgo si no a la especie, si a importantes ecotipos (Medina *et al.*, 2002). Por lo anterior, es necesario buscar opciones para conservar las poblaciones silvestres existentes y consideramos que una de las estrategias es: desestimular la colecta de frutos de plantas silvestres, mediante la domesticación y producción agronómica de estos chiles, usando la tecnología con la que actualmente se producen variedades de chiles comerciales.

Sin embargo, para el establecimiento de dichos programas de producción, primero debe resolverse, el problema de la limitada germinación de la semilla, la cual de acuerdo

a Rodríguez *et al.*, (2003) y Ramírez (2001), presenta tasas que van del 5 a 80 %, esta baja y variable tasa de germinación es un impedimento importante para establecer lotes de producción comercial de esta especie.

Por otra parte, el ácido salicílico (AS) y su precursor el ácido benzoico (AB) (Raskin, 1992), son compuestos de interés en la investigación agrícola, por su participación en la cascada de señalización, que da lugar a respuestas de adaptación, a la expresión de sistemas de control de daño oxidativo y a la inducción de resistencia sistémica inducida en el caso de patogénesis (Benavides - Mendoza, 2004). Respecto al glutamato monosódico (GMS), que es la sal sódica del ácido glutámico, parece actuar como un promotor energético (Steer *et al.* 1966) y sinergista al aplicarlo en mezcla con fertilizantes y reguladores de crecimiento (Sandoval y Kamara, 2002). Diversos estudios realizados por Gutiérrez *et al.* (1998), López *et al.* (1998), Benavides- Mendoza (2002, 2004) y Ramírez *et al.* (2008), muestran el efecto de dichos ácidos orgánicos en el crecimiento y la productividad de los cultivos, sin embargo existe poca información sobre la respuesta de estos compuestos sobre la calidad nutricional de los frutos o productos alimenticios.

2. JUSTIFICACIÓN

El chile “piquín” o “del monte” se encuentra bajo una fuerte presión, por el incremento en la demanda de este producto y no existen evidencias de su producción, lo cual indica que la demanda se satisface partir de colectas silvestres. Lo anterior hace necesario desarrollar tecnología, para producir esta especie a fin de satisfacer la creciente demanda sin comprometer la existencia de las especies silvestres.

Respecto a los ácidos salicílico y benzoico en los cultivos, existen avances importantes en el estudio de la participación de estos compuestos en la cascada de señalización, que da lugar a respuestas de adaptación, expresión de sistemas de control de daño oxidativo y la inducción de resistencia sistémica inducida en el caso de patogénesis. El glutamato monosódico, se visualiza como una fuente económica e inocua de aminoácidos para la agricultura. Sin embargo, no existe información de los efectos que puedan tener la aplicación de dichos ácidos orgánicos sobre la calidad nutricional de los frutos.

3. IMPORTANCIA

El chile piquín constituye un importante recurso genético al ser considerado como el ancestro de todas las variedades y tipos de chiles de la especie *annuum*. (D'arcy y Esbaugh, 1978, Medina *et al.*, 2002). También constituye una fuente de recursos para comunidades cercanas a los lugares donde se produce; así mismo el fruto es fuente de alimento para algunas aves, por lo cual su conservación contribuye a la estabilidad del ecosistema.

Por otra parte, el conocimiento del efecto, de la aplicación exógena de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico a la planta y su respuesta, sobre el perfil bromatológico, antioxidantes y capsaicina en el fruto; permitirán evitar respuestas que representen riesgos a la salud o bien manipular la calidad alimenticia. Esta herramienta bioquímica, sumada a la ingeniería genética y al manejo de condiciones medioambientales permitirá desarrollar esquemas que permitan obtener productos agrícolas con mayor valor alimenticio, industrial o medicinal.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad de producir chile piquín con la tecnología, para producir chiles comerciales y evaluar el efecto de la aplicación exógena de los ácidos orgánicos sobre el crecimiento, rendimiento y calidad nutricional del chile piquín.

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Establecer las causas y los factores que determinan la baja tasa de germinación de la semilla de chile piquín.
- Determinar la factibilidad de producir chile piquín en acolchado y fertirriego en campo abierto.
- Determinar el efecto de la aplicación de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico en la germinación de la semilla, crecimiento de la plántula, desarrollo y productividad del chile piquín.
- Evaluar la aplicación foliar de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico y su efecto sobre el perfil bromatológico, capacidad antioxidante total y contenido de capsaicina en el fruto.
- Determinar si el glutamato monosódico, actúa como sinergista de los ácidos salicílico y benzoico.

5. HIPÓTESIS

Las bajas tasas de germinación de la semilla de chile piquín, están relacionadas a la edad y el deficiente acondicionamiento de la semilla.

Es factible producir chile piquín con la tecnología que existe para producir otras variedades de chiles comerciales

La germinación de la semilla y el crecimiento de la plántula, se incrementa con la aplicación exógena de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico.

La aplicación foliar de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico, afecta el crecimiento, productividad, bromatología, capacidad antioxidante total y contenido capsaicina.

El glutamato monosódico actúa como sinergista de los ácidos salicílico y benzoico.

6. ANTECEDENTES

6.1 Generalidades del Chile

México es uno de los principales centros de origen y domesticación del chile, como se llama comúnmente a los frutos del género *Capsicum*, en particular de la especie *annuum* (Laborde y Pozo, 1984), como lo indican vestigios arqueológicos de semillas encontradas en el valle de Tehuacán, con una antigüedad de 8500 años (Evans, 1993). Actualmente se reconocen cinco especies domesticadas del género *Capsicum*: *C. annum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens*, y más de veinte especies silvestres (IBPGR, 1983). Además de variantes de gran importancia regional (Pozo *et al.*, 1991): por ejemplo, en *C. chinense* Jacq. (Habaneros), *C. pubescens* (tipos tabasco, siete caldos) y *C. annum* que es la variedad más ampliamente conocida y de mayor importancia económica (Pickersgill, 1969). Esta especie agrupa a las variedades: *var. Accuminatum* (Jalapeños, serranos, caloros, etc.), *var. Grossum* (Morrones, anchos), *var. Longum* (Chilacas, Anaheim, carricillos, de árbol etc.) y *var. Abreviatum o aviculare* (piquín o del monte) (Valadez - López, 1989, Ayala- Vargas, 2008).

a. El chile Piquín Breve Descripción



Figura 1. Fotografía del chile piquín. *Capsicum. annum*, var. *aviculare* Dierb. D'Arcy & Eshbaugh Fuente: Pedro Tenorio Lezama *in*: Hanan *et al.*, 2009

6.2.1 Origen e Historia

El chile “piquín” o “del monte”, considerado como el ancestro de todas las variedades y tipos de chiles conocidos (Pozo *et al*, 1991; Rodríguez *et al*, 2003). La variedad *aviculare* aun y cuando es la más aceptada, ha sido tema de controversia entre los taxónomos, quienes han dado diferentes nombres, como los enlista Long (1988): *glabriusculum* (Heiser y Pickersgill, 1975), *minus*, *baccatum*, *mininum* (Heiser y Pickersgill, 1975); *aviculare* (D’Arcy y Eshbaugh 1978). Así mismo existen una gran cantidad de nombres comunes; según Sobarzo (1991), en un documento sobre el vocabulario sonoreño; Chiltepín es el nombre de cierta especie de chile pequeñito y de forma esférica que proviene del azteca “chilli” (chile) mas “tecpin” (pulga). Actualmente, dentro de la especie *annuum* (D’Arcy y Eshbaugh 1978, Medina *et al.*, 2002), existen muchos otros nombres para este tipo de chile silvestre tanto en el territorio mexicano como en otros países: chiltepín (Sonora), del monte (Querétaro, Guanajuato), quipín, chiltecpín, chiltepiquín, chilpaya, tilchile, de pájaro, pico de pájaro, diente de tlacuache, mosquito, silvestre, de Chiapas, pulga, amash (Tabasco), timpinchile (Chiapas), amomo, enano, tichusni (Oaxaca), max (Yucatán), chiltepe (Guatemala) chilillo pequeño, guindilla (España), bird pepper, pinhead pepper y cayenne pepper (USA), xiao mi la (China), piment des oiseaux (Francia), ot hiem (Vietnam), como lo indican Heiser (1975), Rodríguez *et al.*(2003) y Bañuelos *et al.*, (2008).

6.2.2 Aspectos Botánicos

Los chiles silvestres son de crecimiento espontáneo y con tendencia a ser perennes. Las formas silvestres más diseminadas pertenecen a la especie *C. annum* var. *aviculare*, aún cuando es común encontrar en el subtropico húmedo a *C. frutescens* y en menor grado a *C. baccatum*, cuya característica principal es la de producir frutos caducos o deciduos, es decir, que cuando alcanzan su madurez total se desprenden y caen, dejando el pedúnculo adherido a la planta

Existe una gran variabilidad de formas de frutos, que pueden ser redondos, ovalados, cónicos y alargados, pero todos son pequeños, con coloración de diferentes tonos de verde en estado inmaduro, pero de color rojo intenso y brillante al madurar, crecen en posición vertical y son de pedúnculo alargado. Todas estas características lo hacen atractivo a las aves, que son sus principales diseminadores al alimentarse de ellos (Pozo *et al.*, 2003).

6.2.3 Ecotipos del Chile Piquín en México

Existen ecotipos regionales muy distintivos unos de otros por ejemplo el ecotipo del noreste de México (Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas), probablemente la región en donde más se produce y consume. Los ecotipos regionales de Chile piquín más representativos a continuación se describen (Moreno, 1984).

Piquín del Noreste. La planta presenta abundante ramificación dicotómica y horizontal, con entrenudos largos y posición erecta cuando se desarrolla en su hábitat natural bajo semi-sombra del bosque o matorral denso, y se modifica a entrenudos cortos, cuando crece en ambientes soleados (semi-erecta a postrada). Tiene antocianinas en los nudos y en bandas longitudinales a lo largo del tallo. Las hojas son verde claro, de forma deltoide, de alrededor de 5 cm de largo y 3 cm de ancho, delgadas y de nervadura no muy marcadas. No presentan pubescencias definidas en hojas y tallos. Los frutos son redondos u oblongos de 6 a 9 mm de longitud polar y 5 a 7 mm de diámetro, de color verde esmeralda obscuro, tornándose rojo intenso al madurar. Una característica distintiva del fruto además del sabor característico, es que no presenta antocianinas, las que provocan un color obscuro del fruto que demerita su calidad visual (Rodríguez *et al.*, 2003).

Variante Chiapas/Oaxaca. Los frutos son de mayor tamaño que el piquín del noreste, tienen un sabor a “hierba” y el alto contenido de antocianinas provoca un “manchado obscuro” en casi la mitad del fruto. Las plantas son vigorosas, de crecimiento erecto y de hojas ovales verde obscuro.

Variante Noroeste (Sinaloa, Sonora). Se le conoce como “chiltepín”. Los frutos son de tamaño, forma y sabor similar al piquín del noreste. Sin embargo, la hoja es oval y presenta pubescencia en tallos y hojas.

Variante Huasteca. Los frutos son alargados, de aproximadamente 10 mm de largo y 4 mm de ancho. Las plantas son vigorosas y de crecimiento erecto. Otra característica distintiva de este tipo, son las hojas lanceoladas, gruesas, verde oscuro brillante, cerosas y con nervaduras central y laterales bien definidas.

Variante Yucatán. Se les conoce como “max”, tienen dos formas, las de fruto redondo de color amarillo al madurar y las de frutos pequeños y alargados que son rojos al madurar. Ambas formas presentan plantas vigorosas, rústicas y muy prolíficas. Poseen un sabor muy distinto al piquín del noreste (Medina *et al.*, 2002, Rodríguez *et al.*, 2003).

6.2.4 Distribución Geográfica

Se encuentra ampliamente distribuido en forma silvestre en zonas bajas, desde el sur de los E.U.A. hasta Perú. En México, tiene una amplia adaptación en el trópico y zonas semiáridas en los estados de: Veracruz, Tabasco, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Colima, Sinaloa, Sonora, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Hidalgo y Tamaulipas. (Nee, 1986). Normalmente se le encuentra después de las épocas de lluvias bajo el matorral submontano, aunque también está presente en zonas más elevadas de encinos y bosques caducifolios (Medina *et al.*, 2002, Rodríguez *et al.*, 2003).

6.2.5 Importancia del Chile Piquín

Alimenticia

Del chile piquín se utiliza principalmente el fruto, pero es común que la planta se utilice en primera instancia como ornato y posteriormente como proveedora de frutos,

prueba de ello es que cada vez es más común ver plantas de chile piquín en macetas de los hogares de las zonas urbanas.

El fruto de chile piquín se utiliza principalmente en dos formas: verde o seco (rojo deshidratado), en verde se consume directamente el fruto, o bien en salsas, también se puede conservar en salmueras, escabeche, mientras que seco, se consume también directamente el fruto entero o molido y en salsas.

En el noreste de México, el chile piquín, tiene preferencia similar al chile jalapeño, por encima de otros chiles, como los serranos, de árbol, chilacas, etc. (Rodríguez-del Bosque *et al.*, 2003).

Los chiles son una buena fuente dietética de antioxidantes como flavonoides, compuestos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico, vitamina A, y los propios capsaicinoides (Lee *et al.*, 1995; Howard *et al.*, 2000).

Capsaicina. La capsaicina es un alcaloide característico y único del género *Capsicum* (Govindarajan y Sathyanarayana, 1991), el cual le confiere el grado de picor al chile. Esta sensación organoléptica se debe a compuestos capsaicinoides derivados del metabolismo secundario del grupo de los alcaloides; formados por amidas ácidas de la vanillilamina y ácidos grasos de cadena ramificada de 9 a 11 carbonos a partir de la fenilalanina y la valina (Collins *et al.*, 1995; Szallasi y Blumber. 1999; Zewdie y Bosland, 2000). Se conocen 22 compuestos análogos diferentes (Bosland y Votava, 2000), de los cuales la capsaicina y la dihidrocapsaicina constituyen más de 90% del total presente en los frutos (Suzuki *et al.*, 1981). Estos compuestos se han cuantificado a través de la prueba organoléptica Scoville, en Unidades Scoville de Picor (USP), según Krajewska y Powers (1988), Batchelor y Bradley (2000). En esta escala el *Habanero* tiene 300 000 a 400 000 USP, el *Piquín* 700 00 a 800 00, y el *Jalapeño* 3 500 a 4 500 (Riquelme, 2003). Actualmente la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) es el método cuantitativo más preciso para la determinación y análisis de este alcaloide (Collins *et al.*, 1995).

El chile piquín de la región centro oriente de Chiapas, presenta concentraciones de 3584.27 mg g⁻¹ de capsaicina y 1707.35 mg g⁻¹ de dihidrocapsaicina, determinados mediante HPLC. (Cazares *et al.*, 2005). Peralta-Calito (2007), Menciona que el contenido de capsaicina en fruto varía según la zona de recolección, esto de acuerdo a los resultados obtenidos de colectas realizadas en la república de Guatemala.

Económico-social

No existen evidencias de la producción agronómica de esta especie, por lo tanto se supone que la demanda se satisface mediante la colecta de plantas silvestres, esta actividad representa un ingreso importante para las familias durante la época que dura la cosecha (Medina *et al.*, 2002, Rodríguez-del Bosque 2005, Pedraza *et al.*, 2008, Bañuelos *et al.*, 2008). Por ejemplo en el noreste de México (Nuevo León y Tamaulipas), la colecta de chile silvestre se realiza principalmente de septiembre a noviembre, esto representa de un 25 a 45% del ingreso total para los colectores y en algunos años en primavera 15 a 20% (Villalón *et al.*, 2007). De la colecta, se comercializa el 97% en verde y el resto en seco, este último con producto colectado al finalizar la temporada.

Los precios del mercado son estipulados por la oferta del producto. El precio está indexado a la cantidad de chile colectado por día por colector, misma que depende de la existencia en el monte. El precio por kilogramo varía; el chile verde fresco con cabo en 30 pesos (en plena temporada de producción) y hasta 120 pesos en los extremos de la temporada (datos de la temporada 2005). Un colector experimentado colecta en promedio 4.1 kg, que representa un ingreso diario de \$120.00. En los extremos de temporada o temporada corta, el precio por kg al colector puede ser de 60 a 70 pesos. (Medina 2002, Villalón *et al.*, 2007). El 69% de los colectores, colectan el fruto con pedúnculo, directamente de la planta, el 31% en manojos, cortando parte de la planta con el fin de realizar la cosecha de los frutos en casa y algunos de ellos lo almacenan por dos a cuatro meses en los manojos.

De la colecta, el 46% se vende directo al consumidor (venta en cruceros o casa por casa) y 23% a acopiadores o revendedores de la ciudad de Monterrey, N. L., y el 31% es para autoconsumo (Preparación de salsas, escabeche y en seco para darle mayor valor agregado al producto).

Medicinal

El chile piquín es considerado en algunas comunidades especialmente indígenas y mestizas como una especie saludable. En la actualidad esta concepción se sigue manteniendo, es muy usual escuchar frases como: “el chile piquín, es el único chile que no hace daño; el piquín de monte no te hace daño como los otros chiles, al contrario te alivia, pues es de monte”. Históricamente los pueblos nativos americanos usaron el chile para tratar afecciones como el asma, la tos y el dolor de garganta, o como analgésico para aliviar los dolores de muelas (Dasgupta y Fowler, 1997). En algunas comunidades de Sonora los frutos son utilizados para curar padecimientos como: dolor de oído, dolor de muela, reumas, calentura, gripa, tos, debilidad, gastritis, úlcera, contra los parásitos, hemorroides, “cruda de borracho” (Bañuelos *et al.*, 2008). En la actualidad los estudios del rol de los chiles en la salud, se han enfocado a su principal principio activo, la capsaicina (Salazar *et al.*, 2004). En primera instancia la irritación que causa la capsaicina ha llevado a pensar que sus compuestos podrían causar daños a la salud, afectando las mucosas intestinales. No obstante, algunas investigaciones sugieren que no es la CAP en sí misma, sino sus metabolitos sintetizados en el hígado, los que pudieran tener efectos perniciosos sobre la salud (Surh y Lee, 1995). López *et al.* (1994), menciona que el consumo de chile aumenta el riesgo de desarrollar cáncer gástrico. Sin embargo, otros trabajos muestran que el consumo de CAP disminuye el riesgo de desarrollar cáncer estomacal (Buiatti *et al.*, 1989). Asimismo, Yeoh *et al.* (1995), señala que la CAP, actúa como protector contra el daño inducido por la aspirina en las mucosas gástricas.

Retomando el conocimiento ancestral del uso de los chiles, como analgésico, Jancso *et al.* (1977), y Nagy *et al.* (1983), determinaron que la CAP inactiva neuronas

sensoriales de los ganglios de la raíz dorsal de la médula espinal y de los ganglios trigeminales, encargadas de transmitir el dolor. Estos hallazgos estimularon a diversos investigadores al uso de la CAP como herramienta en el estudio de los mecanismos de transmisión del dolor y como analgésico para el tratamiento del dolor en afecciones como la artritis reumatoide, diversos tipos de neuralgias, el síndrome post-mastectomía y la neuropatía diabética (Salazar *et al.*, 2004). También se han realizado estudios de la CAP, sobre el sistema nervioso que muestran que la CAP modula la liberación de neurotransmisores como la sustancia P, la somatostatina y el péptido relacionado al gen de la calcitonina (Saria *et al.*, 1983) y hormonas peptídicas como la endotelina (Szolcsanyi *et al.*, 1999). Estos neuropéptidos y hormonas peptídicas afectan de variadas maneras el funcionamiento de muy diversos órganos y tejidos. La CAP, también parece actuar sobre la disminución de grasa corporal; como lo muestran los resultados en ratones de laboratorio alimentados con CAP, quienes desarrollaron menos grasa corporal que los ratones que no recibían este compuesto en su alimento. Los animales tratados también mostraban un mayor gasto energético y menores niveles de lípidos circulando en su sangre que los animales control. Además que mantuvieron una baja acumulación de grasa corporal, hasta un año después de que el tratamiento había sido interrumpido (Kawada *et al.*, 1986).

Cultural

El chile piquín también tiene usos ancestrales de tipo cultural. En Sonora, se cree que una persona que come chile piquín es más saludable que alguien que no lo hace; su vida se alarga y está protegida contra los “malos espíritus”: por el contrario, una persona que no come o que no le gusta, se enferma con más facilidad, además se le considera hechicera, una persona “mala” que tiene la capacidad de causar algún daño. También es usado para causar dolor, por ejemplo, para castigar ciertas conductas sociales como la infidelidad en la pareja. En comunidades de la sierra de Sonora, cuando una mujer es engañada por su pareja, castiga a la amante untándole chile piquín en sus “partes nobles”. Aquí lo interesante es observar que el castigo lo recibe la mujer y no el

hombre, lo cual nos refleja que la infidelidad, es una conducta social reprobable sólo para el sexo femenino (Bañuelos *et al.*, 2008).

Como Recurso Genético

El chile piquín es la raza más primitiva de *C. annuum*, misma que sirvió de base para iniciar la domesticación. Como resultado de la domesticación, el chile extendió su categoría de pentámera a hexámera y de autógama a alogama, modificando así su sistema reproductivo. En la actualidad existen variedades de chile, cuyas flores tienen diferente número de verticilos, en la misma planta, dificultándose así su identidad taxonómica y genética. Durante la domesticación también se incrementa el tamaño del fruto, su número de lóculos, su número de semillas y el peso de la semilla; pero se redujo el número de frutos por planta. Los aislamientos reproductivos que han estado operando durante el proceso de domesticación son: el geográfico, el ecológico, el estacional, el gamético, la inviabilidad híbrida y la esterilidad híbrida. Hibridaciones de chile piquín con serrano, jalapeño y guajillo, producen híbridos altamente fértiles, se concluye que todos ellos pertenecen a la especie *Capsicum annuum* L. Durante el proceso de domesticación, el chile ha evolucionado en dos direcciones, a partir de la raza piquín.

