

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto del Ácido Salicílico en la Productividad y Calidad Nutritiva de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer Cultivado en Diferentes Sustratos

Por:

LORENZO ANTONIO ZAMORANO MORENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto del Ácido Salicílico en la Productividad y Calidad Nutritiva de *Pleurotus*
ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kummer Cultivado en Diferentes Sustratos

Por:

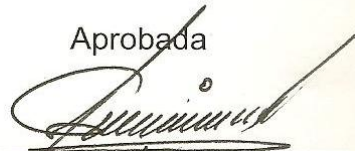
LORENZO ANTONIO ZAMORANO MORENO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

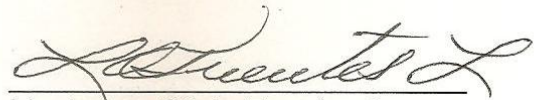
Aprobada



Dr. Manuel de la Rosa Ibarra
Asesor Principal



Dra. Silvia Yudith Martínez Amador
Coasesor



Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación
de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2013

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Manuel de la Rosa Ibarra: gracias por todos los consejos brindados y apoyarme en todos los sentidos cuando más lo necesitaba y por aceptarme como tesista de este trabajo, el cual no hubiese sido posible sin su apoyo, sus conocimientos y la motivación que siempre me daba...muchas gracias!

A la Licenciada Laura Olívía Fuentes Lara: Que sin dudar lo, acepto formar parte de este trabajo, a **Carlos Arévalo Sanmiguel** por apoyarme en la determinación proteínas.

A la Dra. Silvia Yudith Martínez Amador: por brindarme su apoyo en este trabajo, al formar parte de los asesores.

A la M.C. María Teresa Ruíz de León, por formar parte de los asesores de esta tesis.

A mi Alma Mater: Por darme a manos llenas las herramientas necesarias para formarme como profesionista y por estos 5 años, que me servirán de mucho en lo que me resta de vida.

DEDICATORIA

Para tí en la distancia, al que no puedo ver con los ojos de mi rostro pero sí con los ojos de mi corazón, para tí que no puedo tocarte, pero te puedo sentir, hasta lo más profundo de mi alma, hoy sólo me queda el recuerdo de tu hermosa sonrisa, de tu alma pura, nunca existirá la distancia entre nosotros porque existe un amor puro y bello, tan grande como el universo, tu estas con nosotros, especialmente en mi alma y corazón, hasta pronto mi niño, te ama y recuerda siempre tu padre, que quiso siempre lo mejor para tí, si algún error cometí contigo te pido perdón...siempre te recordare como el mejor de los regalos que la vida me haya dado... **TE AMO MI CHAPARRO** (Jan Antonio Zamorano Núñez).

Al amor de mi vida, **Claudia del Carmen Núñez Gómez**, que fuiste mi pilar más fuerte cuando mi mundo se derrumbaba, **TE AMO** y esta tesis también es gracias a tí, que siempre me apoyaste en todos los sentidos...

A mis padres: José Rosemberg Zamorano Vázquez y Rebeca Moreno López. Que siempre me han apoyado, incondicionalmente, gracias por la confianza depositada en mí, gracias por los consejos y los regaños también. Esta tesis es fruto del esfuerzo de ustedes, espero y la vida me de los años suficientes para devolver un poco de lo mucho que me han dado. **LOS AMO.**

A mis hermanos: gracias por todo yo se que a pesar que nuestra infancia estuvo lleno de pleitos y regaños y que por culpa de uno u otro nos tocaba parejo, los quiero mucho y siempre los llevare en mi corazón. Ojala y ahora que todos tenemos una vida realizada nuestros lazos de sangre sean más fuertes. Gracias **Oswaldo Zamorano Moreno y Rocío Esmeralda Zamorano Moreno.**

A mis abuelos:

María (Q.E.P.D). Gracias abuelita siempre te recuero con mucho amor y cariño, siempre estuviste en mi infancia y forma parte importante en mi vida

Antonio (Q.E.P.D). Siempre los tengo presentes, gracias por el tiempo compartido, para mí fue un ejemplo de lucha y esfuerzo constante.

Rubén. Gracias abuelito aunque no compartimos tantas cosas lo quiero mucho.

Elodia: muchas gracias abuelita, la quiero mucho y ojala la vida nos preste muchos años para estar más tiempo juntos.

A mis tíos: Artemio, Delio Neri, Berta, Reyna, Eloína, Adolfo, Baudelio, gracias por los consejos brindados.

A mis padrinos: Joe y Toni, que mas que padrinos son mi cuates, gracias por los consejos y por la confianza depositada en mí y por darme un lugar en su familia, gracias a don Reymundo, doña esperanza, mis madrinas Tere y Marbe, Elsi a toda la familia "gracias".

A mis sobrinas, Nubi y Gelmy y el/la que viene en camino...que me llenan de alegría el corazón, cuando yo sea viejito leerán esto y ojala se acuerden de mí los quiero mucho!

A mi suegra Carmela, mis cuñados: Guicho y Jose, por aceptarme en su familia y apoyarme cuando más lo necesité.

A Juany de la Rosa: le estaré eternamente agradecido por lo que ha hecho por nosotros, por apoyarnos cuando mas lo necesitábamos...la queremos mucho!

A mis amigos: compa Juan, compa Obed, a Yovany, compa Polo, compa Joe e Iguana y toda la banda de meseros cacha también gracias por echarme la mano en los momentos más difíciles de mi vida!

Y a tanta gente que me ha apoyado a lo largo de mi vida, ¡muchas gracias!

ÍNDICE

	Paginas
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO GENERAL	3
3. HIPÓTESIS.....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Fitorreguladores.....	4
Clasificación de los fitorreguladores	5
El Ácido Salicílico como fitorregulador	8
Biosíntesis del Ácido salicílico	8
El Ácido salicílico en las plantas	11
El AS y la resistencia sistémica adquirida (RSA) contra patógenos.....	11
El AS y la tolerancia al estrés.....	14
AS en la productividad de los cultivos.....	16
Características morfológicas y nutricionales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
Uso de diferentes sustratos en la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	21
Requerimientos del cultivo	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
Localización del experimento	28
Acondicionamiento el cuarto de producción.....	28
Preparación de las concentraciones de Ácido Salicílico	29
Preparación del sustrato	29
Inoculación	30

Incubación.....	31
Cosecha.....	32
Diseño experimental y análisis estadístico.....	32
Variables evaluadas.....	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Rendimiento.....	34
Contenido de proteínas.....	36
Eficiencia biológica.....	38
Tasa de producción.....	40
7. CONCLUSIONES	44
8. RECOMENDACIONES.....	45
9. LITERATURA CITADA	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No	Página
Cuadro 6.1. Análisis de varianza y comparación de medias, del efecto de diferentes concentraciones de Ácido salicilico (AS) en el Rendimiento, Contenido de Proteinas, Eficiencia Biologica y Tasa de Producción de un cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kummer	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No	Página
Figura 4.1. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en las plantas (Modificado de Raskin, 1992)	9
Figura 4.2. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en las plantas (Jordán y Casaretto, 2006)	10
Figura 4.3. Expresión de la resistencia sistémica adquirida	13
Figura 4.4. Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos (Gaitán <i>et al.</i> , 2006)	19
Figura 4.5. Partes de una seta (Martínez, 2012; Gaitán <i>et al.</i> , 2006)	20
Figura 6.1. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Ácido salicílico (AS) en el Rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> , cultivado en paja de trigo y frijol.....	35
Figura 6.2. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Ácido salicílico (AS) en el Contenido de Proteínas en <i>Pleurotus ostreatus</i> , cultivado en paja de trigo y frijol.....	37
Figura 6.3. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Ácido salicílico (AS) en la Eficiencia Biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i> , cultivado en paja de trigo y frijol	39
Figura 6.4. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Ácido salicílico (AS) en la Tasa de Producción (TP) de <i>Pleurotus ostreatus</i> , cultivado en paja de trigo y frijol.....	41

Resumen

En el presente trabajo se evaluó el efecto del ácido salicílico (AS) en el rendimiento y calidad nutritiva de una cepa de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) cultivado en residuos de dos especies vegetales, trigo (*Triticum aestivum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), el experimento se llevo a cabo en cuarto acondicionado en el área de Fisiología Vegetal del Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se evaluaron cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de AS (0, 10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} Molar) con cinco repeticiones para cada sustrato, utilizando un diseño en parcelas divididas, donde la parcela grande fue el sustrato utilizado y la parcela chica, la concentración de AS. Las variables evaluadas fueron, Rendimiento (g), Contenido de Proteínas (%), Eficiencia Biológica (%) y Tasa de Producción (%). Los mejores resultados se obtuvieron de los hongos cultivados en la paja de frijol, en la cual se encontraron diferencias altamente significativas en tres de las variables evaluadas y de las concentraciones utilizadas la dosis de AS 10^{-6} Molar indujo diferencias numéricas importantes en todas las variables evaluadas. Los resultados obtenidos en la presente investigación, permiten concluir que la utilización de la paja de frijol es una buena alternativa para este cultivo y que las concentraciones altas de AS podrán incrementar el rendimiento y las cualidades nutritivas de esta especie de hongo.

Palabras clave: Residuos vegetales, Proteínas, Eficiencia Biológica, Tasa de Producción, Rendimiento.

1. INTRODUCCIÓN

Los fitorreguladores son moléculas que actúan sobre el sistema génico, reprimiendo o estimulando genes que, a su vez, sintetizan moléculas que aceleran o inhiben aspectos del crecimiento y desarrollo. Así actúan Auxinas, Giberelinas, Citocininas, Abscisinas y Etileno y hoy se estudian Poliaminas, Brasinoesteroides y otros grupos (Rojas y Ramírez, 1987). Una de las fitohormonas de usos más recientes es el ácido salicílico (AS) que forma parte de un amplio grupo de compuestos sintetizados en plantas denominados fenólicos, poseen en su estructura química un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático (Rangel *et al.*, 2010). Desde 1975 se reportó que aplicaciones de salicilatos inducen respuestas fisiológicas en plantas, (Hayat y Ahmad, 2007). El AS se ve involucrado en la germinación de semillas, respuesta a estrés abiótico, expresión de genes asociados a senescencia, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas, termogénesis, inducción de la resistencia local y sistémica a enfermedades (Corné y Leendert, 1999; Farooq *et al.*, 2008; Rangel *et al.*, 2010).

Aplicaciones de AS a cultivos de importancia económica como chile jalapeño (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011), tomate (Arroyo, 2012), zanahorias (Aristeo-Cortes, 1998), papaya (Martin-Mex *et al.*, 2012), fresas (Anchondo-Aguilar *et al.*, 2011) y trigo (López *et al.*, 1998; Hernández, 2012) han demostrado un incremento significativo en su productividad, sin afectar la calidad. En cultivos ornamentales aumentó el tamaño de la planta, número y diámetro de flores, área foliar y aparición temprana de las flores. (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009; Martín-Mex *et al.*, 2010).

Aunque no existen trabajos de la aplicación del AS en el cultivo de *Pleurotus spp* la atención se ha centrado en la búsqueda de mejores sustratos, por lo cual se han recopilado y caracterizado un amplio muestrario de materiales utilizables, seleccionando y combinado materiales que incrementen la productividad y calidad nutritiva de este cultivo (Garzón y Cuervo, 2008; Bernabé-González *et al.*, 2004; López-Rodríguez *et al.*, 2008; Garcés *et al.*, 2005; Nieto y Chewgin, 2010; Pardo *et al.*, 2008). Además de técnicas de impregnación de Calcio, Selenio y Vitamina C (Cortés *et al.*, 2007).

Los problemas derivados de la pobreza existente en México son muchos, uno de los más graves es la mala calidad alimenticia, ya que muchas familias no tienen el suficiente ingreso económico, para lo cual se han buscado alternativas de producción de alimentos de calidad y bajo costo de producción, como lo es el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Se han realizado un amplio número de estudios, encaminados a la selección y acondicionamiento de sustratos que incrementen la productividad y calidad nutritiva de este hongo, obteniendo buenos resultados. Sin embargo no existen estudios relacionados con la aplicación de AS que puedan incrementar dichas características en este cultivo.

Las aplicaciones AS incrementan significativamente el rendimiento en cultivos hortícolas, pero en lo que respecta al cultivo de *Pleurotus ostreatus* no ha sido probado. Por lo cual este trabajo servirá para constatar si esta fitohormona tiene algún efecto que mejore las cualidades y propiedades benéficas de este hongo, así como su incremento en la producción, que ayude a mejorar las condiciones económicas y alimenticias de los productores de setas del sector rural del país.

2. OBJETIVO GENERAL

Incrementar el rendimiento y la calidad nutritiva de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer mediante la aplicación de diferentes concentraciones de Ácido salicílico.

3. HIPÓTESIS

Al menos una de las concentraciones aplicadas a los sustratos de Acido salicílico incrementara significativamente la productividad y calidad nutritiva de un cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

Fitorreguladores

La productividad y características morfológicas y fisiológicas de los cultivos (altura, frondosidad, reacción a plagas y factores climáticos, etc.) puede ser modificada por cambios nutricionales (fertilización al suelo o foliar), cambio genético (hibridación y selección o introgresión génica), o cambios en los factores específicos de la regulación del desarrollo (fitorregulación) (Silva *et al.*, 2001).

