



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**EFECTOS ALELOPÁTICOS DEL TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon
esculentum Mill.*) EN CONDICIONES DE INVERNADERO.**

Trabajo de graduación previa a la obtención del título de Ingeniero
Agropecuario

AUTORES:

CRISTIAN DAVID MALDONADO VERA.
EDISON HERNAN ENCALADA RIOS.

DIRECTOR:

ING. WALTER LARRIVA C.

CUENCA - ECUADOR

2008

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los docentes de la escuela de Ingeniería Agropecuaria, especialmente a nuestro Director y Tutor de tesis Ing. Walter Larriva quien supo guiarnos en la realización de la misma.

Además a nuestros familiares por su incondicional apoyo, tanto económico como moral en la trayectoria y culminación de nuestra carrera.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a todas las personas que me han apoyado de una u otra manera para culminar mis estudios superiores, de manera muy especial a mi esposa e hijo, a mis padres, además a la familia Ulloa Encalada, quienes siempre han estado detrás de mí apoyando mis esfuerzos con miras de superación.

EDISON ENCALADA

El presente trabajo va dedicado a mis familiares que de distinta forma y de distinto lugar me han brindado su apoyo incondicional para el cumplimiento de este, una de mis metas; de manera especial a mi esposa e hija, a mi madre quien a la vez ha sido como mi padre, a mi papá que desde la otra vida me guía y me protege, a mi segundo padre, Luis, mi hermana, sobrina y abuelita.

CRISTIAN MALDONADO

RESUMEN

Las plantas suelen liberar diversos compuestos químicos que funcionan, respecto de otros organismos, como atractores o repelentes, estimuladores o inhibidores. Para la agricultura es muy importante el estudio de estas interacciones "invisibles" entre unos y otros vegetales.

En las comunidades de organismos, muchas especies aparecen regulándose mutuamente mediante producción y liberación de compuestos, estos fenómenos son conocidos como alelopatía. De esta manera este trabajo investigativo, mide el efecto alelopático que causan las plantas de tomate riñón entre sí.

Se obtuvo resultados positivos en cuanto a la existencia de la alelopatía en estas plantas, lo que se desprende del análisis de los datos obtenidos.

ABSTRAC

Several chemical compounds are released from plants, in order to attract or repel other organisms, as well as stimulate or inhibit some metabolic functions. This hidden interaction between plants and members of the vegetal and animal kingdom are an important subject for agricultural studies.

In organisms communities, many species interact to regulate the production and release of several compounds, this phenomena are known as allelopathy. The aim of the present work was to measure the allelopathic effect of the growth of tomato plants at greenhouse conditions.

After the statistic analysis of the data collected, our results showed allelopathic effects between tomato plants.

OBJETIVOS

GENERAL:

Evaluar los efectos alelopáticos en el cultivo de tomate riñón en condiciones de invernadero durante los ocho primeros meses del cultivo.

ESPECÍFICOS:

- Evaluar los efectos que ocasiona los extractos de diversas partes de la planta de tomate riñón en el desarrollo del cultivo.
- Determinar cuál de los estados fenológicos del cultivo es el más susceptible a los efectos alelopáticos.
- Evaluar los efectos alelopáticos en los dos primeros meses de cosecha del cultivo.
- Realizar las proyecciones del análisis económico de los efectos alelopáticos en el cultivo de tomate riñón en condiciones de invernadero.

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PAGINA
Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	iv
Abstrac.....	v
Objetivos	vi
INTRODUCCION.....	1
 CAPITULO I: FUNDAMENTO TEORICO DE LA ALELOPATIA	
1.1 La fenología del tomate.....	4
1.2 Alelopatia	5
1.3 Alelosubstancias.....	11
1.4 Antecedentes sobre la alelopatía.....	16
1.5 Antecedentes históricos en alelopatía.....	17
1.6 La alelopatía en la agricultura.....	19
1.7 Definiciones de Alelopatía.....	23
1.8 Mecanismos alelopáticos.....	30
1.8.1 Origen y diversidad de los aleloquímicos.....	30
1.8.2 Aleloquímicos y hormonas.....	30
1.8.3 Exudados radiculares.....	31

1.8.4 Lixiviación desde las porciones aéreas.....	32
1.8.5 Descomposición de residuos vegetales.....	33
1.9 Naturaleza química de los agentes alelopáticos.....	37
1.9.1 Compuestos alifáticos.....	38
1.9.2 Lactonas no saturadas.....	38
1.9.3 Lípidos y ácidos grasos.....	38
1.9.4 Terpenoides.....	39
1.9.5 Glicósidos cianogénicos.....	39
1.9.6 Compuestos aromáticos.....	40
1.9.7 Alcaloides.....	42
1.9.8 Modo de liberación de los agentes alelopáticos.....	42
1.9.9 Volatilización.....	44
1.9.10 Lixiviación.....	44
1.9.11 Exudados radiculares.....	45
1.9.12 Descomposición de residuos vegetales.....	45
1.10 Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos.....	49
1.10.1 Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción.....	49
1.10.2 Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos.....	51
1.10.3 Efectos sobre la actividad enzimática.....	52
1.10.4 Efectos sobre la fotosíntesis.....	53
1.10.5 Efectos sobre respiración.....	54
1.10.6 Efectos sobre procesos asociados a membranas.....	55
1.10.7 Metodología de la investigación en alelopatía.....	57
1.11 Interferencia y alelopatía.....	58

1.12 Pruebas de alelopatía.....	59
1.13 Alelopatía y agricultura.....	60
1.14 Naturaleza química y mecanismos de acción de compuestos Aleloquímicos.....	63

CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales.....	65
2.1.1 Materiales Biológicos.....	65
2.1.2 Materiales Físicos.....	65
2.1.3 Materiales Químicos.....	66
2.2 Identificación del lugar.....	66
2.3 Características del lugar.....	66
2.4 Diseño experimenta.....	67
2.4.1 Esquema del diseño.....	67
2.5 Manejo específico de la investigación.....	67
2.6 Variables evaluadas.....	68
2.7 Control fitosanitario.....	70

CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Comentario.....	72
3.2 Altura de planta.....	72
3.2.1 Tabla #1: altura de planta a los 150 días.....	72
3.3 Diámetro de cuello.....	74
3.4 Número de hojas.....	75

3.5 Días a la floración.....	75
3.5.1 Tabla #2: Floración. (Días).....	75
3.6 Días a la fructificación.....	77
3.6.1 Tabla #3: Inicio de fructificación. (Días).....	77
3.6.2 Tabla #4: Maduración de fructificación. (Días).....	78
3.7 Cosecha.....	80
3.7.1 Tabla #5: Cosecha 1. (lbs).....	80
3.7.2 Tabla #6: Cosecha 2. (lbs).....	80
3.7.3 Tabla #7: Cosecha 3. (lbs).....	81
3.8 Rendimiento total de las cosechas.....	82
3.8.1 Tabla #8: Rendimiento total de cosechas. (lbs).....	82
3.9 Peso fresco.....	84
3.9.1 Tabla #9: Peso fresco (gr).....	84
3.10 Peso seco.....	86
3.10.1 Tabla #10: Peso seco. (gr).....	86
3.11 Análisis económico de la investigación.....	87
3.11.1 Equivalente económico por tratamiento en dólares (\$).....	89
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	92
GLOSARIO DE TERMINOS.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS.....	98-121

Encalada Rios Edison Hernan
Maldonado Vera Cristian David
Trabajo de graduación
Ing. Walter Larriva Coronel
enero de 2008

**EFFECTOS ALELOPÁTICOS DEL TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicum
esculentum Mill.*) EN CONDICIONES DE INVERNADERO.**

INTRODUCCION

Las plantas son los productores primarios en los ecosistemas y son fuente de alimentación de innumerables consumidores contra quienes se “enfrentan” diariamente. Este proceso natural se da en el marco de la supervivencia de especies en términos de adaptación, selección y evaluación. Para que las especies vegetales puedan lograr su supervivencia, han desarrollado diferentes mecanismos de defensa, tales como los morfológicos (espinas), fenológicos (patrones de ciclo de vida), asociacionales (planta-planta u otros organismos), y la defensa química; la cual es la más compleja, variada y quizá la más importante de todos los mecanismos de defensa. (Agropecuaria, biblioteca del campo, 2002).

La defensa química de las plantas se lleva a cabo mediante la producción y acción de sustancias químicas llamadas compuestos o metabolitos secundarios, los cuales no tienen una función fisiológica conocida o vital en la planta; a diferencia de los carbohidratos, las proteínas, las ligninas, etc., éstos metabolitos varían de moléculas simples como el amonio a otros más complejos. Se conocen un gran número de ellos, como por ejemplo: los glucosinolatos, los poliacetilenos, los alcaloides, los terpenos, los taninos, por citar algunos. Su mecanismo de acción es variado y depende del compuesto en sí; los hay tóxicos celulares, inhibidores del sistema nervioso,

reductores de la digestibilidad de proteínas o carbohidratos, inhibidores de la germinación, etc. Manual (Agropecuario, biblioteca del campo, 2002).

A éstos metabolitos comúnmente se les conoce como aleloquímicos o sustancias alelopáticas, las cuales debidamente manejadas pueden tener un papel muy importante en el desarrollo de agroecosistemas más sostenibles, especialmente para reducir la necesidad de comprar agroquímicos costosos y que representan una amenaza a la salud humana y al equilibrio ambiental. (Agripac, 2000).

La alelopatía es sólo un componente en la complejidad de los agroecosistemas, y puede combinarse con otros factores como el aprovechamiento de la materia orgánica y de los nutrientes, la reducción de fertilizantes y pesticidas químicos, el aprovechamiento de los residuos de cosechas y los cultivos de cobertera para el control de la erosión, entre otros. Hay evidencias suficientes en la literatura que citan la eficacia de la alelopatía y proponen extender su uso en beneficio de una producción sostenible de las cosechas. (Agripac, 2000).

La liberación por las plantas de compuestos químicos al ambiente que afecten a otras plantas, constituye la base de los estudios en alelopatía. A pesar de que sus efectos han sido observados desde hace muchos años, su estudio sistemático es relativamente reciente. La baja concentración, la diversidad estructural y la dificultad en coleccionar los compuestos químicos liberados por las plantas in vivo han constituido los problemas de más difícil solución. Actualmente el enorme desarrollo de nuevas técnicas de separación y análisis químico, como también de recolección de compuestos volátiles y no volátiles, auguran una pronta explicación científica a

muchos de los fenómenos de interacción entre plantas. El impacto que estos estudios puedan tener, especialmente en la agricultura, ya sea mejorando el rendimiento de cultivos, disminuyendo el uso de herbicidas sintéticos o ayudando a una planificación racional en la rotación de los cultivos, puede ser muy significativo. (Agripac, 2000).

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEORICO DE LA ALELOPATIA

1.1 LA FENOLOGÍA DEL TOMATE

El conocimiento de la fenología del cultivo es muy importante para el manejo integrado de las plagas del tomate, ya que la susceptibilidad del cultivo al daño por plagas varía de acuerdo con su estado de desarrollo. A su vez, la incidencia de las plagas es función de los factores ambientales y de la condición del cultivo. (Agripac, 2000).

