



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y

VETERINARIA

CARRERA DE AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

Efectos del ácido salicílico en la tolerancia de cultivos a factores abióticos de estrés

AUTOR

Josué Aljair Burgos Macías

TUTORA

Ing. Adriana Mejía Gonzáles, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

En el desarrollo del estudio de caso se basó en el objetivo de analizar los efectos del ácido salicílico en la mejora de la tolerancia de cultivos seleccionados frente a factores abióticos de estrés. Por su parte en el proceso de la metodología se estableció, una investigación básica con enfoque cualitativo se realizó un análisis bibliográfico y descriptivo que se basó en analizar los efectos que tiene el ácido salicílico en los procesos de estrés en las plantas. En referencia a los resultados, se han situado en los procesos genéticos en cuanto a la acumulación de metabolitos y en referencia a la respuesta de adaptación y defensa, los cambios relevantes en los genes vinculados con la respuesta ante el estrés, estos descubrimientos brindan una perspicacia más recóndita de los componentes bioquímicos implicados en la objeción de los sembríos al ácido salicílico, suministrando información meritoria para optimar su diligencia en prácticas agropecuarias. En conclusión, este compuesto desencadena una serie de respuestas bioquímicas en las plantas que afectan su crecimiento y desarrollo, el ácido salicílico induce la síntesis de proteínas de defensa y la activación de enzimas antioxidantes, un rol protector de las plantas contra el estrés biótico y abiótico.

Palabras claves: Cultivos, estrés, ácido salicílico, factores abióticos.

SUMMARY

The development of the case study was based on the objective of analyzing the effects of salicylic acid on improving the tolerance of selected crops against abiotic stress factors. For its part, in the methodology process, a basic research with a qualitative approach was established, a bibliographic and descriptive analysis was carried out that was based on analyzing the effects that salicylic acid has on stress processes in plants. In reference to the results, they have been located in the genetic processes in terms of the accumulation of metabolites and in reference to the adaptation and defense response, the relevant changes in the genes linked to the response to stress, these discoveries provide insight most recondite of the biochemical components involved in the resistance of crops to salicylic acid, providing valuable information to optimize their diligence in agricultural practices. In conclusion, this compound triggers a series of biochemical responses in plants that affect their growth and development, salicylic acid induces the synthesis of defense proteins and the activation of antioxidant enzymes, a protective role for plants against biotic and abiotic stress.

Keywords: Crops, stress, salicylic acid, abiotic factors.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	3
2. DESARROLLO	4
2.1 MARCO CONCEPTUAL	4
2.1.1 Ácido salicílico	4
2.1.2 Importancia del ácido salicílico en la agronomía	4
2.1.3 Uso del ácido salicílico en los cultivos	5
2.1.4 Composición del ácido salicílico.....	7
2.1.5 Toxicidad del ácido salicílico en agronomía.....	8
2.1.6 Métodos de aplicación del ácido salicílico en cultivos	8
2.1.7 Factores abióticos de estrés	10
2.1.7.1 Importancia de los abióticos en el estrés de los cultivos	12
2.1.8 Efectos del ácido salicílico en la tolerancia de cultivos a factores abióticos de estrés.....	13
2.2 Marco Metodológico	14
2.3 Resultados.....	14
2.4 Discusión de resultados	16
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	18
3.1 Conclusiones.....	18

3.2 Recomendaciones.....	19
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	20
4.1 Referencias Bibliográficas.....	20
4.2 Anexos.....	24

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 Introducción

El presente estudio de caso se lo realizará en referencia a los efectos del ácido salicílico en la tolerancia de cultivos a factores abióticos de estrés, donde se analizarán mediante estudios bibliográficos relevantes.

Los factores abióticos de estrés en la agricultura se refieren a condiciones ambientales no biológicas que pueden afectar adversamente el desarrollo y rendimiento de los cultivos. Estos factores, como temperaturas extremas, sequías, salinidad del suelo y cambios climáticos bruscos, pueden generar situaciones desfavorables para las plantas. La disponibilidad inadecuada de agua, la calidad del suelo y la exposición a la luz solar también contribuyen a este tipo de estrés. En el ámbito agrícola, comprender y mitigar estos factores es esencial para garantizar la salud y productividad de los cultivos, así como para abordar desafíos globales relacionados con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola (Méndez et al. 2019)

La agricultura a nivel mundial enfrenta desafíos cada vez mayores debido a factores abióticos de estrés, como cambios climáticos impredecibles, variaciones en la disponibilidad de agua y suelos degradados. Estos factores amenazan la producción de cultivos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria global. En este contexto, la búsqueda de estrategias innovadoras para mejorar la tolerancia de los cultivos a los estresores ambientales se ha convertido en una prioridad. El ácido salicílico, un compuesto orgánico natural, ha ganado reconocimiento por su potencial para modular respuesta de defensa en plantas (Vecol 2019)

En Ecuador, país caracterizado por su diversidad climática y geográfica, la agricultura es una actividad vital. Sin embargo, la variabilidad climática y la exposición a estresores abióticos representan desafíos significativos para los agricultores. La aplicación de tecnologías sostenibles que mejoren la adaptabilidad de los cultivos a estas condiciones se presenta como una necesidad urgente. En este contexto, explorar los efectos del ácido salicílico en la tolerancia de los cultivos a factores abióticos de estrés cobra especial relevancia para impulsar la resiliencia agrícola y

asegurar el suministro de alimentos en Ecuador. Este estudio busca contribuir al conocimiento científico y proporcionar datos relevantes para la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes en el país (Severino 2023).

