



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGRONOMO

TEMA:

Efecto del etileno en la inducción de resistencia en las plantas.

AUTOR:

Carlos Gabriel Collaguazo Martínez

TUTOR:

Ing. Agr. Emilio Ramírez Castro. M.Sc.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2025

RESUMEN

El efecto del etileno en la inducción de resistencia es un método que promete un nuevo control de plagas y enfermedades al hacer que la planta sea resistente a los ataques de estos agentes. Se realiza el siguiente trabajo de investigación por lo que es de suma importancia recopilar información sobre los efectos del etileno en la inducción de resistencia de las plantas. El propósito de este trabajo es caracterizar el efecto del etileno sobre la inducción en plantas de la región de Los Ríos. Los resultados mostraron que el etileno aumentó la producción de anticuerpos y redujo la gravedad de la enfermedad. También demostraron que la aplicación de etileno debe realizarse con mucho cuidado y siempre teniendo en cuenta las concentraciones adecuadas para cada planta. En este estudio de investigación, hemos investigado casos exitosos para inducir una mayor producción de anticuerpos y reducir la gravedad de la enfermedad en comparación con los controles comunes. Además, se observó una mayor expresión de genes de defensa en plantas tratadas con etileno. En conclusión, el estudio demostró que el etileno puede inducir resistencia en las plantas activando mecanismos de defensa naturales. Conocimos plantas que tuvieron una respuesta favorable en la inducción de etileno para la resistencia vegetal, y así conocer los beneficios que brinda en las plantas.

Palabras clave: Etileno, Enfermedades, Elicitores, Inducción de Resistencia.

SUMMARY

The effect of ethylene on the induction of resistance is a method that promises a new control of pests and diseases by making the plant resistant to attacks by these agents. The following research work is carried out, so it is of utmost importance to collect information on the effects of ethylene on the induction of plant resistance. The purpose of this work is to characterize the effect of ethylene on induction in plants in the Los Ríos region. The results showed that ethylene increased antibody production and reduced the severity of the disease. They also demonstrated that the application of ethylene must be carried out very carefully and always taking into account the appropriate concentrations for each plant. In this research study, we have investigated successful cases to induce greater antibody production and reduce disease severity compared to common controls. Furthermore, a higher expression of defense genes was observed in plants treated with ethylene. In conclusion, the study demonstrated that ethylene can induce resistance in plants by activating natural defense mechanisms. We met plants that had a favorable response in the induction of ethylene for plant resistance, and thus know the benefits it provides in plants.

Keywords: Ethylene, Diseases, Elicitors, Resistance Induction.

INDICE DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN.....	III
SUMMARY	II
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Líneas de investigación.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.1.1. Generalidades del etileno	5
2.1.2. Describir la síntesis, degradación y transporte del etileno en las plantas.....	6
2.1.3. Efecto del etileno en la inducción de resistencia en las plantas	8
2.1.4. Beneficios del uso de la inducción de etileno para la resistencia en las plantas .	11
2.1.5. Efectos de la inducción de etileno para resistencia vegetal	14
2.4. Marco metodológico.....	16
2.5. Resultados.....	17
2.6. Discusión de resultados	19
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
3.1. Conclusiones	20
3.2. Recomendaciones	21
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	22
4.1. Referencias bibliográficas	22
4.2. Anexos.....	25
4.2.1. Reacción química efectuada por el Ethephon para liberar etileno cuando es aplicado exógenamente a las plantas	25

Índice de Figuras

Figura 1: Reacción química efectuada por el Ethepon para liberar etileno cuando es aplicado exógenamente a las plantas	1
---	---

1.CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

El etileno es un gas clave que regula una variedad de procesos fisiológicos en las plantas, incluyendo la maduración de los frutos, la senescencia de las hojas y la respuesta al estrés (Abeles et al.,1992). Además, menciona que el etileno también ha sido identificado como un factor que induce resistencia en las plantas contra patógenos y plagas. La aplicación de etileno externo ha demostrado ser efectiva para aumentar la resistencia de las plantas a una variedad de patógenos, incluyendo hongos, bacterias y virus.

La inducción de resistencia vegetal por etileno se considera que por medio de la activación de genes que modifican proteínas defensivas también a la producción de compuestos antimicrobianas (Loon & Pieterse, 2006). También el etileno puede estimular la producción de moléculas, como el ácido salicílico y el ácido jasmonico, que tienen uno de los papeles fundamentales en la regulación de respuestas defensivas en las plantas (Pieterse et al., 2009).

Las plantas cuentan con mucho material genético que les permite producir una variedad de compuestos químicos defensivos extremadamente efectivos, que se activan como mecanismos de defensa para protegerlas del ataque de microorganismos patógenos, estos mecanismos de defensa implican la participación de pequeñas moléculas externas, conocidas como inductores, que tienen la capacidad de activar los mecanismos de defensa de las plantas (Gómez & Reis, 2011).

Para maximizar la eficacia de los agentes de biocontrol, es fundamental realizar investigaciones que profundicen en la comprensión de los factores clave involucrados en la resistencia de las plantas (Sánchez, 2021). Aunque se reconoce la importancia del etileno en la inducción de resistencia en las plantas, todavía existen lagunas en el conocimiento sobre los mecanismos moleculares subyacentes. Es imprescindible investigar más exhaustivamente cómo el etileno regula la expresión genética de genes defensivos y la síntesis de compuestos antimicrobianos en las plantas.

Es de mucha importancia indagar sobre las posibles prácticas del etileno en la agricultura, como una práctica para potenciar la resistencia en las plantas a patógenos y plagas. Y es así como el objetivo de este trabajo es conocer el estado actual de los efectos del etileno en la inducción de resistencia en las plantas y analizar sus posibles aplicaciones en la agricultura. También se examinarán los mecanismos moleculares en la inducción de etileno para resistencia vegetal.