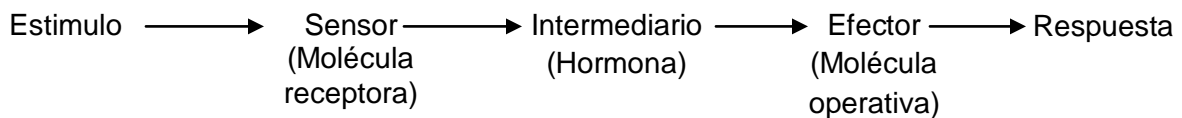
El desarrollo vegetal, tanto de aspectos de crecimiento como el de diferenciación de los órganos se encuentran regulado por la acción de sustancias químicas que actúan o deprimen determinados procesos fisiológicos, interactuando entre sí (Rojas y Rovalo, 1985).

A menudo se prefiere el término fitorregulador refiriéndose a compuestos naturales o sintéticos que inducen respuestas en el crecimiento, desarrollo o el metabolismo, algunas promotores del crecimiento y desarrollo y otras son inhibidores (Bidwell, 1993).

Coletto, (1995) define reguladores de crecimiento de las plantas o fitorreguladores como compuestos orgánicos de origen natural o sintético que, en pequeñas concentraciones, aceleran, inhiben o modifican de alguna forma los procesos fisiológicos de las plantas

Fitorregulador, es un compuesto químico capaz de intervenir en el metabolismo que actúa en muy pequeñas concentraciones para activar o deprimir algún proceso

del desarrollo, pueden ser naturales, si los produce la propia planta o sintéticos si son fabricados. Son mensajeros cuyo papel sería de un intermediario entre el estímulo (a menudo la luz o la temperatura) y la respuesta de la planta (germinación, floración, etc.), conforme al esquema siguiente:



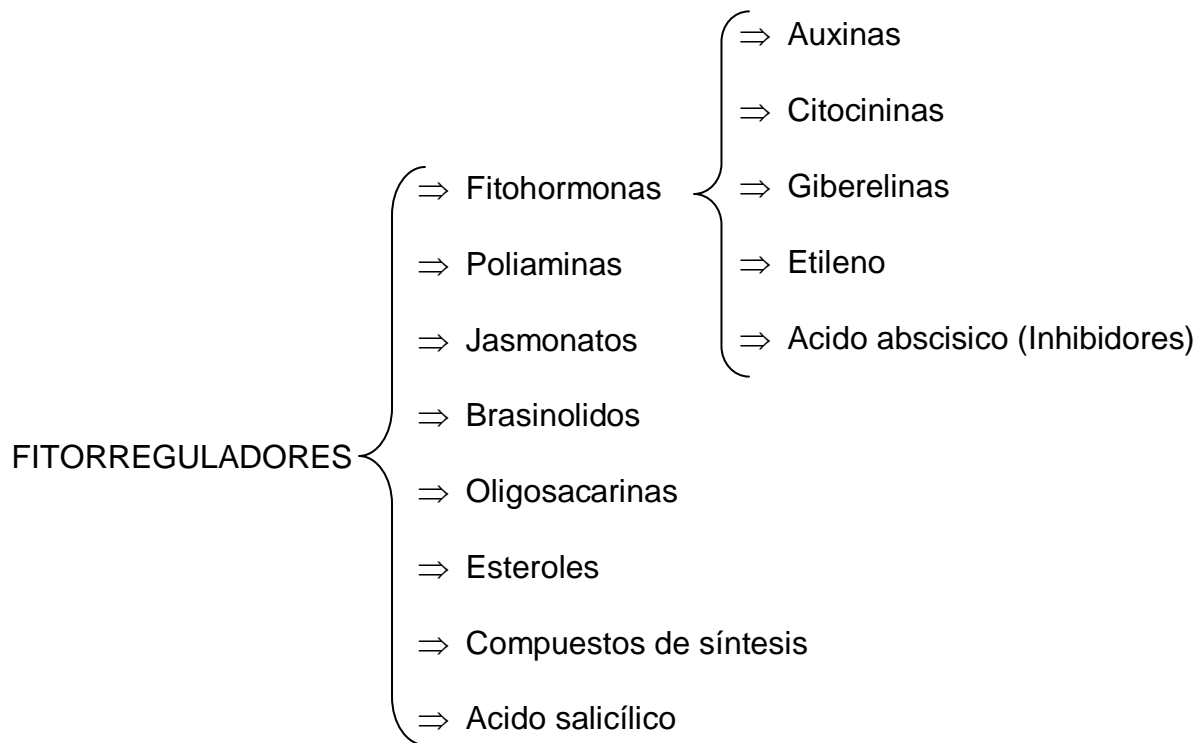
Los estímulos que pueden poner en marcha el proceso, así como el tipo de respuesta que pueden evocar, son muy variados, igualmente, los sensores y efectores parece ser específicos al menos en algunos casos, pero este hecho que da oscurecido por las complicadas interacciones que existe entre las hormonas.

Sin embargo la acción fundamental de las hormonas parece ser bastantes similar en los diversos grupos y consiste en actuar sobre los ácidos nucleicos para reprimir o desreprimir genes, sea al nivel de la transcripción (al pasar el mensaje del DNA al RNA) o al nivel de la transducción (al operar el mensaje del RNA seriando los aminoácidos) (Rojas y Rovalo, 1985).

Clasificación de los fitorreguladores

Por su naturaleza química y por el efecto que producen en las plantas, los fitorreguladores pueden clasificarse en cinco grupos, Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Etileno e Inhibidores (Pérez y Martínez, 1994; Coletto, 1995).

Aunque la clasificación propuesta por dichos autores estaría reducida únicamente a las hormonas producidas por las propias plantas, por lo cual una clasificación más amplia y completa quedaría de la siguiente manera (Azcón-Bieto y Talon, 2008; Salisbury y Ross, 1994)



Las poliaminas participan en todos los procesos de diferenciación en la planta. Los jasmonatos afectan a procesos de defensa. El resto de fitorreguladores actúan en mecanismos de defensa y en procesos de estrés.

Auxinas: El término auxinas se aplica genéricamente al grupo de fitorreguladores (naturales o sintéticos) caracterizados por su capacidad para inducir elongación en las células de los brotes. Generalmente son ácidos de núcleo cíclico insaturado o derivados de estos ácidos (Coletto, 1995).

Giberelinas: son un grupo de fitorreguladores de estructura química muy compleja (esqueleto de gibane) que estimulan la división y/o prolongación celular. Fueron identificadas como productos del crecimiento del hongo *Gibberella fujikuroi* en medio líquido (Coletto, 1995).

Citocininas: históricamente este término se acuñó como nombre genérico de una serie de sustancias, naturales o sintéticas, capaces de estimular la división celular en presencia de las auxinas. No obstante, y dado y dado que las interacciones sinérgicas, o antagónicas, entre las auxinas y las citocininas son la base para explicar una serie de procesos fisiológicos, entre ellos la regulación de la división celular, esta denominación continua siendo válida (Azcón- Bieto y Talón, 2008).

Etileno: es un compuesto simple, gaseoso que provoca un amplio rango de respuestas en las plantas. Se produce en las hojas, donde actúa energéticamente induciendo o promoviendo senilidad, y en los frutos donde afecta en gran medida el proceso de maduración (Bidwell, 1983).

Inhibidores: son sustancias naturales o sintéticas que provocan un crecimiento mucho más lento de los distintos órganos vegetales, específicamente están asociadas a la dormancia de yemas, semillas y la abscisión de hojas (Acido abscísico) (Pérez y Martínez, 1994).

El ácido salicílico como fitorregulador

El ácido salicílico (Ácido 2-hidroxibenzoico) es una de las fitohormonas de usos más recientes que forma parte de un amplio grupo de compuestos sintetizados en plantas, denominados fenólicos, los cuales poseen en su estructura química un grupo hidroxilo o su derivado funcional unido a un anillo aromático (Rangel *et al.*, 2010).

Hasta hace poco, estos compuestos fenólicos se presume que no son esenciales para los procesos críticos común a todos los organismos, y fueron por lo tanto relegados a la categoría de "metabolitos secundarios" (Hadacek *et al.*, 2011).

Biosíntesis del ácido salicílico

Hasta la fecha ninguna ruta biosintética del AS está completamente definida (Amick *et al.*, 2011). Se cree que en gran medida que AS es un derivado natural del ácido cinámico, un intermedio en ruta del ácido shikímico, agente para la síntesis de compuestos fenólicos (Hayat y hamad, 2007).

En las plantas superiores el AS parece derivar de la vía del shikimato-fenilpropanoides. Se han propuesto dos caminos de síntesis del AS a partir de la fenilalanina, la diferencia entre uno y otro se encuentra en el paso de hidroxilación del anillo aromático (Figura 4.1). En una reacción mediada por la enzima fenilalanina-amonio-liasa (PAL) la fenilalanina es convertida en ácido cinámico, este último es transformado en ácido benzoico (AB) o en ácido orto-cumárico los cuales se supone son los precursores del AS (Raskin, 1992).

Se ha sugerido rutas alternativas para la formación de AS basado además en los modelos que se han encontrado en algunas bacterias que sintetizan AS vía el ácido corísmico: las enzimas isocorismato sintasa (ICS) y la isocorismato piruvato liasa (IPL) pueden catalizar la formación de AS en sólo dos pasos desde isocorismato. Estas dos enzimas en *Arabidopsis* es capaz de aumentar los niveles de AS en la planta (Verberne *et al.*, 2000). Una ruta similar ha sido descrita para *Arabidopsis* (Wildermuth *et al.*, 2001). Esta y otras evidencias sugieren que al menos en *Arabidopsis* existe esta ruta adicional para la síntesis de AS que involucra a los ácidos corísmico e isocorísmico (Figura 4. 2)

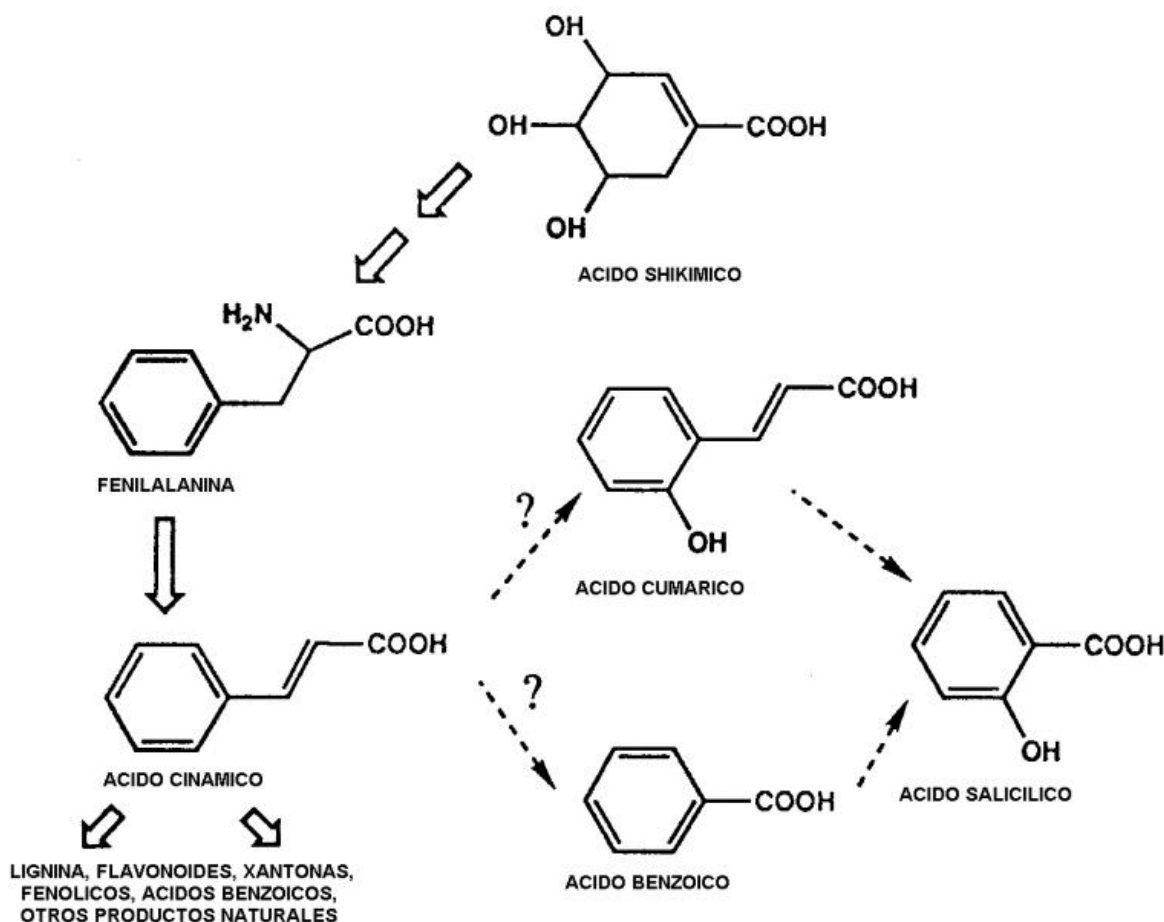


Figura 4.1. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en las plantas (Modificado de Raskin, 1992)