El conocimiento de la presencia de las plagas, de acuerdo con el estado de desarrollo del tomate, puede servir al técnico o al agricultor para concentrar sus esfuerzos de detección, monitoreo y control. Se podrá, entonces, evaluar con mayor propiedad la importancia del ataque de una plaga en particular, y las posibles medidas de manejo, conociendo la variedad del cultivo, la población de la plaga y sus umbrales de acción en función de la etapa de desarrollo del tomate. (Agripac, 2000).

Durante la etapa de plántula, cualquier daño al follaje o a las raicillas puede ser crítico para su supervivencia. El productor y el técnico deben de estar consientes de la presencia de malezas, plagas cortadoras, mosca blanca, minadores, etc., y patógenos (*Pythium sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Fusarium spp.*).

Durante el desarrollo vegetativo, la planta se dirige a formar el follaje. Durante esta etapa predominan las plagas que atacan directamente el follaje, tales como: el gusano cortador (*Spodoptera spp.*), los minadores (*Lyriomiza spp.*, *Keifferia lycopersicella* (Walsingham) y los transmisores de enfermedades como mosca blanca (*Bemisia tabaci Genn.*). (Castrillon ,2000).

Así mismo, los nemátodos comienzan a invadir el sistema radical según las condiciones ambientales; enfermedades como: la virosis, marchitez y tizones estarán presentes con importancia variable. Si durante la fase vegetativa temprana, se permite que las malezas compitan libremente con el cultivo, la reducción en el desarrollo del tomate puede ser irreversible y afectar su potencial de producción. (Agripac, 2000).

La etapa reproductiva trae consigo otras plagas primarias, tales como *Helicoverpa zea* (Boddie) y mantiene la importancia de otras como *K. lycopersicella* y *Spodoptera spp.* La incidencia de virosis y los nematodos en la etapa vegetativa se refleja durante la etapa reproductiva, en la que puede causar pérdidas significativas de producción. Las malezas compitiendo por nutrientes al inicio de la floración y formación de frutos, pueden causar reducciones importantes en la producción. (Agripac 2000).

1.2 ALELOPATIA

Los organismos vegetales están expuestos a factores tanto bióticos como abióticos, con los que han evolucionado. Esto provocó el desarrollo en los vegetales de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios. Se sabe que estos metabolitos

juegan un papel vital en las interacciones entre organismos en los ecosistemas. Entre estos encontramos compuestos producidos por plantas que provocan diversos efectos sobre otros organismos. A estas sustancias se les conoce como aleloquímicos y el fenómeno se designa aleloquimia, o alelopatía cuando se establece entre individuos vegetales. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualiz en 2006).

Algunos biólogos han considerado que la alelopatía es parte de la competencia; sin embargo, la competencia entre plantas involucra la reducción en la disponibilidad de algún factor del entorno, debido a su utilización por un individuo vegetal, que es requerido también por otra planta que comparte el mismo hábitat. En cambio la alelopatía implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto sobre otra.

Estos conceptos son diferentes entre sí pero desde un punto de vista ecofisiológico se pueden considerar estrechamente ligados y complementarios en su efecto.

Para evitar confusiones se utiliza el término interferencia para designar al efecto total de una planta sobre otra, es decir, la suma de efectos debidos a los fenómenos de competencia y alelopatía. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualiz en 2006).

Numerosos bioensayos muestran que extractos o lixiviados de hojas, corteza, hojarasca y semillas de varias especies de eucalipto contienen alelo químicos capaces de afectar negativamente a varias especies de plantas. Todas las especies de eucalipto probadas tienen sustancias que inhiben, en diferentes grados, el crecimiento y la germinación de muchas, pero no todas, las plantas expuestas in-vitro o en

invernadero a los extractos o lixiviados. Los cultivos anuales plantados con gradientes de distancia a eucaliptos sugieren que la alelopatía ocurre en condiciones de campo, las plantas cercanas a eucaliptos rinden menos y son de talla menor que las plantas lejanas a estos árboles.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Los monoterpenos que son los principales componentes de los aceites esenciales de los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores. Son conocidos por su potencial alelopático contra malezas y plantas de cultivo. Entre los más frecuentes con actividad alelopática se pueden citar el alcanfor, α y β pineno, 1,8-cineol, y dipenteno. Dentro de las plantas que los producen podemos citar los géneros: *Salvia spp*, *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia*, y *Pinus*.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La primera observación de la que se tiene noticia acerca de efectos alelopáticos data del siglo primero antes de Cristo, cuando el naturalista Plinio el Viejo constató que debajo de algunos nogales casi no crecía hierba. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XIX y principios del XX cuando se empezaron a hacer observaciones más sistemáticas de las relaciones entre vegetales.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Los primeros estudios científicos sobre efectos alelopáticos se realizaron en nogal europeo (*Juglans regia*) y nogal americano (*Juglans nigra*), destacando la presencia de una sustancia, la juglona, que podía ser la causante. Según se sabe actualmente,

la juglona se excreta por las hojas de forma que el agua de lluvia la arrastra hacia la vegetación que está debajo. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

A partir de los primeros efectos observados, el término alelopatía significa daño a distancia. Pero, aunque con menor frecuencia, también se han constatado acciones estimuladoras. La definición de alelopatía se ha ido modificando, y actualmente es válida la ofrecida por Putnam y Tang: "*Los efectos inhibidores o estimuladores de un vegetal (superior o inferior) sobre otro, debido a la producción de sustancias químicas que son liberadas al ambiente*".