6.3 Proceso de Producción.

6.3.1 Adquisición de Semilla

La semilla empleada para producir en huertos de traspatio, proviene de colectas de plantas silvestres. Para el establecimiento de siembras comerciales de chile piquín, es necesario contar con semilla de calidad, la cual se obtiene de frutos maduros (rojos) de plantas sanas. Si se extrae de frutos cosechados verdes y que maduraron después, las semillas presentarán problemas en su germinación o producirá plántulas débiles con pobre desarrollo. Por cada kilogramo de fruto fresco maduro (rojo), se pueden obtener de 80 a 120 g de semilla y cada gramo contiene de 200 a 300 semillas. Para extraer la semilla, los frutos se revientan con un mazo en un recipiente, cuidando de no dañar la

semilla; se agrega suficiente agua para que la pulpa del fruto flote y la semilla viable se precipite; posteriormente se pone a secar (Ramírez-Meraz, 2001; Rodríguez *et al.*, 2003).

6.3.2 Germinación de la Semilla

Una de las principales limitantes para la explotación comercial del chile piquín es la latencia que presenta la semilla, que ocasiona una baja germinación, la cual en condiciones naturales es inferior al 5% (Rodríguez *et al.*, 2003) y 60 a 80% en pruebas con ácido giberélico a 5000 ppm (Ramírez-Meraz, 2001). Lo anterior se debe a la cera epicuticular y una capa externa dura que contiene la semilla que limitan la absorción de agua (Besnier 1989, Rodríguez *et al.* 2004); esto favorece la supervivencia de la especie en su hábitat natural, ya que aunque exista humedad, no todas las semillas germinan a la vez; sin embargo, es una limitante para el establecimiento en explotación comercial. (Almanza, 1993, Ramírez-Meraz, 2001, Rodríguez *et al.* 2004). Las semillas recién cosechadas de algunas variantes de: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chacoense*, *C. chinense*, *C. baccatum* and *C. pubescens*; pueden mostrar latencia y se requieren alrededor de 6 semanas después de cosechadas para remover dicha latencia, entre ellas la variedad *mínimum* (Randle y Honma, 1980; Sato *et al.*, 1982).

Existen diferentes métodos y técnicas para romper la latencia de semillas de *Capsicum sp*, entre ellas; Pre lavado: 5h, 21°C y pre secado 22°C, 32°C, 37°: (Cochran 1935., Watkins y Cantliffe 1983a), luz incandescente e infraroja (Nakamura *et al.*, 1955), Nitrato de Potasio al 0.2% (Miguel, 1975), Acido indolacético a 1000 ppm (Watkins and Cantliffe 1983a), Acido giberélico GA_{4/7} de 10-100 ppm (Watkins y Cantliffe 1983b), Kinetin: de 10-100 ppm y remoción de las estructuras de la cubierta (Watkins y Cantliffe 1983a).

Ramírez-Meraz (2001), recomienda el uso de ácido giberélico a 5000 ppm, para inducir la germinación uniforme de la semilla de chile piquín; con el siguiente procedimiento: se realiza la inmersión la semilla en esta solución durante 24 horas a una

temperatura de 25 a 30°C; la semilla se extrae de la solución, se enjuaga con agua y se pone a secar para facilitar su siembra. El tratamiento a la semilla debe de realizarse de preferencia 72 horas antes de la siembra.

6.3.3 Producción de Planta o Plántula

La producción de plántulas se puede realizar en almácigos en suelo (plantas con raíz desnuda) o en charolas en invernadero para producir plántulas con cepellón. Las plántulas producidas en charolas y bolsas (con cepellón) permiten un mejor desarrollo y vigor antes del trasplante; sin embargo la producción de plantas en bolsas de plástico negro incrementa los costos de producción.

Siembra en almácigos. Actualmente la producción de planta en charola, es uno de los sistemas más prácticos para la producción de trasplantes de cualquier especie (Geohabitat, 2004). En el caso de chile piquín se recomienda utilizar charolas de plástico o poliestireno expandido de 200 cavidades, con una profundidad de los conos de aproximadamente 5 cm. Los sustratos comerciales más comunes son: turba, Sphagnum, fibra de coco o cualquier sustrato con las características agronómicas para producción de planta.

6.3.4 Épocas de Siembra y Trasplante.

La siembra y producción de plantas puede desarrollarse durante cualquier época del año en invernaderos o cualquier lugar protegido. Sin embargo, el trasplante no debe coincidir con condiciones climáticas adversas, entre ellas temperaturas extremas, sequía, altas precipitaciones y vientos fuertes, para evitar estrés en las plantas durante el establecimiento. Por lo anterior, los mejores períodos para el trasplante en Coahuila son de marzo a junio, Nuevo León y norte-centro de Tamaulipas, son durante marzo-abril y septiembre-octubre.

6.3.5 Sistemas de Cultivo

A Cielo Abierto

En comparación con su hábitat natural, el chile piquín modifica su comportamiento de crecimiento cuando se le establece a cielo abierto, ya que su hábito de crecimiento se torna compacto, de entrenudos cortos y ramas laterales extendidas; las plantas son más anchas que altas. Se recomienda establecer el cultivo en suelos bien preparados (rotura, rastreo y nivelación), en surcos de 1 m de separación o en camas de 2 m a doble hilera, con una separación entre plantas de 0.5 a 1.0 m (10 mil a 20 mil plantas/ha). Debido al crecimiento lateral exuberante, no es conveniente utilizar mayores densidades de plantas, ya que con ello se provoca una alta competencia que afecta el rendimiento. El manejo del cultivo es intensivo igual que cualquier chile cultivado, extremando los cuidados en el control fitosanitario. Se recomienda fertilizar con 180 a 200 unidades de N y 80 a 100 unidades de P; procurando aplicar todo el P antes o al momento del establecimiento y el N lo mejor distribuido durante todo el ciclo del cultivo (120 a 130 días). El chile piquín bajo condiciones de fertirrigación presenta un buen desarrollo de planta y rendimiento, con una producción de frutos más uniformes y de alta calidad. Es importante considerar que bajo las condiciones de cielo abierto, el piquín se puede comportar como un cultivo anual y no perenne, ya que al igual que los demás chiles, es atacado por plagas y enfermedades, acortando con ello el ciclo productivo (Rodríguez *et al.*, 2003).

En Malla-Sombra

El sistema de producción es intensivo, similar al descrito para “cielo abierto”, excepto que utiliza una malla-sombra, preferentemente del 30%, la cual simula el hábitat natural del chile piquín. Aunque los costos de producción en este sistema se incrementan notablemente, se ha demostrado que el rendimiento se incrementa al doble y hasta el triple, comparado con el sistema a cielo abierto, además de obtenerse un fruto de mejor calidad (tamaño, uniformidad y color). La probabilidad del manchado oscuro de los

frutos, provocado por el contenido de antocianinas, se minimiza al utilizar malla-sombra, en comparación con la producción a cielo abierto. Además, los daños por plagas, aves, viento y temperaturas extremas son menores en este sistema. El crecimiento de las plantas de piquín bajo malla-sombra es intermedio entre el comportamiento en su hábitat natural y la condición de cielo abierto; son plantas con muchas ramificaciones, pero más altas que anchas.

6.3.6 Riegos y Fertilización

La etapa más crítica en el suministro de agua es la de floración-fructificación, ya que una deficiencia de humedad en este periodo provoca el aborto de flores y frutos pequeños, afectando directamente el rendimiento; si por el contrario se tienen excesos de humedad, también puede haber pérdida de flores y frutos pequeños, amarillamiento de la planta y en casos extremos, la muerte de la misma. Cuando se cuente con riego rodado, se sugiere regar cada 20 ó 30 días, con una lámina de 5 a 7 cm. En caso de riego por goteo es necesario hacer los ajustes necesarios debido a que el suministro de agua es diferente si el cultivo se desarrolla en el monte, con estructura de malla-sombra o a campo abierto. En este último sistema, los riegos deberán ser más frecuentes y/o de una lamina mayor, debido a la mayor evaporación. Por lo general, los suelos son deficientes en nitrógeno (N) y fósforo (P), es necesario precisar las necesidades de fertilización del chile piquín mediante análisis de suelo previos al establecimiento de las plantas. Sin embargo, en lotes de producción bajo monte, se sugiere iniciar con una fertilización base de 5 g de P (P_2O_5) por planta, lo que equivale a aplicar 10 g de MAP (11-52-0), además se deberán agregar 2.5 g de N por planta (5.5 g de urea o 7.4 g de nitrato de amonio); posteriormente aplicar nitrógeno 2.5 g/planta una vez al mes, procurando mantener la humedad adecuada alrededor de la planta para que el fertilizante sea aprovechado. En sistemas de producción intensiva, se recomienda fertilizar en el riego por goteo con 180 a 200 unidades de N y 80 a 100 unidades de P, aplicados como se indica en el apartado “Producción a Cielo Abierto”. (Rodríguez *et al.*, 2003).

6.3.7 Manejo Fitosanitario

Malezas. Cuando el chile piquín se establece en el monte, el control de maleza es mínimo o nulo, ya que se trata de establecer una producción comercial en su hábitat natural, en donde la cobertura forestal no le ocasiona competencia, al contrario, le sirve de protección.

En los sistemas de producción bajo malla-sombra y cielo abierto, es necesario mantener el cultivo libre de malezas para evitar la competencia al cultivo. También es conveniente realizar escardas manuales y mecánicas, las que además de controlar la maleza, aflojan el terreno permitiendo una mayor aireación del suelo y mejor desarrollo de las raíces.

Plagas. En general, el chile piquín no presenta problemas serios de plagas en su hábitat natural, con la excepción de la presencia ocasional de algunos insectos que dañan el follaje. Sin embargo, los problemas de plagas se pueden agudizar en las siembras comerciales de chile piquín, tal como ocurre con explotación intensiva de otros tipos de chiles. Las especies de insectos que potencialmente pueden dañar económicamente al chile piquín en la región son las siguientes: Gallina ciega (*Phyllophaga* spp y *Anomala* spp), Gusano trozador (*Agrotis* spp y *Prodenia* spp), Minador de la hoja (*Liriomyza* spp), Araña roja (*Tetranychus urticae*), Pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*). Mosquita blanca (*Bemisia tabaci* y *B. argentifolii*) Chiva del encino (*Pterophylla beltrani*). Para todas las plagas mencionadas, se recomienda realizar muestreos periódicos del cultivo con el objeto de detectar en forma oportuna las infestaciones tempranas de estos insectos. El manejo agronómico oportuno y apropiado del cultivo es importante para que las plantas no sufran de estrés, condición que facilita el ataque de plagas (Rodríguez *et al.*, 2003).

Enfermedades. Una vez establecido en campo, el chile piquín es una planta relativamente tolerante a enfermedades provocadas por hongos y bacterias, debido a que ha coexistido durante mucho tiempo con éstas en su estado natural. Sin embargo, se

pueden presentar problemas con ahogamiento o “damping off” durante la etapa de producción de plántula. Por otro lado, los problemas con enfermedades virales pueden ser graves al grado de acabar con el cultivo si no se tiene un control adecuado de los vectores. Las enfermedades detectadas en Chile piquín son: Ahogamiento o “damping off”. Esta enfermedad puede ser provocada por diferentes hongos del suelo, entre ellos *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora* spp., los cuales se pueden presentar en forma de complejo. Cuando la enfermedad ataca antes de la emergencia, la semilla alcanza a emitir un tallito de color café oscuro, que muere rápidamente; si ataca después de la emergencia, se observa una flacidez de las hojas que se va acentuando hasta marchitar por completo la plántula; en el cuello del tallo al nivel del suelo se observará un estrangulamiento (Agrios, 1985). Virosis o enchinamiento: Por lo general, todos los estudios consideran a los áfidos o pulgones como diseminadores efectivos de las enfermedades virales, particularmente la especie *Myzus persicae*; sin embargo, este vector ha sido rebasado en gran medida por la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

6.3.8 Cosecha

La forma tradicional de cosecha del Chile piquín en el monte, es cortar la planta entera o las ramas fructíferas y llevarlas a un lugar cómodo para obtener los frutos. Esta práctica no es recomendada, porque generalmente se daña la planta madre y no tiene capacidad de recuperación. Lo ideal es hacer la recolección fruto por fruto, sin dañar el follaje, lo que requiere mayor esfuerzo y mayor costo por este concepto (Rodríguez *et al.*, 2003).

En poblaciones establecidas, además de la cosecha fruto por fruto, es posible realizar la recolección mediante podas específicas; evitando dañar la capacidad de producción continua del piquín. Cuando se van a cosechar frutos maduros (rojos) para deshidratar, se puede aprovechar la dehiscencia de los frutos, es decir que se desprenden del pedúnculo y caen, recolectándolos en mallas plásticas sobrepuestas al suelo. Sin embargo, es importante considerar que el cortar también el pedúnculo estimula la

emisión de más flores y por lo tanto, se favorece la productividad continua en las plantas (Rodríguez *et al.*, 2003).

6.3.9 Comercialización

Sólo basta caminar por las calles y mercados de los pueblos o ciudades cercanas a los sitios donde se produce esta especie, para observar la forma más común de comercializar chile piquín. Durante la temporada es común ver colectores a la orilla de las carreteras, en las cruceros, calles o en los mercados de los pueblos pequeños ofreciendo el producto en bolsas, cestos o montones (Bañuelos *et al.*, 2008). A esta forma de comercialización, directa del colector al acopiador se le agrega, la venta en los supermercados, en los cuales es común que participe un acopiador el cual compra el chile fresco seco al colector, lo empaca y distribuye. Este último canal de comercialización tiene la posibilidad de comercializarlo tanto en el mercado nacional, como el de exportación, sobre todo al mercado latino de los Estados Unidos (Arias, 2005., Dávila, 2007; Pedraza y Gómez 2008).

El fruto de este chile es apreciado y cotizado. Durante la época de mayor oferta llega a desplazar a otros tipos de chile por su agradable sabor y grado de pungencia; además no irrita el sistema digestivo. Su fruto alcanza hasta 40 veces el valor de los chiles serranos y jalapeños. El mayor volumen de chile piquín que se comercializa proviene de colectas de plantas silvestres (Rodríguez *et al.*, 2003).

6.4 Fitoquímicos o Metabolitos

Como parte de su metabolismo, las plantas producen una diversidad de compuestos orgánicos. A estos componentes se les conoce como metabolitos y sus propiedades químicas se han investigado ampliamente desde mediados del siglo XIX (Croteau *et al.*, 2000). Esta diversidad bioquímica es el resultado de la coevolución entre plantas y el medio ambiente en el que viven. (Verpoorte *et al.*, 2002; Rausher, 2001; Theis y Lerdau, 2003). Aun y cuando no existe una diferenciación exacta de ellos, los

carbohidratos, lípidos, proteínas se clasifican como metabolitos primarios y los terpenos, alcaloides, flavonoides, cumarinas etc., se les ubican dentro de los metabolitos secundarios o derivados del metabolismo secundario. De estos últimos existe una gran diversidad, se reportan aproximadamente unos 80 mil y cada año se caracterizan alrededor de 4 mil. Esta diversidad en productos, también posibilita una amplia diversidad de usos y aplicaciones, que van desde la alimentación, agricultura, industria, medicina etc.

Producción de Metabolitos

El crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto la síntesis de metabolitos, están influenciados por la información genética y el medio ambiente en que se desarrollan, por ello es que en la búsqueda de producir o incrementar la síntesis de estos compuestos, se utilizan herramientas de mejoramiento genético, conocido como aumento genotípico o “heredable” o bien manejo y manipulación de condiciones ambientales, como la luz, temperatura, salinidad en el suelo, niveles de nutrimentos etc., denominado aumento fenotípico “no heredable”. Así mismo dentro de las estrategias de aumento fenotípico, se propone que se pueden inducir respuestas en el crecimiento de las plantas y la síntesis de metabolitos, mediante la aplicación exógena de compuestos, evocadores o precursores (Benavides, 2004), que pueden ser productos de síntesis química, compuestos provenientes del metabolismo de las plantas o una combinación de ellos. En la búsqueda de frutos con mayor calidad alimenticia, la genética ha sido la vía más utilizada, y se han logrado, maíces con alto porcentaje de proteína (CIMMYT, 1999), chiles con mayor contenido de capsaicina (Moran *et al.*, 2008), tomates altos en licopeno, también el manejo de condiciones ambientales a tenido aportaciones, por ejemplo, el manejo de la conductividad eléctrica (CE), para incrementar el contenido de azúcares en melón y tomates cherry. Sin embargo el uso de ácidos orgánicos, como promotores de síntesis de compuestos alimenticios apenas se visualiza.

6.5 Los Ácidos Orgánicos

Los productos obtenidos del metabolismo son productos carbonados generalmente ácidos, de ahí la denominación de ácidos orgánicos. Dentro de los ácidos orgánicos, se encuentra el ácido salicílico y su precursor el ácido benzoico, que actúan como señalizadores o promotores de oxidación controlada (POC) (Benavides *et al.*, 2002). El glutamato monosódico, es la sal sódica del ácido glutámico, que al aplicarse a las plantas parece actuar como un precursor energético (Steer y Breves, 1966), o un sinergista (Sandoval y Kamara, 2002) que al mezclarse con otros compuestos incrementa la velocidad de síntesis o la cantidad de metabolitos de interés.

6.5.1 Glutamato Monosódico (GMS)

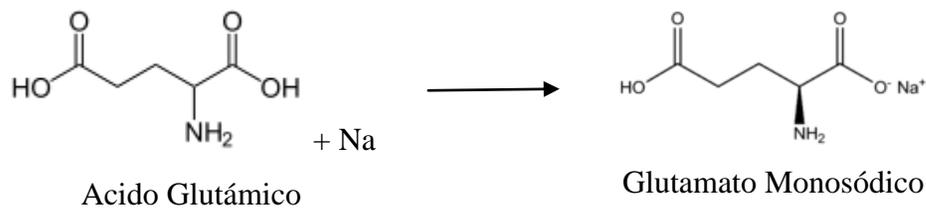


Figura 2. Estructura química del ácido glutámico y el glutamato monosódico

El GMS, ($C_5H_8NNaO_4$), es la sal sódica del aminoácido más abundante en la naturaleza: el ácido glutámico o glutamato, que se encuentra de forma natural en numerosos alimentos como los tomates, setas, verduras, proteínas e incluso la leche materna (Davis *et al.*, 1994). Su sal purificada, obtenida por fermentación de la caña de azúcar o algunos cereales, también se utiliza como condimento para potenciar el sabor de los alimentos y se conoce con el nombre de E621, proteína hidrolizada o extracto de levadura.

En el Perú y en otros países del mundo, el GMS se produce a través de un proceso de fermentación, que utiliza las mieles y melazas de la caña de azúcar como materia prima (Wikipedia, 2010).

El Ácido Glutámico. Se deriva del ácido α -ceto glutárico en el ciclo de Krebs, y a su vez es precursor de glutamina, sustrato de otros aminoácidos, proteínas y ácido delta-aminolevulínico que da origen a clorofila y fitocromos (Figura 3).

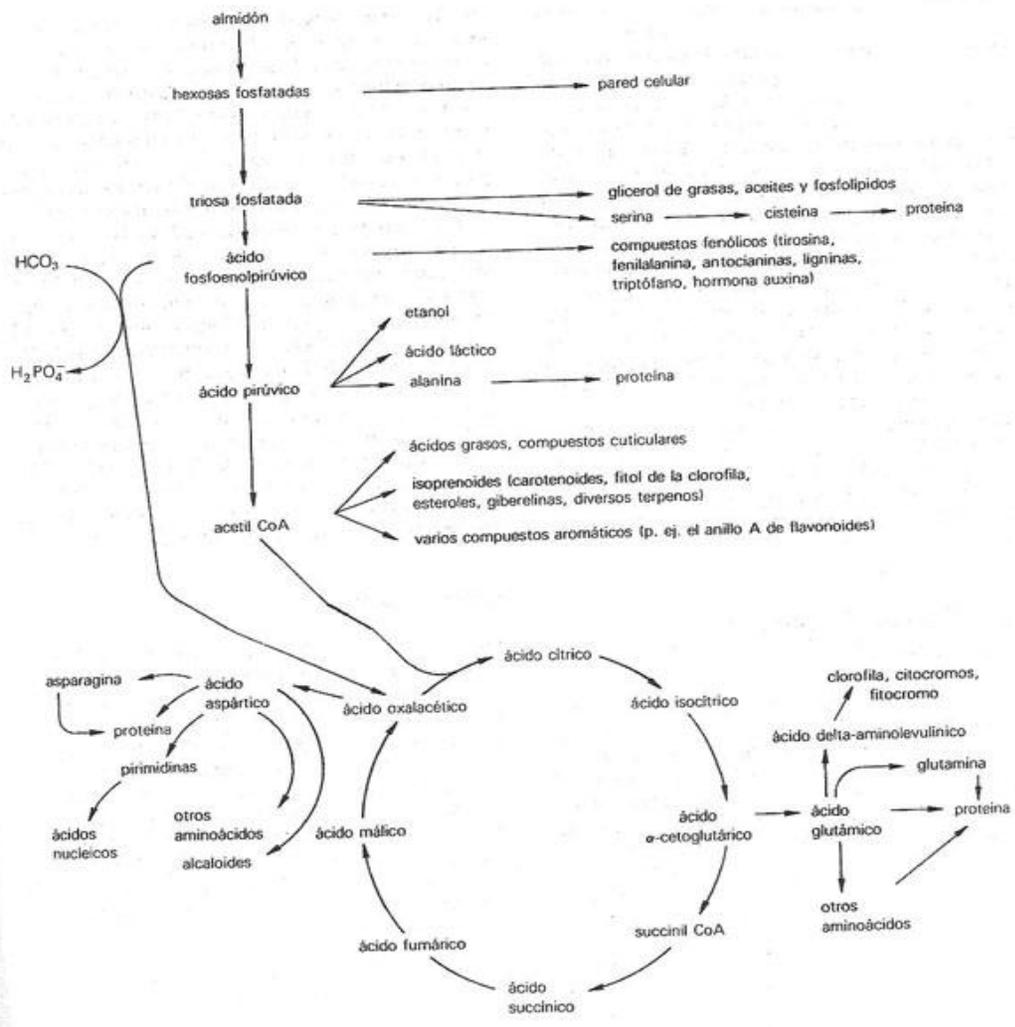


Figura 3. Glicolisis y ciclo de Krebs, para mostrar la participación del ácido glutámico en la síntesis de metabolitos o fitoquímicos (Salisbury y Ross, 1994).