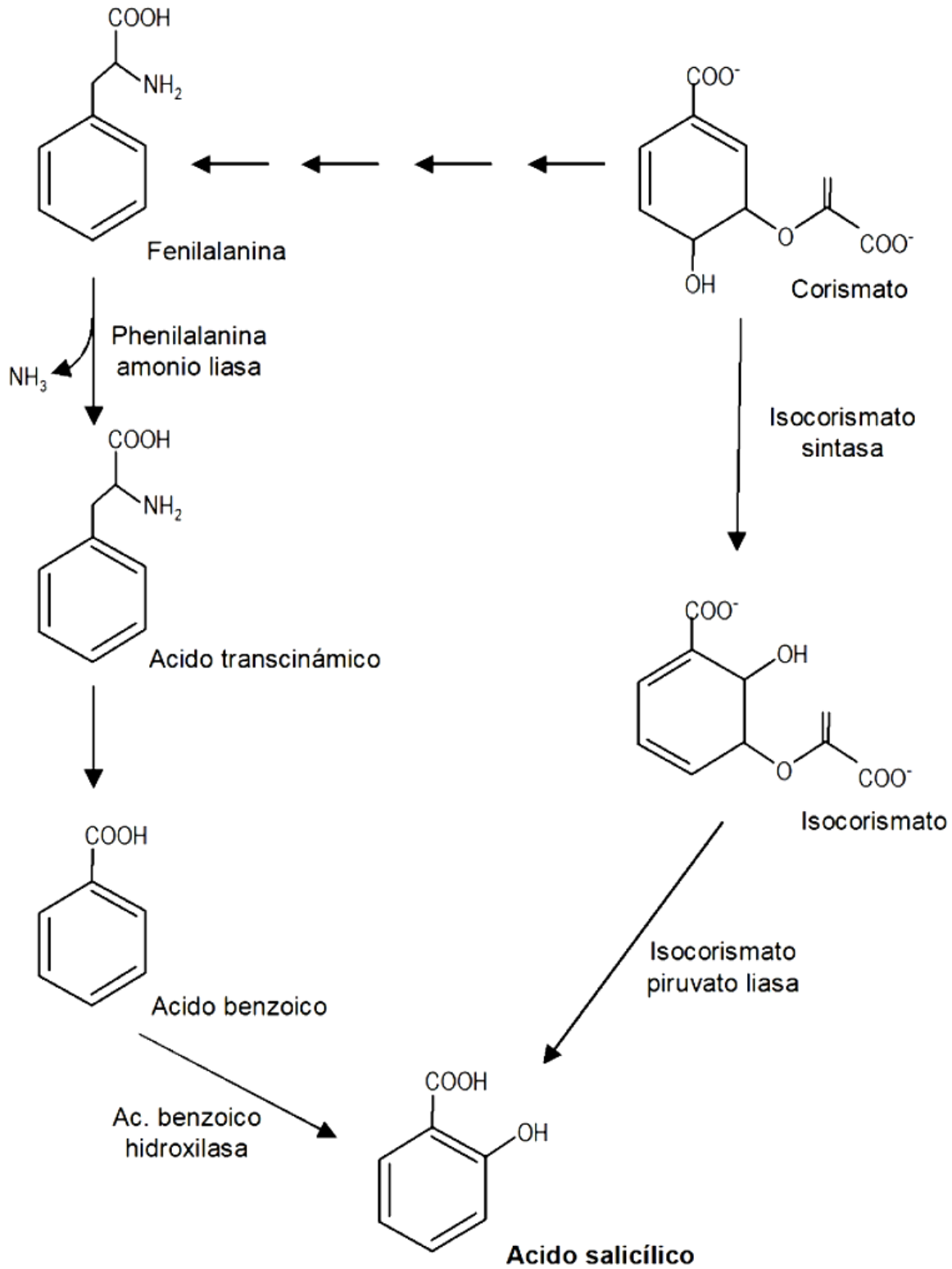


Figura 4.2. Vía propuesta de síntesis del ácido salicílico en las plantas (Jordán y Casaretto, 2006)

El ácido salicílico en las plantas

Se tienen evidencias en el ámbito científico que la aplicación de salicilatos altera fenómenos de transpiración, inhibe la producción de etileno, favorece el amarre de órganos reproductores, incrementa la productividad en plantas cultivadas por mencionar algunos efectos (Hernández, 2012).

Específicamente el AS se ve involucrado en diversos procesos de la planta, incluyendo la biosíntesis de la lignina, la regulación de las respuestas al estrés abiótico, alelopatía, y resistencia a enfermedades (Malamy y Klessig, 1992; Raskin, 1992; Humphreys y Chapple, 2002; Salazar, 2001). El AS tiene demostrado que regula diversos aspectos del crecimiento y desarrollo de plantas, así como desempeñar un papel clave en la señalización de la termogénesis y resistencia a enfermedades (Vlot *et al.*, 2009).

El AS y la resistencia sistémica adquirida (RSA) contra patógenos

El ácido salicílico se acumula durante etapas tempranas e intermedias de la reacción de defensa. Se ha observado en numerosas instancias que su acumulación correlaciona con la expresión de una reacción de incompatibilidad entre el patógeno y la planta. Se ha demostrado su absoluta necesidad para la expresión de genes de resistencia, esta actúa como molécula señal endógena en muchos procesos fisiológicos, como la respuesta de defensa. También ha sido implicado en la resistencia sistémica adquirida (RSA), y aun ahí controversia si el AS es en sí mismo la señal que es transportada a larga distancia, o si funciona en forma directa o complementaria con otros factores que son los que se transportan sistémicamente (Arauz, 1998).

El fenómeno de RSA confiere resistencia a la planta a una infección secundaria por patógenos biotróficos, necrotróficos y hemibiotróficos; y se presenta en la mayoría de las plantas; sin embargo, el tiempo y nivel de protección depende de la especie vegetal y del efector. RSA se caracteriza por dos procesos de defensa, uno local y otro sistémico, en los que es requerida la acumulación de proteínas PR (relacionado con la patogenicidad) y AS o JA (ácido jasmonico). Existe una extensa red de señalización antes y después de la acumulación del AS; con una permanente interacción positiva y negativa con numerosas moléculas y otras hormonas que no sólo afectan las defensas de la planta, sino que también regulan los procesos de desarrollo de ella. La acumulación de AS conlleva a la RH (Respuesta hipersensible: muerte estrictamente localizada de las células involucradas con el patógeno lo cual evita su crecimiento y diseminación.) a bloquear el avance del patógeno a nivel local, y a una micro-RH a nivel sistémico, confiriendo resistencia a una infección secundaria (Díaz-Puentes, 2012).

Un requerimiento esencial para la RSA es que la primera infección por un patógeno cause una lesión necrótica. La necrosis inducida puede ser el resultado de la muerte celular programada después del reconocimiento del patógeno en una interacción incompatible donde se produjo una RH. La secuencia de eventos que permiten la respuesta sistémica comienza localmente, en las células adyacentes a la respuesta hipersensitiva se observa el engrosamiento de las paredes celulares por incorporación de proteínas estructurales o lignina, deposición de calosa y la inducción de la síntesis de fitoalexinas (Camarena-Gutiérrez y de la Torre-Almaráz, 2007) (Figura 4.3).

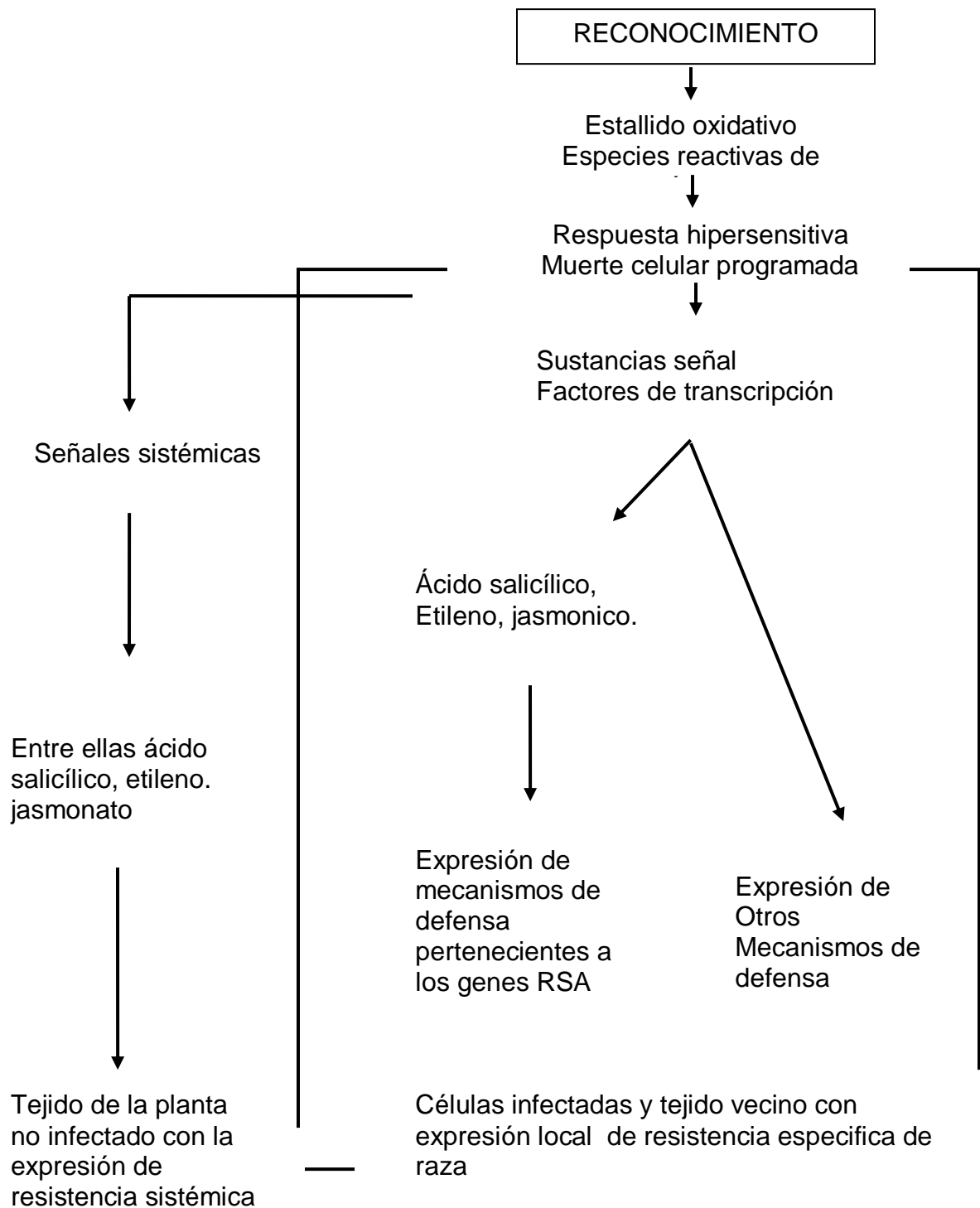


Figura 4.3. Expresión de la resistencia sistémica adquirida. Los genes RSA expresan proteínas relacionadas a la defensa (enzimas e inhibidores de defensa) y proteínas relacionadas a la patogénesis (PR). Otros mecanismos de defensa incluyen: deposición de calosa, engrosamiento de la pared celular y síntesis de fitoalexinas. (Tomado de: Camarena-Gutiérrez y de la Torre-Almaráz. 2007).

El AS y la tolerancia al estrés

En los últimos años el ácido salicílico ha cobrado gran importancia dentro de los fitorreguladores, numerosos trabajos demuestran su eficiencia en diferentes aspectos fisiológicos de la planta.

La salinidad es uno de los principales factores ambientales que limitan el crecimiento de la planta y la productividad. Se estima que alrededor de un tercio de las tierras cultivadas del mundo se ven afectadas por la salinidad (Kaya, *et al.*, 2002).

Aplicaciones exógenas de AS no recuperaron por completo los efectos perjudiciales del estrés por salinidad sobre el crecimiento de plantas de fresa, pero especialmente la concentración de 1.00 mM mejora tolerancia a la salinidad en comparación con las plantas no tratadas. Con base en estos resultados, los tratamientos AS podrá mejorar el efecto negativo de la salinidad sobre el crecimiento de la fresa (Karlidag *et al.*, 2009).

Aplicaciones de AS a semillas promueve y mejora la germinación en un medio salino de diferentes especies de plantas de importancia económica, como el melón (Olvera, 2001), tomate y cebolla (Wasti *et al.*, 2012; López, 2001), lechuga y betabel (Santiago, 2002).

La aplicación exógena de AS mitiga los efectos adversos de la salinidad sobre las plantas de maíz, por osmorregulación que está posiblemente mediado por aumento de la producción de azúcar, así como prolina. Mediante la regulación de la estabilidad de la membrana y pigmentos fotosintéticos. Además protección bajo estrés salino se logró a través de actividades mejoradas de enzimas antioxidantes,

superóxido dismutasa (SOD), peroxidasa (POD) etc. Reduce los efectos adversos de la salinidad sobre el estado de los nutrientes del suelo y ayuda a las plantas a superar los efectos tóxicos del suelo salino (Fahad y Bano, 2012).

Además de los buenos resultados obtenidos de la aplicación del AS sobre la salinidad se han reportado estudios donde este fitorregulador induce tolerancia al frío.

El pretratamiento de la semilla de chile tampiqueño 74 con AS 10^{-4} M fue efectivo en inducir tolerancia en las plántulas al estrés de frío, el efecto se manifestó como mayor altura de la plántula, así como mayor peso fresco y seco de la parte aérea (Benavidez-Mendoza *et al.*, 2004), así como en chile serrano (Salazar, 2001).

AS aumentó la tasa y velocidad de germinación de lechuga en condiciones de baja temperatura (Sánchez, 2002). El tratamiento con AS 0.1 mM incrementó la supervivencia de microplantas de dos variedades de papa, “Alpha” en 31 % y “Atlantic” en 78 %, en relación con los testigos, en la tolerancia a baja temperatura (-6 ± 1 °C) (Mora y López, 2006).

Semillas de maíz tratadas con AS mejoró la emergencia de las plántulas, la longitud de brotes y raíces, pesos frescos y secos de plántulas, considerablemente en comparación con el control tanto a temperaturas óptimas y bajas, mejoró la tolerancia al frío del híbrido (Hycorn 8288) principalmente por la activación de antioxidantes (incluyendo catalasa, superóxido dismutasa y ascorbato peroxidasa) (Farooq *et al.*, 2008).