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Al carecer de movilidad física, en comparación con los animales, las plantas se sirven de la emisión de sustancias químicas liberadas al ambiente para dificultar la supervivencia de otros vegetales en competencia con ellas por los recursos (espacio, nutrientes, o el agua). (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Vista la evolución de los conocimientos, seguramente es más correcto considerar el término alelosubstancia en lugar de alelopatina, ya que el primero es etimológicamente más amplio. Por otra parte, el concepto de alelopatina/alelosubstancia comprende no sólo a productos sintetizados por plantas sino que incluye los producidos por el conjunto de organismos de la rizosfera. Todos ellos mantienen una serie de relaciones a nivel químico, bien directamente, bien por

estar expuestos a las sustancias exudadas al suelo, sin ser objetivo de las mismas. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

En ocasiones las alelopatinas vegetales se dirigen a otras plantas de forma indirecta, afectando, por ejemplo, a las micorrizas. Por ello, las sustancias sintetizadas por hongos y bacterias, en respuesta hacia dichos mensajes químicos, deben considerarse alelopatinas. Siguiendo este razonamiento, los productos sintetizados por microorganismos de la rizosfera en sus interrelaciones, también son alelopatinas, y por ello los antibióticos son alelosubstancias.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Algunos investigadores sobrepasan el marco del suelo y llaman también alelosubstancias a diversos compuestos generados para su protección contra los insectos. Sería el caso de las piretrinas, o los alcaloides de las solanáceas. Como puede verse, las alelosubstancias abarcan un espectro amplísimo en el que son determinantes las relaciones químicas entre los diferentes organismos.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Volviendo al marco delimitado por el suelo, debe recordarse que éste es un medio vivo, y aunque actúa como tampón frente a los productos que aportamos, se puede llegar a degradar, momento en que la tierra pierde su productividad. Enfrentarse a la totalidad de relaciones químicas y biológicas que tienen lugar en el suelo es una tarea inmensa que se puede abordar desde tres posturas.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La primera es la que en general se ha considerado hasta muy recientemente, en que se considera al suelo como un mero soporte donde se aplican los nutrientes y plaguicidas. El resultado último es la degradación, y en ocasiones sustitución por un soporte artificial de cultivo (lana de roca, etc.), adecuado para cultivos dependientes del aporte externo de elementos minerales.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La segunda postura es la radicalmente opuesta, el cultivo natural (del que ha derivado el cultivo ecológico). Aparte las disquisiciones de tipo filosófico de éste, a discutir en otro foro, se pueden encontrar interesantes razonamientos. Un punto de partida es indicar la miopía de la ciencia al pretender conocer y modificar la globalidad estudiando sólo pequeñas porciones de ésta. Debido a la cantidad tan enorme de aspectos a considerar, el cultivo no puede ser controlado adecuadamente y a largo plazo. Por ello, sin pretender modificar más que algunas estrategias de actuación, la técnica del cultivo natural recurre a la propia naturaleza para resolver el problema del desarrollo sostenible.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La tercera postura se plantea desde la evolución del cultivo moderno, debido a los problemas que han ido apareciendo por el uso indiscriminado de fertilizantes, plaguicidas y la aparición de resistencias, agotamiento de los suelos, etc. En cierta forma es un compromiso entre las dos anteriores posturas. Es la vía del manejo integrado de plagas que, sin proponérselo nos conduce a un manejo integrado del cultivo. Conociendo las propias limitaciones, profundiza en una mayor investigación, la cual marca las pautas de manejo sostenible del medio agrícola.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Hace bastantes años que se lleva a cabo el estudio científico de las alelosubstancias, aunque sin embargo, al no haber aportado resultados espectaculares hasta el momento, este tema no ha recibido suficiente atención. Actualmente, además de precisar mejorar el manejo del suelo, debido a la necesidad de encontrar nuevos productos herbicidas y plaguicidas, el estudio de las alelosubstancias adquiere mayor importancia. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

1.3 Alelosubstancias

Al igual que los demás seres vivos, los vegetales también compiten entre ellos por los recursos (agua, alimentos, luz). Pero a diferencia de los animales, las plantas están fijas en una parcela de suelo, por lo que no pueden desplazar a la planta vecina o moverse ellas mismas. Por ello sus estrategias de competencia deben o dirigirse a favorecer la próxima generación, o tratar de minimizar la presencia de vegetales competidores, y pueden hacerlo mediante estrategias biológicas (dispersión de semillas, época de floración, etc.), acciones físicas (sombreamiento) o acciones químicas (emisión de alelosubstancias).

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Muchas plantas, o posiblemente en mayor o menor medida, todas, sintetizan y liberan productos químicos que modifican el crecimiento (generalmente perjudican) de los vegetales vecinos y por ello permiten al productor disponer de más recursos. Se puede observar como una inversión por parte de la planta la síntesis de

substancias no estrictamente relacionadas con el crecimiento y la reproducción, inversión que debe dar un rendimiento adecuado al consumo de energía y alimento efectuados; en este sentido puede comentarse que muchas de las plantas consideradas malas hierbas han sido investigadas para conocer su capacidad de emitir alelosubstancias, con resultados positivos. Esta capacidad les facilita la colonización rápida de terrenos donde no hay comunidades vegetales estables, como son los cultivos. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Las alelosubstancias o sustancias alelopáticas son productos sintetizados por las plantas y también por microorganismos del suelo (un ejemplo de alelosubstancia sintetizada por un microorganismo es la penicilina), con función de competencia y relación entre ellos. Teniendo la capacidad de, a muy bajas concentraciones, modificar el desarrollo de los vegetales, pueden calificarse como fitoreguladores. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