Este proceso inicia con la glutamina, una de las amidas más importantes en los vegetales, la glutamina se forma con la adición de un grupo NH_2 , proveniente del NH_4^+ , al grupo carboxilo más alejado del carbono alfa del ácido glutámico, de esta

manera se forma un enlace amida, por acción de la *glutamato sintetasa*, la glutamina trasfiere el grupo amida al carbono carbonílico del ácido cetoglutárico, para formar dos moléculas de ácido glutámico, de los cuales uno de ellos se cataliza para mantener la reacción, mientras que otro se puede convertir directamente en proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, parte del glutamato se trasporta hacia otros tejidos, en donde se utiliza de manera similar en procesos de síntesis.

Además de formar glutamato, la glutamina, puede donar su grupo amida al ácido aspártico, para formar asparagina, que por acción de la *asparagina sintetasa* y la hidrólisis irreversible de ATP a ADP y PPi, proporcionan energía metabólica (Salisbury y Ross, 2004).

Tal vez debido a la alta relación nitrógeno/carbono en comparación a la mayoría de otros compuestos, la glutamina ha evolucionado como medio importante para acumular nitrógeno en especies vegetales. Órganos de almacenamiento, como papas, zanahorias, rábanos, son ricos en esta amida (Tabla 1). En hojas maduras la glutamina se forma a partir del ácido glutámico y NH_4^+ que se inicia cuando se empieza a degradar la proteína, después se trasporta vía floema a hojas más jóvenes, raíces, flores, frutos y semillas.

Tabla 1. Glutamato libre en productos vegetales

<i>PRODUCTO</i>	<i>Mg/100g</i>
Té verde	668
Champiñones	180
Tomate	140
Papa	102
Col china	100
Soya	66
Camote	60
Col	37
Zanahoria	33

Por último la glutamina se incorpora a las proteínas de todas las células como parte de los 20 aminoácidos. (Salisbury y Ross, 1994). También actúa en el ciclo fotorrespiratorio del nitrógeno (Keys *et al.*, 1978), y la conversión de amonio a compuestos orgánicos (Oaks y Hirel, 1985).

6.5.1.1 El GMS en el Crecimiento y Productividad de los Cultivos.

El glutamato monosódico, tiene posibilidades de uso en la agricultura como fuente de ácido glutámico (Sandoval y Kamara, 2002). Constituye la mayor reserva de aminoácidos en las semillas. En la planta, el ácido glutámico aplicado en forma exógena migra hacia la mitocondria y no al citoplasma, como se observa en los trabajos realizados por Steer y Beevers (1966) quienes aplicaron ácido pirúvico y glutámico con C^{14} en raíces de maíz, lo anterior sugiere que su principal actividad en la síntesis de energía.

6.5.2. Ácido Salicílico AS

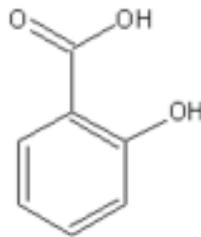


Figura 4. Estructura química del ácido salicílico

El AS, $C_7H_6O_3$, o salicilato, es un producto ampliamente conocido, como ácido acetilsalicílico o AAS ($C_9H_8O_4$) fármaco de la familia de los salicilatos e ingrediente activo de la aspirina. La reacción química de la síntesis de la aspirina se considera una esterificación. El ácido salicílico es tratado con anhídrido acético, un compuesto derivado de un ácido, lo que hace que el grupo alcohol del salicilato se convierta en un grupo acetilo (salicilato-OH \rightarrow salicilato-OCOCH₃). Con este proceso se produce la aspirina y ácido acético, el cual se considera un subproducto de la reacción (Carstensen *et al.*, 1985).

El AS es un ácido orgánico simple; el nombre del ácido salicílico proviene de *Salix alba*, una de las 11 especies del género *Salix* usadas en la antigüedad por sus propiedades antipiréticas. Este árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se usaban

como cura para el dolor y fiebre y de donde se aisló la salicílica. En 1878 se inicio la producción comercial de AS en Alemania, mientras que el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetilsalicílico fue introducido en 1898 por la Bayer Company (Raskin, 1992). El AS distribuido a nivel comercial tiene las siguientes características físicas: Estado de agregación: Sólido, Apariencia: Incoloro, Densidad n/d, Masa molecular: 138.12 g/mol, Punto de Fusión 432 K (159 °C) y punto de ebullición 484 K (211°C).

El AS pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como fenólicos. En las plantas, los compuestos fenólicos relacionados con el llamado metabolismo secundario, están involucrados en gran cantidad de actividades de regulación. En particular diferentes estudios muestran la importancia de AS en los procesos fisiológicos y de adaptación de las plantas (Benavides, 2002).

El AS se ha encontrado en todos los tejidos de las especies que han sido analizadas. Algunas especies de importancia económica como la soya, arroz y cebada contienen hasta 1 mg g⁻¹ de peso fresco.

El efecto de la aplicación foliar del ácido salicílico parece durar 20 días aproximadamente (Benavides, 2004).

6.5.2.1 El AS en el Crecimiento y Productividad de los Cultivos.

Partiendo de la observación inicial de que la aspirina aumenta la vida en florero de las flores cortadas, probablemente por un efecto combinado de la inhibición en la síntesis de etileno y celulosa en los tejidos (Ferrarese *et al.*, 1996) y de acidificación del medio, se sabe que el AS presenta propiedades de retraso de la senescencia (Bourboulux *et al.*, 1998), inductor de floración y tuberización así como de compuesto termogénico y alelopático, entre otras (Raskin, 1992).

Los estudios sobre ácido salicílico en plantas se han enfocado al conocimiento de resistencia sistémica inducida; la forma indirecta de evaluar dicho efecto en correlacionarlo con el crecimiento y desarrollo de los cultivos. De esta forma se ha encontrado que, el AS aplicado de forma exógena en concentración de 10^{-2} a 10^{-8} M aumento la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez-Coronado *et al.*, 1998), en concentraciones de 10^{-4} M y AS 10^{-6} M aumento el numero de granos por espigas en trigo y el rendimiento se incremento con el AS 10^{-6} M en un 15.22% respecto al testigo (López *et al.*, 1998). En tomate var. Daniela propagado *in vitro*, el ácido salicílico 10^{-5} M, retardó la formación del sistema radical de las plantas (Enríquez *et al.*, 2001).

EL AS 10^{-6} M reducen el número de hojas, peso fresco y peso seco en repollo, (Ramírez *et al.*, 2006). En un resumen de resultados, Benavides (2004), reporta que el ácido salicílico aplicado a la semilla, en lechuga romana aumento la tasa y velocidad de germinación en condición de baja temperatura y medio salino; en tomate, cebolla, lechuga, betabel y melón aumentó la germinación de la semilla en medio salino.

El AS aplicado vía foliar en cebolla, aumentó la biomasa y diámetro de bulbo; en banano; incrementó la altura y área foliar total; en melón cantaloupe aumentó el diámetro de tallo y longitud de guía; en papa indujo mayor numero de tubérculos, pero no mayor peso, y en lechuga romana var. Great lakes, disminuyó la biomasa. El AS y acido sulfosalicílico aplicado al sustrato, aumentó la tolerancia a bajas temperaturas en chile serrano.

6.5.2.2 El AS en la Calidad Alimenticia de los Cultivos

La aplicación de AS 10^{-6} aumenta la capacidad antioxidante en acelga y la reduce en brócoli (Ramírez *et al.*, 2006). El AS, también afecta el contenido de azúcar; Salazar y Rodríguez (2004), encontraron que al aplicar Ácido Acetil Salicílico (ASA) 10^{-3} M, incrementó el contenido de azúcares totales en hojas de naranja 'Navelina'.

6.5.3 El Ácido Benzoico (AB).

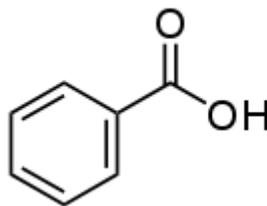


Figura 5. Estructura química del ácido benzoico

El AB (C_6H_5-COOH), es un ácido carboxílico aromático que tiene un grupo carboxilo unido a un anillo fenílico. En condiciones normales se trata de un sólido incoloro con un ligero olor característico. Es poco soluble en agua fría pero tiene buena solubilidad en agua caliente o disolventes orgánicos. Sus características físico químicas son: Estado de agregación: Sólido (cristales o polvo cristalino), Apariencia: Cristalino a blanco, Densidad 1.321 g/mol (a 20°C), Masa molecular: 122.12 g/mol, solubilidad: Poco soluble en agua, soluble en acetona, éter, etanol y benceno.

El ácido benzoico y sus derivados se pueden utilizar para conservar alimentos con un pH ácido. Protege sobre todo contra el moho (también las variantes que producen las aflatoxinas) y fermentaciones no deseadas. A veces se utiliza conjuntamente con el dióxido de azufre (SO_2) o los sulfitos para atacar un espectro más amplio de microorganismos. El AB, en la forma de benzoato de sodio, es utilizado para controlar hongos y bacterias fitopatógenas.

El ácido benzoico, es un ácido fenólico que se considera como precursor del ácido salicílico (Raskin, 1992), el cual está muy distribuido en la naturaleza en estado libre, o en forma de derivados sencillos, como sales, ésteres, y amidas. El benjuí (*Styrax benzoin*) puede contener hasta 20 por ciento de ácido benzoico, en estado libre o en combinaciones se descompone fácilmente por calentamiento. La resina de la *Xanthorrhoea hastilis* contiene de 4.5 a 7 por ciento. Se encuentran proporciones más pequeñas del ácido libre en productos naturales de índole muy diversa: la corteza del cerezo negro silvestre, el castóreo, los arandanos (que contienen de 0.029 a 0.098 por ciento), las ciruelas, el clavo maduro y el aceite volátil de anís. La frambuesa, la grosella

y el fruto de la *Gaylussacia baccata* (especie de arándano) contiene ácido benzoico o compuestos muy afines.

6.5.3.1 El AB en el Crecimiento y Productividad de los Cultivos.

Al igual que con el ácido salicílico, se han realizado estudios con ácido benzoico en plantas con los siguientes resultados: el ácido benzoico inhibe la acción de las giberelinas, indol-3-ácido acético y ácido abscísico, tiene una acción sinérgica con las citoquininas, lo que sugiere que el equilibrio entre los niveles endógenos de ácido benzoico y hormonas vegetales contribuye a la regulación de la floración de la *Lemna* (Fujioka *et al.*, 1983). Las aplicaciones de AB 10^{-6} M inducen un aumento en el número de hojas y el peso fresco en repollo, aumentan el peso seco de raíz en acelga, disminuyen el peso fresco y peso seco de raíz en coliflor (Ramírez *et al.*, 2008).

Benavides (2004), menciona que con aplicaciones de ácido benzoico 10^{-4} M, se consiguió un aumento significativo en la tolerancia a la carencia de agua en plántulas de repollo y tomate, aumento el diámetro de tallo y longitud de guía en melón al aplicarse foliar y su efecto parece durar 20 días aproximadamente, en papa aumentó la biomasa al aplicarlo al tubérculo y foliar, también aumento el numero de tubérculos pero no el peso de los mismos.

6.5.3.2 El AB en la Calidad Alimenticia de los Cultivos.

Las aplicaciones de AB 10^{-6} M, disminuyen la capacidad antioxidante en acelga y brócoli (Ramírez *et al.*, 2006).

6.5.4 Propósito del Estudio de los Ácidos Orgánicos como Inductores en la Producción de Metabolitos o Fitoquímicos

Los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico no promueven la síntesis de metabolitos de forma independiente, sino a través de complejas redes metabólicas y

genéticas que determinan respuestas específicas. El conocimiento de estas interacciones puede aplicarse en el futuro a un diseño racional de tecnologías que permitan producir en las plantas los metabolitos específicos para alimentación o la industria.

Los progresos alcanzados en el conocimiento de las respuestas inducidas en las plantas y su regulación, junto con la revolución en genómica y proteómica, prometen replantear la investigación en este campo para encaminarla hacia la explotación predecible de productos de interés (Benavides, 2004). Esta información revestirá particular interés para aumentar la velocidad y cantidad de metabolitos de interés alimenticio o económico.

7. METODOLOGIA

El trabajo se realizó en dos etapas:

- 1.- Producción agronómica del chile piquín
- 2.- Prueba de los ácidos orgánicos

7.1 Producción Agronómica del Chile Piquín

7.1.1 Prueba de Producción de Plántula

Esta prueba se realizó en invernadero, durante el periodo de Enero a Junio del 2005, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Se evaluaron cinco ecotipos, que se describen en la Tabla 2, y cuatro tratamientos a la semilla: 1. Agua., 2. Ácido Giberélico a 5000 ppm. 3. Algarroot al 0.01% y 4. Ácido Giberélico a 5000 + Algarroot al 0.01%. En un diseño al azar con 3 repeticiones; para ecotipos y tratamientos a la semilla. Cada repetición constó de 100 semillas.

Tabla 2. Ecotipos evaluados en la primera prueba de producción de planta Marzo 2005.

No	DESCRIPCION	ORIGEN
1	Ecotipo Güemez. Semilla Obtenida de frutos rojos frescos	INIFAP. Sur de Tamaulipas
2	Ecotipo San Carlos. Semilla Obtenida de frutos rojos frescos	INIFAP. Sur de Tamaulipas
3	Ecotipo Bolita. Semilla de frutos secos	Linares N.L.
4	Ecotipo Japonés. Semilla de frutos secos	HEB. Saltillo
5	Ecotipo Saltillo. Semilla de frutos secos ciclo anterior.	Plantas de macetas en Saltillo.

Procedimiento. Las semillas se colocaron en las diferentes soluciones, durante 24 horas a una temperatura de 25 a 30°, de acuerdo a la recomendación de Ramirez-Meraz (2001). Como fuente de ácido giberélico se utilizó Biogib[®], (GBM, 2003), también se probó el producto Algarrot[®] (Palau Bioquim, 2004).

Después se sembraron en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades y sustrato de turba negra Pro Mix[®]. La siembra se hizo manual, colocando 1 semilla por cavidad.

Variables evaluadas

Emergencia. Se contó el número de plantas emergidas del sustrato a los 18 días después de la siembra.

Desarrollo de la Planta. Se evaluó a los 55 días después de siembra, que fue el tiempo requerido para que la plántula tuviera las características para trasplante. De cada repetición (la mitad de la charola) se tomaron 10 plantas al azar a las cuales se les midió:

- A) Altura (cm).- Utilizando una regla graduada en cm, midiendo desde el cuello hasta meristemo apical de la planta.
- B) Diámetro de tallo (mm).- Este dato corresponde al diámetro del cuello de la planta y se midió con un vernier manual, marca Scala[®] precisión 0.1 mm.
- C) Número de hojas: Se contó el número de hojas verdaderas.
- D) Peso fresco y seco de raíz y follaje. Se separó el follaje de la raíz y se peso por separado en una balanza analítica Marca A&D Co. Lymited, Modelo HR 120. Las muestras se secaron en una estufa de secado, marca Lindenberg/Bluen, Modelo: GO1350C-1.

Los datos de emergencia se analizaron mediante un modelo factorial AX B donde; el factor A fueron los ecotipos y el Factor B los tratamientos a la semilla, para ello se utilizaron el paquete estadístico UANL[®].

Las variables de desarrollo de la planta, se analizaron bajo un modelo completamente al azar en el paquete estadístico UANL®.

Al no germinar las semillas de los ecotipos de Tamaulipas; no encontrar efecto del ácido giberélico sobre la emergencia y observar que la germinación fue diferente según la edad de la semilla. Se realizó la siguiente prueba, para determinar la calidad fisiológica de la semilla en función de la edad de la misma.

7.1.2 Evaluación de la Calidad Fisiológica de la Semilla

Esta prueba se realizó en los laboratorios de ensayos y producción de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Durante el periodo de febrero a Julio del 2006.

Material Genético

Para esta prueba se seleccionó el ecotipo “Saltillo”, porque solo de él se tenían semillas de diferentes edades: a) noviembre de 2005 (recién cosechados); b) Septiembre de 2005 (Dos meses) y c) Noviembre de 2004 (Doce meses).

Extracción de Semilla

La extracción de la semilla se hizo manual, macerando los frutos, posteriormente se limpio utilizando un soplador de aire forzado “South Dakota” y por diferencia de peso, separó la semilla pura de la semilla vana e impurezas. Una vez beneficiada la semilla se le realizaron las siguientes pruebas.

7.1.2.1 Prueba de Imbibición

Medida como tasa de imbibición, se midió cada 12 horas hasta completar 60, de acuerdo a la metodología propuesta por Alcocer (2000). Se evaluaron las tres edades de semilla, en 4 repeticiones; cada repetición con 200 semillas en un diseño completamente al azar.

Procedimiento. Se tomó el peso inicial de la semilla en una Balanza analítica (de 0.0001 g de precisión) y se colocaron en tubos de ensaye de 13 x 100 mm, después se agregaron 10 ml de agua a cada tubo. Se dejó hidratar por 12 horas a temperatura ambiente. Para determinar el volumen de agua absorbido, se midió la cantidad de agua sobrante con una micropipeta de 1 y 5 ml. También se midió el peso adquirido de las semillas, para ello se extrajeron las semillas del tubo y con papel secante (sanitas) se quitó el exceso de humedad y se pesaron en la balanza analítica.

Los datos obtenidos del aumento de peso de la semilla por imbibición de agua, se analizaron bajo el modelo completamente al azar y graficaron en el paquete estadístico Statistica® versión 8.0. (Statsoft, 2007).

7.1.2.2 Prueba de Viabilidad con Tetrazolio (TDZ)

Esta prueba se realizó conforme a las reglas internacionales de la ISTA (2004). Se evaluaron semillas de 3 edades, en tres repeticiones con 50 semillas por repetición. Esta evaluación se repitió a los 30 días y nuevamente a los 3 meses después de la segunda. Lo anterior con el fin de conocer el comportamiento y cambios en la viabilidad de la semilla conforme aumentaba la edad.

Procedimiento. Para esta prueba, primero se osmoacondicionó la semilla, para ello se colocaron en tubos de ensaye con suficiente agua por espacio de 16 horas, una vez hidratada la semilla, se realizaron cortes longitudinales con un bisturí, para exponer los cotiledones al reactivo.

Se colocaron los cortes en otro tubo de ensaye agregando solución de tetrazolio al 0.1% hasta cubrir la semilla, se cubrió cada tubo con papel aluminio para evitar la luz y se colocaron en una cámara de incubación a 30-35°C por 90 minutos. Posteriormente se observaron en un estereoscopio.

Se tomaron microfotografías para mostrar la tinción de los cotiledones y el embrión en la semilla y se usaron como referencia para contar las semillas teñidas y de esta manera determinar el porcentaje de viabilidad, los datos se analizaron con el modelo completamente al azar en el paquete estadístico UANL[®].

7.1.2.3 Prueba de Germinación con Ácido Giberélico y Nitrato de Potasio

Para esta variable, se evaluaron siete tratamientos a la semilla (Tabla 3), para cada una de las tres edades (2, 4 y 14 meses). Esta prueba se realizó 30 días después de la prueba de tetrazolio, por lo cual las edades son como se observan en el paréntesis anterior.

Tabla 3. Tratamientos utilizados en la prueba de germinación de tres edades de semilla de Chile piquín.

No	TRATAMIENTOS (Descripción)
1	Testigo
2	Acido Giberélico 100 ppm
3	Acido Giberélico 1000 ppm
4	Hidratada con agua
5	Hidratada con agua + Acido Giberélico 100 ppm
6	Hidratada con agua + Acido Giberélico 1000 ppm
7	Hidratada con agua + Nitrato de Potasio 0.2%

La imbibición de la semilla en la solución fue durante 60 horas.

Procedimiento. La prueba de germinación se realizó conforme a las reglas internacionales de la ISTA (2004). Se evaluaron 4 repeticiones de 100 semillas, en cada tratamiento y en cada edad de la semilla. Se sembraron en cajas petri de plástico de 15 x 20 mm, con sustrato de papel filtro Wathmann N°1, humedecido con el tratamiento

químico, se identificaron y se colocaron en una cámara de germinación “Precisión Lab-line” a una temperatura de 25°C con 8 horas luz y 16 horas oscuridad. La evaluación de la germinación se realizó a los 21 días, registrando el porcentaje de plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar; cada tercer día se revisó para mantener la humedad a saturación. La medición de las variables fue conforme a las reglas internacionales de la Asociación Oficial de Analistas de Semillas (AOSA, 1993 a).

A) Plántulas Normales. Aquellas plántulas que poseían sus estructuras esenciales bien definidas (sistema radicular bien desarrollado, plúmula normal e intacta y sus cotiledones bien desarrollados) para producir una planta normal bajo condiciones favorables de suelo.

B) Plántulas Anormales. Se consideraron plántulas anormales aquellas que presentaban alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, plántulas dañadas, sin cotiledones, deformes, con desarrollo débil, o las que presentaban raíces sin desarrollo.