1.2. Planteamiento del problema

La producción agrícola se encuentra con un desafío el cual busca alternativas para generar cultivos resistentes a enfermedades y plagas, mientras se disminuye el impacto negativo en el medio ambiente. Porque, el uso excesivo de pesticidas y fungicidas químicos ha originado problemas de resistencia en los patógenos y ha contaminado el entorno. En este caso, la incorporación de resistencia en las plantas a través de moléculas de señalización naturales, como el etileno surge como una alternativa, innovadora y sostenible.

A pesar de que el etileno tiene un papel fundamental en la generación de resistencia en las plantas, aún persisten brechas en la comprensión de los procesos moleculares. La carencia de conocimiento acerca de cómo el etileno controla la expresión genética de genes de defensa y la generación de compuestos antimicrobianos en las plantas restringe su uso práctico en el sector agrícola. Además, la variabilidad en la respuesta de las plantas al etileno y la influencia de factores ambientales, como la temperatura y la luz, pueden afectar la eficacia de la inducción de resistencia y complicar su implementación en la práctica agrícola.

Otro reto importante es la falta de datos acerca de la dosis y el tiempo ideal para administrar etileno e inducir resistencia en las plantas. El uso excesivo de etileno puede generar efectos adversos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, mientras que una aplicación inadecuada podría no ser eficaz para generar resistencia. Además, la ausencia de técnicas exactas para identificar y medir el etileno en las plantas puede restringir la habilidad para supervisar y modificar la aplicación de etileno de forma eficaz.

La fabricación y gestión a gran escala de etileno pueden resultar costosas y necesitar infraestructura especializada. Además, el uso de etileno para generar

resistencia puede no ser una opción a largo plazo efectiva, dado que las plantas pueden desarrollar resistencia ante la aplicación de etileno. Así pues, resulta imprescindible elaborar estrategias de inducción de resistencia que resulten prácticas, sostenibles y eficientes en el sector agrícola.

1.3. Justificación

Este estudio se lleva a cabo con el objetivo de comprender los impactos del etileno en la generación de resistencia en las plantas. Esto puede ser crucial para diseñar tácticas innovadoras que incrementen la seguridad alimentaria, disminuyendo de manera significativa las pérdidas de cosechas provocadas por enfermedades y plagas. Además, el entendimiento de los impactos del etileno en la generación de resistencia en las plantas puede facilitar la creación de opciones más seguras, sustentables y amigables con el entorno frente a los pesticidas químicos, así reduciendo el efecto en el medio ambiente por pesticidas químicos, minimizando el impacto ambiental.

La investigación de los efectos del etileno en la generación de resistencia en las plantas ayuda a entender su efecto beneficioso en la agricultura, facilitando la creación de cultivos más resistentes a enfermedades y plagas, lo cual puede incrementar la productividad y la eficiencia en la agricultura. Además, este saber puede favorecer la sostenibilidad en la agricultura, disminuyendo la necesidad de pesticidas químicos y fomentando prácticas de agricultura más respetuosas con el medio ambiente.

Entender los impactos del etileno en la generación de resistencia en las plantas puede ser sumamente ventajoso para la agricultura, ya que puede facilitar el acceso a tecnologías biotecnológicas innovadoras que potencien la habilidad de las plantas para resistir enfermedades y plagas. Esto, por consiguiente, puede llevar a una disminución considerable en la utilización de pesticidas químicos, potenciando de esta manera la seguridad alimentaria y favoreciendo una mejor salud humana al disminuir la exposición a sustancias químicas dañinas, y favoreciendo la calidad nutricional de los alimentos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Caracterizar el efecto del etileno en la inducción de resistencia en las plantas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir la síntesis, degradación y transporte del etileno en las plantas.
- Identificar cuáles son las plantas que mejor asimilan los efectos de la inducción de etileno para resistencia vegetal.
- Detallar el beneficio del uso de la inducción de etileno para la resistencia en las plantas.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo con Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Efecto del etileno en la inducción de resistencia en las plantas”.

En este contexto, específicamente se aborda línea en el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Generalidades del etileno

El etileno es una hormona gaseosa sintetizada en una amplia variedad de tejidos de las plantas superiores, y desempeña un papel clave en la regulación de la maduración y senescencia de las frutas climatéricas. La biosíntesis de etileno está sujeta a una regulación metabólica compleja y puede ser influenciada por una variedad de factores de estrés, como la temperatura, lesiones mecánicas, infecciones y estrés nutricional (Iguarán & Tapasco, 2014). Además, existen compuestos que pueden modular la producción de etileno, lo que ofrece oportunidades para su aplicación en la industria agrícola y alimentaria (Iguarán & Alzate, 2014).

También se conoce que el etileno es una hormona vegetal excepcional, caracterizada por ser gaseosa, simple y de pequeño tamaño. Se encuentra en una amplia gama de organismos, desde plantas vasculares como angiospermas y gimnospermas hasta bacterias, hongos, musgos, hepáticas y helechos. La característica gaseosa del etileno facilita su difusión rápida por los tejidos de las plantas, lo que facilita una reacción rápida ante estímulos. Además, el etileno tiene la capacidad de provocar respuestas relevantes incluso en niveles muy reducidos, destacando así su importancia vital en la fisiología de las plantas (Jordán & Casaretto, 2006).

El etileno, una hormona gaseosa, participa en una serie de procesos fisiológicos y de crecimiento en las plantas, tales como la germinación, el envejecimiento, la madurez de los frutos y la reacción ante el estrés abiótico. Además, el etileno juega un papel crucial en la reacción de las plantas ante los patógenos, dado que su producción aumenta rápidamente en respuesta al ataque, lo que estimula la creación de compuestos protectores y fortalece las paredes celulares para resguardar la planta (Sánchez, 2021).

Las plantas se encuentran con diversas plagas que utilizan distintas tácticas de ataque y estilos de vida. Como reacción, las plantas han desarrollado un sistema inmunológico primario que les facilita identificar a los seres que interactúan con

ellas y desencadenar respuestas de protección específicas contra cada plaga. Además de esta respuesta inducida, las plantas también pueden desarrollar una resistencia cebada, que a menudo actúa de manera sistémica y es efectiva contra una amplia gama de plagas (Delgado, 2020).