Además se han encontrado buenos resultados con AS en la tolerancia al estrés hídrico. Efecto favorable significativo bajo déficit de agua en las plantas con aplicación de salicílico a los 20 días después de la siembra, en lechuga (Hernández, 2001).

El estrés por sequía afectó gravemente a la plántula, peso fresco y seco, la fotosíntesis, conductancia estomática, relaciones hídricas de la planta y el metabolismo del almidón, sin embargo, la aplicación foliar con 100 mg l^{-1} de AS mejoró el rendimiento de arroz en condiciones normales y de estrés en comparación con el testigo (Farooq *et al.*, 2009).

El AS en la productividad de los cultivos

Aplicaciones de AS en una concentración de 10^{-6} molar en una variedad de trigo "Altar C84" incremento el rendimiento agronómico en un 15.22% con respecto al testigo, se incremento un 4.6% en la variedad "Oasis F86" con una concentración de 10^{-4} , con esta misma dosis pero en la variedad "Opata M85" el incremento fue de un 17% respecto al testigo. (López *et al.*, 1998). Hernández (2012) logro incrementar el rendimiento de un cultivo de trigo asperjando concentraciones de 10^{-10} y 10^{-6} M de AS, incrementando un 37.22 y 36.56 por ciento respecto al testigo.

Una raíz más desarrollada puede ser más eficiente en la toma de nutrientes y agua y desarrollar un mayor dosel. Las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) asperjadas con AS a concentraciones de 1mM o menores aumentan significativamente el crecimiento y desarrollo de su raíz y vástago. La respuesta positiva al tratamiento por AS se detectó siete días después de la última aspersión

(Larqué-Saavedra *et al.*, 2010). Aplicaciones de AS a plantas de tomate priorizaron el envío de biomasa a la parte cosechable, mientras que las plantas testigo lo hicieron a la formación de biomasa vegetativa (Arroyo, 2012).

Anchondo-Aguilar *et al* (2011), encontraron que el AS estimula el proceso de floración, incrementa la altura de la planta, el número de hojas y frutos en relación al testigo. Señalan al ácido salicílico como un regulador de crecimiento que estimula la bioproducción de la fresa (*Fragaria anassasa*) bajo condiciones de invernadero.

AS asperjado en diferentes concentraciones en papaya demostraron un efecto positivo respecto al testigo, aunque específicamente la dosis que tuvo el mayor efecto fue la de 0.01uM, que incremento cerca de 19.7% el número de frutos; 2% el peso del fruto y 21.9% el rendimiento por hectárea (Martin-Mex *et al.*, 2012).

La aplicación de ácido salicílico a las plantas de chile jalapeño cv. Chichimeca provocó un aumento significativo en la producción de biomasa foliar, en raíz y de frutos, principalmente en las dosis de 0.1 y 0.2 mM (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011).

En cuanto a la horticultura ornamental también se han obtenido buenos resultados mediante la aplicación del AS.

Martín-Mex, *et al* (2010), al aplicar AS a una concentración de 1 mM en *Petunia hibrida* incrementaron hasta en 72 % el número de flores por planta, en comparación con el control, además indujo la floración en petunia en comparación al testigo, seis días antes.

Plantas de crisantemo *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura, asperjadas con 10^{-8} M y 10^{-10} M de AS estimularon significativamente el desarrollo de la flor y alcanzaron la altura y diámetro de tallo adecuado para la comercialización a los 113 después del trasplante, además acortaron seis días el tiempo para la floración con respecto al testigo y se alcanzaron diámetros de flor de 13.6 y 12.6 cm respectivamente (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009).

La aplicación de ácido salicílico a plantas superiores ha estimulado y desencadenado un amplio número de procesos fisiológicos, como la RSA contra patógenos, tolerancia a cierto estrés salino y ambiental, que al final se refleja en el rendimiento y esto en una mayor rentabilidad de los cultivos, sin embargo, no se han reportado investigaciones de la aplicación de este fitorregulador en estos organismos que pertenecen a un reino distinto (Fungi), que puedan mejorar las características nutricionales y productivas de los hongos setas.

Se han hecho investigaciones, caracterizado y mezclando diversos materiales utilizables que mejoren las cualidades de *Pleurotus ostreatus*, pero no con la aplicación de AS, por lo cual esta investigación es la búsqueda de una alternativa más que pueda incrementar la rentabilidad del cultivo de hongos setas.

Características morfológicas y nutricionales de *Pleurotus ostreatus*

Uno de los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* debido a su facilidad de cultivo, potencial económico y calidad nutricional.

Actualmente el hongo seta se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria. Este hongo es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que posee un bajo contenido de grasas. Presenta entre el 57 y 61 por ciento de carbohidratos en base a su peso seco, 26 por ciento de proteína y un contenido de fibra del 11.9 por ciento. Contiene vitaminas como la niacina, tiamina (Vitamina B1), Vitamina B12 y la Vitamina C o ácido ascórbico. Además se le han detectado minerales como el potasio, fósforo, calcio, entre otros. Su contenido de grasas es de 0.9 a 1.8 por ciento con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos se puede observar en la figura 4.4, (Gaitán *et al.*, 2006).

Los cambios en la composición nutricional de los hongos cosechados presentan relación directa con los aportes de nutrientes suministrados por los diferentes sustratos (Forero *et al.*, 2008).

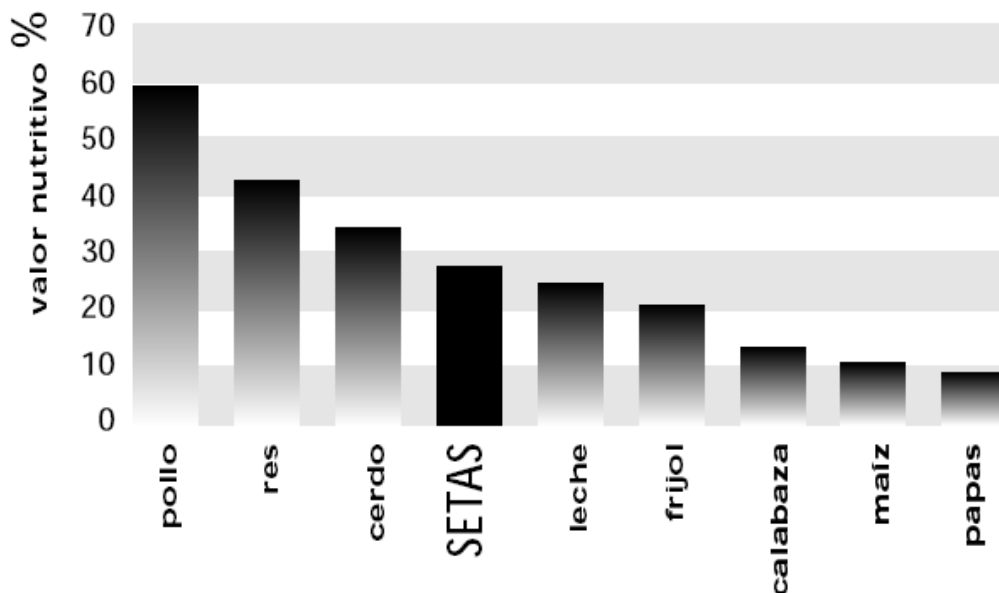


Figura 4.4. Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos. (Gaitán *et al.*, 2006).

Usualmente la porción reproductiva o cuerpo fructífero del hongo se encuentran encima de la tierra y es la parte que más comúnmente se consume, mientras que la porción vegetativa o micelio se encuentra oculto debajo del suelo. El cuerpo fructífero está compuesto de tres parte: el píleo, la lamela y el estípete o tallo (Martínez, 2012) (Figura 4.5).

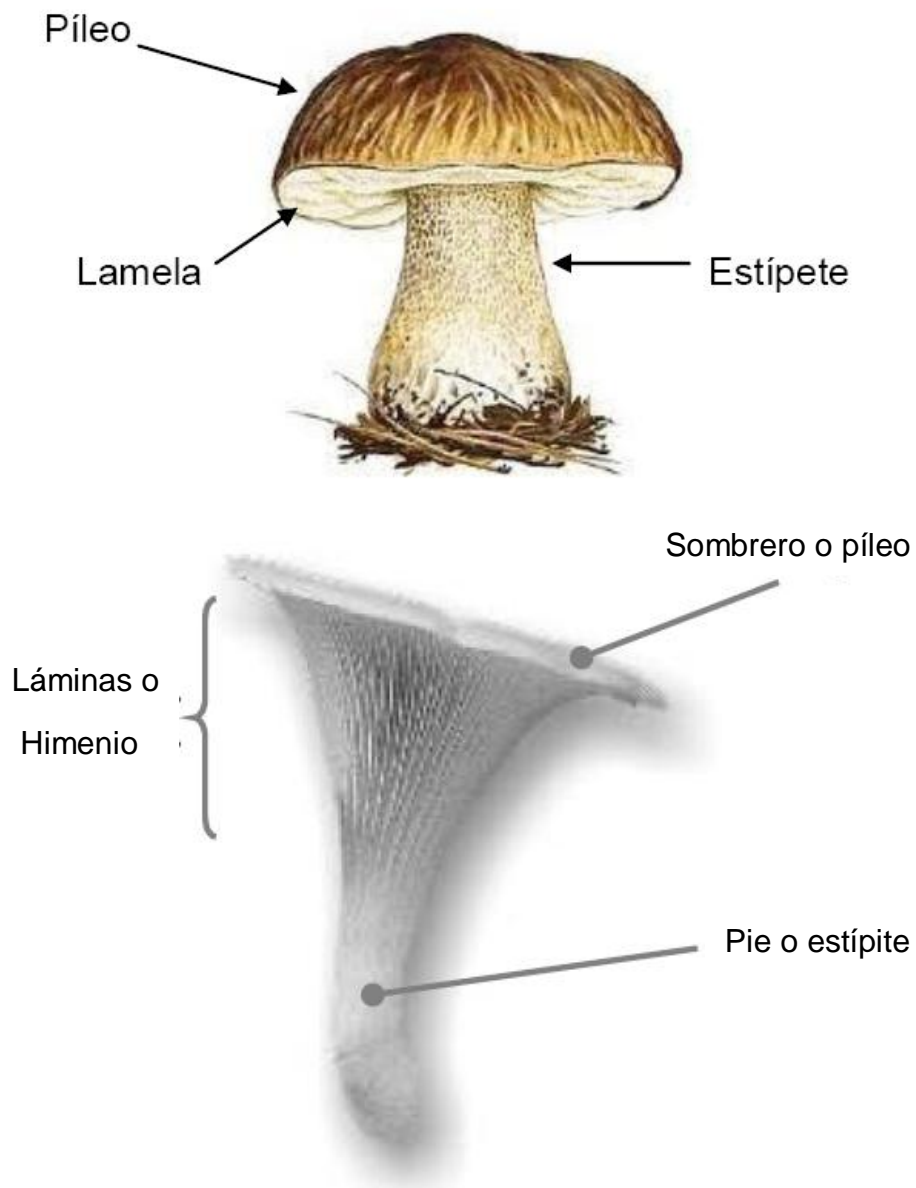


Figura 4.5. Partes de una seta (Martínez, 2012; Gaitán *et al.*, 2006).

Su clasificación científica según Cruz *et al* (2010) es:

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Homobasidiomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Pleurotaceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *P. ostreatus*

Uso de diferentes sustratos en la producción de *Pleurotus ostreatus*

Existe un gran número de trabajos en los cuales, se ha comprobado la eficiencia de diferentes residuos agrícolas y agroindustriales, en la productividad de *Pleurotus ostreatus*, en los cuales se han reportado diferencias en el contenido nutricional, mucho de los cuales dependen del manejo que se le haya dado al cultivo de el cual se obtiene el sustrato para los cultivos de esta especie de hongo.

La variación de las características nutricionales depende tanto del sustrato empleado como de la especie cultivada. El empleo de residuos de la industria cafetera es una excelente alternativa para obtener un alimento de alta calidad nutritiva. Además de la utilización de los cereales enriquecidos con viruta o aserrín incrementa la calidad nutricional de los hongos además de dar utilidad a estos

residuos agrícolas, solucionando en parte el problema ambiental que su mala disposición produce (Nieto y Chegwin, 2010).

Kimenju, *et al* (2009), evaluaron diferentes sustratos para evaluar el rendimiento de *Pleurotus ostreatus*, tales como, fibra de plátano, fibra de coco, olote de maíz, aserrín, bagazo de caña de azúcar, paja de frijol, paja de arroz, paja de mijo y paja de trigo. Siendo los últimos cuatro los sustratos más productivos. De igual forma Shah *et al* (2004), probaron la eficiencia biológica de la mezcla de aserrín y paja de trigo.

Aguilar (2003), adiciono un 3% de cáscara de pitaya (*Stenocereus spp*) a la paja de trigo actuó como enriquecedor del sustrato base (paja de trigo), obteniéndose tiempos de cosecha significativamente más cortos que el control una mayor eficiencia biológica y una calidad proteica aceptable de la seta fresca.

Los residuos lignocelulósicos de difícil degradación en compostaje, como el residuo de café de consumo humano y el aserrín sirven como sustrato. El cultivo de *P. ostreatus* sobre estos residuos puede ser una alternativa para el manejo de los mismos, cuando estos se combinaron con residuos de partículas más grandes como lo fueron el bagazo de caña de azúcar y/o el tallo de maíz (Garzón y cuervo, 2008).