C) Semillas sin Germinar. Fueron evaluadas aquellas semillas que no germinaron después de proporcionarles las condiciones, lo que se atribuye a la latencia fisiológica de semillas frescas o semillas duras incapaces de absorber humedad.

7.1.2.4 Prueba de Vigor de la semilla

Numero de Plántulas Normales en el Primer Conteo. Se consideró como una variable de vigor, el evaluar el porcentaje de plántulas normales a los 10 días después de la siembra, en un primer conteo (AOSA, 1993).

Índice de Velocidad de Emergencia (IVE). Consiste en contar cada tercer día, las plántulas emergidas, hasta que no haya más emergencia (Bustamante, 2005). Para la determinación del índice de velocidad de emergencia se utilizó la siguiente fórmula:

$$IVE = \Sigma \text{Número de plántulas emergidas} / \text{Número de plántulas emergidas cada tercer día.}$$

Los datos obtenidos de; plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar, vigor e índice de velocidad de emergencia, se analizaron en un modelo factorial AxB, donde A= Edades de la Semilla y B= Tratamientos a la semilla. En esta prueba los valores medios se sometieron a la prueba de Tukey 0.01. (Zar, 1996). Para ello se utilizó el paquete estadístico de la UANL.

7.1.3 Pruebas de Producción en Campo

7.1.3.1. Primera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego de Segundo Ciclo

Esta prueba se realizó, en el rancho la Galera, municipio de Saltillo, Coahuila, ubicado a 30 km al suroeste de la ciudad de Saltillo a 25° 22' 02" latitud norte, 101° 10' 56" longitud oeste y 1886 msnm. Durante el periodo de Abril a Septiembre del 2005.

Descripción del Área de Estudio

Clima y Suelo

El clima es de los subtipos semisecos templados, la temperatura media anual es de 14 a 18°C y la precipitación media anual 300 a 400 milímetros; con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; los vientos predominantes soplan en dirección sureste con velocidad de 22.5 km/h. La frecuencia de heladas es de 20 a 40 días en el periodo de noviembre a marzo.

El suelo es de tipo xerosol, de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

Flora y la Fauna

Típica de la región intermontañosa, hay una vegetación de matorrales semidesérticos, mezquite, lechuguilla, palma y pastizales inducidos o naturales.

La fauna se circunscribe a especies del semidesierto como codorniz, conejo de cola blanca, liebre y paloma triquera, entre las especies mayores predomina el venado, el coyote y el leoncillo (INAFED, 2009).

Establecimiento del Cultivo

Para esta plantación se utilizó la planta obtenida de la primera prueba de producción de planta (inciso 7.1.1).

Se utilizó el sistema de fertirriego con acolchado plástico de 1 ciclo de cultivo (anteriormente se había plantado calabaza). Se plantó a hilera sencilla a 30 cm entre plantas, en surcos a 1.6 m., y 10 m de largo, con 1 cintilla por surco, marca *T-Tape*® calibre 6 mil, con goteros a 12" y un gasto de 1 ± 0.07 l/hora/gotero y acolchado con polietileno negro, calibre 100. Los cultivos circundantes fueron; chile serrano, jalapeño y chilaca.

En esta prueba solo se evaluó, si las plantas producían en este sistema y en este ciclo.

7.2 Segunda Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego

Esta prueba se realizó en la parcela 12 del ejido el Pilar antes la Gloria, Municipio de General Cepeda Coahuila, geográficamente a 25° 22' 47" Norte, 101° 28' 39" oeste y 1474 msnm. Durante el periodo de Agosto a Noviembre del 2005.

Descripción del Área de Estudio

Clima y suelo

El clima es de los subtipos secos semicálidos; la temperatura media anual es de 18 °C a 20 °C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 350

milímetros, con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero; los vientos predominantes soplan en dirección sur a velocidades de 8 a 15 km/h. La frecuencia de heladas es de 8 a 12 días y granizadas de 2 a 5 días).

El suelo es de tipo xerosol de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión (INAFED, 2005).

En esta prueba se analizó el suelo y agua de riego de la parcela experimental y sus características se presentan en el apéndice I.

Flora y Fauna

La vegetación es escasa y corresponde al tipo de matorral desértico. Existen fundamentalmente plantas resistentes a las sequías como, lechuguilla, candelilla, gobernadora, mezquite, nopales. Respecto a la fauna, se encuentra constituida por: zorras, coyote, Tejón, tlacuache y halcón. También existen animales pequeños como: Liebre, conejo, zorrillo, ardilla, águila, aura o zopilote y cuervo.

Establecimiento del Cultivo

Para esta plantación se utilizó la planta obtenida de una segunda prueba de germinación (1 solo ecotipo).

Se utilizó el sistema de fertirriego con acolchado plástico nuevo. Se plantó a hilera sencilla a 35 cm entre plantas, en surcos a 1.6 m., y 100 m de largo; Con 1 cintilla por surco, marca *T-Tape*® calibre 6 mil, con goteros a 12" y un gasto de 1 ± 0.07 lt/hora/gotero y acolchado con polietileno bicolor (negro-blanco), calibre 120.

En esta prueba solo se evaluó, si las plantas producían en este sistema y en este ciclo.

7.2.1 Tercera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego

Esta prueba se realizó, en el área de investigación del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila geográficamente ubicada a 25° 21' 47" Norte, 101° 02' 07" oeste y 1763 msnm. Durante el periodo de marzo a Septiembre del 2006.

Descripción del Área de Estudio

Clima y suelo

El clima es de los subtipos semisecos templados, la temperatura media anual es de 18 a 21°C y la precipitación media anual 300 a 400 milímetros; con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; los vientos predominantes soplan en dirección sureste con velocidad de 22.5 km/h. La frecuencia de heladas es de 10 a 20 días en el periodo de 15 de noviembre al 15 de marzo.

El suelo es de tipo xerosol, de claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con alta susceptibilidad a la erosión.

Flora y la Fauna

Típica de la región intermontañosa hay una vegetación de matorrales semidesérticos y pastizales inducidos y naturales. La fauna se circunscribe a especies del semidesierto como codorniz, conejo de cola blanca, liebre y paloma triquera, y entre las especies mayores predomina el venado y el coyote (INAFED, 2009).

Establecimiento del Cultivo

Para esta plantación se utilizó semilla obtenida en la primera prueba de producción, (inciso (7.1.3.1), como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Ecotipo de chile piquín seleccionado, para obtención de semilla.

Se plantó a tresbolillo 0.30 m., entre plantas y espacio entre surcos de 1.6 m. Se utilizó el sistema de fertirriego con 1 cintilla por surco, marca *AquaTrax*® calibre 6 mil, con goteros a 12" y un gasto de 1 ± 0.07 l/hora/gotero y acolchado con polietileno bicolor (negro-plata), calibre 120.

7.2.2 Evaluación de los Ácidos Orgánicos

Para esta prueba se seleccionó, el ecotipo típico de la región noreste, procedente de una colecta de la región de Linares N.L., en noviembre del 2006.

7.2.3 Emergencia de Semilla y la Producción de Plántula

Esta prueba se realizó, con el propósito de conocer el efecto de los ácidos orgánicos sobre la emergencia y desarrollo de plántulas de chile piquín. En Buenavista Saltillo, Coahuila, bajo condiciones de invernadero. Durante el periodo de Febrero a abril del 2007.

Se evaluaron 6 tratamientos (Tabla 3) en un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, cada repetición con 100 semillas. Las semillas se beneficiaron según las normas de ISTA, (2004).

Tabla 3. Descripción de tratamientos a la semilla con ácidos orgánicos.

No	TRATAMIENTO
1	Testigo Absoluto
2	Glutamato monosódico al 1.0% (GMS 1.0%)
3	Ácido Salicílico 10^{-4} Molar (AS 10^{-4} M)
4	Ácido Benzoico 10^{-4} Molar (AB 10^{-4} M)
5	Glutamato monosódico al 1.0% + Ácido Salicílico 10^{-4} Molar (GMS 1.0% + AS 10^{-4} M)
6	Glutamato monosódico al 1.0% + Ácido Benzoico 10^{-4} Molar (GMS 1.0% + AS 10^{-4} M).

Procedimiento. Se inició con la preparación de las soluciones de los ácidos orgánicos como se describe en el anexo III.

Aplicación de Tratamientos y Siembra

La aplicación se realizó en dos formas:

A) Aplicación a la semilla.- Se colocaron las semillas en inmersión en las soluciones durante 12 horas antes de la siembra.

B) Aplicación Foliar.- Se asperjó el follaje con las soluciones, cuando las plantas tenían en promedio 3 hojas verdaderas.

Se utilizaron charolas de Poliestireno expandido de 200 cavidades y sustrato de turba negra Pro Mix[®]. La siembra se hizo manual, colocando 1 semilla por cavidad.

Variables Evaluadas

Porcentaje de Germinación. Se contó el número de plantas emergidas del sustrato a los 18 días después de la siembra.

Calidad de Plántula. Esta variable se evaluó a los 55 días después de siembra, que fue el tiempo requerido para que la plántula tuviera las características para trasplante. De cada repetición se tomaron 10 plantas al azar a las cuales se les midió:

- Altura (cm).- Se midió, con una regla graduada en cm, midiendo desde el cuello hasta meristemo apical de la planta.

- Diámetro de Tallo (mm).- Este dato corresponde al diámetro del cuello de la planta y se midió con un vernier manual, marca Scala® precisión 0.1 mm.
- Número de hojas: Se contó el número de hojas verdaderas.
- Peso fresco y seco de raíz y follaje. Se separó el follaje de la raíz y se pesó por separado en una balanza analítica Marca A&D Co. Lymited, Modelo HR 120. Las muestras se secaron en una estufa de secado, marca Lindenberg/Bluen, Modelo: GO1350C-1.

7.2.4 Efecto de los ácidos orgánicos (aplicación foliar) en el Crecimiento y Productividad del Chile Piquín Cultivado en Campo Abierto

Esta prueba se realizó con el objetivo, de conocer el efecto de la aplicación foliar de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico, en el crecimiento y productividad del chile piquín cultivado. El trabajo se realizó en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Bajo condiciones de campo abierto con acolchado y fertirriego. Durante el periodo de febrero a abril del 2007.

Descripción del Área de Estudio

Las condiciones del área de estudio, son similares a las descritas en la tercera prueba de producción descritas en el inciso 7.2.3.

Establecimiento de la Prueba

Se evaluaron 6 tratamientos con 3 repeticiones en un diseño de bloques al azar. Cada repetición consistió en un surco de 2 m., de largo, plantado a tresbolillo 0.35 m., entre plantas y espacio entre surcos de 1.6 m., quedando 11 plantas por repetición.

Los tratamientos fueron: a)1.- Testigo absoluto, b) 2.- Glutamato monosódico al 1.0%, c) 3.- Ácido Salicílico 10^{-4} Molar, 4.- Ácido Benzoico 10^{-4} Molar 5.- Ácido Salicílico

10^{-4} Molar + Glutamato monosódico al 1.0% y 6.- Ácido Benzoico 10^{-4} Molar + Glutamato monosódico al 1.0%.

La aplicación se realizó en aspersión al follaje, el mismo día del trasplante y después se repitió la aplicación cada 20 días hasta finalizar cosecha. Esta frecuencia en la aplicación se basa en que, el efecto de la aplicación foliar de los ácidos salicílico y benzoico dura aproximadamente 20 días (Palafox Arenas, 2001 y Benavides Mendoza, 2004).

Los datos se tomaron al momento de la cosecha que correspondió a los 98 días después del trasplante.

Crecimiento. Se tomaron al azar tres plantas por repetición a las cuales se les midió.

- Altura de planta en cm. Se midió con una regla graduada de la base del tallo a ápice superior de la planta.
- Cobertura. Se midió con una regla graduada Midiendo en forma de “cruz” la copa y promediando las medidas.
- Diámetro de Tallo en (mm).- Este dato corresponde al diámetro del cuello de la planta y se midió con un vernier, marca Scala® precisión 0.01 mm.

Productividad: Para determinar la productividad, se evaluó:

- Número y peso de frutos por planta: Se realizaron 2 cortes con intervalos entre ellos de 14 días. En cada corte se contaron y pesaron los frutos.
- Peso promedio de frutos: Se obtuvo de dividir el peso de frutos entre el número de frutos en cada corte.
- Rendimiento por planta: Resultado de la suma del peso de los 2 cortes.

7.2.5 En el Perfil Bromatológico, Antioxidantes y contenido de Capsaicina del Fruto

Con el propósito de conocer el efecto de la aplicación foliar al cultivo de los ácidos salicílico, benzoico y glutamato monosódico, sobre el perfil bromatológico de los frutos, se tomo una muestra de frutos de cada repetición, obtenidos en la prueba de productividad, en total se obtuvieron 18 muestras, resultado de 6 tratamientos por 3 repeticiones. A las muestras anteriores se determinó:

Perfil Bromatológico: Esta prueba se realizó en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila.

Se tomaron 10 g, de muestra y la determinación se realizó en base a la técnica de AOAC (1997). Los datos se analizaron, en el paquete estadístico de la UANL.

Contenido de Antioxidantes: Se realizó en el laboratorio de Alimentos, del departamento de alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila. Para esta prueba se tomo 10 gr de cada repetición.

Se determinó mediante el Método de la Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) o método ABTS. Se basa en la inhibición de la absorbancia del cation radical 2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6sulfonato) ($ABTS^+$), que tiene un espectro de absorción a una longitud de onda característica mostrando una absorción máxima principal a 415 nm, y una absorción máxima secundaria a 660, 734 y 820 nm. El método original se basó en la activación de metmioglobina, actuando como peroxidasa, con H_2O_2 mediante la formación del radical ferrilmioglobina, el cual oxida el compuesto fenotiazina ABTS, formando el cation radical $ABTS^+$

El uso normal de Trolox, como un estándar permite al ensayo ser llamado TEAC; los resultados son expresados como equivalentes Trolox, que es la concentración de la solución Trolox (mmol/L) con un potencial antioxidante equivalente a 1.0 mmol/L de

solución de la sustancia bajo investigación. El cation radical ABTS⁺ se puede disolver en un medio acuoso y en un medio de etanol acidificado (Arnao *et al.*, 1998) este ensayo es capaz de probar la actividad antioxidante de compuestos hidrofílicos y lipofílicos. Este método se ha utilizado para evaluar los efectos antioxidantes en hortalizas y plantas medicinales chinas (Chen *et al.*, 2004), en colectas de albahaca (Javanmardi *et al.*, 2003), y en frutos tropicales (Guan y Whiteman, 2005) entre otros cultivos.

Los frutos cosechados, se colocaron en bolsas de polietileno y se llevaron al laboratorio para su análisis. En el laboratorio se pesaron 10 g de chiles en una balanza A&D Modelo HR-200, después se maceraron en un mortero congelado, de la molienda se tomaron 5 gr, al que se le agregó 10 ml de buffer de fosfatos con pH=7 y se continuó macerando, El macerado se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos en una centrífuga Clay Adams Modelo 420225 y se obtuvo un extracto. El contenido de antioxidantes en el extracto se determinó con el kit “Total Antioxidant Status Kit Assay” de Calbiochem (Miller *et al.*, 1993), que consta de una solución buffer (de fosfato salino); cromógeno (Metmioglobina y ABTS⁺ (cation radical 2,2- Azinobis- (3- etilbenzotiazolin-6-sulfato)); sustrato (peroxido de hidrógeno estabilizado) y como estándar se utilizo el análogo de la vitamina E Trolox (6-Hidroxi-2, 5, 7,8-tetrametil croman-2-ácido carboxilico) 1.7 Mm. Para ello se prepararon los tres reactivos incluidos en el kit de la siguiente manera: al cromógeno y al sustrato se le agregaron 10 ml y 7.5 ml de buffer con pH de 7.0 respectivamente; al estándar se le agrego 1 ml de agua destilada.

La absorbancia se midió con un espectrofotómetro Leitz Modelo 340-800, con capacidad de 600 nm y celdas de 1 cm de longitud. Para realizar la medición el espectrofotómetro se ajustó a 600 nm y el sustrato diluido (H₂O₂) y el cromógeno se equilibraron a 37°C, en un termo-baño Felisa[®] Modelo FE 373., durante 5 minutos exactos antes de usarse. Al mismo tiempo, se preparó un blanco, agregando 20 µl de agua doblemente desionizada en una celda, más 1 ml del cromógeno. En otra celda, se agregó 20 µl del estándar (Trolox) más 1 ml de cromógeno, y se leyó la absorbancia inicial en ambas celdas. Posteriormente se analizaron los extractos de los frutos de chile de las 18 muestras, colocando 20 µl de extracto con una micropipeta, más 1 ml de

cromógeno para cada muestra, después se añadieron 200 µl del sustrato (H₂O₂) diluido a cada celda, se mezclaron bien y se tomó el tiempo de inicio simultáneamente. La absorbancia (A) se midió después de tres minutos del desarrollo de color. La temperatura se mantuvo a 37°C durante toda la prueba. Para calcular los niveles de antioxidante en las muestras se usó la concentración del estándar Trolox (1.7 mM) de acuerdo al kit utilizado. Se determinó el gradiente de A para las muestras, el estándar y el blanco: $\Delta A = A - A_0$. Después se calculó la Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox (“CAET”) en cada muestra usando la formula siguiente:

$$\text{“CAET”(mM)} = \frac{1.7\text{mM} * (\Delta A \text{ del blanco} - \Delta A \text{ de la muestra})}{(\Delta A \text{ del blanco} - \Delta A \text{ del estándar})} (10 \text{ mg}^{-1} \text{ de peso fresco})$$

El resultado de cada muestra se expresó como mM de Equivalente Trolox mg⁻¹ de peso fresco de muestra.

Contenido de Capsaicina

Esta determinación se realizó en el laboratorio de Química Analítica del departamento de Química de la Facultad de Ciencias Biológica de la UANL. Para esta prueba se tomaron 50 g por repetición y se colocaron en bolsas de Papel de estraza.

Se maceraron 5 g de chiles. Se tomó una muestra de 0.5 g del macerado y se le agregaron 5 ml de acetonitrilo grado HPLC en tubos de vidrio. Los tubos estuvieron 5 h., en baño de agua a 60 °C, agitando cada 30 min. El sobrenadante se llevó a temperatura ambiente y se filtró por duplicado una alícuota de 2 ml, a través de acrodiscos de 25 mm de diámetro y poro de 0.45 µm (Millipore Co.). Los extractos filtrados se colocaron en viales de vidrio (2 ml) y se mantuvieron en oscuridad.

La cuantificación de los capsaicinoides en los extractos, se analizaron en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Hewlett Packard® serie 1100. El aparato se calibró a 202 nm de absorbancia, ya que el análisis previo del espectro de

absorbancia del estándar capsaicina: (Natural Capsaicin[®], Sigma Co.) detectó con esta longitud de onda el pico máximo. El tiempo de análisis fue 5 min y la fase móvil consistió en acetonitrilo y solución amortiguadora de fosfato de potasio monobásico 35 mM en proporción 65:35, con flujo isocrático de 1.7 ml min⁻¹ a 28 °C.

El contenido de capsaicina, se transformó a USP con base en la relación 1 µg de capsaicinoides totales que equivale a 15 USP (AOAC, 1998). Se hizo un análisis de varianza de los valores medios de los tratamientos. Las diferencias entre tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.01$). Los datos se analizaron, en el paquete estadístico STATISTICA versión. 6.1 y UANL.

8. RESULTADOS

8.1 Producción Agronómica del Chile Piquín

8.1.1 Primera Prueba de Producción de Plántula

De los cinco ecotipos evaluados, solo los ecotipos de Nuevo León y Saltillo emergieron con un 46.77% en promedio; y los tratamientos a la semilla con giberélico a 5000 ppm y Algarroot al 0.1%, no mostraron diferencia estadística (Tablas 4 y 5), es importante mencionar que los ecotipos que germinaron y/o emergieron fueron de semillas obtenidas directamente de frutos rojos y secos, mientras que los de Tamaulipas procedían de frutos rojos frescos. Las plantas empezaron a emerger a los 14 días después de la siembra (DDS) a una temperatura promedio de 30°C y en los siguientes tres días se tuvo el total de las plantas. Se requirieron 48 días para obtener plantas aptas para trasplante (Tabla 5, Figura 7), y se pudo apreciar que el ecotipo “bolita” de N.L. fue el que presentó mejores características.

Tabla 4. ANOVA del porcentaje de emergencia a los 16 DDS.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P>F
Ecotipo	2	187.554688	93.777344	4.1221	0.028
Tratamiento	3	12.218750	4.072917	0.1790	0.909
Ecotipo x Tratamiento	6	80.445313	13.407552	0.5893	0.737
Error	24	546.000000	22.750000		
Total	35	826.218750			

C.V. = 10.20%

Tabla 5. Porcentaje de emergencia a los 16 DDS

TRATAMIENTO QUÍMICO	ECOTIPOS			
	Bolita	Japonés	Saltillo	Total
Agua	51.33 ±4.04a	47.33± 3.51a	42.66 ±3.78b	47.11±4.98a
Ácido Giberélico (AG)5000 ppm	49.33± 4.50a	47.00 ±3.00a	46.33 ±9.45a	47.55±5.61a
Algaroot al 0.01%	49.66 ±4.72a	42.66±3.05b	46.00±3.00 a	46.11±4.40a
AG 5000 ppm + Algaroot al 0.01%	49.66±7.37a	43.00±4.00a	46.33±0.57 b	46.33±5.09a
Total	50.00±4.61a	45.00±3.69b	45.33±4.81b	

Literales iguales en la misma columna indican que las medias no son diferentes (Tukey 0.05).

Tabla 6. Características de la planta a los 48 días DDS.