Como se conoce las plantas poseen mecanismos de defensa naturales que les permiten combatir el desarrollo de enfermedades. Los inductores de defensa son elementos que ponen en marcha estos mecanismos de protección sin provocar perjuicio a la planta, el uso de estas moléculas podría ser una alternativa prometedora para proteger las plantas contra Fito patógenos y garantizar la seguridad alimentaria sin recurrir a plaguicidas químicos (García et al., 2022).

El control de las enfermedades de las plantas es crucial debido a su impacto significativo en la economía global. Las enfermedades causadas por hongos y bacterias en las plantas generan pérdidas económicas millonarias anuales. Además de afectar a los productores, las enfermedades de las plantas también tienen un impacto directo e indirecto en la disponibilidad de alimentos a nivel mundial, afectando así a los consumidores (García et al., 2022).

2.1.2. Síntesis, degradación y transporte del etileno en las plantas.

Biosíntesis del etileno: Metionina como punto de partida: La biosíntesis comienza con el aminoácido metionina, que es convertido en S-adenosilmetionina (SAM) por la enzima SAM-sintetasa. **Producción de ACC:** La SAM es transformada en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) por la enzima ACC sintasa (ACS). Este paso es crucial y suele ser el punto limitante en la producción de etileno. **Formación de etileno:** El ACC es oxidado por la enzima ACC oxidasa (ACO), generando etileno, dióxido de carbono (CO₂) y cianuro de hidrógeno (HCN). Este proceso ocurre principalmente en los tejidos vegetales en respuesta a estímulos internos o externos (Rivera, 2021).

Percepción del etileno: El etileno es detectado por receptores específicos en la membrana del retículo endoplásmico. Estos receptores incluyen proteínas como ETR1 y ERS1. En ausencia de etileno, los receptores activan la proteína CTR1,

que inhibe la vía de señalización. Cuando el etileno se une a los receptores, se desactiva CTR1, permitiendo que la señal avance.

Vía de señalización del etileno: La desactivación de CTR1 permite la activación de proteínas como EIN2, que actúa como un intermediario clave. EIN2 activa factores de transcripción como EIN3 y EIL1, que regulan la expresión de genes relacionados con la respuesta al etileno. Estos genes influyen en procesos como la maduración de frutos, la senescencia de hojas y la respuesta al estrés (Rivera, 2021).

Ciclo de Yang: Durante la biosíntesis, el subproducto 5'-metiltioadenosina (MTA) generado en la conversión de SAM a ACC es reciclado para regenerar metionina. Este proceso se conoce como el ciclo de Yang y asegura un suministro continuo de metionina para la producción de etileno.

Regulación del etileno: La producción de etileno está regulada por factores como el estrés biótico (infecciones) y abiótico (temperatura, heridas). Compuestos como el 1-metilciclopropeno (1-MCP) pueden inhibir la acción del etileno al bloquear sus receptores, lo que tiene aplicaciones comerciales en la conservación de frutas (Martinez, 2018).

Las reacciones pueden estar separadas espacialmente; en condiciones de inundación (condiciones anaeróbicas) el ACC se genera en la raíz y se transporta vía xilema, a través de la corriente transpiratoria hacia la parte aérea, donde se transforma en etileno y donde manifiesta su acción (Martinez, 2018).

Las tres reacciones principales están obviamente gobernadas por las enzimas AdoMet-sintetasa para la síntesis de AdoMet; la ACC-sintasa para el ACC y la ACC-oxidasa para el etileno, siendo esta última una reacción aeróbica. Varios factores sin embargo pueden acelerar o frenar estas interconversiones. Se ha determinado que AIA puede inducir la síntesis de etileno al promover la síntesis de ACC-sintasa. La síntesis y actividad de esta enzima también es estimulada por factores abióticos como inundación, sequía y daño mecánico por heladas o heridas (por ejemplo, granizo) o durante algunas etapas de desarrollo como cierto grado de madurez de frutos. En el caso de la ACC-oxidasa, la condición aeróbica y el fenómeno de maduración, pero no temperaturas superiores a 35°C, estimulan la conversión a etileno (Oliveira, 2020).

Aumentos de ACC, ACC-oxidasa y etileno se han observado en varios frutos un par de días después de su cosecha, sin embargo, las reacciones de síntesis también pueden ser incrementadas bajo algunas situaciones de estrés. Así en tomate, bajo condiciones de anaerobiosis (suelos inundados de agua), la síntesis de ACC se torna muy intensa en raíces y la conversión a etileno ocurre una vez que este es transportado a la parte aérea (pecíolos) y donde la condición aeróbica permite la acción de la ACC-oxidasa (Oliveira, 2020).

Quizás el punto más limitante en la producción de etileno es la ACC-sintasa. Recientemente, el análisis de mutantes de *Arabidopsis* ha revelado un nuevo proceso a nivel molecular para el control de la actividad de esta enzima (Chae & Kieber., 2005). Las dos clases de ACC sintasas que existen en *Arabidopsis* contienen un dominio carboxilo-terminal que sería sujeto a fosforilaciones por proteínas quinasas. Tales modificaciones bloquearían la formación de un complejo entre las ACC-sintasas y un regulador negativo de éstas (ETO1), el cual las marcaría para ser degradadas por el sistema del proteasoma 26 (Wang et al., 2004).

La degradación: de etileno ocurre en forma gradual pasando a óxido de etileno, ác. oxálico y CO₂. Por otro lado, no todo el ACC es convertido a etileno, sino que parte de él se conjuga a N-malonil ACC.

2.1.3. Efecto del etileno en la inducción de resistencia en las plantas

Según Marquetti et al., (2020). Menciona que la inducción de resistencia en cultivos agrícolas implica estimular el sistema inmune de las plantas mediante la aplicación de sustancias llamadas inductores de resistencia. Estos inductores, que pueden ser de origen biológico, químico o físico, activan mecanismos de defensa en las plantas, permitiéndoles detectar y responder a patógenos como hongos, bacterias, virus, nematodos e insectos. En contraste con los productos químicos convencionales, los inductores de resistencia no se dirigen directamente a los patógenos, sino que potencian la habilidad de las plantas para resistir amenazas, incrementando su resistencia natural.