1.2 Planteamiento del problema

A nivel mundial la agricultura ha sido considerado como uno de los factores más relevantes en la humanidad, en cuanto a los cultivos eventualmente se encuentran siempre propensos a problemas como factores de estrés, así mismo dependen mucho de los factores climáticos, área de cultivo y otros factores adversos. En cuanto al problema afectan de forma negativa la producción del agro, y generan una amenaza relevante en cuanto a la alimentación en global. Por su parte, en el territorio ecuatoriano al ser un país con diversidad en cuanto a la geografía y clima, los sembríos se ven afectados por estas incidencias como variabilidad climática, así mismo para este problema se ha diseñado varias estrategias que pueden mitigar estas condiciones críticas.

Uno de los compuestos que ha captado la atención en este contexto es el ácido salicílico, conocido por su participación en respuestas de defensa en las plantas. Sin embargo, aún existe la necesidad de comprender mejor cómo el ácido salicílico puede influir en la tolerancia de los cultivos a los factores abióticos de estrés. En este sentido, el planteamiento del problema se centra sobre los efectos del ácido salicílico en la adaptación de los cultivos a condiciones adversas.

1.3 Justificación

El desarrollo de este trabajo se lo justifica debido al requerimiento de analizar los problemas que afrontan los procesos de la agricultura en cuanto a las situaciones climática y los factores abióticos de estrés que se han ido intensificando en los últimos años, por lo cual se ha determinado que existen ciertas estrategias que se han estado aplicando como el uso de ácido salicílico en los sembríos para reducir las complicaciones por estrés, así como ayudar a los procesos fisiológicos en cuanto desarrollo y crecimiento en diferentes condiciones. Además, este estudio desde el aspecto teórico se basa en analizar el rol importante que tiene el ácido salicílico en cuanto al control y reducción del estrés abiótico, existe una necesidad fundamental

de poder contextualizar el desarrollo de la importancia de este químico en los cultivos. En el aspecto práctico, este estudio permite dar como solución innovadora el uso de este ácido para controlar los problemas que se suscitan por factores abióticos que alteran la producción de los sembríos, además de poder garantizar la disponibilidad de los alimentos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar los efectos del ácido salicílico en la mejora de la tolerancia de cultivos seleccionados frente a factores abióticos de estrés.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los mecanismos bioquímicos y el impacto del tratamiento con ácido salicílico en cultivos.
- Establecer el efecto del ácido salicílico sobre la respuesta fisiológica de las plantas.

1.5 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Dominio: Recurso agropecuarios, ambiente, biodiversidad, biotecnología

Línea: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Ácido salicílico

El ácido salicílico es un compuesto químico orgánico que pertenece a la familia de los ácidos salicílicos y se encuentra naturalmente en diversas plantas, especialmente en la corteza del sauce (*Salix*), de donde proviene su nombre. Este ácido tiene propiedades que han sido aprovechadas desde hace siglos por sus efectos analgésicos, antiinflamatorios y antipiréticos. Su derivado más conocido, la aspirina, es un medicamento ampliamente utilizado. En términos químicos, el ácido salicílico se caracteriza por su estructura cristalina y su fórmula molecular $C_7H_6O_3$. Se obtiene sintéticamente en la actualidad, aunque históricamente se extraía directamente de la corteza de sauce. Su versatilidad lo ha convertido en un componente esencial en la fabricación de productos medicinales, productos para el cuidado de la piel y también en la industria química (Pérez 2019).

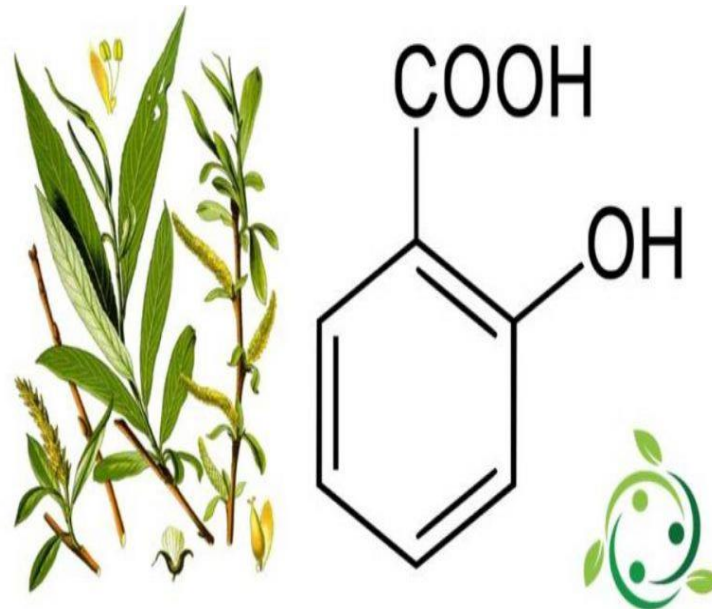


Fuente: (Metroflor 2022)

2.1.2 Importancia del ácido salicílico en la agronomía

La relevancia que tiene este ácido en el agro se basa en la destreza que tiene ante la respuesta de los sembríos en el proceso de estrés debido a que funciona como un compuesto orgánico que se sitúa en la hormona vegetal que tiene varias funciones

fisiológicas y metabólicas, optimizando los procesos de adaptabilidad y resistencias en varias condiciones, uno de los procesos importantes en cuanto a la función de la actividad es la defensa contra varias plagas, este ácido tiene una respuesta en cuanto a la acumulación de patógenos y activan los genes para fortalecer los procesos inmune en la planta y permite reducir complicaciones (Tucuchuc et al. 2021).