Fueron evaluados tres residuos agroindustriales, capacho de uchuva (*Physalis spp*), cáscara de la arveja (*Pisum sativum*) y tusa de maíz y un montaje con aserrín de roble como control, en los cuales el mejor sustrato para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* fue el capacho de uchuva dado que presenta un porcentaje de eficiencia biológica y rendimiento superior al control (López-Rodríguez *et al.*, 2008).

Pardo *et al* (2008) evaluaron la efectividad de la fibra Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) con respecto a otros sustratos de diferentes procedencias. Paja: mezcla de paja de trigo y cebada (2:1, p/p), Sarmiento: residuo de poda de *Vitis vinifera* L. triturado y tamizado a tamaño inferior a 3 mm, Alperujo (“pulpa” de alperujo): residuo pulverulento del agotamiento del alperujo de aceituna tras la segunda extracción con disolventes.

La cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* obtuvo un adecuado desarrollo en el sustrato de hoja de plátano deshidratada al no presentar diferencia significativa con los sustratos de paja de trigo y cebada, ya que estos sustratos son los más convencionales en el cultivo de hongo seta por su alto grado de producción en las comunidades rurales (Romero *et al.*, 2010).

Los materiales más comúnmente utilizados para la producción de *Pleurotus ostreatus* incluye una diversidad de desechos agrícolas y agroindustriales tales como, la paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo y de algodón, virutas de madera y de corteza, tallos de planta de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa (olote) de mazorca, cáscaras de semillas de girasol, desperdicios de yuca, agave, residuos de la industria papelera (cartones), hojas de plátano, paja de arroz, bagazo de caña de azúcar y muchos más (Miles y Chang, 1997).

Los mejores resultados para el cultivo de este tipo de setas es aquel que contiene un porcentaje mayor de residuos lignocelulósicos y sería interesante continuar evaluando nuevas formulaciones de sustratos incrementando este tipo de residuo (Garcés *et al.*, 2005).

Requerimientos del cultivo

El sustrato: Si se utilizan pajas o rastrojos, deben ser cortados en segmentos de 5 a 10 cm por medio de una picadora eléctrica u otro sistema que cumpla la misma función. Esto permitirá una mejor retención de humedad en el sustrato, se evitará que las bolsas se rompan en el momento de la siembra y que el micelio del hongo invada el sustrato con mayor facilidad (Gaitán *et al.*, 2006). Este puede ser cualquier residuo lignocelulósico, para el buen desarrollo del hongo debe contener un 75% de humedad. Las formas de pasteurizar son muy variadas, siendo los más comunes el uso de agua caliente o vapor, donde el tiempo de exposición depende del estado del sustrato, y se deben de evitar pajas con manchas oscuras ya que son la principal fuente de contaminación (France *et al.*, 2000). La Pasteurización es la técnica común de tratamiento del sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, y su propósito es preparar a dicho sustrato para un eficaz desarrollo del hongo. Este método se puede aplicar de dos formas distintas: a) Pasteurización con vapor. b) Pasteurización por inmersión en agua caliente. Pero hay que verificar que los sustratos utilizados para el cultivo del hongo, no hayan sido previamente tratados con plaguicidas o fungicidas (Gaitán *et al.*, 2006).

Siembra: Esta se refiere al momento de extraer el sustrato del recipiente de pasteurización después de 2 horas de permanencia a 75 °C – 80 °C y depositar la semilla en el sustrato para posteriormente ser colocado en bolsas plásticas. La siembra y traslado de bolsas sembradas a las naves se realizan en un mismo día, se recomienda que la siembra sea a temperaturas menores de 24°C si no fuera así, se corre el riesgo que la semilla sufra algún efecto de estrés y tarde más tiempo para

iniciar su invasión al sustrato, puede adicionarse en este momento el carbonato de calcio 20 g/kilo de composta y 10 g de sulfato de calcio/kilo de composta y revolverlo en la paja antes de sembrar. Del mismo modo la semilla que debe permanecer en refrigeración a 4°C para su óptimo mantenimiento y que será usada en la siembra, deberá de sacarse un día antes de sembrar, para evitar un termoshock “Sustrato-Semilla”. Es recomendable que la siembra se realice en un mismo día. Al terminar de sembrar, se revuelven la paja y la semilla y se coloca en bolsas plásticas para ser trasladadas a las salas de incubación, las cuales pueden ser alguna instalación agropecuaria en desuso como: gallineros, zahúrdas, establos, casas o bodegas abandonadas, etc. (Fernández, 2004). La dosis de semilla a utilizar varía entre el 1 y 2 % del peso húmedo del sustrato (France *et al.*, 2000). Aproximadamente de 150 a 250 g de inóculo se requieren para sembrar 5 Kg (peso húmedo) de paja (Gaitán *et al.*, 2006).

Incubación: dura normalmente unas 3 semanas se requieren de las siguientes condiciones (France *et al.*, 2000).

Humedad; en caso de utilizar bolsas plásticas, la humedad ambiental no es tan importante, ya que el envase plástico mantiene una humedad adecuada para el desarrollo del micelio. En caso de no utilizar bolsas la humedad relativa deberá de estar arriba del 80%.

Temperatura; el desarrollo óptimo se logra con una temperatura en el sustrato de 24°C. Temperaturas menores provocan un retardo en el crecimiento y colonización del hongo, mientras que temperaturas mayores pueden matar al micelio.

Luminosidad; no se necesita, debe acondicionarse una sala en total oscuridad.

Aireación; esta puede ser mínima, ya que el hongo soporta altas concentraciones de CO₂, hasta 20000 ppm, es suficiente con realizar perforaciones a las bolsas con una aguja gruesa, previamente esterilizada en la flama.

Producción: en esta etapa se inducen los sombreros, carpoforos o basidiocarpos. Por lo cual se hacen cambios bruscos de luz, temperatura y aireación, los cuidados de esta etapa son (France *et al.*, 2000):

Humedad; Es muy importante en esta etapa, ya que los sombreros se pueden deshidratar fácilmente, la humedad debe de estar entre 85 y 95%, es importante no utilizar agua clorada al rociar los substratos. Cruz *et al.*, (2010) mencionan una temperatura de 70 a 80%.

Temperatura; en esta fase, el hongo se estimula bajando la temperatura a un rango de 15 a 18°C. Aunque Cruz *et al.*,(2010) mencionan que la temperatura promedio para esta etapa es de 22 a 25°C.

Aireación: el contenido de CO₂ de en la sala debe de estar por debajo de las 1000 ppm. En el caso de producción en bolsas, es obligatorio que estas sean removidas o bien que se les realice grandes perforaciones, lo cual permite airear el substrato y favorecer la inducción. La mala aireación producirá sombreros más pequeños y con un pie más largo y grueso.

Luminosidad; este factor tiene directa incidencia en la coloración de los sombreros y tamaño de pie. A mayor luminosidad el color del carpóforo aumenta y la

relación sombrero/pie disminuye. Sin embargo, el exceso de luz (mayor a 2000 lux/hora) causa una disminución de botones hasta desaparecer del todo, el óptimo se encuentra en 400 lux en ciclos de 12 horas /día.

Cosecha: el sombrero debe de ser cosechado antes de que destienda por completo su borde, de lo contrario el hongo puede estar muy maduro y disminuye su calidad, además de liberar grandes cantidades de esporas que afectan a los cosechadores. Se deben de utilizar cuchillos afilados, manteniendo la mayor higiene posible para evitar contaminaciones, para las futuras cosechas (France *et al.*, 2000). Cortar al pie del hongo lo más cerca posible de la superficie del substrato y evitar dañar tanto al substrato como al hongo (Gaitán *et al.*, 2006).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en un cuarto acondicionado, en el área de Fisiología Vegetal, del departamento de Botánica, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Acondicionamiento del cuarto de producción

El cuarto se acondicionó, para tener un mayor espacio posible, se colocaron maderas fijadas a la pared en la parte superior y se colocaron tres tablas en forma horizontal, las cuales se perforaron con la ayuda de un taladro y se colocaron armellas donde se sujetaron los hilos colgantes que sostuvieron al sustrato inoculado.

Posteriormente se dio una limpieza general al cuarto con cloro al (5%), para mantener la esterilidad y evitar posibles contaminaciones.

Se colocaron seis lámparas fluorescentes de 32 W (F32T8XLSPX65 ECO) para iluminar el cuarto en la etapa de fructificación y se hicieron las conexiones de la corriente eléctrica y con la ayuda de un “timer” (Temporizador) se programaron los periodos de luz. El registro de la temperatura y la humedad relativa se llevo a cabo mediante un higrotermómetro.

Preparación de las concentraciones de ácido salicílico

Se pesó en un abalanza analítica (AND, Modelo GR-120) 0.138 g de ácido salicílico, se colocó en un tubo de ensayo y se le agregó alcohol etílico para su disolución. En 1000 ml de agua destilada se le agregó esta mezcla logrando así una concentración de 1×10^{-3} M (solución madre), tomando 1 ml de esta y disolviéndola en 999 ml de agua se obtuvo una concentración de 1×10^{-6} Molar, de esta se tomaron 10 ml y se disolvió en 990 ml de agua para tener una concentración de 10^{-8} Molar, y nuevamente de esta se tomaron 10 ml, la cual se disolvió en 990 ml de agua para obtener una concentración de 10^{-10} Molar, de esta manera se obtuvieron las concentraciones para los tratamientos.

Preparación del sustrato

Los materiales utilizados como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus* en este trabajo de investigación, la paja de trigo fueron comprados de una forrajera y la paja de frijol fue proporcionada por el área de producción de este cultivo en la universidad.

Se revisó la paja, quitando manchas negras que pudieron ser fuente de contaminación, posteriormente se picaron cada uno de ellos con una Guillotina para conseguir un tamaño de partícula de 2, 3 hasta 5 centímetros de longitud luego los residuos fueron sometidos a un proceso de pasteurización (27/10/12) para eliminar patógenos que pudieran contener, para ello se colocaron por separado en una tina galvanizada con agua suficiente para cubrir la cantidad de material necesario del

experimento, sobre el fuego que se hizo con material vegetal seco de los alrededores, logrando alcanzar temperaturas de 80 a 100°C por un periodo de una hora, de esta manera el material quedo libre de organismos patógenos que pudieran afectar al cultivo.

Posteriormente el material fue sacado y colocado, sobre una superficie previamente desinfectada dentro del laboratorio de fisiología vegetal, para que se drenara el exceso de agua, una vez realizado esto el material pasteurizado se separo en cuatro partes y a tres de ellas se les aplicó Ácido Salicílico a una concentración de 1×10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-10} Molar respectivamente, haciendo la mezcla en un recipiente de plástico, impregnando el sustrato de manera homogénea, la porción que no se impregno sirvió como testigo (0 molar de AS). Y nuevamente se dejo drenar por 24 horas.

Inoculación

Después de haber impregnado el sustrato con los tratamientos y de haberse drenado, se procedió a pesar 750 gramos de paja húmeda con una balanza semi-analítica marca TORREY modelo LEQ, en cada bolsa de polietileno claro de 1 kg para cada tratamiento, inoculando (28/10/12) 22 gramos de semilla de sorgo colonizada con micelio de *Pleurotus ostreatus* adquiridas de la empresa "TUZHONGOS" Col. San Antonio el Desmonte, Calle Campo de tiro 141 lote 1 Pachuca Hidalgo. Se hizo la mezcla del sustrato con la semilla dentro de la bolsa, en capas, primero se coloco una base de sustrato y posteriormente se esparció una de

semilla, otra de sustrato y otra de semilla y así hasta terminar con una capa de sustrato cerrando las bolsas haciendo un nudo en la parte superior. Esto se hizo para cada paja (Frijol y trigo).

Incubación

Se dejó en el laboratorio por 24 horas más y luego (29/10/12) se hicieron 18 agujeros por cada bolsa de 8 mm de diámetro, y se acomodaron de manera vertical de acuerdo al diseño estadístico implementado, colgando de los hilos previamente colocados en el cuarto, con una humedad relativa de 65 +/- 4 % y una temperatura de 19 +/- 1 °C, en oscuridad completa.

Cuando comenzaron a aparecer los primeros botones que posteriormente darían lugar a los cuerpos fructíferos, que fueron primero en la paja de frijol (20/11/12), se colocaron 12 horas de luz y 12 de obscuridad, y como a la paja de trigo aún no tenía formación de botones, se cubrió con una cortina negra (de bolsas de polietileno), se elevó la humedad relativa a 80% para lograr esto se colocaron contenedores de agua en el piso y por encima de las tablas colocadas para soporte de los pasteles, y la temperatura en esta etapa estuvo entre los 19 +/-1 °C. Los botones en la paja de trigo aparecieron el 25/11/12, se le quitó la cortina negra para favorecer el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

Cosecha

Esta se hizo con una navaja de bisturí una vez que los hongos se habían desarrollado completamente y antes de que el carpóforo se extendiera por completo. Los hongos fueron pesados con y posteriormente registrados en una matriz de corte.

La Cosecha de los carpóforos se hizo de forma manual cortando con una navaja bisturí estéril, antes de que los hongo tomaran una forma convexa y el peso se determinó inmediatamente después de su corte con una balanza semi-analítica marca TORREY modelo LEQ, de las cuales se tomaron muestras que fueron secadas en una estufa germinadora a 75° C por 72 horas, para determinar el contenido de proteínas.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en parcelas divididas de A x B, donde las parcelas grandes (A) fueron la paja de frijol y trigo, y las parcelas chicas o subparcelas (B) las concentraciones de AS (0 , 10^{-6} , 10^{-8} y 10^{-10} Molar), y sus 5 respectivas repeticiones. La comparación de medias y el análisis de varianza se realizaron con el programa estadístico de la UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León). La comparación de medias se realizó con DMS (diferencias mínimas significativas).