CARACTERÍSTICA	ECOTIPO		
	Bolita	Japonés	Saltillo
Altura (cm)	10.17±1.38a	8.71± 1.38a	6.90± 0.83b
Diámetro (mm)	2.08 ±0.32 a	1.82 ±0.41a	1.38±0.28b
No. de Hojas	9.20 ±0.78a	8.60±0.51a	7.0± 0.81b
Biomasa total (gr)	2.19 ±0.24a	1.74 ± 0.33ab	1.08±0.17b

Literales iguales en la misma columna indican que las medias no son diferentes (Tukey 0.05)



Figura 7. Plántula de chile piquín a los 48 días después de siembra. De izquierda a derecha ecotipo bolita, japonés y Saltillo.



Figura 8. Plántula de chile piquín a los 48 días después de siembra, del ecotipo Japonés con y sin ácido giberélico

8.1.2 Calidad Fisiológica de la Semilla

8.1.2.1 Prueba de Imbibición

La absorción de agua por la semilla de chile piquín, se dio desde el momento en que fue expuesta al agua. Se observó que la velocidad y el volumen de hidratación fueron diferentes según la edad de la semilla (figura 9).

Los resultados mostraron que la semilla con mayor volumen de agua acumulada fue la de dos meses de edad, la cual se mantuvo uniforme a partir de las 24 horas, con aproximadamente un 70% de absorción en relación a su peso seco, en comparación al 60% en la semilla de frutos recién cosechados y de un año, esta última, se encuentra en los niveles más bajos de hidratación. La semilla de dos meses obtuvo su mayor valor de agua acumulada a las 60 horas, mientras que la recién cosechada fue hasta las 36.

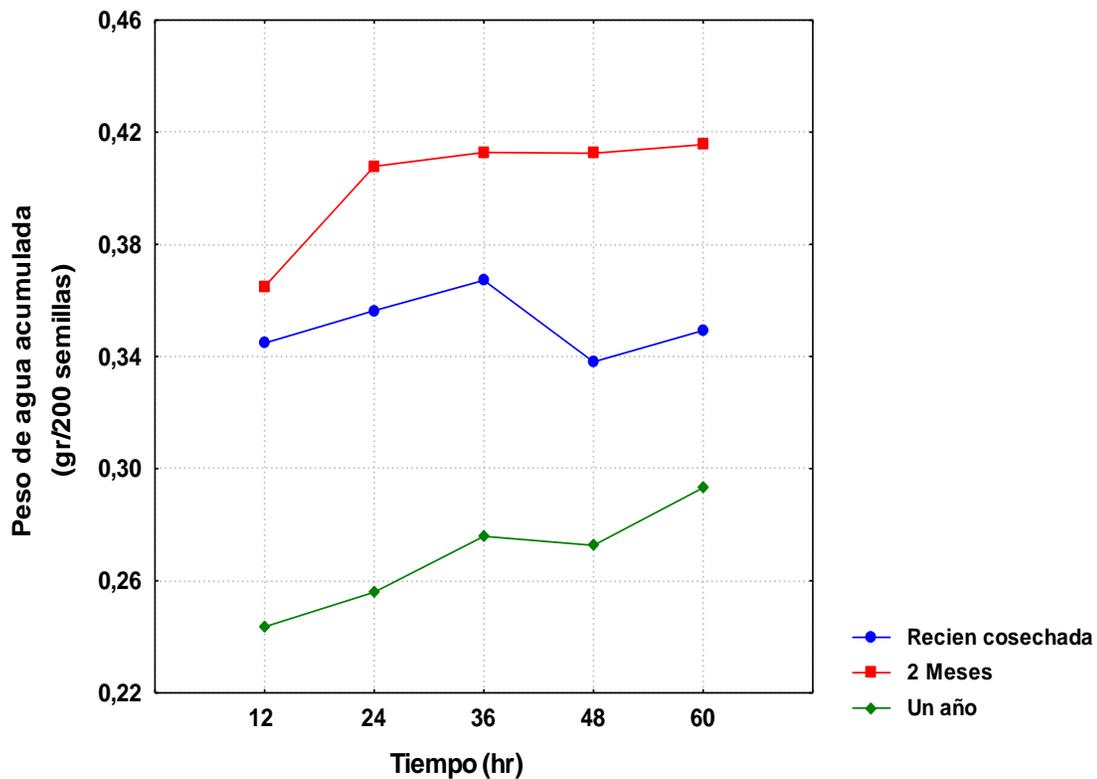


Figura 9. Tasa de Imbibición en tres edades de semilla de chile piquín

8.1.2.2 Prueba de Viabilidad con Tetrazolio.

La coloración roja o rosada indica actividad enzimática, que se toma como indicador de viabilidad de la semilla. Se observa que en las semillas de 1 y 14 meses los embriones no se tiñeron, mientras que los embriones de las semillas de 2 y cuatro meses están tenidos (figura 10).

La viabilidad de la semilla fue diferente de acuerdo con la edad de la misma. La semilla de uno y tres meses de edad, fueron viables en un 90.3 y 91.3% respectivamente, la semilla de trece meses de edad solo alcanzó un 18.6%. La viabilidad no presentó variaciones significativas durante los cuatro meses en que se realizaron las tres evaluaciones (Figuras 11, 12 y 13).

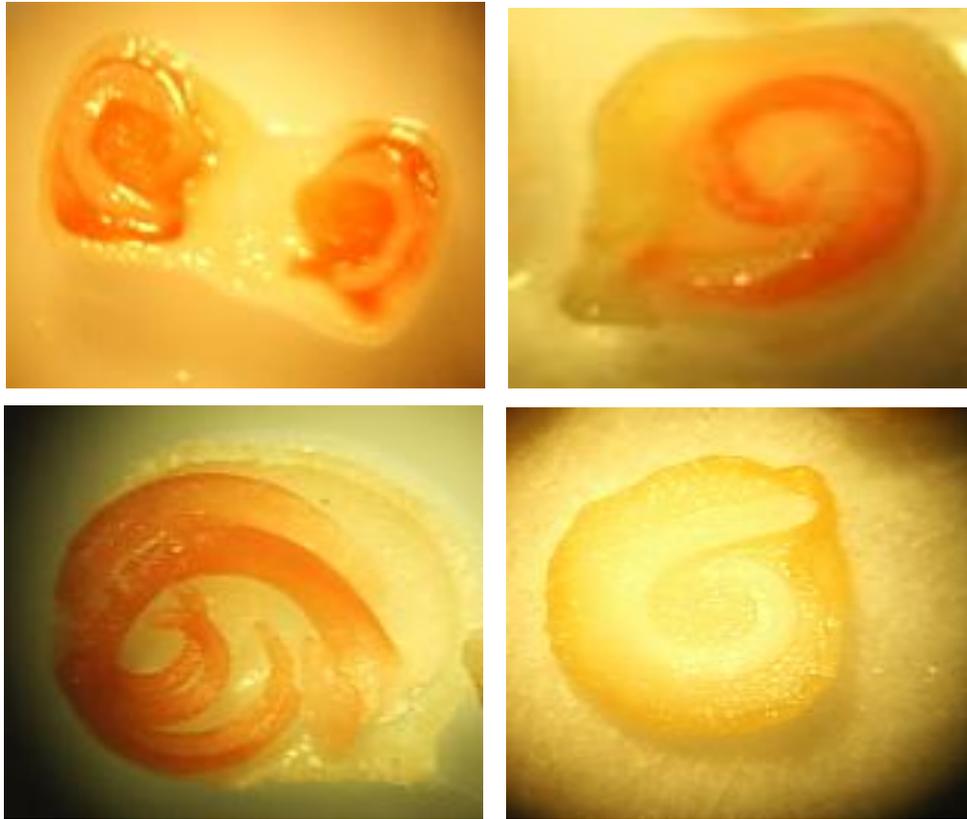


Figura 10. Tinción de la semilla por tetrazolio. La edad de la semilla de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. 0, 2, 4 y 14 meses de edad.

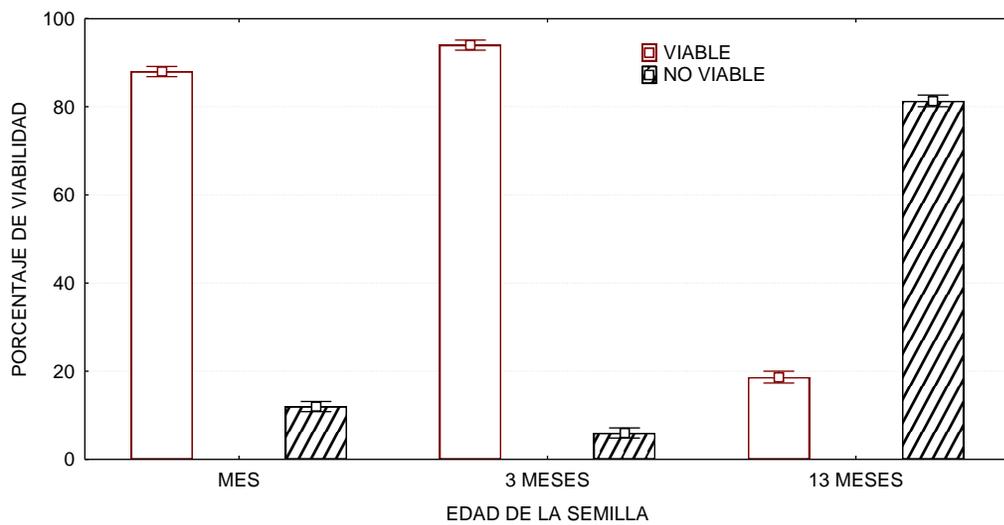


Figura 11. Viabilidad de la semilla de chile piquín de tres edades. Primera evaluación media y desviación estándar

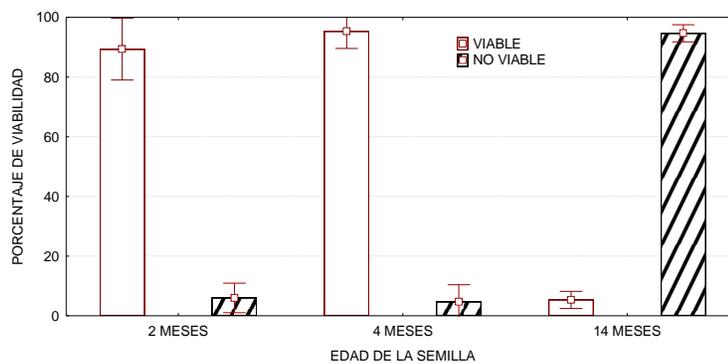


Figura 12. Viabilidad de la semilla de chile piquín de tres edades. Primera evaluación media y desviación estándar

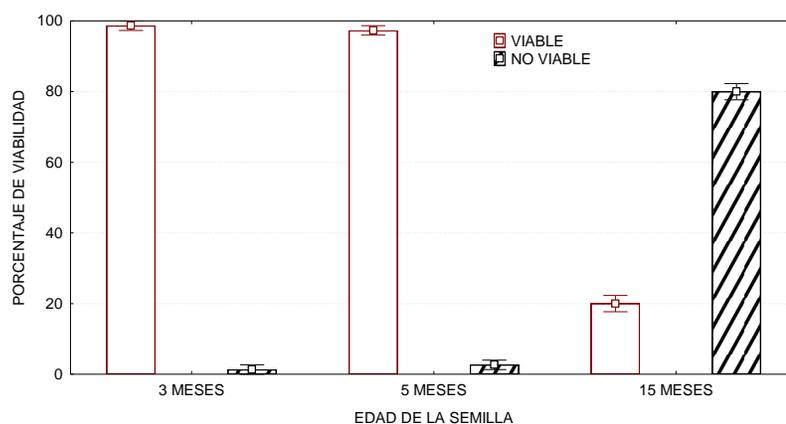


Figura 13. Viabilidad de la semilla de chile piquín de tres edades. Primera evaluación media y desviación estándar

8.1.2.3 Prueba de Germinación con Acido Giberélico (GA₃) y Nitrato de Potasio (KN₃).

En esta prueba se evaluó el porcentaje de plantas normales, anormales y semillas sin germinar. El Análisis de Varianza (Apéndice IV), muestra diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en la edad, los tratamientos y la interacción de edad por tratamientos.

La edad de la semilla afecta su germinación. Conforme la semilla envejece, aumenta la producción de plántulas anormales, hasta finalmente limitar su capacidad para germinar, como se observa en la Tabla (8) donde se muestra que el porcentaje de

plantas normales fue mayor en las semillas de 2 meses de edad y disminuyó conforme se fue incrementando la edad de la semilla.

Tabla 8. Comparación de medias en la germinación de semillas de chile piquín” en relación a las edades estudiadas.

EDAD DE LA SEMILLA Meses	PORCENTAJE		
	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas sin Germinar
2 meses	80.10±15.57 a	15.14 ±11.80 b	4.75±4.54 b
4 meses	66.03± 13.26 b	32.75±11.99 a	5.92±4.52 b
14 meses	1.42± 1.37 c	7.57 ±5.73 c	91.0±6.24 a

Literales iguales en la misma columna indican que las medias no son diferentes (Tukey 0.01)

Los tratamientos a la semilla con ácido giberélico, nitrato de potasio y la imbibición previa de la semilla, también tuvieron efecto sobre la germinación y su capacidad de producir plantas normales.

La imbibición de la semilla previa a la siembra, aumentó la germinación en comparación a la siembra de la semilla seca y con la imbibición en agua se obtuvieron porcentajes de germinación, estadísticamente iguales a los tratamientos con ácido giberélico y nitrato de potasio (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de medias en la germinación de semillas de chile Piquín, en relación a los tratamientos utilizados

No	TRATAMIENTO A LA SEMILLA	Porcentaje		
		Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas sin Germinar
1	Testigo	40.00±29.41bc	30.83±14.35ab	40.16±42.05 ^a
2	AG 100 ppm	56.75±39.30a	12.58±4.31bc	30.6 ±39.65cd
3	AG 1000 ppm	55.00±40.83a	13.6±9.32 bc	31.3 ±46.36cd
4	Imbibidas en agua	55.08±42.13a	16.6±13.43bc	28.3±40.65d
5	Imbibidas en agua + AG 100 ppm	55.03± 41.15a	8.83±6.52c	35.83±43.91b
6	Imbibidas en agua + AG 100 ppm	46.16±28.03b	19.3±16.09ab	34.5±42.53bc
7	Imbibidas en agua + KNO ₃ 0.2%	36.00 ±34.60c	27.5±16.85a	36.5±40.76ab

Literales iguales en la misma columna indican que las medias no son diferentes (Tukey 0.01)

De acuerdo a la interacción de edad por tratamientos para el porcentaje de germinación, se observa que las edades estudiadas reaccionaron en forma diversa a cada tratamiento. El mayor porcentaje de germinación se obtiene en la semilla de dos meses imbibida en agua (Figura 14).

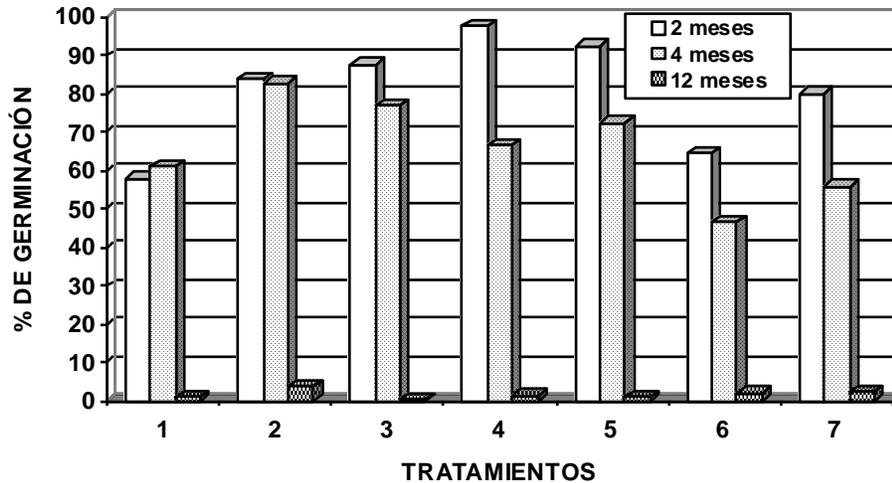


Figura 14. Interacción de edad y tratamientos sobre el porcentaje de germinación de las semillas de chile piquín

8.1.2.4. Prueba de Vigor de la Semilla

El vigor de la semilla, se evaluó como número de plantas en el primer conteo (NPPC) (a los 10 DDS) y el cálculo de índice de velocidad de emergencia (IVE). El análisis de varianza (Apéndice V), correspondiente al primer conteo de plántulas normales e índice de velocidad de emergencia, mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), lo cual indica que la velocidad de crecimiento es afectada por la edad de la semilla. Así mismo, los tratamientos a la semilla responden de manera diferente dependiendo de la edad de la misma.

La edad de la semilla afecta el vigor de la misma (evaluada como NPPC e IVE), apreciándose que el vigor disminuye conforme se incrementa la edad. De acuerdo a estos resultados el vigor de la semilla de chile piquín termina aproximadamente al año y medio después de extraída (Tabla 11).

Tabla 9. Porcentaje de plantas normales durante el primer conteo (10 DDS) según la edad de la semilla.

Edad de la Semilla	(Vigor) Porcentaje de plantas en el primer conteo	Índice de velocidad de emergencia
2 meses	24.92± 21.00 a	4.47± 2.09 a
4 meses	23.89±27.82 a	6.09± 1.98 b
14 meses	0.35±0.78 b	0.41± 0.45c

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Los tratamientos químicos a la semilla (TQS) tuvieron diferente efecto sobre el vigor de la semilla de chile piquín; los tratamientos de giberélico a la semilla seca disminuyeron el NPPC, mientras que la imbibición a la semilla y el nitrato de potasio fueron iguales al testigo (Tabla 12).

Tabla 10. Porcentaje de plantas normales durante el primer conteo (10 dds) en los TQS

No	Tratamiento Químico a la Semilla TQS	Vigor (No Plantas en el Primer Conteo)	Índice de Velocidad de Emergencia
1	Testigo	33.16±27.05 a	2.71±4.52 d
2	AG 100 ppm	2.16± 2.88 b	5.20±3.48 b
3	AG 1000 ppm	5.6±7.22 b	3.83±5.51 c
4	Imbibidas en agua	7.2±9.15 b	3.06±5.86 d
5	Imbibidas en agua + AG 100 ppm	2.0 ±4.08 b	3.06±4.77 d
6	Imbibidas en agua + AG 1000 ppm	35.6±28.21 a	3.31±5.49 cd
7	Imbibidas en agua + KNO ₃ KNO ₃ 0.2%	28.83±27.21 a	2.93±4.75 d

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) * significativo.

En la interacción edad-TQS, para el primer conteo de plántulas normales se puede observar que la semilla de dos y cuatro meses imbibidas en 1000 ppm de AG₃ y KNO₃, son iguales al testigo y el resto de los tratamientos disminuyen el IVE. (Figura 15), Este comportamiento se mantuvo durante toda la prueba de germinación.

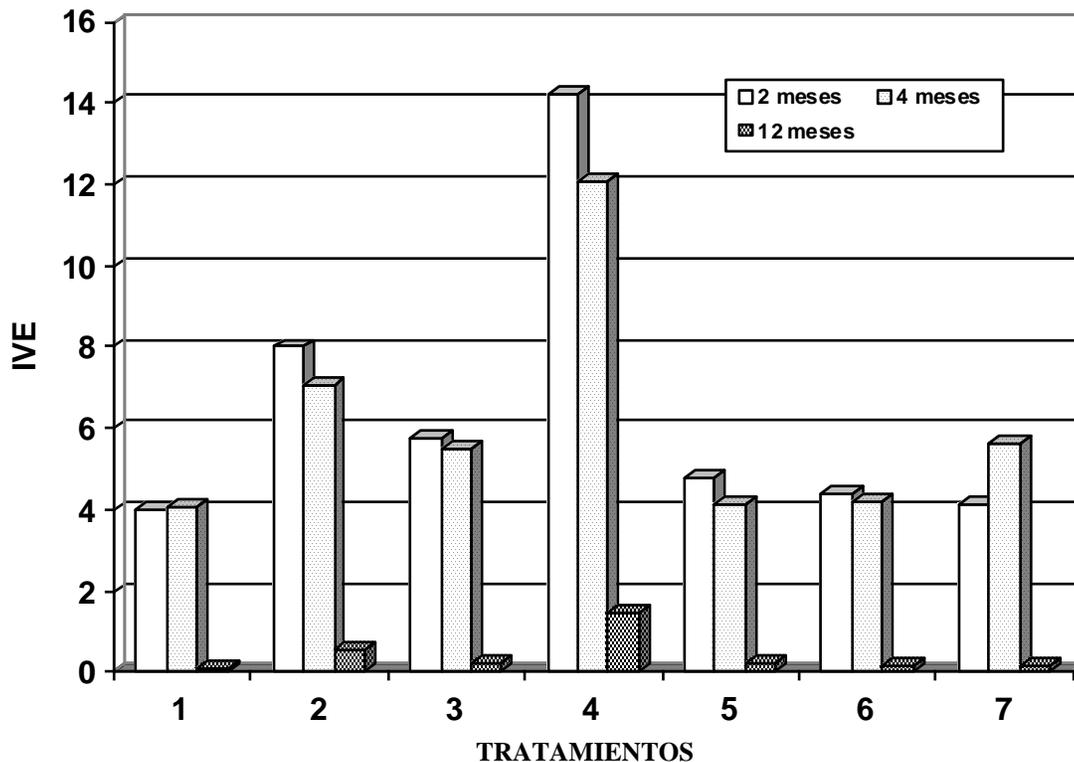


Figura 15. Índice de velocidad de emergencia de semilla de chile piquín en la interacción edad-TQS.