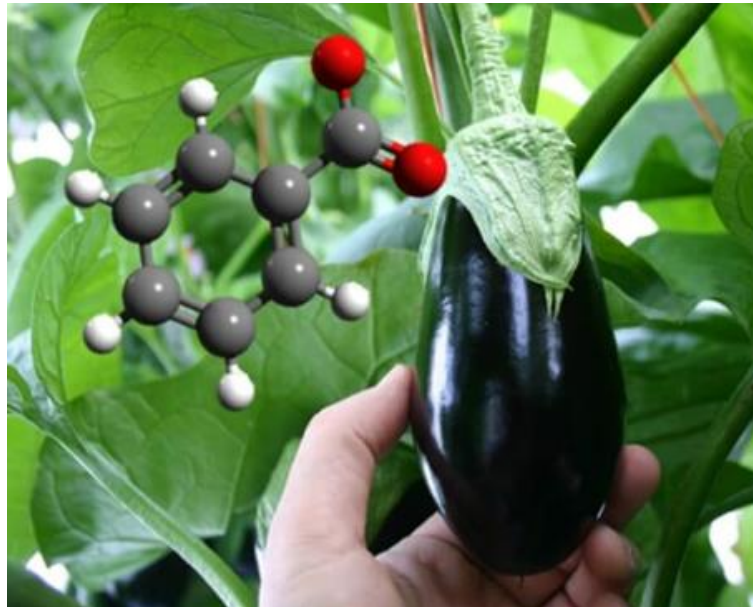
Fuente: (Atroponcene 2020)

Además, el ácido salicílico interviene en la respuesta al estrés abiótico, como el provocado por condiciones climáticas adversas, salinidad o sequía. Ayuda a las plantas a mitigar el impacto negativo de estos factores, regulando procesos como la apertura y cierre de estomas, la acumulación de antioxidantes y la gestión del estrés oxidativo. En la agronomía moderna, se estudia y aplica el ácido salicílico para mejorar la productividad de los cultivos, fortalecer la resistencia de las plantas y optimizar su rendimiento en condiciones ambientales desafiantes. El conocimiento de las funciones del ácido salicílico contribuye al desarrollo de estrategias agronómicas sostenibles y eficientes (Salazar 2021).

2.1.3 Uso del ácido salicílico en los cultivos

Las utilizaciones de los ácidos salicílicos en los procesos de siembras han generado una importancia en el agro, dado a que tienen varios beneficios que pueden optimizar la resistencia y vigorosidad ante situaciones complejas como patógenos, este compuesto se lo aplica como un instrumento importante para potenciar las

respuestas de varias condiciones y mejoren el desarrollo, uno de los principales uso del ácido es el control de enfermedades, además tiene una actuación como defensor natural que induce a la inmunidad de varias bacterias y demás patógenos, tiene también la capacidad de ser un pesticida convencional haciendo de esta forma una práctica más sostenible ante el medio ambiente (Bernardo et al. 2019).

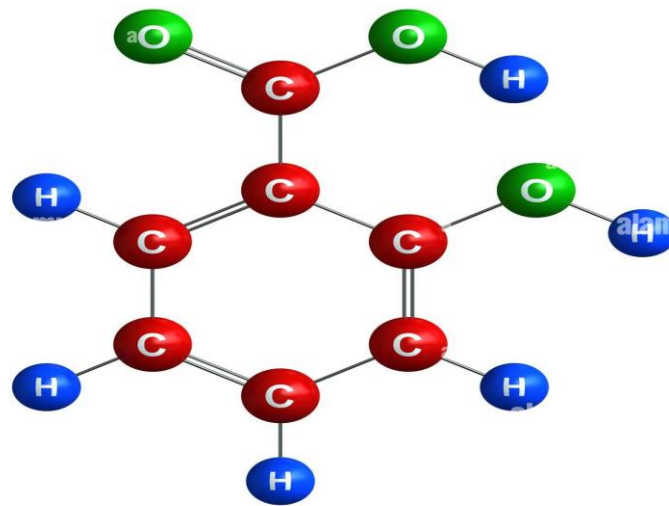


Fuente: (Intagri 2018)

Además, el ácido salicílico se utiliza para mitigar el impacto del estrés abiótico en los cultivos. Puede mejorar la tolerancia de las plantas a condiciones adversas como sequías, salinidad y temperaturas extremas, regulando procesos fisiológicos que favorecen la adaptación al entorno. La aplicación de ácido salicílico en la agricultura también se ha asociado con un aumento en la calidad de los cultivos. Estudios indican que puede influir positivamente en la acumulación de metabolitos secundarios beneficiosos, como antioxidantes, que contribuyen a la calidad nutricional de los productos cosechados, el uso del ácido salicílico en los cultivos representa una estrategia prometedora para fortalecer la resistencia de las plantas, reducir la susceptibilidad a enfermedades y mejorar la calidad de los productos agrícolas, todo ello en línea con enfoques más sostenibles en la agricultura (Guillén 2019).

2.1.4 Composición del ácido salicílico

El ácido salicílico, cuya fórmula química es $C_7H_6O_3$, es un compuesto orgánico que pertenece al grupo de los fenoles y es conocido por sus propiedades beneficiosas en diversos campos, incluida la agricultura. Su composición molecular está constituida por siete átomos de carbono, seis átomos de hidrógeno y tres átomos de oxígeno. En términos estructurales, el ácido salicílico presenta un anillo aromático de seis miembros, también conocido como anillo bencénico, al cual se encuentra unido un grupo carboxilo (-COOH) en la posición orto, es decir, adyacente a un grupo hidroxilo (-OH). Esta configuración le confiere propiedades ácidas y, al mismo tiempo, una estructura que es fundamental para su función biológica (Guzmán et al. 2019).