Los inductores de defensa generalmente no tienen un impacto directo en los patógenos que perjudican a las plantas. Así pues, no producen presión selectiva que pueda generar resistencia en los patógenos en el corto, mediano o largo plazo. Por otro lado, los inductores de defensa pueden emplearse como una medida preventiva para disminuir la severidad de la enfermedad en las plantas infectadas. No obstante, es crucial tener en cuenta que la activación del sistema de defensa puede influir en otras funciones fisiológicas de la planta, tales como el crecimiento y desarrollo de la planta (García et al., 2022).

El etileno desempeña un papel esencial en la defensa inducida de las plantas, brindando resguardo a la región inicial de infección a través de la activación de diversas respuestas de defensa, entre estas respuestas se incluyen:

- El engrosamiento de los tejidos debido a la acumulación de compuestos como lignina, callosa y suberina.
- La producción de metabolitos secundarios, como los fenoles, que tienen propiedades antimicrobianas y antioxidantes.

Estas respuestas defensivas ayudan a las plantas a protegerse contra patógenos y estrés ambiental (García et al., 2022).

El etileno participa en la respuesta de defensa de las plantas. al ataque de patógenos y a la activación de la respuesta sistémica a la enfermedad adquirida (SAR). También es importante bloquear la entrada de microorganismos fitófagos a través de la respuesta de hipersensibilidad. productiva de etileno en los tejidos cercanos a la entrada del patógeno. Así, el etileno se presenta como una hormona con potencial para ser utilizada en la inducción de respuestas de defensa de las plantas contra patógenos (Cenipalma, 2012).

Debido a su capacidad para regular numerosos procesos fisiológicos y el crecimiento y desarrollo, el etileno es una de las hormonas vegetales más utilizadas en la agricultura. Sin embargo, al ser una hormona gaseosa, su uso directo es técnicamente muy exigente y costoso. Para solucionar los problemas en la aplicación directa de esta hormona se han desarrollado compuestos que la liberan lentamente (Cenipalma, 2012).

Según Unicen (2016). Dice que el etileno es una hormona gaseosa la cual es sintetizada por todos los órganos de la planta, sumando las partes meristemáticas con división celular. La producción de etileno incrementa naturalmente mediante la abscisión de las hojas y la senescencia floral, tal cual como lo hace durante la maduración del fruto. Por otro lado, Jordán & Casaretto (2006). Dice que la degradación de etileno ocurre en forma gradual pasando a óxido de etileno, ác. oxálico y CO₂. Por otro lado, no todo el ACC es convertido a etileno, sino que parte de él se conjuga a N-malonil ACC.

El etileno es libremente transportado a través de las membranas y por lo tanto es capaz de moverse entre las células y el espacio intracelular sin proteínas transportadoras. Sin embargo, el precursor inmediato del etileno, el ácido 1 aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), ha sido reportado como una señal móvil no gaseosa, incluyendo el transporte de larga distancia a través del xilema y el floema (BMC Biology, 2017).

Castillo et al., (2017). Menciona sobre el etileno en su papel de generar resistencia vegetal su función es la activación de fitoalexinas, que son metabolitos secundarios producidos por las plantas como respuesta a infecciones microbianas o estrés. Aquí tienes algunos tipos de fitoalexinas que se activan para generar resistencia:

Flavonoides: Estas moléculas tienen propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Se acumulan en los tejidos infectados para inhibir el crecimiento de patógenos.

Terpenoides: Incluyen compuestos como el escopoletol y el capsidiol, que son efectivos contra hongos y bacterias.

Alcaloides: Algunos alcaloides, como la camalexina en Arabidopsis, son sintetizados en respuesta a infecciones y tienen actividad anti fúngica.

Estilbenos: Compuestos como el resveratrol, que se encuentra en plantas como la vid, actúan como defensa contra hongos.

Isoflavonoides: Presentes en leguminosas, como la faseolina en frijoles, que tienen actividad anti fúngica.

El etileno actúa como un regulador clave en la señalización que activa la síntesis de estas fitoalexinas, especialmente en respuesta a patógenos como hongos y bacterias.

Carrasco, (2012). Detalla que el etileno activa varios genes relacionados con la resistencia vegetal, especialmente en respuesta a infecciones por patógenos. Algunos de los genes clave incluyen:

EIN3 y EIL1: Factores de transcripción que regulan la expresión de genes relacionados con la defensa.

PR (Pathogenesis-Related): Genes que codifican proteínas relacionadas con la patogénesis, como quitinasas y glucanasas, que degradan las paredes celulares de los patógenos.

ACO (ACC Oxidase): Participa en la biosíntesis de etileno y está involucrado en la respuesta al estrés.

PDF1.2: Codifica proteínas defensivas que tienen actividad anti fúngica.

LOX2: Relacionado con la vía de los oxilipinas, que interactúa con el etileno para activar respuestas defensivas.

NPR1: Regula la resistencia sistémica adquirida y está involucrado en la señalización del ácido salicílico, que puede interactuar con el etileno.

2.1.4. Beneficios del uso de la inducción de etileno para la resistencia en las plantas

El fomento de la resistencia en las plantas es una táctica eficaz para manejar enfermedades provocadas por agentes patógenos. Cuando se pone en marcha a través de inductores, el sistema de protección natural de la planta se activa, impidiendo la infiltración y presencia del patógeno en los tejidos. Este sistema de protección consiste en una mezcla de modificaciones físicas y bioquímicas que posibilitan la protección de la planta frente a los ataques de agentes patógenos. Al comprender mejor cómo funciona este sistema, se pueden desarrollar estrategias más efectivas para controlar enfermedades en plantas (Oramas et al., 2020).