El estudio de estos productos es complejo, puesto que sus efectos se solapan e interfieren con otros efectos sobre las plantas debidos al clima, plagas, enfermedades, competencia física entre vegetales, interacción con animales, etc. Los investigadores deben verificar que las sustancias de estudio tienen un verdadero efecto, y que las plantas las utilizan en sus relaciones químicas (las sustancias con efecto alelopático investigadas pueden no ser liberadas al medio por los vegetales, sino que ser productos biosintéticos de uso propio de la planta). Por otra parte, se debe indicar que las plantas suelen producir mezclas de productos con acción alelopática, que liberan al medio de las más diversas maneras, desde a partir de la descomposición de

los restos vegetales, a la secreción al suelo desde las raíces, pasando por la volatilización, o incluso la biosíntesis de polen alelopático.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Las alelosubstancias no siempre afectan a las plantas directamente, sino que con mucha frecuencia la acción es más sutil, afectando a las micorrizas u otros organismos de la rizosfera de la planta competidora. Debe recordarse que los vegetales dependen más de lo que suele pensarse del equilibrio en su rizosfera, así como de la micorrización. La alteración de estos supone un claro perjuicio para las mismas, puesto que los microorganismos del suelo son mucho más importantes de lo que puede suponerse. En un suelo ecológicamente equilibrado, aquellos permiten que los ciclos de nutrientes se efectúen adecuadamente, y la incidencia de enfermedades es menor que en un suelo empobrecido de vida. Especialmente la zona de la rizosfera (zona del suelo inmediata a las raíces) es muy rica en microorganismos, los cuales almacenan nutrientes en sus tejidos, y con frecuencia son capaces de aprovechar mejor que las plantas algunos recursos.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

Los microorganismos que participan en la degradación de las sustancias orgánicas son también muy beneficiosos gracias a su acción detoxificadora, tanto de alelosubstancias como de plaguicidas u otros productos, con la diferencia que las alelosubstancia son rápidamente degradadas en comparación con los productos fitosanitarios. En cualquier caso, a las concentraciones presentes en el suelo son productos inocuos para los animales.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La eliminación de las alelopatinas de un suelo es sencilla y rápida, puesto que sólo hay que dejar que los microorganismos las descompongan. En un sistema agrícola, donde el tiempo no sobra y los microorganismos del suelo ven sus poblaciones alteradas en variedad y cantidad, las rotaciones de cultivos ayudan a evitar una presencia continuada de un mismo vegetal y con ello una concentración creciente de alelopatinas. Ello es más importante de lo que se cree, puesto que con relativa frecuencia, las alelosubstancias son autotóxicas. Esto ocurre, por ejemplo, en espárrago, girasol, alfalfa, café, o en frutales como el manzano o el melocotonero, donde las alelosubstancias, junto a problemas de plagas y nematodos, dificultan el mantenimiento del cultivo o la replantación. En otros casos es la rotación la que se puede ver afectada, por ejemplo en cultivos de lechuga después de apio, donde la primera tiene problemas de nascencia y crecimiento. En definitiva, aunque se lleva décadas investigando a las alelosubstancias, aún queda mucho por hacer para conseguir un manejo favorable de las mismas.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

En este sentido práctico, se trabaja en tres líneas principales. La primera es buscando nuevas moléculas con capacidad fitosanitaria (fungicida, herbicida, etc.), cuya principal ventaja es la de ser productos de origen natural, poco tóxicos, que actúan a baja concentración, y fácilmente degradables. El principal inconveniente es hallar un producto estable en el tiempo y con una efectividad tan evidente como los fitosanitarios habituales. (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La segunda línea de acción es la selección de variedades vegetales (por ejemplo ya se trabaja en arroz, maíz, trigo, avena, centeno, acelga, guisante, pepino, altramuz, etc.) con capacidad de competir de forma natural contra las malas hierbas. Puede citarse por ejemplo que la mayoría de gramíneas cultivadas (trigo, cebada, avena, centeno, arroz, sorgo) parecen tener capacidad alelopática. A diferencia de las plantas transgénicas, e incluso a diferencia de un cultivo no transgénico, una variedad alelopáticamente activa no precisa un manejo del suelo que resulte especialmente agresivo respecto a la microfauna y microflora del suelo.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

La tercera vía de trabajo procura profundizar los conocimientos de las interacciones entre plantas para mejorar las rotaciones o introducir coberteras adecuadas para los cultivos pero perjudiciales para las principales malas hierbas. Se ha experimentado las sucesiones de cultivos y la utilización de cultivos mixtos como forma de sortear a las malas hierbas. Siendo muchas plantas cultivadas potenciales productoras de alelopatinas, capaces de afectar a las malas hierbas, hay diferentes ensayos que indican acertada la utilización de residuos de determinadas cosechas para minimizar la nascencia de malas hierbas, o incluso cultivos de invierno que se añadirán al suelo como cobertera, antes de la siembra en primavera. En este sentido destaca la utilización de centeno más una leguminosa, que muestra un efecto destacado contra la nascencia de plantas de los géneros *Amaranthus* y *Chenopodium*.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

También se ha mostrado adecuada para limitar el crecimiento de malas hierbas y el mantenimiento del suelo la sucesión de cultivos concretos. Por ejemplo, diversas

experiencias indican un efecto destacable en la sucesión en un mismo año de cereales de invierno y de verano (cebada y maíz, cebada y arroz, por ejemplo), dejando los residuos de cosecha en el suelo. Siendo las producciones individuales menores, la suma de producciones es mayor.

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006).

1.4 ANTECEDENTES SOBRE LA ALELOPATÍA.

El término alelopatía fue acuñado en 1937 por Molisch, para indicar cualquier tipo de interacción bioquímica entre plantas o microorganismos. La alelopatía difiere de la competencia en el sentido de que los mecanismos interactivos entre los microorganismos o plantas, involucra la adición de algún químico por una especie en el ambiente de otra, en vez de la remoción de un recurso del ambiente.