Salicylic acid $C_7H_6O_3$

Fuente: (Alamy 2019)

La presencia del grupo hidroxilo en el ácido salicílico es crucial para su actividad biológica, ya que este grupo funcional participa en diversas interacciones químicas. Además, la disposición de los átomos en el anillo bencénico le otorga estabilidad y contribuye a su capacidad para influir en procesos fisiológicos en organismos vegetales. Es importante destacar que el ácido salicílico se encuentra de forma natural en algunas plantas, fungicidas y otros compuestos orgánicos, pero también puede ser sintetizado a nivel industrial. Su composición química única le confiere propiedades que son explotadas en la agricultura para mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades, estimular respuestas de defensa y promover un crecimiento saludable. La comprensión detallada de su composición molecular es

esencial para apreciar su versatilidad y aplicaciones en diversos contextos (Unigarro et al. 2021).

2.1.5 Toxicidad del ácido salicílico en agronomía

Se basa en un aspecto fundamental que permite tener varios beneficios para la estimulación del desarrollo y crecimiento de la planta, es necesario indicar que el uso excesivo logra tener efectos muy severos como causar toxicidad a la planta, inhibiendo los procesos metabólicos que son normales, y reduce de forma potencial el desarrollo de la planta, a pesar de que la toxicidad dependería de cada especie diferente, causando así un término de resistencia que resulta muy perjudicial para los grandes sembríos (Rosales 2022).

Los altos contenidos de ácido salicílico en las plantas logran generar estrés, a pesar de las situaciones que tienen en cuanto al tema de defensa puede generar el “estrés oxidativo” que genera complicaciones en las células vegetales, los procesos de interacción con otros elementos químicos en el área o en el suelo influye en la toxicidad, las interacciones logran generar consecuencias que son evaluadas, la utilización del ácido en el agro genera impactos mínimos en el ambiente, en ciertos casos de uso excesivo si genera afectaciones en cuanto a la calidad del suelo y agua, así como la lixiviación de las fuentes hídricas subterráneas que generan afectaciones severas (Báez et al. 2019).

2.1.6 Métodos de aplicación del ácido salicílico en cultivos

La ejecución de ácido salicílico en los sembríos es una de las estrategias que mayormente se utilizan para mejorar el rendimiento y optimizar la defensa de las plantas en contra de los procesos de estrés oxidativo, la versatilidad del ácido permite introducir varias etapas en cuando al desarrollo vegetal donde se usa como mayor relevancia (Dzib et al. 2022).

- **Aplicación Foliar:** Es catalogado como uno de los métodos con mayor efectividad, donde se pulverizan soluciones de ácido salicílico en las hojas de los cultivos, esto genera una absorción eficiente en las estomas habiendo mayor efectividad.
- **Tratamiento de semillas:** Otro método relevante es el tratamiento de semillas con soluciones de ácido salicílico antes de la siembra. Esto promueve la absorción del compuesto durante la germinación y las primeras etapas de desarrollo de la planta. Al estimular respuestas inmunológicas desde el inicio, se busca conferir resistencia y vigor a las plántulas desde el principio de su ciclo de vida.
- **Riego por goteo:** Este proceso estratégico permite que haya una mejor incorporación de la fuente hídrica en el desarrollo de la planta, permitiendo así una mejor distribución en el suelo y la raíz de la planta.
- **Inyección al sistema vascular:** En sistemas de cultivo más avanzados, la inyección directa de ácido salicílico en el sistema vascular de la planta ha sido investigada. Este método busca una distribución más controlada del compuesto, asegurando su llegada a tejidos específicos. Aunque más complejo, se espera que esta técnica ofrezca una precisión sin precedentes en la aplicación del ácido salicílico.
- **Aplicación en momentos críticos:** La temporalidad de la aplicación es esencial. La introducción de ácido salicílico en momentos críticos del ciclo de crecimiento, como durante la floración o ante la amenaza de enfermedades, puede potenciar su impacto (Torres et al. 2018).



Fuente: (Phytoma 2020)

Independientemente del método elegido, es crucial considerar la concentración adecuada de ácido salicílico y la frecuencia de aplicación. Estas variables deben ajustarse según las necesidades específicas del cultivo, el entorno y el tipo de estrés al que se enfrentan las plantas. La aplicación inteligente de este compuesto puede contribuir significativamente a la productividad agrícola y la sostenibilidad del sistema de cultivo. La investigación continua en este campo busca perfeccionar estos métodos y promover prácticas agronómicas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente (Morales y González 2018).

2.1.7 Factores abióticos de estrés

Los cultivos agrícolas se enfrentan a una serie de desafíos derivados de factores abióticos que impactan negativamente en su desarrollo y rendimiento. Estos factores, de naturaleza no biológica, ejercen presiones significativas sobre las plantas, exigiendo respuestas adaptativas para sobrevivir en condiciones adversas. Las fluctuaciones térmicas extremas, ya sean en forma de olas de calor o heladas repentinas, representan una amenaza considerable para los cultivos. Altas temperaturas pueden provocar estrés térmico, deshidratación y cambios en los procesos metabólicos, mientras que las bajas temperaturas pueden generar daños en los tejidos y afectar la fotosíntesis (Echeverría 2017).