Según Marquetti et al., (2020). inductores de resistencia ofrecen varios beneficios para las plantas y el medio ambiente como:

- Mayor tolerancia al estrés: Ayudan a las plantas a superar condiciones adversas como la sequía, el calor, el frío, la salinidad y la asfixia radicular.
- Mayor calidad y rendimiento: Poseen propiedades bioestimulantes que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando la calidad y cantidad de los frutos.
- Menor impacto ambiental: Reducen la dependencia de pesticidas químicos, minimizando los efectos negativos sobre la salud humana, la fauna, la flora y los recursos naturales (Martínez, 2024).

Los inductores de resistencia pueden ser compatibles con otras estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades, promoviendo una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Martínez, 2024).

La producción de etileno es un proceso natural que se intensifica en momentos clave del desarrollo de las plantas, como la abscisión de las hojas, la senescencia floral y la maduración de los frutos. Sin embargo, también puede ser inducida por factores externos, como lesiones mecánicas o estrés ambiental causado por condiciones adversas como el exceso de agua, la congelación, la infección, el calor extremo o la falta de agua. Además, es notable que el etileno también es producido por diversos microorganismos (Basile et al., 2016). El etileno influye en una amplia gama de procesos fisiológicos en las plantas, como:

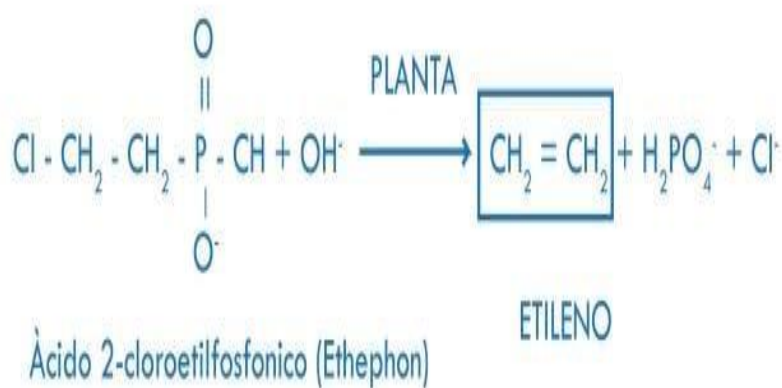
- La maduración de frutos
- El crecimiento diferencial del pecíolo (epinastia)
- El engrosamiento de tallos jóvenes
- La inhibición del crecimiento en altura de tallos jóvenes
- La caída de hojas, flores y frutos (abscisión)
- La inducción de la senescencia
- La ruptura de la dormición de yemas y semillas

- La formación de raíces y pelos radiculares

Estos procesos destacan la importancia del etileno en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Debido a que el etileno tiene su papel fundamental en la regulación de numerosos procesos fisiológicos, de crecimiento y desarrollo en las plantas, el etileno es una de las hormonas vegetales más utilizadas en la agricultura. Sin embargo, su naturaleza gaseosa hace que su aplicación directa sea técnicamente compleja y costosa. Para superar estas limitaciones, se han desarrollado compuestos que liberan etileno de manera gradual, como el ácido 2-cloroetilfosfónico (Ethephon). Este compuesto es soluble en agua, se absorbe y transloca rápidamente en la planta y, al entrar en la célula, se descompone en etileno debido al pH del citoplasma, liberando así la hormona dentro de la célula (Figura 1) (Pérez et al., 2012).

Figura 1: Reacción química efectuada por el Ethephon para liberar etileno cuando es aplicado exógenamente a las plantas



Fuente: (Pérez et al., 2012)

Ventajas del uso de inductores químicos

Mejora la resistencia de las plantas sin modificar su genoma, No ejercen presión selectiva sobre los patógenos, disminuyendo la posibilidad de desarrollo de resistencia. Son efectivas contra un extenso espectro de patógenos, incluyendo virus, bacterias, hongos, nematodos e insectos, Ofrecen protección sistémica y duradera, Se pueden utilizar de manera preventiva, Ofrecen protección duradera, Son soluciones seguras y estables, Son seguros y biodegradables para el medio ambiente, no son tóxicos para humanos, animales o plantas, Ofrecen protección en condiciones de campo e invernadero, son adaptables y pueden emplearse en agricultura, flora, jardinería y plantas ornamentales, Incrementan la productividad de las cosechas.

Las desventajas de los inductores de resistencia son las siguientes:

Ofrecen una protección parcial e incompleta contra los patógenos, En algunos casos, la activación de la resistencia puede tener un costo fisiológico para la planta, ya que puede activarse innecesariamente en ausencia de patógenos o en condiciones en las que no es necesaria (Gómez & Reis, 2011).

2.1.5. Efectos de la inducción de etileno para resistencia vegetal

Se ha descubierto que genes específicos de una misma familia codifican enzimas involucradas en la biosíntesis de etileno, las cuales se activan durante el desarrollo de las hojas y su expresión se regula de manera oportuna. La biosíntesis de etileno puede ocurrir en cualquier parte de la planta y en cualquier etapa del desarrollo de las hojas. La sensibilidad del tejido determina las respuestas biológicas a la exposición al etileno. En plantas sensibles, la exposición al etileno puede inducir síntomas de senescencia prematura, como el amarillamiento de las hojas, la abscisión o la desecación/necrosis (Noushina et al., 2017).

Investigaciones científicas han identificado varias plantas que responden positivamente a la inducción de etileno para mejorar su resistencia vegetal. Entre ellas se encuentran:

Plantas receptivas a la inducción de etileno

- Tomate (*Solanum lycopersicum*): Se encontró que la aplicación de etileno en tomates aumenta la expresión de genes relacionados con la resistencia a patógenos y mejora su resistencia a enfermedades (Bleecker et al., 1988).
- Pepino (*Cucumis sativus*): El pepino, con la aplicación de etileno incrementa la producción de compuestos fenólicos y mejora su resistencia a enfermedades (Fernández & Acosta, 2020).
- Arroz (*Oryza sativa*): Un estudio publicado en la revista Plant Molecular Biology encontró que la aplicación de etileno en arroz aumentó la expresión de genes relacionados con la resistencia a patógenos y mejoró la resistencia a la enfermedad (Iwai et al., 2006).
- Tabaco (*Nicotiana tabacum*): Se encontró que la aplicación de etileno en tabaco aumentó la expresión de genes relacionados con la resistencia a patógenos y mejoró la resistencia a la enfermedad (Zhu et al., 2021).

El etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), incluso en concentraciones bajas, tiene un impacto significativo en los frutos, especialmente en los climatéricos, aumentando su tasa respiratoria y acelerando la degradación de la clorofila. En algunos casos, es necesario agregar etileno para uniformar el color, la maduración o mejorar la presentación del producto. Los efectos del etileno varían según el producto, como puede ser perjudicial para las hortalizas de hoja, causando una decoloración amarillenta, acelerar la caída de pétalos en flores o, por otro lado, ayudar a desarrollar el color característico de algunas frutas (Zhu et al., 2021).

Además de sus funciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas, el etileno también participa en la regulación de las respuestas de las plantas al estrés. El etileno interactúa con la absorción de nutrientes y controla las respuestas de las plantas bajo estrés o condiciones limitantes del crecimiento. La interacción entre el etileno y la disponibilidad de nutrientes ha sido una preocupación para muchos fisiólogos, pero hasta la fecha faltan estudios colectivos para discutir la importancia del etileno en relación con diferentes nutrientes (Trivellini et al., 2013).

El etileno regula la maduración y senescencia de productos agrícolas a nivel molecular y bioquímico y fisiológico, porque estimula la expresión de genes que

codifican para enzimas relacionadas con cambios durante maduración o senescencia (Quispe, 2016). El etileno tiene un doble papel en el pos cosecha, por un lado, hace que los frutos adquieran unas características organolépticas óptimas para el consumo, pero también es responsable de la senescencia de tejidos, generando efectos desfavorables sobre la calidad (Lopez et al., 2014).

Según por lo mencionado por Colina et al. (2023). En su trabajo de efecto del etileno sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arroz, mostraron alta significancia estadística en las interacciones; mientras que los días a la maduración y relación grano -no presentaron diferencias significativas. En cuanto a los análisis foliares, los resultados mostraron en todos los tratamientos un incremento del etileno, principalmente en aquel que se aplicó la dosis 0,75 l/ha con la época de aplicación 60 ddt. De la misma manera la concentración de clorofila tendió a disminuir en la dosis de 0,75 l/ha con la época de aplicación 60 ddt. En el caso de amilosa la concentración de esta fue mayor dosis 0,75 l/ha con la época de aplicación 40 ddt El mayor rendimiento de grano se obtuvo con la dosis de 0,75 l/ha a los 40 ddt.

2.4. Marco metodológico

Para el presente documento se reúne información de documentos actuales artículos de investigación, bibliotecas virtuales y sitios web para ayudar a presentar las opiniones e ideas de los actores que permitan desarrollos de investigación.

Se identificaron temas relevantes **Efecto del etileno en la inducción de resistencia en las plantas**. Este trabajo se desarrolló como una investigación bibliográfica no experimental utilizando la técnica de análisis, revistas, textos actuales, artículos síntesis y resumen de los datos recopilados.

2.5. Resultados

Los hallazgos proporcionados por Abeles et al., (1992). Indica que las acciones del etileno para generar resistencia en las plantas. Es crucial entender su papel, dado que funciona como un tipo de alerta molecular. El etileno inicia un ciclo de señales que estimulan genes vinculados a la defensa, permitiendo así que las plantas puedan reaccionar de manera eficiente a los retos ambientales. Este conocimiento es crucial para desarrollar estrategias innovadoras de protección vegetal y mejorar la resistencia de las plantas a las enfermedades y al estrés.

El efecto del etileno en la inducción de resistencia vegetal se puede considerar que es un método efectivo para desarrollar plantas resistentes a enfermedades por qué. Los inductores de defensas se pueden utilizar como tratamiento preventivo y así combatir las graves enfermedades que infectan a las plantas, así mismo deber de considerar de mucha importancia la activación del sistema de defensa otras funciones fisiológicas de la planta, como el crecimiento, el desarrollo vegetal tal como menciona (García et al., 2022).

Estas plantas han demostrado una respuesta efectiva a la inducción de etileno, lo que puede ayudar a mejorar su resistencia a patógenos y estrés ambiental: Tomate, Arroz, Tabaco, Pepino, Lechuga, Cebolla, Ajo, Pimiento, Fresa, Plátano

El etileno ayuda a: Activar genes de defensa para combatir patógenos, Producción de compuestos defensivos para proteger contra enfermedades, Fortalecer la pared celular para prevenir la penetración de patógenos, Inducir la respuesta de hipersensibilidad para eliminar células infectadas, Regular la señalización de defensa para coordinar la respuesta de defensa de la planta (Noushina et al., 2017).

La aplicación de etileno es una táctica efectiva para incrementar la resistencia de las plantas ante agentes patógenos y condiciones ambientales desfavorables. Al fomentar la generación de etileno, se ponen en marcha mecanismos de protección natural que resguardan a las plantas frente a enfermedades y perjuicios al medio ambiente. Una ventaja importante de la inducción de etileno es la disminución de la utilización de pesticidas y fungicidas

químicos, lo que favorece un entorno más sano y sustentable (Marquetti et al., 2020).

Además, esta estrategia es más rentable y eficiente a largo plazo, la inducción de etileno también mejora la calidad y productividad de las plantas. Al fortalecer la pared celular y estimular la producción de compuestos defensivos, las plantas desarrollan una mayor resistencia a los patógenos y al estrés ambiental, lo que resulta en una mayor producción de frutos y semillas de alta calidad (Gómez & Reis, 2011)

2.6. Discusión de resultados

El etileno tiene un papel de importancia para las defensas inducidas de las plantas, activando múltiples respuestas defensivas que protegen la zona inicial de infección, así como lo detalla García et al., (2022). Esta información se puede reforzar con la investigación de:

Basile et al., (2016). Reforzando información de García et al., (2022). En la cual se destacan. El fortalecimiento de los tejidos mediante la acumulación de lignina, callosa y suberina, La síntesis de metabolitos secundarios, como los fenoles, que poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Y es así como estas respuestas defensivas permiten a las plantas protegerse contra patógeno y estrés ambiental.