La alelopatía es un componente muy importante de la interferencia entre plantas, por la excreción de sustancias químicas producidas por una planta y liberadas en el ambiente de otras, sufriendo una reducción o anulación en su desarrollo o en cualquier estado fenológico de la misma por una inhibición tóxica causada por las secreciones. (N.A.S., 1981).

En experimentos hechos en invernaderos con cultivos sucesivos en un mismo suelo, se ha identificado cierto número de sustancias tóxicas alelopáticas que son producidas por raíces vivas o que son productos de descomposición de las raíces. En algunos casos, la descomposición de las raíces ha producido más compuestos tóxicos que las raíces vivas. Raíces de avena han producido escopoletina, glicósido de escopoletina, y otras toxinas. (N.A.S., 1981).

En la alelopatía entre plantas, intervienen toxinas vegetales tanto de las hojas como de las raíces; por ejemplo, *Encelia farinosa* A. Gray ex Torr., contiene 3-acetil-6-metoxibenzaldeido en todas las partes de la planta. Este compuesto es tóxico para ciertas plantas que por lo común conviven con dicha especie en habitats desérticos. Otros estudios demostraron que extractos de raíces de *Agropyron repens*, y mezclas de suelo y raíces de *A. repens* inhiben el crecimiento vegetal o impiden la germinación de las semillas de ciertas plantas (N.A.S., 1981).

Debe señalarse también, que la alelopatía tiene la potencialidad para ocasionar inhibición o promover el crecimiento de otras especies. Rice (1984) en su texto titulado “Allelopathy” incluye varios ejemplos de ambas interacciones nocivas y benéficas.

1.5 Antecedentes históricos en alelopatía.

En 1832 De Candolle, botánico francés, se preguntó sobre la existencia de inhibidores naturales secretados por las plantas, los cuales inhiben a otros vegetales. Pensó que esas sustancias existían y eran factores importantes en la ecología vegetal. Sin embargo, sus ideas no fueron aceptadas en esa época. Más tarde Pickering, 1903, descubrió que las raíces de las plantas excretan toxinas.

En la actualidad, con el avance en la técnica de separación de mezclas de compuestos, tales como la cromatografía de papel, cromatografía de placa fina, cromatografía de gases y espectrofotometría, la identificación de algunas de estas sustancias ha sido posible.

El fenómeno de la alelopatía, fue definido por Molish en 1937, como el proceso por el cual una planta desprende al medio ambiente, uno o varios compuestos químicos; estos inhiben el crecimiento de otra planta que vive en el mismo hábitat, o en un hábitat cercano.

Duke (1985), menciona que es necesario establecer cuatro condiciones para que una interacción se pueda considerar como alelopática:

1. Demostrar la existencia de interferencia, describir los síntomas y cuantificar el grado de interferencia.
2. Aislar, ensayar y caracterizar lo(s) aleloquímico(s).
3. Los síntomas de interferencia, previamente diagnosticados, deben ser repetidos por la aplicación de toxina(s) a dosis presentes en la naturaleza.
4. La liberación de la toxina, su movimiento y captación por parte de la planta receptora, debe ser monitoreada y demostrar que la dosis es suficiente para explicar la interferencia observada.

La actividad alelopática depende de diversos factores como por ejemplo: sensibilidad de la especie receptora; liberación de la toxina al medio; actividad e interacciones bióticas y abióticas que ocurren en el suelo con la toxina (microorganismos, temperatura, ph, etc.) (Blum et al, 1992).

Este concepto distingue con nitidez la alelopatía de la competencia, porque esta última significa la reducción de algún factor del medio ambiente necesario para el normal crecimiento de otra planta que vegeta en el mismo hábitat, como ser luz, elementos nutricios o agua. La alelopatía (al no alterar ninguno de estos factores) no

es por lo tanto un fenómeno competitivo, sino que añade al medio un nuevo factor de naturaleza química. Es necesario remarcar que la alelopatía no disminuye la importancia de la competencia o de cualquier otro proceso ecológico, muy por el contrario, en la mayoría de los casos actuarían en conjunto.

En la práctica, se hace difícil discernir si el efecto de una planta sobre otra se debe a alelopatía o a competencia. Es por ello que Muller (1969), sugirió el uso del término "interferencia" para referirse al conjunto de todos los efectos perjudiciales de una planta sobre otra, englobando de esta manera los efectos alelopáticos y los competitivos.

No todas las sustancias liberadas por las plantas son inhibidoras y, por el contrario, algunas manifiestan efectos estimulantes; más aun, ciertos metabolitos pueden provocar reacciones de estímulo o de inhibición, dependiendo de su concentración y de otros factores (Tukey, 1969).