La falta de agua, o sequía, es uno de los factores abióticos más críticos, la escasez hídrica compromete la absorción de nutrientes y minerales esenciales,

afectando directamente el crecimiento y desarrollo de las plantas. La sequía prolongada puede resultar en la marchitez y, en última instancia, en la pérdida de cultivos, contrariamente a la sequía, el exceso de humedad y anegamiento del suelo pueden ser igualmente perjudiciales. La falta de oxígeno en suelos saturados puede conducir a condiciones anaeróbicas, afectando la respiración radicular y propiciando enfermedades relacionadas con hongos anaerobios. El aumento de la concentración de sales en el suelo, conocido como salinidad, limita la capacidad de las plantas para absorber agua, generando un desequilibrio osmótico y afectando la absorción de nutrientes esenciales. Este factor abiótico es especialmente relevante en zonas donde se practica la irrigación con agua salina (Sáenz 2022).



Fuente: (EcoCulture 2020)

La presencia de contaminantes atmosféricos, como óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, puede generar estrés oxidativo en las plantas. Este estrés compromete la capacidad antioxidante de las células, afectando la salud y la productividad de los cultivos. En regiones de alta altitud, las plantas se enfrentan a una presión atmosférica reducida, lo que puede afectar la absorción de gases esenciales para la fotosíntesis. Este factor abiótico puede limitar la disponibilidad de oxígeno y afectar el rendimiento de los cultivos, la comprensión integral de los factores abióticos de estrés es esencial para desarrollar estrategias de manejo que fortalezcan la resiliencia de los cultivos, la investigación continua en este campo busca identificar

nuevas formas de mitigar el impacto de estos factores y promover prácticas agrícolas más sostenibles y adaptables a condiciones ambientales cambiantes (García 2019).

2.1.7.1 Importancia de los abióticos en el estrés de los cultivos

El proceso de interacción de los sembríos y el estrés abiótico es un aspecto esencial que analiza el éxito o proceso de producción en la agricultura, estos factores que no biológicos como son los procesos climáticos, fuentes hídricas, calidad del terreno tienen un rol importante en el rendimiento y eficiencia de la producción de la planta, es necesario comprender la relevancia de factores en el estrés de los sembríos es esencial para desarrollar estas estrategias, es necesario indicar que los factores abióticos, así como la radiación solar, temperatura tienen un rol importante en el desarrollo de sembríos, la variabilidad de estos factores climáticos logran tener una afectación importante donde incide de forma directa en el ciclo de vida de la planta (Castillo 2022).

La disposición de agua es otro componente, donde la sequedad y desproporción de infiltración logran afectar directamente la impregnación de alimentos fundamentales y envolver la salud de las vegetaciones, el déficit de agua logra generar estrés hídrico, mientras que el anegamiento del suelo logra dar lugar a situaciones anaeróbicas que tienen una afectación en la respiración radicular, la calidad del terreno, definitiva por la presencia de sustentos y la concentración de sales, es decisivo para la alimentación de las vegetaciones, en sitios con mayor altitud, la menor presión atmosférica logra generar una afectación de gases importantes para la fotosíntesis, los sembríos deben acoplarse a estas situaciones, lo que indica la relevancia de entender los factores abióticos que generan estrés afectan la fisiología de las plantas (Granell y Molina 2020).

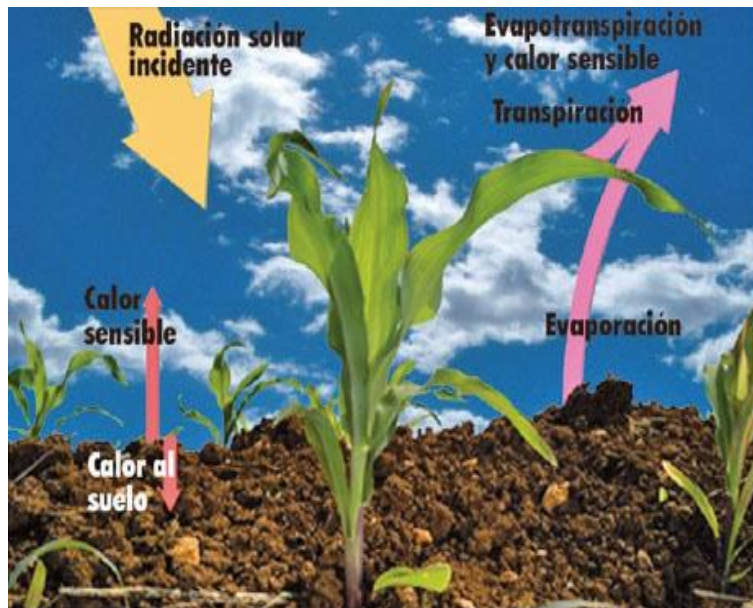
La exposición a contaminantes atmosféricos puede generar estrés oxidativo en las plantas, comprometiendo su capacidad antioxidante. Este fenómeno, resultado de factores abióticos como la contaminación, puede tener consecuencias negativas en la salud de los cultivos. Los cultivos han desarrollado respuestas adaptativas a estos factores abióticos a lo largo de la evolución. Comprender estas respuestas, a nivel fisiológico y molecular, es esencial para mejorar la resistencia de los cultivos al estrés ambiental. En última instancia, el conocimiento profundo de la importancia de los

factores abióticos impulsa la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y adaptadas al entorno local. La implementación de técnicas de manejo que consideran estos factores contribuye a la resiliencia de los cultivos frente a condiciones cambiantes, promoviendo así la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en la producción agrícola (Basulto 2023).