Noushina et al., (2017). Detalla que se ha demostrado que muchas plantas, como el tomate, el arroz, el tabaco, el pepino, la lechuga, la cebolla, el ajo, el pimiento, la fresa y el plátano, responden eficazmente a la inducción de etileno, lo que puede mejorar su resistencia a los patógenos y al estrés ambiental.

Para defender o defender lo detallado por Noushina et al., (2017). Agrego texto investigado por Martínez (2024). En el cual nos explica sobre como el etileno ayuda, estimulando la producción de compuestos defensivos para proteger contra enfermedades, fortaleciendo la pared celular para evitar la penetración de patógenos, induciendo la respuesta de hipersensibilidad para eliminar las células infectadas.

El uso de etileno es una táctica eficaz y ventajosa para incrementar la resistencia de las plantas ante agentes patógenos y condiciones ambientales desfavorables como lo especifica Oramas et al., (2020). Al fomentar la generación de etileno, se ponen en marcha mecanismos de protección natural que resguardan a las plantas frente a enfermedades y perjuicios al medio ambiente.

Quispe (2016). Nos aporta una ventaja en la cual apoya lo dicho por Oramas et al., (2020). Sobre que la inducción de etileno es la disminución de la utilización de pesticidas y fungicidas químicos, lo que favorece un entorno más sano y sustentable. Además, es una táctica lucrativa y eficaz dado que la incorporación de etileno incrementa la calidad y eficiencia productiva de las plantas.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Por lo detallado anteriormente se concluye:

El etileno es un factor para fomentar la resistencia en las plantas, dado que desempeña un papel fundamental en la activación de los mecanismos de defensa naturales. El uso de etileno en plantas puede fomentar la generación de sustancias defensivas que fortalecen la pared celular y provocan respuestas de hipersensibilidad, lo que favorece una resistencia superior a agentes patógenos y al estrés ambiental.

Se comprobó que el etileno funciona como un regulador de efectivo para generar resistencia en numerosas plantas. No obstante, se notaron variaciones importantes en la reacción de las plantas ante el etileno, y existen aquellas que mejor asimilaron el etileno como elemento de resistencia de las plantas, como: Pimientos, Tomate, Pepino, Lechuga, Cebolla.

Las plantas tratadas con etileno evidenciaron una mayor generación de compuestos protectores, robustecimiento de la pared celular y activación de genes vinculados a la resistencia. Por consiguiente, es aconsejable tener en cuenta estas plantas para futuros estudios y usos relacionados con la inducción de resistencia por etileno.

Las ventajas de emplear la inducción de etileno en la resistencia vegetal incluyen: Potenciar la resistencia a patógenos, Disminuir la utilización de pesticidas, Aumentar la calidad y productividad de las plantas, Mayor resistencia al estrés ambiental y mucho más además de los beneficios que obtiene la planta durante el proceso de inducción para aumentar su resistencia.

3.2. Recomendaciones

Aplicación controlada de etileno ya que puede ser muy beneficiosa para la resistencia vegetal.

Concentración óptima en la aplicación de etileno porque es importante determinar las concentraciones precisas de etileno para cada tipo de planta y patógenos.

Momento de aplicación para inducir etileno es muy esencial saber en que momento se puede inducir etileno.

Se recomienda aplicar etileno antes de la infestación de cualquier insecto, patógeno, etc.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

- Abeles, F. B., & Page W. Morgan y Mikal E. Saltveit, J. (1992). *Ethylene in Plant Biology*. Texas: Academic Press. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/book/9780080916286/ethylene-in-plant-biology#book-info>
- BASILE, S. M., RÍSSOLA, M. G., & MANFREDA, M. C. (2016). *Efectos de la hormona vegetal etileno en diversas especies vegetales*. Buenos Aires: Debate Enseñanza, investigación y extensión en las ciencias naturales. Obtenido de <https://www.unicen.edu.ar/content/efectos-de-la-hormona-vegetal-etileno-en-diversas-especies-vegetales>
- Bleecker, A. B., Estelle, M. A., & Kende, C. S. (1988). Insensibilidad al etileno conferida por una mutación dominante en *Arabidopsis thaliana*. *Science*, 241(4869). Obtenido de <https://www.science.org/doi/10.1126/science.241.4869.1086>
- BMC Biology. (2017). *Transportadores de hormonas vegetales: qué sabemos y qué nos gustaría saber*. National Center for Biotechnology Information. Obtenido de [10.1186/s12915-017-0443-x](https://doi.org/10.1186/s12915-017-0443-x)
- Cenipalma. (2012). Efecto del etileno en el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*. Jacq.), en fase de vivero. *CeniAvances*. Obtenido de [file:///C:/Users/USER/Downloads/gecortes,+Gestor_a+de+la+revista,+CeniAvances+20+01+2012%20\(6\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/gecortes,+Gestor_a+de+la+revista,+CeniAvances+20+01+2012%20(6).pdf)
- Chae, H., & Kieber., J. (2005). *Role of ACS turnover in regulating ethylene biosynthesis*. Trends in Plant Science.
- Colina, N. E. (2023). P12 Efecto del Ethepon sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en Babahoyo. 6(43), 49. Obtenido de https://issuu.com/visimposiofisiologiausfq/docs/memorias_vi_fisiolog_a_imprimir/s/16899064
- Delgado Oramas, B. P. (2020). La resistencia inducida como alternativa para el manejo de plagas en las plantas de cultivo. *Revista de Protección Vegetal*, 35(1). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522020000100001&script=sci_arttext&lng=en
- Fernández, P. R., & Acosta, J. G. (2020). *Producción ecológica de pepino (cucumis sativus L.) en las condiciones edafoclimáticas del III Frente*. Cuba: Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181369731006/html/>
- Galarza, J. M. (2018). *Efecto del Ethepon sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5154>