1.6 La alelopatía en la agricultura.

En las últimas décadas la producción agrícola ha dependido de un amplio conjunto de productos agroquímicos creados para controlar un complejo sistema de plagas integrado por arvenses, insectos y organismos patógenos. El uso de estos compuestos químicos es frecuentemente evaluado desde el punto de vista de su eficacia en el control de plagas y enfermedades, con la finalidad de aumentar o sostener los rendimientos de cosecha. Sin embargo, en los últimos años, las evidencias acumuladas están demostrando que el uso a largo plazo e intenso de estos químicos, amenaza la capacidad de mantener la producción de la agricultura en el

futuro próximo (Gliessman, 1989). Sumado a lo anterior, el uso inadecuado y excesivo de agroquímicos está asociado con los problemas siguientes:

- contaminación de fuentes de agua
- desarrollo de resistencia de los organismos a los pesticidas
- pérdida de eficacia de los agroquímicos
- desarrollo de plagas secundarias
- contaminación por residuos en los alimentos
- problemas de salud en los agricultores que realizan las aplicaciones
- aumento en el costo de producción de los cultivos
- contaminación en general del ambiente

La conciencia creciente de estos problemas ha estimulado la búsqueda de maneras para reducir o eliminar el uso de agroquímicos sintéticos. Esto ha originado que recientemente se centre la atención en la aleopatía, especialmente donde los impactos de los aleloquímicos son positivos y han contribuido al desarrollo de estrategias alternativas de control de plagas y enfermedades (Gliessman, 1989). Estas estrategias se han categorizado como:

- prevención de impactos negativos
- explotación de impactos positivos
- manejo y desarrollo de plantas alelopáticas para suprimir arvenses
- desarrollo de aleloquímicos como reguladores de crecimiento o herbicidas
- combinaciones de los enfoques anteriores.

El reemplazo de los costosos y dañinos agroquímicos sintéticos es seguramente una meta de la agricultura sostenible; por lo que, para que la aleopatía pueda

funcionar como una herramienta efectiva en el desarrollo de los agroecosistemas debe evaluarse en un contexto más amplio de la sostenibilidad agrícola.

En nuestro país se han efectuado importantes trabajos de investigación sobre alelopatía, de los cuales se mencionan a continuación sólo algunos:

- Salazar *et al.* (1990) encontraron que la adición de residuos de gobernadora (*Larrea tridentata* L.), epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) o ambas, incrementaron la germinación de frijol en 76%, el rendimiento de semilla en 92% y el peso seco de las plantas en 86.7% en presencia de *Rhizoctonia solani* y el peso seco en 81.3% en presencia de *Pythium aphanidermatum*.
- Díaz *et al* (1997) probaron la actividad antimicótica de los metabolitos secundarios de la gobernadora contra cuatro hongos patógenos del hombre y encontraron actividad significativa en extracto de hexano y en sus fracciones L9, L10, L11 y L16. Estas dos investigaciones indican que la gobernadora posee actividad antimicótica tanto a patógenos de plantas y del hombre.
- Pérez y Ashton (1994) evaluaron en invernadero el potencial alelopático de especies silvestres de tomate (*Lycopersicon* spp.) sobre la germinación y desarrollo de *Solanum nigrum* L. y *Echinochloa crusgalli* L., encontrando un fuerte efecto inhibitor de los extractos y residuos de tomate, sugiriendo que el tejido de tomate posee compuestos solubles en agua que ejercen un efecto alelopático sobre el crecimiento de plántulas de *Solanum* y *Echinochloa*.

El efecto alelopático de una planta sobre otro organismo no es total para bien o para mal, sino que está regido por manifestaciones de mayor o menor grado según sean las características de los organismos involucrados. Sin embargo, el potencial de

productos naturales que pueden ser usados por sus propiedades biológicas particulares como herbicidas, plaguicidas, antibióticos, inhibidores o estimulantes de crecimiento, etc., es prácticamente inagotable.

(www.colpos.mx/cveracruz/SubMenu_Publi/Avances2000/Alelopatia%20y%20diversidad.actualizada en 2007).

El estudio de las interacciones químicas entre las principales especies de un agroecosistema y del impacto de los aleloquímicos en la dinámica y en la producción de los mismos, debe conducirnos hacia metas ecológicas y hacia la búsqueda de mayor información que nos permita aprovechar dicho potencial.

(www.colpos.mx/cveracruz/SubMenu_Publi/Avances2000/Alelopatia%20y%20diversidad.actualizada en 2007).

Estos productos naturales tiene múltiples efectos como se señaló en la definición, efectos que van desde la inhibición o estimulación de los procesos de crecimiento de las plantas vecinas, hasta la inhibición de la germinación de semillas, o bien evitan la acción de insectos y animales comedores de hojas, así como los efectos dañinos de bacterias, hongos y virus. Así, los productos naturales conforman una parte muy importante de los sistemas de defensa de las plantas con la ventaja de ser biodegradables.

(www.colpos.mx/cveracruz/SubMenu_Publi/Avances2000/Alelopatia%20y%20diversidad.actualizada en 2007).

1.7 Definiciones de Alelopatía

La alelopatía es la ciencia que estudia las interrelaciones entre plantas, mediante las relaciones de regulación o repulsión entre ellas y otros organismos. Muchas plantas producen sustancias químicas que repelen a otras plantas, hongos, bacterias, nematodos, virus e insectos, por lo que representan un control natural muy efectivo que en muchos casos evita la utilización de insecticidas, herbicidas y fungicidas. A continuación veremos algunos ejemplos: Caléndula (*Calendula officinalis L.*): Actúa como repelente de nematodos y otras plagas. Cilantro (*Coriandrum sativum L.*): Las flores del cilantro atraen insectos benéficos a los cultivos. Flor de muerto (*Tajetes patula*): Excelente repelente de nematodos, moscas y larvas, sembrado intercalado dentro de los cultivos. Hierbabuena (*Mentha piperita*): Sembrada entre los cultivos por su excelente aroma atrae insectos benéficos, repele polillas y pulgones. Frijol cannalia (*Cannalia ensiformis*): Sembrada en los linderos de los cultivos repele el ataque de hormiga arriera. Manzanilla (*Anthemis nobilis L.*): Sembrada en compañía de otros cultivos estimula su crecimiento favoreciendo la fijación de nutrientes. Menta (*Mentha spicata*): Repele el ataque de áfidos, gusanos tierreros y polillas. Ruda (*Ruta graveolens L.*): Sembrada en los linderos de los cultivos atrae las moscas negras y moscas de las frutas, alejándolas de los cultivos, es decir usada como trampa. Tomillo (*Thymus vulgaris*): Sembrada dentro del cultivo repele zancudos y bacterias, estimula la fauna biológica.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k.actualizada -2007).