2.1.8 Efectos del ácido salicílico en la tolerancia de cultivos a factores abióticos de estrés

La aplicación del ácido salicílico en el agro se ha evidenciado como un instrumento importante para optimizar la tolerancia de los sembríos en las situaciones de estrés, este compuesto se lo reconoce como el proceso de molecular y fisiológico que logra reducir las complicaciones ambientales alarmantes, entre las complicaciones más evidenciables se encuentra el estrés hídrico así como la aplicación del ácido para optimizar la utilización de agua en los sembríos, de esta manera permite reducir complicaciones que altera la supervivencia y rendimiento de sembríos (Ruíz 2022).

En cuanto a la temperatura de las plantas y la relación con el ácido salicílico tiene una incidencia en cuanto al desarrollo de estrés térmico, donde actúa como mediador perceptivo en cuanto a las respuestas estimulantes de la temperatura, además estos resultados pueden adaptarse a las condiciones de las plantas, así como se acopla a las situaciones de variaciones climáticas, el ácido salicílico interviene en los procesos de estrés salino, donde logra mejorar la homeostasis y reduciendo los aspectos negativos en el crecimiento de las plantas (Hernández et al. 2022).



Fuente: (Redalyc 2019)

2.2 Marco Metodológico

Este análisis de estudio se basó en una investigación básica con enfoque cualitativo se realizó un análisis bibliográfico y descriptivo que se basó en analizar los efectos que tiene el ácido salicílico en los procesos de estrés en las plantas. Además, en este estudio se realizó un análisis de revistas y artículos importantes para obtener los datos relevantes, así como se proporcionó una sólida base de los procesos informativos para la ejecución de la investigación.

2.3 Resultados

De acuerdo con el primer objetivo específico se llevó a cabo una investigación exhaustiva para determinar los mecanismos bioquímicos subyacentes y evaluar el impacto del tratamiento con ácido salicílico en cultivos específicos. Se realizaron análisis detallados de los parámetros bioquímicos clave, por parte de (Rosales 2022) se han situado en los procesos genéticos en cuanto a la acumulación de metabolitos y en referencia a la respuesta de adaptación y defensa, los cambios relevantes en los genes vinculados con la respuesta ante el estrés.

El impacto del tratamiento con ácido salicílico se evidenció en una mayor tolerancia de los cultivos a condiciones de estrés abiótico, lo que indica, Dzib et al. (2022) sugiere un rol perentorio de este combinado en el incremento de la obstinación

de las vegetaciones. Estos descubrimientos brindan una perspicacia más recóndita de los componentes bioquímicos implicados en la objeción de los sembríos al ácido salicílico, suministrando información meritoria para optimar su diligencia en prácticas agropecuarias. Estos resultados fortalecen la certidumbre de que el método con ácido salicílico no solo aflige los semblantes bioquímicos concernientes con la defensa de las vegetaciones, sino que además incide ciertamente en técnicas funcionales esenciales. La perspicacia exhaustiva de estos componentes suministra una base compacta para suscitar habilidades agronómicas que esgriman el ácido salicílico de modo eficiente, desarrollando la capacidad de los sembríos para revolveverse situaciones hostiles y mejorando su beneficio.

En base al segundo objetivo específico se pudo establecer claramente el impacto del ácido salicílico en la respuesta fisiológica de las plantas sometidas al tratamiento. Según, Ruíz (2022), se produjeron absolutas medidas claves, entre ellos la diligencia de catalizadores antioxidantes, la congregación de pigmentos fotosintéticos y la provisión de compuestos preservadores, como osmolitos y poliaminas. Los resultados indicaron un aumento revelador en la diligencia de catalizadores antioxidantes, además, se evidenció un acrecentamiento en la congregación de matices fotosintéticos, insinuando una prosperidad en la eficacia fotosintética.

Estos resultados de Hernández et al. (2022) confirman que los ácidos salicílicos liberan refutaciones funcionales determinadas en las vegetaciones, que van más allá de su rol habitual como incitador de firmeza a aspectos nocivos. La penetración minuciosa de estos instrumentos ayuda al adelanto en el discernimiento de los componentes implicados en la medida del estrés abiótico en los cultivos y destaca el viable del ácido salicílico como instrumento para optimizar la resignación de los cultivos a situaciones antagonistas. Estos hallazgos tienen discrepancias reveladoras para la optimización de habilidades de diligencia del ácido salicílico en la prosperidad del beneficio y la obstinación de las plantas.

2.4 Discusión de resultados

La aplicación de ácido salicílico desencadenó como respuestas bioquímicas significativas en los cultivos, se registró un crecimiento en la concentración de metabolitos secundarios como flavonoides y polifenoles que son relevantes debido a las propiedades antioxidantes, según Bernardo et al. (2019). Además, se ha detectado el aumento de la actividad de enzimas antioxidantes claves como la catalasa y peroxidasa, indicando una mayor capacidad de las plantas que se tratan para poder combatir el estrés oxidativo, el ácido salicílico puede desencadenar respuestas de defensa antioxidante en los cultivos, fortaleciendo su resistencia a otras condiciones adversas.

En cuanto al impacto general del tratamiento, se observó un aumento significativo en la biomasa y el rendimiento de los cultivos tratados con ácido salicílico en comparación con el grupo de control. De acuerdo con lo dicho por Salazar (2021), este resultado respalda la hipótesis de que el tratamiento con ácido salicílico no solo activa respuestas bioquímicas beneficiosas, sino que también tiene un impacto positivo en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la eficacia del ácido salicílico en la mejora de los mecanismos bioquímicos relacionados con la resistencia a factores estresantes en los cultivos, así como su impacto positivo en el rendimiento general de las plantas.