- García, T. R., Montiel, L. G., & Rosas, J. A. (2022). Inductores de defensa. *ciencia*, 73(1), 64. Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_1/PDF/11_73_1_1252.pdf
- García, T. R., Montiel, L. G., & Rosas, J. A. (2022). Inductores de defensa para activar el sistema inmune de las plantas. *Revista Ciencia*, 73(1). Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_1/PDF/11_73_1_1252.pdf
- Gómez, D. E., & Reis, E. M. (2011). Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. *Química Viva*, 10(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86317320003.pdf>
- Iguarán, E. J., & Alzate, O. A. (2014). *HALLAZGOS DE LA BIOSÍNTESIS DEL ETILENO EN FRUTAS*. Manizales, Colombia: Alimentos Hoy. Obtenido de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/255>
- Iguarán, E. J., & Tapasco, A. O. (2014). hallazgo de la biosíntesis del etileno en frutas climatericas y de los factores que afectan la ruta metabolica. *Alimentos Hoy*, 22(31). Obtenido de <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/255>
- Iqbal, N., Trivellini, A., Masood, A., Ferrante, A., & Khan, N. (2013). Conocimiento actual sobre la señalización del etileno en las plantas: la influencia de la disponibilidad de nutrientes. *fisiología vegetal*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942813003276>
- Iwai, T., Miyasaka, A., Seo, S., & Ohashi, Y. (2006). Contribución de la biosíntesis de etileno a la resistencia a la infección por el hongo añublo en plantas jóvenes de arroz. *Plant Physiology*, 142(3). Obtenido de <https://doi.org/10.1104/pp.106.085258>
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). *Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico*. La Serena, Chile: Universidad de La Serena. Obtenido de <http://listas.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Etileno,aba,jasmonico,brasino,.pdf>
- Loon, L. v., & Pieterse, M. R. (2006). Importancia de las proteínas relacionadas con la defensa inducible en plantas infectadas. *Revista anual de fitopatología*, 44:135-162. Obtenido de <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.44.070505.143425>
- LÓPEZ, H. E., GUTIÉRREZ, F. A., GARCÍA, J. C., & ARÉVALO, A. H. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v8n2/v8n2a12.pdf>
- Marquetti, I. G., Delgado, B. P., Hernández, M. R., & Pérez, O. P. (2020). La resistencia inducida por productos derivados de plantas: alternativa para el manejo de plagas agrícolas. *Revista de Protección Vegetal*, 35(3). Obtenido de <https://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1105>
- Martínez, D. G. (2024). Innovación en Mejora Genética de Cultivos para la Sostenibilidad Agrícola. *worldskills*. Obtenido de <https://idi-a.es/innovacion-en-mejora-genetica-de-cultivos-para-una-produccion-sostenible/#:~:text=Al>
- Martinez, M. V. (2018). *PAPEL DEL ETILENO EN EL COMPORTAMIENTO DIFERENCIAL DE LA MADURACIÓN DEL FRUTO EN CUATRO VARIETADES DE PIMIENTO*. UNIVERSIDAD DE ALMERÍA. Obtenido de

https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/7032/TFM_VILLEGAS%20MARTINEZ,%20MIREYA.pdf?sequence=1

- Noushina, I., Khan, N. A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A., & Khan, M. I. (2017). *El papel del etileno en el crecimiento, desarrollo y senescencia de las plantas: interacción con otras fitohormonas*. Milan - Italia: Sección de Fisiología Vegetal.
- Oliveira, J. S. (2020). *Fisiología de la maduración: aspectos teóricos relacionados con el efecto del etileno en el maracuyá amarillo (Passiflora edules f. flavicarpa)*. Sertão Pernambucano: Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología del Sertão Pernambucano. Obtenido de <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/796>
- Oramas, B. P., Marquetti, I. G., Hernández, M. R., & Pérez, O. P. (2020). La resistencia inducida por productos derivados de plantas: alternativa para el manejo de plagas agrícolas. *Protección Vegetal*, 35(3). Obtenido de <https://censa.edicionescervantes.com/index.php/RPV/article/view/1105/1692>
- Pérez, C. E., Daza, E. S., & Romero, H. M. (2012). Efecto del etileno en el crecimiento y desarrollo de la palma de aceite. *CeniAvances*, 1-2.
- Pieterse, C. M., Reyes, A. L., & Wees, S. V. (2009). *Networking by small-molecule hormones in plant immunity*. *nature chemical biology*. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/nchembio.164>
- Quispe, I. M. (2016). *Azúcar e inhibidores de etileno en la calidad poscosecha de Liliom "Advantage" y "Starfighter"*. Lima - Peru: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/4d020f61-b2eb-4245-877a-21d381d7560e>
- Rivera, L. J. (2021). *Análisis in silico de las rutas metabólicas asociadas al proceso de caída del ovario no fertilizado*. Mexico: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA. Obtenido de <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000818785/3/0818785.pdf>
- Sánchez, G. P. (2021). *Relevancia del etileno en la inducción de resistencia por*. Coruña: UNIVERSIDADE DA CORUÑA. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/29203/SanchezGarcia_Pedro_TFM_2021.pdf?sequence=2
- Unicen. (2016). *Efectos de la hormona vegetal etileno en diversas especies vegetales*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Wang, K. H. (2004). *Regulation of ethylene gas biosynthesis by the Arabidopsis ETO1 protein*. *Nature*.
- Zhu, T., Xue, Z., Zhang, J. L., Zhang, W. H., Zhang, L. P., Tú, C. X., . . . Li, G. S. (2021). La NbMYB4L inducida por etileno está implicada en la resistencia contra el virus del mosaico del tabaco en *Nicotiana benthamiana*. *Patología molecular de plantas*, 23(1). Obtenido de <https://doi.org/10.1111/mpp.13139>

4.2. Anexos

4.2.1. Reacción química efectuada por el Ethepon para liberar etileno cuando es aplicado exógenamente a las plantas