Variables evaluadas

Rendimiento: el cual se determinó con la suma de los pesos frescos de las dos cosechas realizadas, con una balanza semi-analítica marca TORREY modelo LEQ.

Contenido de proteínas: fue estimado por el método micro Kjeldahl, siguiendo la metodología general de la AOAC. Aunque el factor que se toma en esta técnica para la determinación es de 6.25, existen estudios como los de Shashiereka *et al.*,(2005) en los cuales utilizaron un factor de conversión de 4.38, debido a que los hongos tienen una cantidad relativamente alta de nitrógeno no proteico, por lo cual se utilizó este último en la presente investigación.

Eficiencia biológica: se determinó como la relación entre el peso fresco de los carpóforos y el peso seco de los sustratos y se expresaron en porcentajes mediante la siguiente fórmula (Salmones *et al.*, 1997).

$$EB = \frac{\text{Peso total de hongos frescos}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100$$

La tasa de producción (TP); se calculó dividiendo la EB entre el ciclo de cultivo, considerándose éste desde el primer día de incubación del hongo en el sustrato hasta el último día de cosecha (Salmones *et al.*,1997).

$$TP = \frac{EB}{N \text{ (días)}}$$

Donde:

TP= tasa de producción

EB= eficiencia biológica

N (días) = días transcurridos desde el primer día de incubación del hongo en el sustrato hasta el último día de cosecha.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza y la comparación de medias mostraron diferencias altamente significativas ($P=0.01$), en tres de las variables evaluadas en relación a los sustratos utilizados, aunque entre los tratamientos con la aplicación de las diferentes dosis de AS se encontraron diferencias numéricas, únicamente (Cuadro 6.1)

Cuadro 6.1. Analisis de varianza y comparacion de medias, del efecto de diferentes concentraciones de Acido salicilico (AS) en el Rendimiento, Contenido de Proteinas, Eficiencia Biologica y Tasa de Producción de un cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer.

Tipo de paja	Tratamiento	Variables evaluadas			
		Rendimiento (g)	Proteínas (%)	Eficiencia biológica (%)	Tasa de producción (%)
Frijol	Testigo	141.20 a [∞]	12.61 a	59.58 a	1.27 a
	AS 1x10 ⁻⁶ M	149.60 a	12.67 a	63.12 a	1.37 a
	AS 1x10 ⁻⁸ M	144.40 a	12.47 a	60.93 a	1.33 a
	AS 1x10 ⁻¹⁰ M	142.40 a	12.20 a	60.08 a	1.30 a
Trigo	Testigo	65.80 b	11.13 a	28.61 b	0.38 b
	AS 1x10 ⁻⁶ M	69.20 b	12.21 a	30.09 b	0.40 b
	AS 1x10 ⁻⁸ M	66.60 b	12.02 a	28.96 b	0.38 b
	AS 1x10 ⁻¹⁰ M	64.00 b	11.59 a	27.83 b	0.37 b
	C .V. (%)	7.17	6.41	7.13	8.51
	S. E.	**	N.S	**	**

[∞]= Promedios seguidas de la misma letra en las columnas, son estadísticamente iguales (DMS= 0.01).

** = Diferencia altamente significativa ($P=0.01$), N.S= Diferencia no significativa.

C.V. (%) = Coeficiente de variación. S.E.= significancia estadística. M= Molar

En la variable rendimiento, se puede notar en la paja de frijol, resultados numéricamente más altos en los sustratos a los que se le aplicaron AS en las diferentes concentraciones respecto al testigo, siendo la dosis de 1x10⁻⁶ M, la que indujo los mejores resultados, diferenciándose en un 6% por arriba del testigo. De manera similar en la paja de trigo, donde dos de las tres dosis aplicadas de AS al

sustrato, reflejaron un valor mayor respecto al testigo, siendo nuevamente la concentración más alta (1×10^{-6} M) la que provocó una diferencia mayor en un 5% en relación a este. Esto parece sugerir que las concentraciones altas favorecen en cierto porcentaje el rendimiento de este cultivo (cuadro 6.1, figura 6.1).

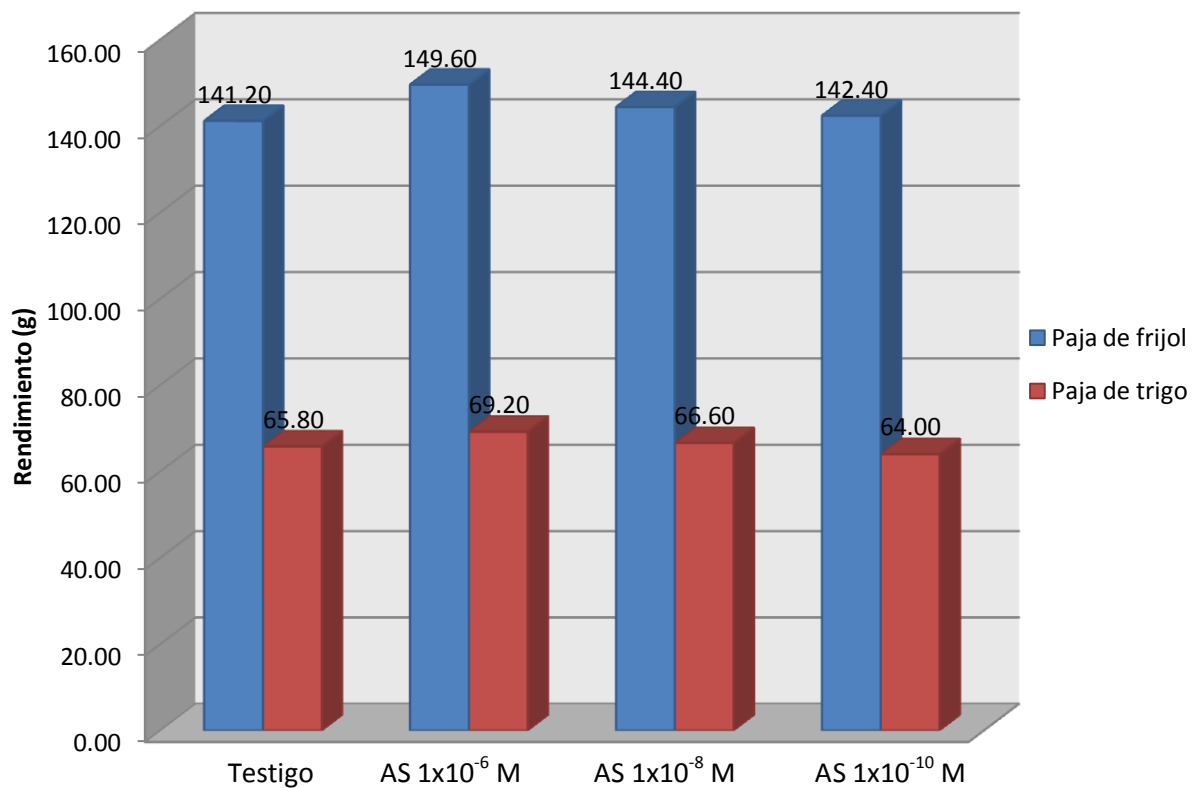


Figura 6.1. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Acido salicílico (AS) en el Rendimiento de *Pleurotus ostreatus*, cultivado en paja de trigo y frijol.

En la figura 6.1. Se ve claramente la diferencia en cuanto al rendimiento de las diferentes pajas, en todos los casos la paja de frijol fue la más productiva duplicando la producción lograda en la paja de trigo. También se pueden notar en esta figura que la concentración más alta utilizada en este caso AS 1×10^{-6} M demostró de manera porcentual el mejor efecto sobre el rendimiento en ambos sustratos.

Estos resultados coincidieron a los encontrados por Kimenju *et al.*, (2009), quienes observaron un mayor rendimiento en la paja de frijol que en la de trigo, haciendo una relación con la cantidad utilizada de sustrato en el testigo en este experimento y las dos cosechas realizadas, obtuvieron 198.98 g en frijol y 156.48 g en trigo ambos resultados superan a los encontrados en esta investigación los cuales fueron 141.20 g (en 750g de sustrato húmedo = 237g sustrato seco) en la paja de frijol y 65.80 (en 750g de sustrato húmedo = 230g sustrato seco) en la paja de trigo. Astaiza (2004) reporta un rendimiento de 131.75 g en paja de frijol, resultados inferiores a los encontrados en esta investigación con la misma cantidad sustrato de sustrato utilizado.

Por otro lado, los resultados de rendimiento de este trabajo resultan contrastantes a los obtenidos por otros autores, quienes encontraron que la paja de trigo fue la más productiva que la paja de frijol. Romero *et al* (2010), reportaron en las primeras dos cosechas un rendimiento de 259 g en paja de trigo y 198 g en paja de frijol (haciendo una relación con el sustrato utilizado en este experimento), aunque de igual forma están por arriba de los reportados en esta investigación, Alfaro y Nambo (2008) en un cultivo de *Pleurotus ostreatus* var Rosa también encontraron los mejores rendimientos en trigo con 168 g y 122 g en frijol.

En cuanto al contenido de proteínas se encontraron diferencias numéricas importantes entre las diferentes dosis de AS aplicadas, aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P=0.01$) entre sustratos utilizados (Cuadro 6.1).

Dentro de las diferencias numéricas encontradas, los hongos cultivados en la paja de frijol presentaron una cantidad de proteínas muy similar en todos los tratamientos utilizados, aunque la dosis de 1×10^{-6} M, siendo la dosis más alta supero ligeramente al testigo utilizado para esta paja. En cuanto a la paja de trigo, todos los sustratos que fueron impregnados con AS, resultaron superiores al testigo, siendo los hongos cosechados en el sustrato impregnado con la concentración más alta de AS (1×10^{-6} M), en donde se encontraron los mayores porcentajes de proteínas en un 9.7% respecto a este. (Cuadro 6.1, figura 6.2).

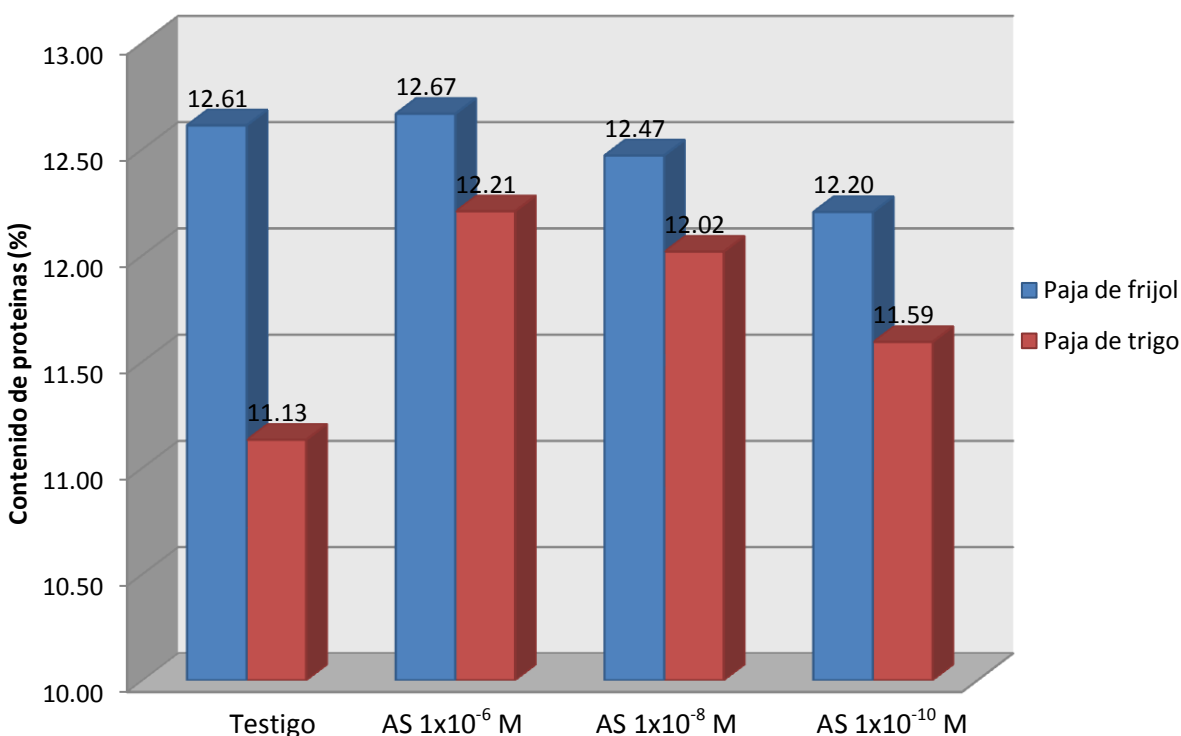


Figura 6.2. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Acido salicílico (AS) en el Contenido de Proteínas en *Pleurotus ostreatus*, cultivado en paja de trigo y frijol.

Nuevamente la dosis más alta (1×10^{-6} M) de AS utilizada en este trabajo de investigación fue la que favoreció una mayor acumulación de proteínas en este hongo, la cual se hace más evidente en la paja de trigo, aunque la mayor

acumulación de proteínas la presentaron los hongos cosechados en la paja de frijol (Figura 6.2)

Los hongos cultivados en paja de trigo están muy bien caracterizados ya que este es uno de los sustratos más utilizados, sin embargo pocos estudios existen sobre los hongos los que se producen en paja de frijol.