8.1.3 Pruebas de Producción en Campo Abierto

8.1.3.1. Primera Prueba de Campo en acolchado y Fertirriego de Segundo Ciclo. (La Galera-Palma Gorda, Municipio de Saltillo, Coahuila)

Los resultados muestran que el chile piquín se puede producir en este sistema (Figura 16). Se observó que, las plantas fueron más pequeñas que aquellas de donde se obtuvo la semilla, por ejemplo plantas de traspatio con sombreado, en el caso del ecotipo Saltillo. Algunas plantas mostraron frutos con alto contenido de antocianinas, que le dan un color negro al fruto antes de su maduración (Figura 17).



Figura 16. Producción de chile piquín en campo abierto con fertiirrigación y acolchado de segundo ciclo en el periodo marzo-agosto del 2005. En la Galera-Palma Gorda, Municipio de Saltillo, Coahuila.



Figura 17. Frutos de chile piquín con antocianinas producidos en campo abierto con fertiirrigación y acolchado de segundo ciclo, en el periodo marzo-Agosto del 2005. En la Galera-Palma Gorda, Municipio de Saltillo, Coahuila.

8.1.3.2. Segunda Prueba de Campo en acolchado y Fertirriego (Parcela 12 del ejido el Pilar antes la Gloria, Municipio de General Cepeda, Coahuila)

Los resultados muestran que el chile piquín se puede producir en este sistema. (Figura 18). En esta prueba se observó que las plantas tuvieron mayor desarrollo vegetativo durante este ciclo y los frutos obtenidos fueron de mayor tamaño. La planta es sensible a heladas, igual que los chiles comerciales. La prueba se heló a $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 21

de noviembre del 2005). Las plantas de chile piquín mostraron mayor tolerancia a cenicilla polvorienta (*Leveillula taurica*), comparada con chile morrón que estaba cultivado en la misma área.



Figura 18. Producción de chile piquín en campo abierto con fertiirrigación y acolchado durante el periodo agosto-noviembre del 2005, en la parcela 12 del ejido el Pilar, municipio de General Cepeda, Coahuila.

8.1.3.2. Tercera Prueba de Campo en Acolchado y Fertirriego (Buenavista, municipio de Saltillo, Coahuila).

En esta prueba las plantas y los frutos presentaron mayor variación que en las dos pruebas anteriores (Figura 19 y 20). Algunas plantas dieron frutos alargados, que no se vieron en la primera prueba de producción de donde se seleccionaron individualmente las plantas y frutos para obtener la semilla.



Figura 19. Producción de chile piquín en campo abierto con fertiirrigación, durante el periodo marzo-septiembre del 2006, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.



Figura 20. Formas de fruto obtenidas en la prueba de producción en el periodo marzo-septiembre del 2006, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

8.2 Evaluación de los Ácidos Orgánicos

8.2.1. Germinación de la Semilla

El tratamiento de inmersión de la semilla por 12 horas antes de la siembra en la solución de los ácidos orgánicos, incrementó el porcentaje de germinación. La germinación promedio de la semilla de chile piquín fue de 83.06% (Figura 21, Tabla 13).



Figura 21. Plántula de chile piquín a los 45 días después de siembra, donde se muestra el porcentaje de emergencia obtenido.

Tabla 11. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos Salicílico $10^{-4}M$, Benzoico $10^{-4}M$ en la germinación del chile piquín.

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN
Testigo	78.60± 8.56 b
Glutamato Monosódico GMS	90.00±5.38 a
Ac. Salicílico AS	85.20±5.49 ab
Ac. Benzoico AB	81.40±8.78 ab
GMS + AS	81.80±8.34 ab
GMS +AB	81.40±8.82 ab

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) * significativo.

El Glutamato Monosódico (GMS) 1% fue el que más promovió la germinación, superando al testigo en un 14.50 %, seguido del tratamiento con ácido salicílico (AS) 10^{-4} M con 8.39 %. Los tratamientos con Ácido Benzoico (AB) 10^{-4} M., y la mezclas de AS y AB con GMS, también incrementaron la germinación en un 3.8 % respecto al testigo, pero sin diferencias entre sí.

8.2.2 Crecimiento de Plántula

La aplicación de ácidos orgánicos afectó significativamente el desarrollo de plántulas de chile piquín ($P \leq 0.05$). El GMS aplicado al follaje, estimuló el desarrollo vegetativo de la planta que se manifestó en un aumento de la altura, diámetro de tallo, y peso fresco de raíz (Tabla 14). Los AS, AB y la mezcla de AB+GMS, no mostraron efecto. La mezcla de AB+GMS, estimuló el desarrollo del diámetro de tallo. En esta prueba, los resultados indican que los productos actúan por separado y que el GMS, no parece actuar como un sinergista de los AS y AB, como se plantea en la hipótesis.

Tabla 12. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos Salicílico 10^{-4} M, Benzoico 10^{-4} M, sobre el crecimiento de la plántula de chile piquín

TRATAMI ENTOS	ALTURA Cm	DIAMETRO TALLO mm	No. HOJAS Cm	PESO FOLLAJE g		PESO RAIZ g	
				FRESCO	SECO	FRESCO	SECO
Testigo	9.72±1.57 b	1.57±0.3 b	6.80±0.83	1.55±0.18	0.15±0.022	0.55±0.02b	0.057±0.007
Glutamato Monosodico GMS	11.27±1.85a	1.95±0.1ab	8.20±0.83	1.80±0.09	0.16±0.009	0.61±0.06a	0.056±0.008
Ac Salicílico AS	10.70±1.6 b	1.80±0.35ab	7.00±1.00	1.42±0.15	0.14±0.008	0.55±0.08b	0.058±0.004
Ac. Benzoico AB	10.47±2.8b	1.76±0.28ab	7.00±1.00	1.67±0.14	0.16±0.022	0.60±0.07ab	0.058±0.007
AS + GMS	10.87±0.9 b	1.84±0.20ab	7.20±0.83	1.64±0.16	0.15±0.020	0.54±0.08b	0.059±0.005
AB + GMS	10.47±2.2 b	2.24±0.36 ab	7.80±0.44	1.58±0.19	0.16±0.022	0.60±0.06ab	0.057±0.004
DE ($P \leq 0.05$)	*	*	NS	NS	NS	*	NS
CV %	15.42%	15.77	11.54	11.81	11.29	9.93	8.43

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey. DE= Diferencia estadística, * Significativo ($P < 0.05$), NS No significativo ($p > 0.05$). CV = Coeficiente de variación

8.2.3 En el cultivo de Chile Piquín

8.2.3.1 Efecto en el Crecimiento

La aplicación de los ácidos salicílico, benzoico y Glutamato monosódico, afectaron el crecimiento de la planta (Figura 22, Tabla 15). En promedio las plantas de chile piquín crecieron 44.90 cm a los 98 días después del trasplante. Las plantas con mayor altura fueron aquellas asperjadas con la solución de AB + GMS, seguidas del tratamiento con AB. En promedio las plantas tuvieron una cobertura o desarrollo lateral de 50.79 cm., y las plantas con mayor desarrollo lateral fueron aquellas donde se aplicó GMS, seguidas de la aplicación de AB+ GMS y AB. El ácido salicílico no estimuló el desarrollo de la planta, más aún las plantas asperjadas con AS se observaron más compactas que el testigo.



Figura 22. Cultivo de chile piquín, para la evaluación de los ácidos orgánicos

Tabla 13. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M, benzoico 10^{-4} M, sobre el crecimiento del cultivo de chile piquín, a los 98 días después de siembra

TRATAMIENTO.	ALTURA Cm	DIAMETRO COBERTURA cm	DIAMETRO TALLO mm
Testigo	36.01±5.18c	48.68±9.91b	12.44±3.83bc
Glutamato Monosodico GMS	48.03±4.38ab	62.94±8.31a	16.44±2.45a
Ac Salicílico AS	36.02±5.59c	39.71±6.65c	9.88±2.47c
Ac. Benzoico AB	50.92±8.14ab	54.56±9.60ab	15.44±2.87ab
GMS + AS	45.03±5.17b	40.42±5.63b	12.11±2.80bc
GMS + AB	53.38±4.64a	58.42±9.85a	13.77±3.34ab
Diferencia estadística ($P \geq 0.05$)	*	*	*
Coefficiente de Variación %	12.60	16.72	21.07

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey 0.05, * Significativo, NS No significativo. CV = Coeficiente de variación

8.2.3.2 Efecto en la productividad

La productividad no fue estadísticamente diferente (Tabla 16), los datos de productividad fueron muy variables. Las plantas con mayor número de frutos fueron aquellas tratadas con GMS y AB, que coinciden con aquellas con mayor diámetro de cobertura. Los frutos más pesados y visiblemente más grandes, se obtuvieron de las plantas tratadas con AB+GMS, fueron 22.22% más pesados que el testigo. El mayor rendimiento se obtuvo en las plantas tratadas con GMS, seguidas por el tratamiento con AB y la mezcla de AB+GMS, superando al testigo en 59.82, 48.68 y 42.8%, respectivamente. Los tratamientos con ácido salicílico y la mezcla de AS+GMS, no fueron diferentes al testigo. En esta prueba se observa nuevamente que los ácidos orgánicos actúan por separado y que el glutamato mono sódico no actúa como un sinergista de los AS y AB.

Tabla 14. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M, benzoico 10^{-4} M, sobre el crecimiento y productividad del cultivo de chile piquín a los 98 días después de siembra.

TRATAMIENTO.	No FRUTOS/PTA	PESO PROMEDIO FRUTO g	RENDIMIENTO POR PLANTA g
Testigo	361.77±128.6 a	0.27±0.04 a	102.3±51.7 a
Glutamato Monosódico GMS	508.33±178.8 a	0.32±0.01 a	163.5±55.80 a
Ac. Salicílico AS	330.11±157.16 a	0.31±0.01 a	103.7±49.70 a
Ac. Benzoico AB	551.44±225.6 a	0.27±0.01 a	152.1±73.00 a
GMS + AS	398.00±236.1 a	0.30±0.09 a	117.8±88.73 a
GMS + AB	449.44±237.9 a	0.33±0.03 a	146.1±65.63 a
Total	433.18±204.8 a	0.30±0.05 a	130.9±66.93a
Diferencia estadística ($P \geq 0.05$) 5)	NS	NS	NS
Coficiente de Variación %	45.63	15.73	50.04

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey 0.05, * Significativo, NS No significativo. CV = Coeficiente de variación

8.2.4 Perfil Bromatológico de Fruto

Al aplicar al follaje de las plantas cultivadas de chile piquín los ácidos salicílico, benzoico y GMS, en los frutos se observó que: se afectó el contenido de sodio, carbohidratos totales, fibra, azúcar y energía, también se modificó el contenido de proteínas (Tabla 17). El sodio aumentó al aplicar GMS, y disminuyó con mezcla de AS+GMS y AB+GMS. El contenido de carbohidratos totales fue menor con los AS y AB y la mezcla de AB+GMS. El contenido de fibra también disminuyó al aplicar los GMS, AS, AB y AS+GMS y la mezcla de AB+GMS no fue diferente al testigo. El azúcar se incrementó con el GMS y disminuyó en los tratamientos de AS, AB y la mezcla de AB+GMS.

Tabla 15. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M, benzoico 10^{-4} M, sobre la bromatología del fruto de chile piquín.

TRATAMIENTO.	AGUA (ml)	MINE RALES (g)	CARBOHI DRATOS (g)	PROTEÍNA (g)	LÍPIDOS (g)
Testigo	52.98±3.50 a	1.72±0.32 a	53.19±2.98 ab	0.19±0.04 b	0.00 a
Glutamato Monosodico GMS	54.32±3.55 a	1.70±0.07 a	48.80±2.46 a	0.14±0.01 bc	0.00 a
Ac Salicílico AS	58.22±2.54 a	1.52±0.02 a	40.77±1.60 c	0.14±0.02 bc	0.00 a
Ac. Benzoico AB	60.26±0.76 a	1.41±0.44 a	37.45±1.56 cd	0.10±0.02 c	0.00 a
GMS + AS	52.69±5.70 a	1.43±0.19 a	55.11±3.28 a	0.30±0.03 a	0.00 a
GMS + AB	58.72±4.55 a	1.40±0.22 a	35.08±0.63 d	0.14±0.03 bc	0.00 a
Dif. Estad. (P≤ 0.05)	NS	NS	*	*	NS
CV %	6.71	17.51	5.06	17.75	0.0

Continuación Tabla 17

TRATAMIENTO.	SODIO (g)	FIBRA (g)	AZÚCAR (g)	ENERGÍA (Kcal)
Testigo	40.62±4.11 ab	33.59±2.45 a	19.59±1.60 ab	94.00±11.3 ab
Glutamato Monosodico GMS	51.58±9.67 a	21.48±3.84 b	27.32±5.64 a	105.44±8.57 a
Ac Salicílico AS	36.31±6.50 ab	25.19±1.00 b	15.58±2.24 bc	89.51±22.5 b
Ac. Benzoico AB	37.01±5.42 ab	22.43±0.50 b	15.02±1.94 bc	88.89±27.03 b
GMS + AS	33.95±6.04 b	33.35±3.56 a	21.76±6.81 ab	102.84±6.34 a
GMS + AB	32.48±6.23 b	24.90±4.01 b	10.17±3.41 c	89.47±32.96 b
DE (P≤0.05)	*	*	*	*
CV %	16.95	10.87	22.54	6.83

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey 0.05. DE = Diferencia estadística ($P \geq 0.05$), * Significativo, NS No significativo. CV = Coeficiente de variación

El contenido de proteína se incrementó con la mezcla de AS+GMS, pero disminuyó al aplicar por separado los productos. El contenido energético en Kcal, se incrementó con el GMS y la mezcla de AS+GMS, pero disminuyó al aplicar los ácidos salicílico y benzoico.

8.2.5 Contenido de Antioxidantes Totales

En este estudio, los frutos con mayor contenido de antioxidantes, se obtuvieron de las plantas tratadas con la mezcla de AB+GMS con 39.89%, seguido del tratamiento AB con 17.78% más que el testigo. Los tratamientos con GMS, AS y la mezcla de AS+GMS, no mostraron efecto (Figura 23).

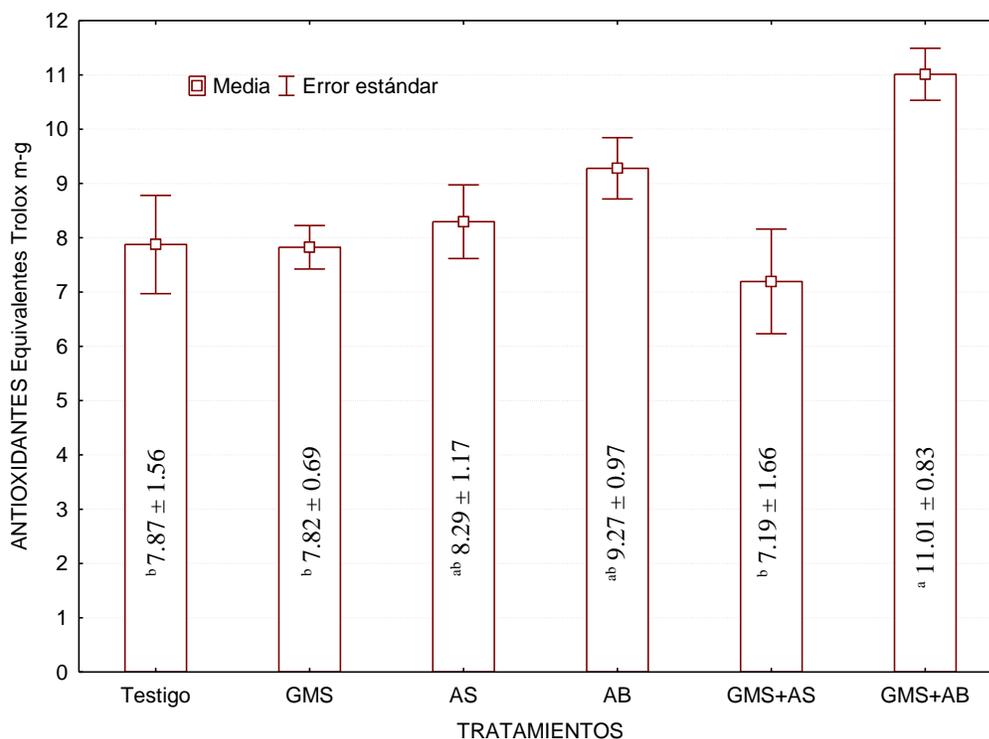


Figura 23. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% de los ácidos salicílico $10^{-4}M$, benzoico $10^{-4}M$, sobre el contenido de antioxidantes en el fruto de chile piquín.

8.2.6 Contenido de Capsaicina.

Los ácidos orgánicos si afectaron el contenido de capsaicina en los frutos de chile piquín, en orden descendente, los frutos con mayor contenido se colectaron de plantas tratadas con AS, AB y la mezcla de AB+GMS. El GMS y la mezcla de AS+GMS fueron iguales al testigo.

Tabla 16. Media y desviación estándar del efecto del glutamato monosódico al 1% y de los ácidos salicílico 10^{-4} M, benzoico 10^{-4} M, sobre el contenido de capsaicina en frutos de chile piquín.

TRATAMIENTOS	MUESTRA EN VERDE		MUESTRA EN SECO	
	ppm	Unidades Scoville	ppm	Unidades Scoville
Testigo	426.64±162.94 ^a	6399.66±1444.17 ^b	1252.477±514.19 ^b	18787.16±7712.94 ^b
Glutamato Monosodico GMS	577.76±146.44 ^{ab}	8716.52±2139.04 ^{ab}	1647.513±330.40 ^{ab}	24712.69±4956.00 ^{ab}
Ac Salicílico AS	672.80±104.04 ^a	10092.03±1560.66 ^a	2006.779±293.99 ^a	30101.68±4409.97 ^a
Ac. Benzoico AB	645.79±107.94 ^a	9686.90±1619.13 ^a	1844.507±367.85 ^a	27667.57±5517.75 ^a
GMS + AS	485.90±72,16 ^b	7288.53±1082.43 ^b	1433.027±295.76 ^b	21995.41±5131.53 ^b
GMS + AB	648.41±109.86 ^a	9726.23±1647.98 ^a	1984.677±209.00 ^a	29770.15±3135.07 ^a
DE (P≤ 0.05)	*	*	*	*
CV %	20.99	20.83	20.53	27.65

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey 0.05. DE = Diferencia estadística (P≥0.05)., * Significativo, NS= No significativo. CV = Coeficiente de variación

10. DISCUSIONES

10.1 Producción de Chile Piquín

En relación a las hipótesis planteadas en esta investigación, primero se evaluó la factibilidad de producir chile piquín, utilizando las técnicas actuales que se emplean para producir otros tipos de chile comerciales.

En primera instancia se encontró que la semilla de chile piquín obtenida de frutos rojos frescos y sembrada antes de los dos meses no germina, por lo que requiere de al menos dos meses de reposo, para poder germinar. Así mismo, se encontró que la latencia de la semilla está relacionada a la inmadurez del embrión, de acuerdo a los resultados de las pruebas de viabilidad con Tetrazolio y germinación estándar, donde se muestra que la semilla de 2 y 4 meses fueron las que se tiñeron de rojo indicando viabilidad y presentaron mayores porcentajes de germinación, estos resultados coinciden con Randle y Honma (1980), Sato *et al.*, (1982), quienes mencionan que las semillas recién cosechadas de algunas variedades de: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chacoense*, *C. chinense*, *C. baccatum* and *C. pubescens*; pueden mostrar latencia y se requieren alrededor de 6 semanas después de cosechadas para remover dicha latencia, entre ellas la variedad *mínimum* o *aviculare*.

Adicionalmente en la prueba de imbibición se determinó que, la absorción de agua por la semilla de chile piquín, se dio desde el momento en que fue expuesta al agua. La velocidad y el volumen de hidratación fue diferente según la edad de la semilla, a diferencia de los reportes de Besnier (1989), Ramírez-Meraz, (2001) y Rodríguez *et al.*, (2004), quienes reportan que la latencia de la semilla de chile piquín se debe a la cera epicuticular y una capa externa dura que limitan la absorción de agua; esto debido a un mecanismo de supervivencia de la especie en su hábitat natural, ya que aunque exista humedad, no todas las semillas germinan a la vez.

Para incrementar los porcentajes de germinación, es necesario beneficiar la semilla, con el fin de separar las semillas vanas, impurezas; uniformizar por tamaño y peso; de esta manera se homogeniza el vigor (AOSA, 1993). Una vez beneficiada se almacena durante al menos 2 meses y antes de sembrar se pone a imbibir la semilla en agua (preferentemente purificada o potable) durante 24 horas previas a la siembra. Se observó que con solo imbibir la semilla se obtuvieron porcentajes de germinación similares a los obtenidos con ácido giberélico a concentraciones de 100, 1000 ppm y nitrato de potasio al 0.2%. Así mismo, en la prueba inicial de producción de planta se encontró que el ácido giberélico a 5000 ppm no aumentó el porcentaje de germinación en ninguno de los 5 ecotipos evaluados. Estos resultados difieren de los reportado por Ramirez-Meraz (2001), quien recomienda el uso de ácido giberélico a 5000 ppm, para inducir la germinación uniforme de la semilla de chile piquín; con el siguiente procedimiento: se realiza la inmersión la semilla en esta solución durante 24 horas a una temperatura de 25 a 30°C; la semilla se extrae de la solución, se enjuaga con agua y se pone a secar para facilitar su siembra. El tratamiento a la semilla debe de realizarse de preferencia 72 horas antes de la siembra.