En el efecto del ácido salicílico en la fisiología de las plantas aumenta la tasa de fotosíntesis, mejora la eficiencia lo que conlleva a una mayor producción de compuestos orgánicos esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas, según Ruíz (2022). Se ha evidenciado una mayor apertura estomática en las hojas que se han tratado con ácido salicílico, lo que facilita la absorción de dióxido de carbono y liberación de oxígeno mediante la fotosíntesis, esta respuesta fisiológica indica una mejora en la capacidad de las plantas para regular el intercambio gaseoso y optimizar el proceso fotosintético.

En métodos de obtención a situaciones hostiles, se observó un acrecentamiento en la provisión de agregados osmoprotectores, como los aminoácidos, en las plantas frecuentadas, estos mezclados redimen un rol

fundamental en la defensa de las vegetaciones contra el estrés abiótico al conservar la homeostasis citológica. De acuerdo con Hernández et al. (2022), manifiesta que, el ácido salicílico posee una señal positiva en la respuesta funcional de las vegetaciones, optimando la fotosíntesis, la medida estomática y la obstinación al estrés, estas invenciones acentúan el potencial del ácido salicílico como un instrumento eficiente para perfeccionar la salud y el beneficio de los cultivos.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

Se puede concluir que este compuesto desencadena una serie de respuestas bioquímicas en las plantas que afectan su crecimiento y desarrollo, el ácido salicílico induce la síntesis de proteínas de defensa y la activación de enzimas antioxidantes, un rol protector de las plantas contra el estrés biótico y abiótico.

Se evidenció que dosis bajas de ácido salicílico pueden estimular el crecimiento vegetal, mientras que dosis más altas pueden tener efectos inhibitorios, el tratamiento puede modular la expresión de genes relacionados con la respuesta al estrés.

Se observó que el ácido salicílico puede influir en la fotosíntesis, la transpiración, la absorción de nutrientes y la síntesis de compuestos, lo que indica su fisiología de las plantas, proporcionan una base sólida para comprender cómo el ácido salicílico puede ser utilizado para mejorar la adaptación de las plantas.

El ácido salicílico puede inducir respuestas de defensa en las plantas, como la acumulación de metabolitos protectores y la activación de rutas de señalización celular asociadas con la resistencia a patógenos y el estrés abiótico, puede desencadenar una respuesta sistémica en las plantas.

3.2 Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo estudios adicionales para optimizar las prácticas de aplicación en la agricultura, es crucial investigar más a fondo las dosis óptimas que promuevan el crecimiento vegetal sin inhibirlo, así como identificar el momento más efectivo para la aplicación del ácido salicílico.

Se sugiere investigar la posibilidad de utilizar esta información para el desarrollo de variedades de plantas más resistentes y adaptadas a condiciones adversas, la manipulación genética orientada a potenciar la respuesta de las plantas al ácido salicílico podría ser una estrategia prometedora.

Se recomienda utilizar ácido salicílico para potenciar y mejorar la eficiencia en el uso de recursos por parte de los cultivos, además se podrían centrar en cómo el ácido salicílico podría ser utilizado para optimizar la captación de nutrientes del suelo y aumentar la eficacia de la fotosíntesis.

Se sugiere examinar su potencial para la intervención biológica de padecimientos y calamidades en la agricultura. esto podría involucrar el progreso de enunciaciones de ácido salicílico para su usanza como fungicidas y plaguicidas, que logran suministrar una disyuntiva más razonable.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1 Referencias Bibliográficas

Báez, R; Mercado, JN; García, JM. 2019. Ácido Acetilsalicílico y cubiertas comestibles para la conservación de frutos: Tomate como modelo (en línea). 19. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/813/81355612006/81355612006.pdf>.

Basulto, DM. 2023. Capacidad del tomate (*Solanum lycopersicum* cv Ailsa Craig) sobreproductor de trehalosa para contender el estrés biótico y abiótico (en línea) (En accepted: 2023-10-25t19:43:32z). 2(1):1-38. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/4185>.

Bernardo, V; Collado, F; Arango, C; Ruscitti, M; Garita, S. 2019. Efecto del ácido salicílico sobre plantas de capsicum annuum micorrizadas, en presencia de metales pesados en el suelo (en línea). Investigación Joven 4(2):68-68. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/4943>.

Castillo, E. 2022. Importancia de los aminoácidos en la agricultura bajo condiciones de estrés abiótico (en línea). bachelorThesis. s.l., BABAHOYO: UTB, 2021. . Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11367>.

Dzib, G; Villanueva, E; Hernández, R. 2022. Efecto del ácido salicílico en la germinación y crecimiento radicular del tomate (en línea). 12(4):30-45. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000400735.

Echeverría, A. 2017. Efecto de Factor“eTsítuAlobidóetilcaotessyisB” ióticos sobre la Estructura de la Comunidad Microbiana del (Tratar SdeuheacleorloecnomuprnenAsibmle pbairea neltpeúbOlicoliggeonetraól, sfiincaobreviaturas) (en línea). s.l., s.e. 1-117 p. Disponible en <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1675/1/TMIPICYTE2E42017.pdf>.