Astaiza (2004), encontró un 39.63 % de proteínas en hongos cultivados en paja de frijol, estos resultados son superiores a los encontrados en esta investigación (12.61% testigo), aunque no mencionan el método utilizado para la determinación de proteína, ni el factor de conversión. En lo que respecta a hongos cultivados en paja de trigo, Aguilar (2003) reportó un contenido de proteína de 8.58%, este resulta inferior al encontrado en el testigo con 11.13 % en la presente investigación en la misma paja, Varnero *et al.*,(2010) reportaron un 25.6%, Dundar *et al.*,(2008) un 17.12, Patil *et al*, (2010) un 21%, estos últimos resultan superiores a los valores encontrados en este trabajo.

Como puede notarse el contenido de proteínas del hongo *Pleurotus ostreatus* varia demasiado, aunque este sea cultivado en un sustrato de la misma especie, por lo que es muy posible que esta disparidad de resultados obedezca a diferencias en el método de cuantificación de esta variable o al manejo agronómico que se le dio a el cultivo que sirve como sustrato.

En lo que respecta a la eficiencia biológica (EB) se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.01$) entre sustratos utilizados, aunque entre

los tratamientos de las diferentes dosis de AS aplicadas a las pajas unicamente se encontraron diferencias numericas (Cuadro 6.1). En la paja de frijol, los tratamientos a los que se le aplicaron las diferentes dosis de AS resultaron con una EB numéricamente superior al testigo, siendo la dosis más alta utilizada (1×10^{-6} M), donde se hace más notoria con un 6%. De manera similar se comportaron los hongos que fueron cultivados en la paja de trigo, aunque en esta únicamente dos de los tres sustratos tratados lograron superar al testigo, y nuevamente la concentración AS 1×10^{-6} M resulto con el porcentaje mayor en un 5% en relación al testigo, la paja tratada con la dosis más baja utilizada en este experimento de AS (1×10^{-10} M) resulto con una EB inferior a este (Cuadro 6.1. figura 6.3).

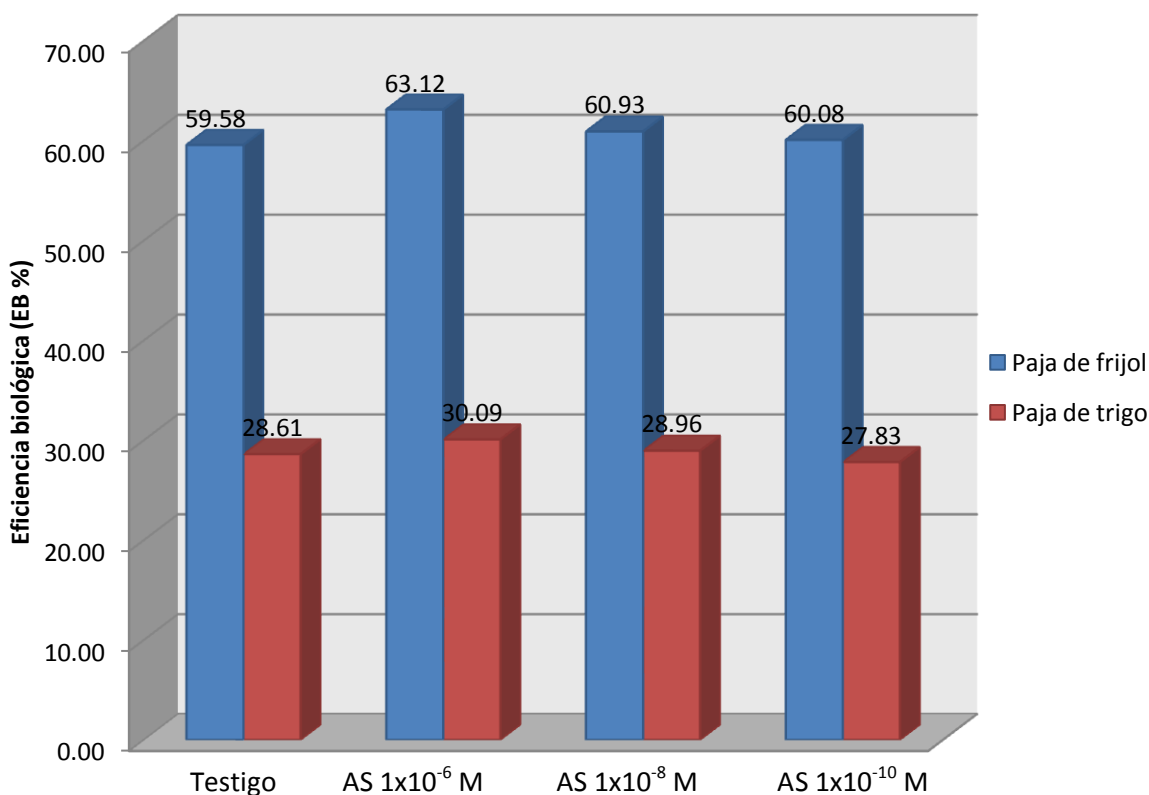


Figura 6.3. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Acido salicílico (AS) en la Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus*, cultivado en paja de trigo y frijol.

Haciendo una comparación entre las EB observadas en ambos sustratos se encontró con una amplia diferencia, en todos los casos la paja de frijol fue la más productiva duplicando a los resultados obtenidos en la paja de trigo, esto se hace más notorio en la figura 6.3.

Alfaro y Nambo (2008), encontraron en frijol, una EB de 60.9 %, que resulta similar a los valores encontrados en este trabajo y aunque la EB en la paja de trigo (84.05 %) resulto superior. Kimenju *et al.*,(2009) reportaron una eficiencia biológica de 83.96% en paja de frijol y 68.04 % en paja trigo, ambos resultados superiores a los encontrados en esta investigación.

Aguilar (2003) reporta una EB en paja de trigo de 23.78%, el cual resulta inferior a los encontrados en la presente investigación, Varnero *et al.*,(2010) reportan un resultado similar con 32.94%, otros autores reportan resultados superiores, Patil *et al.*,(2010) 56.26%, Fracchia *et al.*,(2009) 43.4%, Shah *et al.*, (2004), 44.72%.

Uno de los parámetros muy importantes a medir es la tasa de producción ya que esta mide la eficiencia en cuanto a tiempo de un sustrato en la producción y esta puede indicar precocidad. Por lo cual Una TP alta indica una elevada EB en un ciclo corto de producción, desde la inoculación hasta la última cosecha.

En la tasa de producción (TP) de los hogos cultivados en las diferentes pajas presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.01$) y únicamente diferencias numéricas entre los tratamientos con la aplicación de AS en las diferentes concentraciones (Cuadro 6.1).

El menor tiempo de cosecha en la paja de frijol la presentaron los sustratos que fueron tratados con las diferentes concentraciones de AS, respecto al testigo, de tal forma la dosis más alta de AS (1×10^{-6} M) en este trabajo indujo una mayor precocidad en un 7.8 % en relación a este. En lo que respecta a la paja de trigo únicamente a los sustratos impregnados con la dosis de AS 1×10^{-6} M, superaron al testigo en cuanto a velocidad de producción en un 5.2%, con AS 1×10^{-6} M resultado igual y con AS 1×10^{-10} M resultado inferior a este (Cuadro 6.1, figura 6.4).

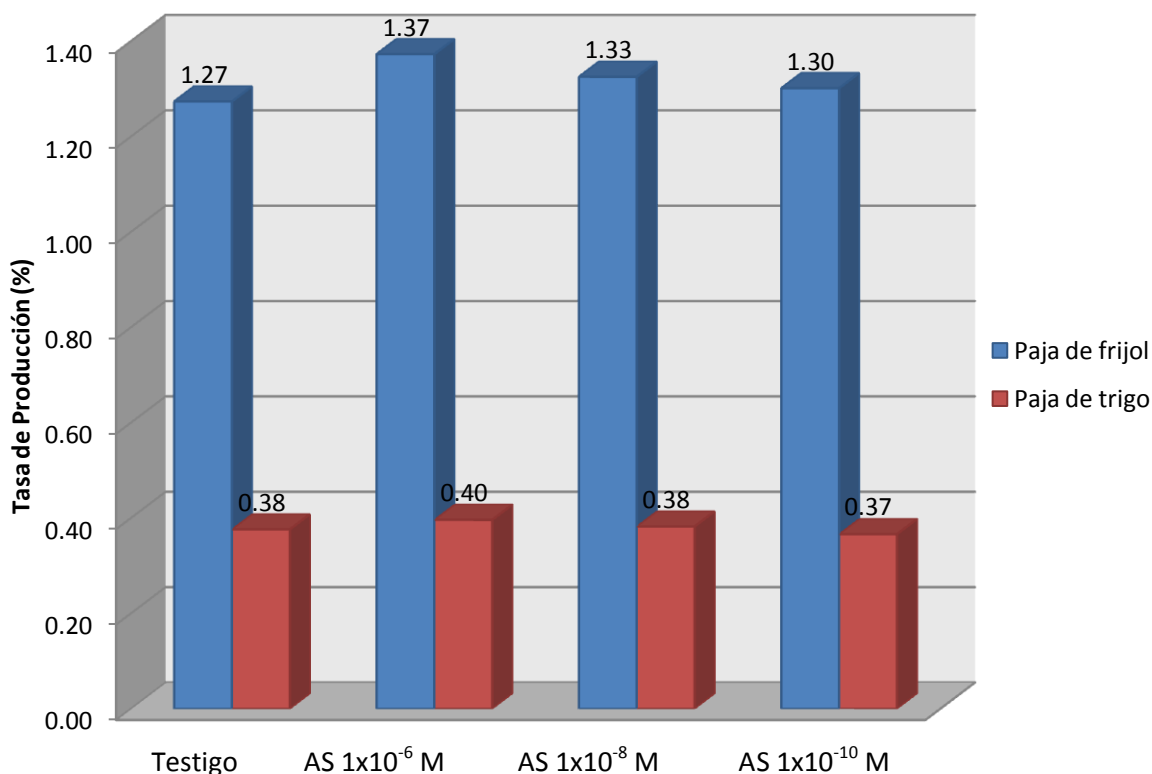


Figura 6.4. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de Acido salicílico (AS) en la Tasa de Producción (TP) de *Pleurotus ostreatus*, cultivado en paja de trigo y frijol.

En la figura 6.4 se hace más evidente una amplia diferencia entre el tiempo en que se tardan en producir ambas pajas, en la cual, la paja de frijol resulto con los

valores más altos lo que significa un periodo de producción más corto, en todos los casos triplicando los resultados obtenidos en la paja de trigo.

Romero et al., (2010), reportaron una TP en paja de trigo de 2.20 % y en paja de frijol 0.80%, el cual resulta superior a lo encontrado en esta investigación en la paja de trigo, pero inferior en la paja de frijol. Fracchia et al., (2009), reportaron una TP en trigo de 0.71%.

Por otro lado se han evaluado la eficiencia en cuanto a tiempo de producción de de otros sustratos, en los cuales se reportan diferentes tasas de producción, García-Oduardo, et al.,(2011), encontraron un 2.7 % en pulpa de café, 1.8 % en cáscara de cacao, 1.8 % en cáscara de coco y 1.1 % en viruta de cedro. Forero et al.,(2008), mezclando diferentes sustratos encontró un 0.99 % (93% pasto de corte “King grass” + 5% salvado de trigo + 2% de sulfato de calcio), 0.55 % (73% *Capsicum* spp.+ 20% pasto de corte “King grass” + 5% salvado de trigo + 2% de sulfato de calcio), 0.57 % (53% *Capsicum* spp.+ 40% pasto de corte “King grass” + 5% salvado de trigo + 2% de sulfato de calcio), y 0.55 % (33% *Capsicum* spp.+ 60% pasto de corte “King grass” + 5% salvado de trigo + 2% de sulfato de calcio).

De manera general, la paja de frijol demostró en todas la variables evaluadas una mejor respuesta, y de las dosis aplicadas de acido salicílico a los sustratos la concentración de 1×10^{-6} M logro una diferencia importante sobre los demás tratamientos en todas la variables, donde la tendencia apunta a que las concentraciones altas de este fitorregulador mejora en cierto porcentaje la productividad y la calidad nutritiva de *Pleurotus ostreatus*.

El efecto de la paja o substrato (aunque se trate de una misma especie) en la producción de esta especie de hongo es muy variado y está además condicionado a otros factores tales como la temperatura, humedad, luz, CO₂ y el manejo del agrónomo que este haya llevado en su fase vegetativa.

7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten concluir que:

Aplicaciones de AS a las pajas no mejoraron significativamente los parámetros evaluados, pero con las concentraciones altas, se encontraron diferencias porcentuales importantes. Con base en estos resultados la aplicación de AS podrá mejorar la calidad nutritiva de *Pleurotus ostreatus*, así como su rendimiento

La capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus*, así como su calidad nutricional está directamente relacionadas al sustrato utilizado

Los residuos de la cosecha de frijol representan una buena alternativa como sustrato para la producción de este cultivo, en la región norte del país.

8. RECOMENDACIONES

El Ácido salicílico, ha incrementado de manera significativa los rendimientos en cultivos hortícolas y dado a que no se tienen registros de la aplicación de este fitorregulador en hongos, esta investigación es la base para futuros trabajos y se sugiere utilizar concentraciones mas altas, ya que en este experimento se encontraron diferencias porcentuales con la concentración AS 1×10^{-6} (más alta), y por lo cual se recomienda utilizar 1×10^{-3} M, 1×10^{-4} M y 1×10^{-5} M, para evaluar si estas pudieran tener diferencias estadísticas significativas.

Se recomienda tener, referencia de los residuos de los cultivos que servirán como sustrato, ya que si a estos se le aplicaron fungicidas durante el manejo reducirá la productividad del hongo o simplemente no producirá.

Se recomienda no utilizar agua clorada en el riego ya que esta puede reducir el potencial productivo de *Pleurotus*.