El bajo porcentaje de germinación en la semilla de chile piquín, se atribuye a la impermeabilidad de la testa, provocada por la cera epicuticular de la semilla (Besnier, 1989, Rodríguez *et al.*, 2003), también se recomienda, sumergir las semillas en una solución de ácido giberélico a 5000 ppm durante 72 h. (Rodríguez *et al.*, 2003) para aumentar el porcentaje de germinación. Sin embargo, al realizar diversas pruebas de germinación y escarificación de la semilla no se logró incrementar la germinación más allá del 50% (Raneyro, 2005, Sandoval, 2005). Así mismo, al realizar diferentes pruebas de germinación en semillas de 5 ecotipos procedentes de Tamaulipas, Nuevo León y frutos obtenidos en centros comerciales, se observó que la edad de la semilla afecta la germinación de la misma.

Respecto a la producción de planta, los resultados, muestran que se puede producir de manera eficiente en charola de poliestireno de 200 cavidades, con sustrato de turba. De igual manera lo sugieren Rodríguez *et al.* (2003) y Geohabitat (2004), quienes recomiendan este sistema a diferencia del sistema de almácigos, donde la calidad de la plántula es inferior, aunado a la pérdida de semilla, mientras que el sistema de bolsas de polietileno incrementa los costos de producción.

El chile piquín se puede producir en el sistema de acolchado y fertirriego, en condiciones de campo abierto y se comporta de manera similar al cultivo de chiles serranos.

En la región sureste del estado de Coahuila, en campo abierto, se puede plantar en el periodo de marzo a junio, es decir después de las heladas tardías. Se recomienda hacer las plantaciones durante el mes de marzo, con el propósito de iniciar cosecha en junio, antes de que inicie la producción de especies silvestres a finales de agosto, con la posibilidad de lograr los mejores precios (Rodríguez *et al.*, 2003).

10.2 Evaluación de los Ácidos Orgánicos

Glutamato Monosódico.

El Glutamato monosodico 1% incrementó la germinación de la semilla, al aplicarse en solución de inmersión, durante 12 horas antes de la siembra. No existen reportes relacionados al efecto de GMS sobre la germinación de la semilla; No obstante, el glutamato monosódico es la sal sódica del ácido glutámico, el aminoácido más abundante en la naturaleza y que está presente en todas las proteínas (Davis et al, 1994., Wu *et al.*, 2000). Al suministrar ácido glutámico o cualquier otro aminoácido principalmente aquellos de bajo peso molecular, se acumulan como una fuente de reserva de uso inmediato para formar otros aminoácidos por transaminación o bien enzimas específicas, que la planta utiliza en el metabolismo como puede ser la germinación. El ácido glutámico aparte de activar las proteasas en el proceso de

germinación, provee energía metabólica a través de la glutamina que al donar su grupo amida al ácido aspártico, forma asparagina, por acción de la *asparagina sintetasa* y la hidrólisis irreversible de ATP a ADP y PPi, proporcionan energía metabólica (Salisbury y Roos 1994). El ácido glutámico marcado con C¹⁴, al aplicarse a semillas de maíz migro hacia la mitocondria, por lo que se deduce que actúa como un precursor energético (Steer y Breves, 1967), o un sinergista, que al mezclarse con ácido giberélico incrementa la germinación de semillas en los cultivos (Sandoval y Kamara 2002).

El Glutamato monosódico al aplicarse en aspersión al follaje estimuló el desarrollo vegetativo, tanto en plántula, como en la planta establecida en campo abierto y aumentó la productividad. Este efecto puede deberse a que el GMS, se reduce a ácido glutámico, por la pérdida del Na, en esta forma en el ciclo de Krebs sirve de precursor de otro aminoácido no esencial la glutamina, de importancia en el transporte de nitrógeno, y precursor en la síntesis de clorofila, lo cual puede ser la razón del efecto que presenta el GMS sobre el desarrollo vegetativo de la planta (Salisbury y Ross, 1994). Con respecto a la productividad; una planta con mayor desarrollo vegetativo potencialmente es más productiva, diversos estudios mencionan que el ácido glutámico, actúa sobre la germinación del grano de polen y la viabilidad de frutos formados posterior a la fecundación de las flores (Baker y Baker, 1973).

La aplicación de GMS, afectó el perfil bromatológico del fruto, expresado como un aumento el contenido de sodio, azúcares y disminución en el contenido de fibra. El incremento en el contenido de sodio puede deberse a la acumulación de sodio en el tejido una vez de que disocia del GMS, para dar ácido glutámico + Na. Respecto al incremento en el contenido de azúcares no se encontraron referencias al respecto.

El GMS, no mostro efecto sobre el contenido de antioxidantes totales pero incremento el contenido de capsaicina en fruto. No se encontró información referente para comparación de resultados. Sin embargo en la figura (6.3), se puede observar que la glutamina actúa en la síntesis de alcaloides, vía ruta del ácido oxalacético del ciclo de Krebs. En esta ruta la glutamina, puede donar su grupo amida al ácido aspártico, que da

origen a otros aminoácidos, alcaloides, pirimidinas y ácidos nucleicos, también puede formar asparagina, por acción de la *asparagina sintetasa* y sintetizar proteínas (Salisbury y Ross, 1994).

Ácido Salicílico.

El ácido salicílico, aplicado en solución para inmersión de la semilla, aumentó la germinación de la misma. Estos resultados coinciden con los reportados por Benavides (2004), que en diversos trabajos encontró que el ácido salicílico aplicado a la semilla, en lechuga romana aumentó la tasa y velocidad de germinación en condición de baja temperatura y medio salino; en tomate, cebolla, lechuga, betabel y melón aumento la germinación en medio salino.

El AS, aplicado al follaje en plántulas, no mostró efecto, los resultados del presente trabajo difieren con los reportados por: Villanueva *et al.* (1998), quien encontró que el AS 10^{-5} M, incrementó la altura y peso seco de plantas de *Kalanchoe blossfeldiana* procedentes de estacas apicales. Así mismo, aumentó el desarrollo de plántulas de coliflor y lechuga al aplicarlo en aspersion foliar y estimula el crecimiento de plántulas de betabel y lechuga germinadas en medio salino con $MgSO_4$ (Benavides, 2004).

El AS, aplicado al follaje de las plantas cultivadas en campo abierto, redujo el crecimiento y en la productividad no se observó efecto. Estos resultados coinciden con los reportados por Rancaño (2005) y Ramírez *et al.* (2008), quienes al aplicar AS 10^{-6} M en repollo, observaron una reducción en el número de hojas, peso fresco y seco. Y difieren de los reportados por Vázquez Reyes (2000), quien encontró que el AS aplicado al follaje de banano, aumentó la altura y el área foliar total. Maldonado García (2000), reporta que en cebolla aumentó la biomasa y diámetro de bulbo y Palafox Arenas (2001), encontró que en melón aumento el diámetro de tallo y longitud de guía.

El AS afectó el perfil bromatológico del fruto, expresado en una disminución del contenido de carbohidratos y fibra, mientras que el contenido de azúcar no mostró cambio. No obstante, Salazar y Rodríguez (2004), encontraron que al aplicar Ácido AcetilSalicílico (ASA) 10^{-3} M en hojas de plantas de naranjo 'Navelina', se incrementó el contenido de azúcares totales.

El AS no afectó el contenido de antioxidantes en el fruto. Debido a que el método utilizado en este estudio, mide la cantidad efectiva o total de antioxidantes contenidos en la muestra, una concentración alta puede estar relacionada a una alta capacidad antioxidante, aun y cuando, la capacidad antioxidante de una mezcla no viene dada solo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes, sino que, también depende del microambiente en que se encuentra el compuesto. Los compuestos interactúan entre sí pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios (Kuskoski *et al.*, 2005, Guan y Whiteman, 2005).

Los antioxidantes han sido tema de estudio en diversas disciplinas, desde la medicina, la industria, los alimentos por lo cual se han generado alrededor de 100 métodos, lo que dificulta la comparación de resultados (Kuskoski *et al.*, 2005, Felton, 2004). Sin embargo, en estudios realizados por Ramírez, *et al.* (2008), se encontró que el ácido Salicílico 10^{-6} M, reduce el contenido de antioxidantes en brócoli y lo aumenta en acelga. Comparativamente, el contenido de antioxidantes en frutos de chile piquín 8.58 ± 1.64 mM Trolox obtenidos en este estudio, coinciden con los valores reportados en jugos de granadas 2 a 18 mM Trolox (Gil, 2000), y en frutos de Mora 7.4 ± 0.2 , Uva 9.2 ± 0.2 , Guayaba 8.2 ± 0.4 , Fresa 12.0 ± 0.3 , Piña 3.4 ± 0.3 y Mango 13.2 ± 0.3 todos medidos por el método ABTS (Kuskoski *et al.*, 2005).

La aplicación del ácido salicílico, incrementó el contenido de capsaicina en el fruto de chile piquín. Los estudios relacionados a la manipulación o incremento del contenido de capsaicinoides, se han orientado hacia el manejo genético, buscando especies y/o variedades ricas en este alcaloide (Sathiyamurthy *et al.*, 2002), por ejemplo el chile habanero (*C. chinense* Jacq), variedad Red Savina que contiene 577

000 Unidades Scoville de Picor (USP), o la recientemente identificada variedad Naga Jolokia (*C. chinense*) de India, con más de 1 000 000 USP (Moran *et al*, 2008). Otros estudios se han orientado al manejo de factores ambientales; como la luz, salinidad, manejo del agua etc. (Zewdie y Bosland 2000; Borges *et al*, 2010). Sin embargo, no se encontraron referencias sobre la manipulación a través de productos evocadores o estimulantes que sirvan de comparación para los resultados obtenidos en este estudio.

Ácido Benzoico.

La aplicación de ácido benzoico a la semilla no afecta el porcentaje de germinación. Los datos son similares a los obtenidos con AS, dado que el AB, es un ácido fenólico que se considera como precursor del ácido salicílico (Raskin, 1992). Resultados similares menciona Benavides (2004), para semillas de lechuga y betabel germinadas en medio salino con sulfato de magnesio.

El AB, aplicado al follaje de plántulas, no afectó el crecimiento de las mismas. En contraste, Santiago-Guillen (2002), encontró que el AB estimula el crecimiento de plántulas de betabel y lechuga germinadas en medio salino con $MgSO_4$ y los resultados fueron más notorios que los obtenidos con AS.

El AB, aplicado en aspersión foliar a plantas de chile piquín cultivado a campo abierto, promovió el crecimiento, expresado en mayor altura de planta, cobertura, diámetro de tallo y número de hojas por planta. Estos resultados coinciden con los reportados por Rancaño (2005) y Ramírez *et al*. (2008), quienes al aplicar $AB 10^{-6}M$ en repollo, aumentó el número de hojas y el peso fresco. El AB, también estimuló el número de frutos por planta.

La aplicación foliar de AB, afectó el perfil bromatológico del fruto, que se midió en aumento de agua y disminución de carbohidratos, fibra y azúcar. No se encontró información relacionada para comparar estos resultados.

El AB, no afectó estadísticamente al contenido de antioxidantes, pero se puede observar una tendencia a aumentar dichos compuestos. Sin embargo, en estudios realizados por Ramírez *et al.* (2008), se encontró que el AB 10^{-6} M, disminuyó el contenido de antioxidantes en acelga y brócoli.

El AB aumentó el contenido de capsaicina y al igual que para el AS, no se encontró información relacionada.

GMS+AS

La mezcla de GMS + AS no afectó la germinación ni el crecimiento de la plántula, y asperjado a plantas cultivadas en campo abierto, solo estimulo la altura de la planta. De acuerdo a los resultados obtenidos, parece ser que el efecto positivo del GMS sobre el desarrollo vegetativo se anuló con el efecto negativo del AS.

En el fruto, la mezcla de GMS+AS, sólo incremento el contenido de proteína. Es importante mencionar que los productos por separado no tuvieron efecto sobre este compuesto. De acuerdo con la literatura es lógico pensar que la aplicación de GMS, induciría la síntesis de proteína, al reducirse a ácido glutámico y posteriormente a glutamina por acción de la *glutamato sintetasa*, en una reacción inversa la glutamina trasfiere el grupo amida al carbono carbonílico del ácido α -ceto glutárico en el ciclo de Krebs en las mitocondrias, para formar dos moléculas de ácido glutámico, de los cuales uno de ellos se cataliza para mantener la reacción, mientras que otro se puede convertir directamente en proteínas, clorofila, ácidos nucleicos (Salisbury y Roos, 1994).

El contenido de antioxidantes y capsaicina en fruto no fue afectado por la aplicación de GMS+AB.

De acuerdo a los resultados obtenidos, parece ser que el GMS y AS, actúan por separado y no existe un efecto sinérgico del GMS sobre el AS, como se plantea en la hipótesis y la literatura revisada.

GMS + AB

La mezcla de GMS+AB, no mostró efecto sobre la germinación de la semilla. En plántula tampoco tuvo efecto significativo.

La aplicación de GMS+AB, a plantas en campo abierto, estimuló el desarrollo vegetativo, expresado en aumento en altura y cobertura. En esta prueba se observa un efecto sinérgico en el GMS y AB, dado que ambos productos al aplicarse por separado estimularon el desarrollo vegetativo. Se pudo observar que en este tratamiento las plantas tuvieron la mayor altura. La productividad también aumentó, se produjo mayor número de frutos por planta, peso promedio de fruto y por consiguiente mayor rendimiento por planta.

El contenido de antioxidantes y capsaicina en frutos, aumentó en el tratamiento con GMS+AB, aun y cuando los productos por separado no mostraron efecto.

Tanto el GMS, como el AB, estimularon el crecimiento de la planta en campo abierto y al mezclarlos se observó un efecto sinérgico.

11. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye que:

11.1 Producción de Chile Piquín

Es factible producir chile piquín en condiciones de campo abierto con acolchado y fertirriego, similar al empleado para producir otros tipos de chile, por ejemplo, jalapeños o serranos. Las plantas tienden a ser más compactas bajo el sistema de campo abierto. La productividad es muy variable, con un promedio de 130.9 gr. por planta de chile piquín verde en el primer corte.

La baja tasa de germinación de la semilla de chile piquín está relacionada a la inmadurez del embrión cuando la semilla se obtiene de frutos rojos frescos y requiere de al menos dos meses de reposo una vez extraída, para completar su madurez.

La viabilidad de la semilla se redujo a menos del 1%, después de 1 año de cosechada. El vigor de la semilla obtenida de colectas silvestres es muy variable; mediante el beneficio se uniformiza dicho vigor y por consiguiente la germinación y emergencia de las plantas. La inmersión de la semilla en agua, durante 24 horas previas a la siembra, promueven la germinación y los resultados no fueron diferentes a los obtenidos con ácido giberélico a 100, 1000, 5000 ppm y nitrato de potasio al 0.2%. La semilla de chile piquín no es impermeable al agua, dado que la semilla empieza a absorberla desde el momento que entra en contacto con el agua y en las siguientes 24 horas de exposición absorbe el 70%, con relación a su peso. Con semilla beneficiada, reposada durante dos meses y embebida durante 24 horas previas a la siembra, se obtienen tasas de germinación del 95.24%, de las cuales 80.14 % son plantas normales o con potencial para producir plántulas para trasplante.

11.2 Los Ácidos Orgánicos

El Glutamato monosódico al 1%, el Ácido salicílico y el Ácido benzoico, aplicados en solución de inmersión durante 24 horas previas a la siembra, aumentaron la germinación de la semilla de chile piquín. El GMS y el AB estimularon el desarrollo vegetativo de las plántulas, expresado en un incremento en la altura, diámetro de tallo y peso fresco de raíz. El AS, mostró un efecto inhibitorio en crecimiento de las plantas de chile piquín. El AS y AB en mezcla con GMS no tuvieron efecto.

El GMS promovió el desarrollo vegetativo, que se observó en mayor altura de planta, cobertura y diámetro de tallo. El AS, redujo el crecimiento, expresado en menor altura, cobertura y diámetro de tallo, en general la planta se observó más compacta. El AB, estimuló el crecimiento, que se observó en un aumento en la altura y cobertura. La mezcla de AS+GMS, aumentó la altura de la planta, pero disminuyó la cobertura. El AB aumentó el desarrollo de la planta y el rendimiento. El AS redujo el desarrollo de la planta.

El número de frutos por planta fue muy variable, por lo cual en general no se observó efecto de los ácidos orgánicos sobre la productividad. Los productos actúan por separado, no se observó que el GMS actué como un sinergista de AS y AB.

El GMS, aumentó el contenido de sodio y azúcares, pero disminuyó el contenido de fibra. El AS disminuyó el contenido de carbohidratos y fibra. El AB también disminuyó el contenido de carbohidratos, fibra y proteína, y la mezcla de AS+GMS, aumentó el contenido de carbohidratos totales y proteína. El AB promovió el aumento en antioxidantes y el mayor contenido se dio en el tratamiento con AB+GMS. El AS y AB incrementaron el contenido de capsaicina, y los frutos con mayor contenido fueron de la mezcla de AB+GMS. Para antioxidantes y capsaicina se observó que el GMS si actúa como un sinergista del AB.

12. RECOMENDACIONES

No existen fuentes confiables donde adquirir semillas de chile piquín para establecer lotes de producción. Por lo cual es conveniente iniciar un programa de producción de semilla, que permita tener semillas de buena calidad.

Los lotes de producción deben estar aislados para evitar la combinación inter-especifica por ejemplo con chile serrano.

Se observó que es factible producir chile piquín en acolchado y fertirriego. Sin embargo, la cosecha sigue siendo una limitante por la gran cantidad de mano de obra que requiere, por lo que resulta necesario desarrollar tecnología que permita hacer más eficiente la recolección principalmente para fruto en verde.

Dada la alta variabilidad presente en el chile piquín por tratarse de una especie silvestre, el efecto de los ácidos orgánicos pudo no haberse apreciado, por lo que es conveniente usar plantas más homogéneas como pueden ser los híbridos para realizar estudios posteriores con dichos ácidos.

14. LITERATURA CITADA

Agrios N. G., 1985. Fitopatología. Editorial Limusa. México. pp 371-381.

Alcocer E. B., 2000. Imbibición, atributos de calidad en semilla de trigo macarronero (*Triticum turgidum* var. *durum*) y su efecto sobre el cultivo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Almanza E. J. G., 1993. El chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *aviculare* Dierb). Estudio etnobotánico, biología y productividad. Tesis. Fac. Ciencias Biológicas U.A.N.L. 72 p.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1998. Capsaicinoids in capsicums and their extractives. Liquid chromatographic method. Official Methods of Analysis of AOAC International. V. 2. 43: 13-15.

Arias G. J. J., 2005. Estudio de mercado para identificar la potencialidad del exportación de chile piquín en escabeche en el mercado hispano del medio oeste de los Estados Unidos de Norte América. APROCEDE A.C. Secretaria de Economía *in*: [Http//secretaria de economia.gob.mx](http://secretaria de economia.gob.mx). consultado 2 de enero 2010.

Arnao M. B., 2000. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. Trends in Food Science & Technology. v. 11, p. 419-421, 2000.

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1993 a. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology , vol. 16, Number 3.

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1993 b. Handbook on Tetrazolium Testing. Contribution No. 32 to the Handbook on seed testing, U. S. A.

Ayala V. H. D., 2008. Le Ik. Los Chiles en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía. Guatemala.

Baker H. G; Baker I., 1973. Amino acids in nectar and their evolutionary significance. Nature. 241, 543-5.

Batchelor J. D; Jones B. T., 2000. "Determination of the Scoville Heat Value for Hot Sauces and Chilies: An HPLC Experiment". Departament de Chemistry, Wake Forest University, Winston-Salem, NC 27109-7486. Journal Of Chemical Education. Vol 77. No. 2. February 2000.

Bañuelos N; Salido P. L. y Gardea A., 2008. Etnobotánica del Chiltepín. Pequeño gran señor de la cultura de los sonorenses. Estudios sociales. Vol. 16, número 32.

Benavides M. A. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas. ISBN 968 844 042 6. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México., pp 171-182.

Benavides M. A. 2004. Estrategias para el uso de los mecanismos naturales de tolerancia al estrés en plantas. In: Tópicos selectos de Botánica. ISBN: 970694141X. Facultad de Ciencias Biológicas UANL. Monterrey N.L. México. Pp 163-172.

Besnier R. F., 1989. Semillas, biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. España pp. 164-167.

Borges G. L; Cervantes C. L; Ruiz N. J; Soria F. M; Reyes O. V; Villanueva C. E. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*capsicum chinense* jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. Terra Latinoamericana. Volumen 28 número 1, 2010, pp 1-7.

Bran R. A .A; Moya C; Ponce P; Álvarez M. y Varela M., (2007). Diagnóstico participativo de las condiciones socioculturales asociadas a la conservación de los chiles silvestres (*Capsicum spp*), en la depresión central de Chiapas, México. Cultivos Tropicales 2007. Vol. 28, No. 1, pp 69-73.

Buiatti E; Palli D; Decarli A., 1989. A case-control study of gastric cancer and diet in Italy. Int J Cancer 44: 611-616

Bustamante, G. L. A. 1995. Pruebas de Germinación y vigor en semillas y sus aplicaciones. Curso de actualización sobre tecnología de semillas. Memoria Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

Carstensen J.T; Attarchi F y Hou X. P., 1985. «Decomposition of aspirin in the solid state in the presence of limited amounts of moisture» *Journal of Pharmaceutical Sciences*. Vol. 77. n.º 4. pp. 318–21.

Cázares S. E; Ramírez V. P; Castillo G. F; Soto. H. M; Rodríguez G. T; y Chávez S. J.L., 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*capsicum annum* l.) del centro-oriente de Yucatán. Agrociencia 39: 627-638.

Chen I. C. H; Cahng, H. C., H; Yang, H. W; Chen, G. L., 2004. Evaluation of total antioxidant activity of several popular vegetable and chinese herbs. A fast approach with ABTS/H₂O₂/HRP/ system in microplates. Journal of foods and drug analysis. 12 (1): 29-33

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), 1999. Desarrollo y promoción de nuevos híbridos de maíz de alta calidad proteica. Estrategias, logros y perspectivas. Trabajo presentado en la 18a Reunión Latinoamericana de Maiceros. Aug. 22-27, 1999. CNPMS/EMBRAPA, Sete Lagoas, Brazil.