- García, J. 2019. Factores bióticos, abióticos y agronómicos que afectan las poblaciones de adultos de mosca pinta (Hemiptera: Cercopidae) en cultivos de caña de azúcar en Veracruz, México (en línea, sitio web). Consultado 22 ene. 2024. Disponible en https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:P3X_aqtxmJAJ:www.scielo.org.mx/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0065-17372017000300508&hl=es-419&gl=ec.
- Granell, P; Molina, T. 2020. Importancia de la gestión del estrés hídrico en la producción de aceite de oliva (en línea). Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal (320):50-52. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8438936>.
- Guillén, Y. 2019. PARTICIPACIÓN DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN LA RESPUESTA A LA INFECCIÓN DE *Pythium ultimum* EN SUSPENSIONES CELULARES DE *Capsicum chinense* Jacq. (en línea). s.l., CICY. . Disponible en https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1455/1/PCB_M_Tesis_2019_Yahaira_Aracely_Cab_Guill%C3%A9n.pdf.
- Guzmán-Antonio, A; Borges-Gómez, L; Pinzón-López, L; Ruiz-Sánchez, E; Zúñiga-Aguilar, J. 2019. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 23(2):247-257. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-13212012000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- Hernández, K; Sánchez, E; Ojeda, D. 2022. Efectividad a la aplicación de bioestimulantes en frijol ejotero bajo estrés hídrico (en línea). 13(28):13-28. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342022001000149.
- Méndez-Espinoza, C; Vallejo Reyna, MÁ; Méndez-Espinoza, C; Vallejo Reyna, MÁ. 2019. Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales (en línea). *Revista mexicana de ciencias forestales* 10(56):33-64. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.567>.

- Morales, P; González, E. 2018. "Efecto de aplicaciones de ácido salicílico en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero en dos localidades del altiplano del Departamento de San Marcos, Guatemala (en línea). 1(1):1-89. Disponible en <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/AcidoSalicilico-CUSAM-Emanuel%20Morales/Efecto%20de%20aplicaciones%20de%20%C3%A1cido%20salic%C3%ADlico%20en%20tomate.pdf>.
- Ortíz, O. 2020. Efecto del Estrés Abiótico en el Cultivo de Piña (en línea, sitio web). Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <https://www.pinadecostarica.com/efecto-del-estres-abiotico-en-el-cultivo-de-pina/>.
- Pérez, E. 2019. Salicylic Acid, a Multifaceted Hormone to Combat Disease (en línea). Annual Review of Phytopathology 47(1):177-206. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.050908.135202>.
- Rosales, J. 2022. EVALUACIÓN DEL YODO Y ÁCIDO SALICILICO EN LA BIOFORTIFICACIÓN EN PLANTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annum* var. coach) (en línea). s.l., Universidad Técnica de Ambato. . Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36447/1/010%20Agronom%C3%ADa%20-%20Rosales%20Dur%C3%A1n%20Jhonny%20Sthiv.pdf>.
- Ruíz, DR. 2022. Ácido salicílico y peróxido de hidrógeno, inductores de tolerancia a criogenia en plantas de *Solanum tuberosum*. (en línea). Thesis. s.l., s.e. . Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/4755>.
- Sáenz, Á. 2022. Factores bióticos y abióticos: ¿Cómo afectan mis cultivos? (en línea). s.l., s.e.; 15 ago.:1-8. Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <https://extensiones.umd.edu/2022/08/15/factores-bioticos-y-abioticos-como-afectan-mis-cultivos/>.

Salazar, J. 2021. EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN COMBINACIÓN CON EL FUNGICIDA PENCONAZOL, PARA EL CONTROL DE MANCHA CHOCOLATE (*Botrytis fabae*). :1-78.

Severino, V. 2023. Estrés abiótico en clima neotropical influencia la producción de pigmentos, capacidad antioxidante y expresión de desórdenes fisiológicos en manzanas (en línea). Memoria Investigaciones en Ingeniería (24):143-155. DOI: <https://doi.org/10.36561/ING.24.11>.

Torres-Velásquez, SP; Velandía-Monsalve, J; Murcia-Herrera, H. 2018. Aplicación alternada de ácido acetilsalicílico con fungicidas en el control de mildew polvoso en rosa (en línea). Ciencia y Agricultura 10(2):45-51. DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.2840>.

Tucuchuc, H; Angulo, A; Mejía, M. 2021. Uso de Aspirina® (Ácido Acetilsalicílico) en el rendimiento del grano del cultivo de maíz (en línea). 8(1). Consultado 22 ene. 2024. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-33802021000100103.

Unigarro, CA; Imbachí, LC; Pabón, JP; Osorio, V; Acuña-Zornosa, JR. 2021. Efecto del ácido salicílico sobre la maduración fenológica de frutos de café en pre-cosecha (en línea). Revista Cenicafé 72(2):e72205-e72205. DOI: <https://doi.org/10.38141/10778/72205>.

Vecol. 2019. Estrés abiótico en las plantas, impacto en la producción agrícola y su manejo | Metroflor (en línea, sitio web). Consultado 22 ene. 2024. Disponible en <https://www.metroflorcolombia.com/estres-abiotico-en-las-plantas-impacto-en-la-produccion-agricola-y-su-manejo/>.

4.2 Anexos



Anexo 1 Efectos del ácido salicílico en los cultivos

Fuente: (Intagri 2020)



Anexo 2 Estrés biótico y abiótico en la planta

Fuente: (Stoller 2019)



Anexo 3 Estrés en las plantas

Fuente: (LIDA 2019)



Anexo 4 Mecanismo para superar estrés en plantas

Fuente: (Tecnología hortícola 2020)