No utilizar sustratos con manchas negras ya que pueden ser una fuente alta de contaminación.

En la etapa de fructificación revisar a diario los primordios ya que en esta etapa crecen demasiado rápido y pueden hacerlo dentro de las bolsas y esto obligaría a romperá las bolsas y el sustrato se deshidrataría.

Al momento de los cortes hacerlo con cuidado para no abrir demasiado las bolsas ya que se pierde la humedad del sustrato y disminuir la productividad

9. LITERATURA CITADA

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13th edition. Association Analytical Chemist. Washington. D. C. United States of America. 353 pp.
- Aguilar, G. M. E. 2003. Aprovechamiento de cáscaras de pitaya para el crecimiento de setas (*Pleurotus ostreatus*) en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica de La Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca. México. 92 pp.
- Alfaro, R. A y S. G. S. Nambo. 2008. Producción de setas *Pleurotus ostreatus*. Variedad rosa en tres sustratos. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Michoacán, México. 60 pp.
- Amick, D.D., V.A. Corina, M. C. Wildermuth and D. F. Klessig. 2011. Salicylic Acid Biosynthesis and Metabolism. The Arabidopsis Book. 9(156):1-24.
- Anchondo-Aguilar, A., A Núñez-Barrios, T Ruiz-Anchondo, J. Martínez-Tellez, S. Vergara-Yoisura y A. Larqué-Saavedra. 2011. Efecto del ácido salicílico en la bioproductividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2 (2): 293-298.
- Arauz, C. L. F. 1998. Fitopatología: Un Enfoque Agroecológico. Editor Editorial Universidad de Costa Rica. República de Costa Rica. 467 pp.
- Aristeo, C. P. 1998. Efectos del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en el crecimiento de zanahoria, betabel y rábano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 123 pp.

- Arroyo, R. V. Y. 2012. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 70 pp.
- Astaiza, P. 2004. Producción de una base proteica con *Pleurotus ostreatus* a partir de residuos agroindustriales generados en el departamento del Cauca. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2(1). 50-54.
- Azcón-Bieto. J y M. Talón. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2^{da} edición. Editorial Mc Graw-Hill, Interamericana de España. S. A. de C. V. Madrid, España. 651 pp.
- Benavides-Mendoza, A. A. M. Salazar-Torres¹, F. Ramírez-Godina, V. Robledo-Torres, H. Ramírez-Rodríguez y R. Maiti. 2004. Tratamiento de semilla de Chile con ácidos salicílico y sulfosalicílico y respuesta de las plántulas al frío. Terra Latinoamericana. 22(1): 41- 47.
- Bernabé-González, T., M. Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz y M.A. Torres-Pastrana. 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. Revista Mexicana de Micología. 18: 77-80.
- Bidwell, R.G.S. 1983. Fisiología Vegetal. AGT Editor S.A. México. D. F. México. 784 pp.
- Camarena-Gutiérrez, G y R. de la Torre-Almaráz. 2007. Resistencia sistémica adquirida en plantas: Estado actual. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13(2): 157-162.
- Coletto, J. M. 1995. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. 2^{da} Edición. Mundi-Prensa México S. A. de CV. México, DF. México. 168 pp.

- Corné, M. J. P and C. L. Leendert, 1999. Salicylic acid independent plant defence pathways. Trends in Plant Science. 4(2):52-58.
- Cortés, R. M., S.A. García S. y M. H. Suárez. 2007. Fortificación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) con Calcio, Selenio y Vitamina C. Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. 14(1):16-24.
- Cruz, D., D. E. López, L. F. Pascual y M. Battaglia. 2010. Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. Journal of Agriculture and Environment for International Development .104 (3): 139-154.
- Díaz-Puentes, L. N. 2012. Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 10(2): 257-267.
- Dundar, A., H. Acay and A. Yildiz. 2008. Yield performances and nutritional contents of three oyster mushroom species cultivated on wheat stalk. African Journal of Biotechnology . 7 (19): 3497-3501.
- Fahad, S And A. Bano. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. Pakistan Journal of Botany. 44(4): 1433-1438.
- Farooq, M., S. M. A. Basra, A. Wahid, N. Ahmad and B. A. Saleem. 2009. Improving the Drought Tolerance in Rice (*Oryza sativa* L.) by Exogenous Application of Salicylic Acid. Journal of Agronomy and Crop Science. 195(4). 237-246.
- Farooq, M., T. Aziz, S. M. A. Basra, M. A. Cheema and H. Rehman. 2008. Chilling Tolerance in Hybrid Maize Induced by Seed Priming with Salicylic Acid. Journal of Agronomy and Crop Science. 194 (2):161–168.

- Fernández M. F. 2004. Guía Práctica de Producción de Setas (*Pleurotus* Spp). Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México. 54 pp.
- Forero, C. L., O. L. Hoyos y W. E. Bazante. 2008. Evaluación de residuos de ají (*Capsicum spp.*) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Facultad de Ciencias Agropecuarias. 6(1). 43-53.
- Fracchia, S., R. A. Aranda y E, Terrizzano. 2009. Cultivo de una cepa comercial de *Pleurotus ostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*. Revista Mexicana de Micología. 29.:38-42.
- France. I. A., V. J. A. Cañumir y A. M. Cortez. 2000. Producción de hongos ostras. Boletín INIA N° 23. Chillán, Chile. 31 pp.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones. M. P. Pérez y G. Mata. 2006. Manual práctico del cultivo de setas; Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México. 56 pp.
- Gárces, M. A. M., C. N. Velez, A. S. Alzate, D. J. G. Serna y H. E. Holguín. 2005. Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles. Revista Lasallista de Investigación. 2(2): 15-20.
- García-Oduardo, N., R. C. Bermúdez- Savón y M. Serrano-Alberni. 2011. Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. Tecnología Química. 31(3):15-22.
- Garzón, G. J. P y A. J. L. Cuervo. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Ciencias Biomédicas. 6 (10): 126-140.

- Hadacek, F., G. Bachmann, D. Engelmeier y V. Chobot. 2011. Hormesis and a chemical raison d'être for secondary plant metabolites. *Dose-Response*. 9:79-116.
- Hayat, S and A. Ahmad. 2007. *Salicylic acid: a plant hormone*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 401 pp.
- Hernández, L. J. C. 2012. Estudio del desarrollo radical del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L. var. TRIUNFO F2004) aplicando ácido salicílico vía foliar. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegios de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 111 pp.
- Hernández, R., M. 2001. Efecto del Ácido Salicílico Sobre la Biomasa de Plántulas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) Sometidas a Estrés Hídrico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 20 pp.
- Humphreys, J. M. and C.Chapple. 2002. Rewriting the lignin roadmap. *Current Opinion in Plant Biology*. 5:224–229.
- Jordán, M. y J. Casaretto. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. En *Fisiología Vegetal*. Capítulo 16. Squeo, F.A. y L. Cardemil eds. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile.: xx-xx.
- Karlidag; H., E. Yildirim and M. Turan. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Agricultural Science*. 66(2):180-187.
- Kaya, C., H. Kirnak, D Higgs and K. Saltali. 2002. Supplementary Calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Scientia Horticulturae*. 93(1): 65–74.

- Kimenju, G. J. W., Odero, O.M., Muititu, E. W., Wachira, P.M., Narla, R.D. and Muiru, W. M. 2009. Suitability of locally available substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation in Kenya. *Asian Journal of Plant Science*. 8(7): 510-514.
- Larqué-Saavedra, A., R. Martín-Mex, Á. Nexticapan-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendón. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(3): 183-187.
- López, F.J. M. 2001. Efecto del Acido Salicílico y Peróxido de Hidrógeno en la Germinación y Biomasa de Cebolla y Tomate en Medio Salino. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 46 pp.
- López, T. R., R. V. Camacho y C. M. A. Gutiérrez. 1998. Aplicación de acido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. *Terra Latinoamericana*. 16 (1): 43-48 pp.
- López-Rodríguez, C., R. Hernández-Corredor, C. Suárez-Franco y M. Borrero. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*. 13 (2): 128-137.
- Malamy, J and D. F. Klessig. 1992. Salicylic acid and plant disease resistance. *The Plant Journal*. 2(5):643-654.
- Martínez, C. J. 2012. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el Valle de El Fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas. Tesis de

- Doctorado en Ciencias. Universidad Autónoma Indígena De México. Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. México. 60 pp.
- Martín-Mex, R., S. Vergara-Yoisura, A. Nexticapán-Garcés y A. Larqué-Saavedra. 2010. Bajas concentraciones de ácido salicílico incrementa el número de flores en *Petunia hybrida*. *Agrociencia*. 44(7): 773-778.
- Martin-Mex. R., Á. Nexticapán-Garcés, R. Herrera-Tuz, S. Vergara-Yoisura y A. Larqué-Saavedra. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3 (8): 1637-1643.
- Miles, P. G and S. T. Chang. 1997. *Mushroom Biology: Concise Basics and Current Developments*. Editorial World Scientific. Singapore. Republic of Singapore. 194 pp.
- Mora, H. M. E y D. H. A. López. 2006. Tolerancia a baja temperatura inducida por ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en microplantas de papa. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29(2). 81-85.
- Nieto, I. J y A. C. Chegwin. 2010. Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12 (1): 169-178.
- Olvera, A. F. 2001. H_2O_2 y Acido Salicílico en la Germinación de Semillas de Melón en Medio Salino. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 20 pp.
- Pardo, G. A., Z. M. Perona y N. J. Pardo. 2008. Utilización de fibra de Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en la elaboración de sustratos específicos para

- cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. Revista Iberoamericana de Micología. 25: 57-61.
- Patil, S. S., S. A. Ahmed, S. M. Telang and M. M. V. Baig. 2010. The Nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (jacq.:fr.) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. Innovative Romanian Food Biotechnology. 7:66-76.
- Pérez, F. y J. B. Martínez. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 218 pp.
- Rangel, S.G., M. E. Castro, P. E. Beltrán, D. H. Reyes y P. E. García. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. Biológicas. Agropecuarias 12(2): 90-95.
- Raskin, I. 1992. Role of Salicylic Acid in Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 43: 439-463.
- Rojas, G. M. y H. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas: Fisiología-Tecnología-Experimentación. Editorial. Limusa. México, D.F. México. 239 pp.
- Rojas, G. M. y M. Rovalo. 1985. Fisiología vegetal aplicada. 3^{ra} edición. Mc Graw-Hill de México, S. A. de C. V. México.D.F. México. 302 pp.
- Romero, O., M. Huerta, M. A. Damián, A. Macías, M. Tapia, J. F.C. Parraguirre y Jaime Juárez. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv . Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Agronomía Costarricense 34(1): 53-63.
- Salazar, T. A. M. 2001. Efecto de la Aplicación de Acido Salicílico y Sulfosalicílico en la respuesta al estrés de frío de chile serrano (*Capsicum annuum*). Tesis de

- Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 43 pp.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. 4^{ta} edición. Grupo editorial Iberoamericana, S. A. de C. V. México. D. F. México. 734 pp.
- Salmones, D., R. Gaitán-Hernández, R. Pérez y G. Guzmán. 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus*. VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. Revista Iberoamericana de Micología. 14: 173-176.
- Sánchez, R. A. 2002. El Acido Salicílico en la Emergencia y Crecimiento de Plántulas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv, Great Lakes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 28 pp.
- Sánchez-Chávez, E., R. Barrera-Tovar, E. Muñoz-Márquez, D. L. Ojeda-Barrios y Á. Anchondo-Nájera. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo Serie Horticultura. 17 (1): 63-68.
- Santiago, G. A. R. 2002. Efecto del Acido Salicílico y Acido Benzóico en la Germinación y Biomasa de Betabel y Lechuga en Medio Salino. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 50 pp.
- Shah, Z. A., M. Ashraf and M. C. Ishtiaq. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (wheat straw, leaves, saw dust). Pakistan Journal of Nutrition. 3(3): 158-160.

- Shashireka, M. N., S. Rajarathnam and Z. Bano. 2005. Effects of supplementing rice straw growth substrate with cotton seeds on the analytical characteristics of the mushroom, *Pleurotus florida* (Block & Tsao). Food Chemistry. 92 (2): 255-259.
- Silva, G. M., G. H. Gámez, G. F. Zavala, H. B. Cuevas y G. M. Garcidueñas. 2001. Efecto de cuatro fitorreguladores comerciales en el desarrollo y rendimiento del girasol. Ciencia-UANL. 4(1): 69-75.
- Varnero, M. T., M. S. Quiroz y C. H. Álvarez. 2010. Utilización de Residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Información Tecnológica. 21(2):13-20.
- Verberne, M. C., R. Verpoorte, J. F. Bol, J. Mercado-Blanco and H.J. Linthorst . 2000. Overproduction of salicylic acid in plants by bacterial transgenes enhances pathogen resistance. Nature Biotechnology. 18: 779-783.
- Villanueva-Couoh, E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria Fregoso y A. Larque-Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura, en Yucatán. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 25-31.
- Vlot, A. C., D. D. Amick and D.F. Klessig. 2009. Salicylic Acid, a Multifaceted Hormone to Combat Disease. Annual Review of Phytopathology. 47: 177-206.
- Wasti, S., H. Mimouni, S.Smiti, E. Zid and H. B.Ahmed. 2012. Enhanced Salt Tolerance of Tomatoes by Exogenous Salicylic Acid Applied Through Rooting Medium. OMICS: A Journal of Integrative Biology. 16(4): 1-8.

Wildermuth, M. C., J. Dewdney, G. Wu and F.M. Ausubel. 2001. Isochorismate synthase is required to synthesize salicylic acid for plant defense. *Nature* 414: 562-565.