Cochran H. L., 1935. Some factors which influence the germination of pepper seeds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 33, 477-480

Collins D. M; Wasmund M. L. M. and Bosland P. W., 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in capsicum using high performance liquid chromatography. *Hortscience* 30 (1): 137-139.

Croteau R; Kutchan, T. M; Lewis, N.G., 2000. Natural products (secondary metabolites). *In Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Buchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. (Editors). American Society of Plant Physiologists. Rockville, US. p. 1250-1318.

Dasgupta P; Fowler C.J., 1997. Chillies: From antiquity to urology. *Br J Urol* 80:845-852.

Davila F. H., 2007. Exportador de Hortalizas. Agromex de vegetales SA de CV. Calle 5 No. 245. Col. Vista hermosa, Saltillo, Coahuila México.

Davis T. A; Nguyen H.V; García B. R; Fiorotto M. L; Jackson E. M; Lewis D. S; Lee D.R; Reeds P. J., 1994. Amino acid composition of human milk is not unique. *J Nutr* 124 (7):1126-32. PMID: 8027865

D'Arcy W. G; and Eshbaugh, W.H. 1978. The taxonomy of the genus *Capsicum*: Solanaceae. *Phytologia* 47(3):153-166.

Enríquez del V. J. R; Carrillo C. G; Sánchez G. P; Rodríguez de la N. y Méndez C. M. A., 2001. Efecto de los ácidos salicílico e indol butírico en el Enraizamiento (*in vitro*) y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Rev. Fitoc. Mexi.* Vol. 24 (1): 71-78 2001.

Evans, L. T., 1993. *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge, University Press. pp: 71

Ferrarese L. I; Moreto, L; Trainotti, N; Rascio, and Casadoro L. 1996. Cellulase involvement in the abscission of peach and pepper leaves affected by salicylic acid *J. exp. Bot.* 47:251-257.

Fujioka S; Yamaguchi I; Murofushi N; Takahashi N; Kaihara S. and Takimoto A., 1983. The Role of Plant Hormones and Benzoic Acid in Flowering of *Lemna paucicostata* 151 and 38. *Plant and Cell Physiology*, 1983, Vol. 24, No. 2 241-246.

GBM 2000. (Grupo Bioquímico Mexicano S.A de C.V. Catalogo de Productos. Saltillo, Coahuila, México.

Geohabitat, 2004. *Energía y Medio Ambiente*. Plaza Iglesia, 12 – E-04738 VÍCAR Almaria España. In: www.geohabitat.es. Consultado 2 enero del 2008.

Govindarajan V. S; Sathyanarayana M. N., 1991. Capsicum production, technology, chemistry, and quality. Part V. Impact on physiology, pharmacology, nutrition, and metabolism; structure, pungency, pain, and desensitization sequences. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1991, 29, 435-473.

Guan T.T; Whiteman M., 2005. Antioxidant activities of some tropical fruits. Free radicals biology and medicine. 6 p. Disponible en http://staff.Science.nus.edu.sg/~scilooe/srp2002/sci_paper/Biochem/research_paper/Tan%20Tze%20Guan1.pdf. Consultado el 12 de Octubre, 2010).

Gutiérrez C. M. A; Trejo . C., y Larqué S. A., 1998. Effect of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soy vean. *Plant Physiol. Biochem.* 36:563-565.

Heiser C.B; Pickersgill B., 1975. Names for the bird peppers. *Capsicum*; Solanacea Bailey 19:151-156.

Howard R; Talcott S. T; Brenes C. H; Villalon B., 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum species*) as influenced by maturity. *J Agric Food Chem* 48: 1713-1720.

IBPGR. International Board for Plant Genetic Resources. 1983. Genetic Resources of Capsicum. Roma. 49 p

INAFED. El Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2005. Los municipios del Estado de Coahuila. *In: inafed.gob.mx/Coahuila/municipios*. Consultado 13 de diciembre del 2009.

International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. Bulletin No. 128. October 2004.

Jancso G; Kiraly E; Jancso G. A., 1977. Pharmacologically induced selective degeneration of chemosensitive primary sensory neurons. *Nature* 270: 741-74

Javanmardi J; Stushnoff C; Locke E; Vivanco J. M., 2003. Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian Ocimum accessions. *Food Chemistry* 83:547-550.

Kawada T; Hagihara K. I; Iwai K., 1986. Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. *J Nutr* 116: 1272-1278.

Keys A. J; Bird I. F. and Cornelius M. J., 1978. Photorrespiratory nitrogen cycle. *Nature* 275:741-743

Krajewska A. M. and Powers J J., 1988. Sensory properties of naturally occurring capsaicinoids. *J. Food Sci.* 53(3): 902-905.

Kuskoski E.M; Asuero G. A; Troncoso M. A; Mancini F; Fett R., 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 25(4): 726-732.

Laborde C. J. A. y Pozo O., 1984. Presente y Pasado del Chile en México. Secretaria de agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México.

Latournerie M. L; Chávez L; Pérez M M; Castañón S. A; Rodríguez L. M; Arias M. y Ramírez P., 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Fitotecnia Mexicana* 25: 25-33.

Lee Y; Howard L R; Villalon B., 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annum*) cultivars. *J Food Sci* 60: 473-476.

Long J., (1998) *Capsicum* y cultura: la historia del chilli. México, D.F., Fondo de Cultura Económica.

Lopez D. H; Dat F. J; Foyer H. C. and Scott M I., 1998. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H₂O₂. *J. Exp. Bot.* 49: 713-720.

Medina T; Rodríguez del B. L. A; Villalón H; Pozo O; Ramírez M; López R; Lara M; Gaona G; Cardona A; Mora A., 2002. El Chile piquin. (*Capsicum annuum* L. var. *Aviculare*) en el Noreste de México. Aspectos ecológicos y socioeconómicos. *Biotam* 13: 1-14.

Miguel M. C., 1975. Report of the working group on the germination of Solanaceae. *Seed Science and Technology*, 3, 110-115.

Morán B. H.S; Aguilar R. H; Corona T. T; Castillo González F; R. Soto H. R.M., San Miguel C R., 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia* 42: 807-816. 2008. Pp 807-816.

Moreno P. N., 1984. *Glosario Botánico Ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INERB). Compañía Editorial Continental. Xalapa, Veracruz. México. pp 300.

Nagy J. I; Iversen L. L; Goedert M; Chapman D; Hunt S. P., 1983. Dose-dependent effects of capsaicin on primary sensory neurons in the neonatal rats. *J Neurosci* 3: 1145-1150.

Oaks A. and Hirel B., 1985. Nitrogen metabolism in roots. *Annual Review of Plant Physiology* 36:345-366.

Palau Bioqim S. A de CV. 2004. *Catalogo de Productos*. Saltillo, Coahuila México.

Palafox A. J. R., 2001. Aplicación foliar de ácido salicílico y benzoico en el crecimiento y productividad de melón. Tesis Ingeniero agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.

Pedraza R. L. C. y Gómez G. A. A., 2008. Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de chile piquín (*C. annuum*, var. *aviculare* Dierb.) en México. Tecsis, vol. 1 número 5, diciembre 2008.

Peralta C. G. M., 2007. Determinación del Nivel de Pungencia en Unidades Scoville para *Capsicum annuum* var. *Aviculare*, procedente de Regiones Productoras de Guatemala”. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Pp 1-66.

Pickersgill B. 1969. The domestication of chili peppers. En: P. J. Ucko y G. W. Dimbley (eds.). The domestication and exploration of plants and animals. Duckworth. London. UK. pp. 443-450.

Pickersgill B. 1984. Migrations of chili peppers, *Capsicum* spp., in the Americas, p. 105-123. In: D. Stone (ed). Pre-Columbian plant migration. Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology. Vol. 76. Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.

Pozo C. O; Montes S. y Redondo E. 1991. Chile (*Capsicum* spp.). In: Cázares S. E; Ramírez V. P; Castillo G. F; Soto H. R. M; Rodríguez G. M. T. y J. Luis Chávez S. J. L., 2005. Capsicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* l.) del centro-oriente de Yucatán. *Agrociencia* 39: 627-638.

Ramírez M. M., 2001. Inducción de la germinación en semilla de chile piquín. 13° Encuentro de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México (Memoria). p. 31.

Ramírez H. H; Rancaño A. J. H; Benavides M. A; Robledo T. V; Hernández D. J., 2008. Stress Signalling Substances Influence in Vegetables and Their Antioxidant Relationship: a Preliminary Study. *Acta Hort.* 774, ISHS 2008.

Ramírez R. H; Rancaño A; Benavides M. A; Mendoza V. R; Padrón C. E., 2006. Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 189-195, 2006.

Randle W.M. and Honma S. 1980. Inheritance of low temperature emergence in *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. *Euphytica*, 29, 331-335.

Rancaño Arriola J. H., 2005. Influencia de señalizadores del estrés en hortalizas y su relación con antioxidantes. Tesis. Maestría en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Raskin I., 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.

Rausher M., 2001. Co-evolution and plant resistance to natural enemies. *Nature* 411: 857-864.

Riquelme L. G. O., 2003. Chilli. La especia del nuevo mundo. *Ciencias* 69. Enero marzo. UNAM. Pp 66-75.

Rodríguez del B. L. A; Ramírez M. y Pozo C, 2003. El cultivo del chile piquín bajo diferentes sistemas de producción en el noreste de México. *In: Memoria del 1er. Simposio regional sobre chile piquín: Avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre.* INIFAP-CIRNE. Campo experimental Río Bravo Tamaulipas. Publicación especial núm. 26. México. pp: 1-16 p.

Rodríguez del B. L. A; Ramírez M. M. y Pozo C.O., 2004. Tecnología de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Tamaulipas, México. pp 43.

Rodríguez del B. L. A. 2005. Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros chiles en el noreste de México. *Revista Chapingo serie horticultura* Jul-dic; año/vol No. 2 pp 279-281.

Rodríguez M. R., 1988. Evolución del sistema reproductivo de *Capsicum annuum* L. Tesis. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México

Salazar O. L. y Silva O. C., 2004. Efectos farmacológicos de la capsaicina, el principio pungente del chile. *Biología Scripta* Vol. 1, No. 1, pp: 7-14.

Salazar S. O y Rodríguez A. J., 2004.. Cambios bioquímicos inducidos por etilenglicol, etanol y ácido acetilsalicílico en plantas de naranjo (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), bajo condiciones de temperatura controlada: (con 4 figuras). *Phyton (B. Aires)*, ene./dic. 2004, vol.73, p.249-257. ISSN 1851-5657.

Salisbury F.B. y Roos C. W. 1994. *Fisiología Vegetal*. Primera edición. Grupo editorial Iberoamérica SA de CV. México D.F. ISBN 970-625-024-759.

Sandoval R.A y Kamara K.A. 2002. Un Enfoque práctico comercial para lograr el aumento fenotípico en la resistencia al estrés oxidativo y otros tipos de estrés. *In: Eco fisiología y Bioquímica del Estrés en plantas.* ISBN 968 844 042 6. Universidad autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México. pp 158-171.

Santiago G. A. R., 2002. Efecto del ácido salicílico y ácido benzoico en la germinación y biomasa de betabel y lechuga en medio salino. Tesis Ingeniero agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.

Saria A; Lundberg J. M; Hua X; Lembeck F., 1983. Capsaicin-induced substance P release and sensory control of vascular permeability in the guinea-pig ureter. *Neurosci Lett* 41:167-72.

Sathiyamurthy V. A; Veeraragavathatham D. and Chezhiyan N., 2002. Studies on the capsaicin content in chilli hybrids. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 21: 44-47.

Sato T; Yazawa S; and Namiki T., 1982. Requirement of alternating temperature for germination of pepper seeds. *Scientific Reports of the Kyoto Prefectural University, Agriculture*, 34, 21-27.

Sobarzo H., 1991. *Vocabulario sonorenses*. Hermosillo, Sonora, Gobierno del Estado de Sonora, Instituto Sonorense de Cultura, pp. 80.

Stat Soft Inc., 2007. *Paquete Estadístico Statistica® versión 8.0*. Stat Soft Inc. 2300 East Keith Street Tulsa, Ok 74104. USD. <http://statsoft.com>.

Steer H. L., and Beevers H., 1966. Compartmentation of Organic Acids in Corn Roots I. Differential Labeling of 2 Malate Pools¹. *Plant Physiology* 41:709-712 .

Surh Y J, Lee S S., 1995. Capsaicin, a double-edged sword: Toxicity, metabolism, and chemopreventive potential. *Life Sci* 56: 1845-1855.

Suzuki T; Kawada T. and Iwai K., 1981. Biosynthesis of acyl moieties of capsaicin and its analogues from valine and leucine in *Capsicum* fruits. *Plant Cell Physiol.* 22 (1): 23-32.

Szallasi A; Blumber P.M., 1999. Vanilloid (capsaicin) receptors and mechanisms. *Pharmacol Rev* 51: 159-212.

Szolcsanyi J; Oroszi G; Nemeth J; Szilvassy, Z; Tosaki A., 1999. Endothelin release by capsaicin in isolated working rat heart. *Eur J Pharmacol* 376: 247-50
Watson CPN, Evans RJ, Watt VR. 1988. Postherpetic neuralgia and topical capsaicin. *Pain* 33: 333-340.

Theis N; Lerdau M., 2003. The evolution of function in plant secondary metabolites. *International Journal of Plant Sciences* 164(3): S93-S102.

Valadez L. A., 1989. *Producción de Hortalizas*. LIMUSA. México.

Vázquez R. J. A. 2001. *Aplicación del ácido salicílico en coro y hojas de banano (Musa sp)*. Tesis ingeniero agrónomo en horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Verpoorte R., 2000. Plant secondary metabolism. In Verpoorte R; Alfermann A.W (Eds.) Metabolic Engineering of Plants Secondary Metabolism. Kluwer. Dordrecht, Holanda. pp: 1-29.

Villalón M. H; Garza O. F; Sánchez H. O; Soto R. J. M; López de L. R; Medina M. T; Ramírez M. M; Montes H.S., 2007. Chile silvestre “piquín” (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.) y su impacto socioeconómico en la región de Linares, N, L., México. In: <http://nl.mht>. Consulta. 23 dic 2009.

Watkins J.T. and Cantliffe D. J., 1983 a. Hormonal control of pepper seed germination. HortScience, 18, 342-343.

Watkins J.T. and Cantliffe D. J., 1983 b. Mechanical resistance of the seed coat and endosperm during germination of *Capsicum annuum* at low temperature. Plant Physiology, 72, 146-150.

Wikipedia, 2010. Glutamato monosodico. <http://es.wikipedia.org/glutamato> monosodico. Consulta 10 de octubre del 2010.

Yeoh K. G; Kang J.Y; Yap I; Guan R; Tan C.C; Wee A ; Teng C.H., 1995. Chili protects against aspirin-induced gastroduodenal mucosal injury in humans. Dig Dis Sci 40: 580-3.

Zar J. H., 1996. Biostatistical Analysis. Third ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA.

Zewdie Y. and Bosland P. W. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype y environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. Euphytica. 111: 185-90.

13. APENDICE I

Resultados del Análisis del suelo y el agua de riego del área de estudio de la parcela 12, del ejido el Pilar, municipio de General Cepeda, Coahuila.

Suelo.

	VALOR	CLASIFICACIÓN
COND. ELÉCTRICA mmhos/cm	0.437	NO SALINO
PH	8.1	MOD. ALCALINO
CALCIO meq/l	3.200	MUY BAJO
MAGNESIO meq/l	1.280	MUY BAJO
SODIO meq/L	4.033	MEDIO
POTASIO meq/l	1.112	BAJO
CARBONATOS meq/l	0.0	----
BICARBONATOS meq/l	2.254	MEDIO
SULFATOS meq/l	5.819	BAJO
REL.DE ABS. DE SODIO(RAS)	2.694	MED. EN SODIO
CLORUROS meq/l	1.428	BAJO

Análisis físico

Profundidad	pH en agua	% arena	% limo	% arcilla	Clasificación	% HCC	% HPMP	D.A g/cm	% M.O.	% Carbonatos
0-30	7.9 Mod. Alcalino	21.48	43.28	35.24	Franco-arcilloso	10.65	5.59	1.526	0.006 muy bajo	2.13 calizo

Análisis de fertilidad

Azufré ppm	Fosforo ppm	Calcio ppm	Zinc ppm	Cobre ppm	Manganeso ppm	Hierro ppm	Magnesio ppm	Potasio ppm	Boro ppm	Nitrógeno Inorgánico ppm	
3.28	3.01	2635	0.94	0.41	5.28	Mod.	3.96	109.12	23.20	1.09	5.85
muy bajo	muy bajo	Mod. Alto	Mod. Bajo	bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mod. Bajo	Muy Bajo	Mod. Bajo	.	.

Laboratorios PIAC (Patronato para la investigación agrícola del estado de Coahuila). Fecha de Análisis 10 de Julio 2005.

Agua.

COND. ELECTRICA mmhos/cm.	0.677	NO SALINO
pH	7.4	MOD. ALCALINO
CALCIO	3.920 meq/l	78.556 ppm MUY BAJO
MAGNESIO	1.680 meq/l	20.428 ppm MUY BAJO
SODIO	3.290 meq/l	75.608 ppm MEDIO
POTASIO	1.001 meq/l	39.169 ppm MUY BAJO
CARBONATOS	0.644 meq/l	19.20 ppm BAJO
BICARBONATOS	3.542 meq/l	216.097 ppm ALTO
SULFATOS	2.790 meq/l	14.003 ppm BAJO
REL. DE ABS. DE SODIO (RAS)	1.966	BAJO EN SODIO
CLORUROS	2.550 meq/l	90.423 ppm BAJO
TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS mg/l	433.280	
SALINIDAD EFECTIVA	5.705 meq/l	

Laboratorios PIAC (Patronato para la investigación agrícola del estado de Coahuila). Fecha de Análisis 10 de Julio 2005.

APENDICE II

Cosecha de Chile Piquín Seco



Cosecha de chile piquín seco o deshidratado

APENDICE III

Preparación de Soluciones de los ácidos orgánicos; salicílico, benzoico y glutamato monosódico

Salicílico 10^{-4} M.

Se utilizó ácido salicílico ($C_7H_6O_5$) grado reactivo, su peso molecular es de 138.12 g/mol,

Para preparar 1 lt de solución de ácido salicílico 10^{-4} M.

$$138.12 \text{ g} \text{ ---- } 1 \text{ M}$$

$$\underline{\text{X} \text{ ---- } 0.0001 \text{ M}}$$

$$X = 0.013812 \text{ g.}$$

Se colocan 0.013812 g., de ácido salicílico en un matraz con 1 lt., de agua destilada y se agito hasta que se disolver.

Benzoico 10^{-4} M.

Se utilizó ácido benzoico (C_6H_5COOH) grado reactivo, su peso molecular es de 122.12 g/mol. Para preparar 1 lt de solución de ácido benzoico 10^{-4} M.

$$122.12 \text{ g} \text{ ---- } 1 \text{ M}$$

$$\underline{\text{X} \text{ ---- } 0.0001 \text{ M}}$$

$$X = 0.01221 \text{ g.}$$

Se colocan 0.013812 g., de ácido salicílico en un matraz con 1 lt., de agua destilada y se coloca en una parrilla con calentamiento y agitación hasta que se disuelva.

Glutamato monosódico.

En 1 lt., de agua destilada se colocó 1.05 g., de glutamato monosódico al 95 % de la marca AJI MOTO[®]. No requiere agitación especial porque muy soluble.

APENDICE IV.

Análisis de varianza para de las variables; plantas normales, plantas anormales y semillas sin germinar. Prueba de germinación de las semillas con ácido giberélico y nitrato de potasio.

Plántulas Normales

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P>F
Edad (Factor A)	2	98616.187500	49308.093750	1478.7147	0.000
Tratamiento (Factor B)	6	5165.484375	860.914063	25.8182	0.000
Interacción (AXB)	12	4087.140625	340.595062	10.2142	0.000
Error	63	2100.750000	33.345238		
Total	83	109969.562500			

C.V. = 11.74%

Plántulas Anormales

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P>F
Edad (Factor A)	2	5972.951172	2986.475586	79.6057	0.000
Tratamiento (Factor B)	6	2648.404297	441.400726	11.7657	0.000
Interacción (AXB)	12	3518.382813	293.198578	7.8153	0.000
Error	63	2363.500000	37.515873		
Total	83	14503.238281			

C.V. = 36.23%

Semillas sin Germinar

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P>F
Edad (Factor A)	2	136990.937500	68495.468750	9437.3203	0.000
Tratamiento (Factor B)	6	189.125000	198.187500	27.3063	0.000
Interacción (AXB)	12	516.726563	43.060547	5.9329	0.000
Error	63	457.250000	7.257936		
Total	83	139154.039063			

C.V. = 7.95%

APENDICE V.

Análisis de varianza para las variables de vigor en la prueba de germinación de las semillas con ácido giberélico y nitrato de potasio.

Numero de plántulas normales en el primer conteo

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P>F
Edad (Factor A)	2	10815.070313	5407.535156	51.5998	0.000
Tratamiento (Factor B)	6	16989.449219	2831.574951	27.0195	0.000
Interacción (AXB)	12	9249.265625	770.772156	7.3549	0.000
Error	63	6602.250000	104.797623		
Total	83	43656.035156			

C.V. = 62.45%

Índice de Velocidad de emergencia

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P>F
Edad (Factor A)	2	1707.130127	853.565063	1247.1449	0.000
Tratamiento (Factor B)	6	120.637939	20.106323	29.3774	0.000
Interacción (AXB)	12	67.279541	5.606628	8.1919	0.000
Error	63	43.118164	0.684415		
Total	83	1938.165771			

C.V. = 11.98%