En las comunidades bióticas, muchas especies se regulan unas a otras por medio de la producción y liberación de repelentes, atrayentes, estimulantes e inhibidores químicos. La alelopatía se ocupa de las interacciones químicas planta - planta y planta - organismo, ya sean estas perjudiciales o benéficas.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k.actualizada-2007).

La alelopatía es pues, el fenómeno que implica la inhibición directa de una especie por otra ya sea vegetal o animal, usando sustancias tóxicas o disuasivas. La agricultura biológica hace buen uso de todo esto para proteger los cultivos del ataque de algunos insectos-plagas mediante la intercalación de plantas aromáticas dentro del cultivo. Por ejemplo al intercalar ruda en los cultivos de papa.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k.actualizada en 2007).

Estas relaciones se hacen especialmente importantes a medida que las plantas adultas sintetizan esencias y aromas característicos. El fríjol verde y la fresa, por ejemplo, prosperan más cuando son cultivados juntos, que cuando se cultivan separadamente. La lechuga sembrada con espinacas se hace más jugosa cuando se siembra en una proporción de 4 a 1.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm 15k.actualizada en 2007).

Algunas plantas segregan unas sustancias tóxicas que no permiten ser cultivadas en asociación, un ejemplo de éstas es el ajeno cuyas raíces son tóxicas; sin embargo

estas mismas sustancias controlan pulgas y babosas cuando se utilizan en forma de té; también aleja los escarabajos y gorgojos de los granos almacenados. El hinojo, el eneldo y el anís rechazan insectos terrenos.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k. actualizada en 2007).

Como los anteriores ejemplo, existen un sinnúmero de plantas de gran valor por sus propiedades alelopáticas. A continuación ampliaremos algunos aspectos de importancia para todos aquellos que tienen que ver con el sector agropecuario o que sencillamente se interesan por este fabuloso e importante tema.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k. actualizada en 2007).

La alelopatía tanto en su efecto directo como indirecto consigue que una planta ejerza una influencia sobre otra planta a través de la liberación de compuestos químicos al medio. El efecto puede ser tanto positivo como negativo. Evidentemente lo más común es que sea negativo. El efecto puede ser directo o indirecto. Directo: Sobre otra planta o Indirecto: Sobre microorganismos.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k. actualizada en 2007).

Las sustancias pueden afectar a la propia planta lo cual produce autotoxicidad.

Consecuencias de la alelopatía:

- Disminución del crecimiento de los individuos.
- Disminución de la producción de semillas y frutos.

-Muerte de otras especies.

-Inhibición de la germinación de de semillas.

Estos cuatro puntos enumerados se observan a simple vista y es un efecto directo. Esto se produce cuando las sustancias afectan a las plantas a nivel molecular o celular.

Tenemos:

-Alteración de la estructura y permeabilidad de las membranas celulares.

-Alteración en la capacidad de captar H₂O y nutrientes por la raíz.

-Efectos en las tasas fotosintéticas, respiratorias.

(www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm15k.actualizada en 2007).

Los efectos indirectos logran que esas sustancias alelopáticas afectan a bacterias y hongos del suelo que realizan la descomposición de la materia orgánica por lo tanto se va a ver afectada la tasa de descomposición, afecta a la calidad de las plantas,... También estas sustancias afectan a hongos micorrizicos y no se produce la micorrizacion por lo tanto las plantas crecen menos.

Las sustancias alelopáticas se agrupan en dos grandes grupos:

-Sustancias fenolicas: Los fenoles son sustancias que se encuentran en todas las plantas, son solubles al H₂O. Su actividad es más importante en climas húmedos.

-Sustancias terpenoicas: Los terpenos son volátiles, se transmiten por el aire y son importantes en climas secos.

(rinconverde.blogspot.com/2007/01/alelopatia.html.actualizada en 2007).

En la naturaleza, las plantas están expuestas a factores bióticos y abióticos con los cuales han co-evolucionado. La presión de selección ejercida por estos a lo largo del proceso evolutivo provocó el desarrollo en los vegetales de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios. Se sabe que muchos de los mismos juegan un importante rol en interacciones complejas entre organismos vivos en el entorno natural. Entre ellos existen sustancias que producidas por una planta le proporcionan beneficios al provocar determinados efectos sobre otras plantas o animales. Estas sustancias se denominan aleloquímicos y el fenómeno en el cual están involucradas se designa con el nombre de aleloquimia. El término alelopatía (del griego *allelon* = uno al otro, del griego *pathos* = sufrir; efecto injurioso de uno sobre otro) fue utilizado por primera vez por Molisch (1937) para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que, liberados por una planta, ejercen su acción en otra. Siguiendo esta definición en todo fenómeno alelopático existe una planta (donor) que libera al medio ambiente por una determinada vía (por ej. lixiviación, descomposición de residuos, etc.) compuestos químicos los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última. Los compuestos citados que desencadenan el proceso se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005.).

La definición abarca tanto los efectos perjudiciales como benéficos. Es necesario puntualizar que muchas sustancias con actividad alelopática tienen efectos benéficos a muy bajas concentraciones y, superado un determinado umbral, actúan negativamente sobre la planta receptora. Aun así, predomina en la literatura especializada la descripción de efectos negativos. Por otra parte, el término definido por Molisch incluye a hongos y otros microorganismos además de las plantas superiores, puesto que en su tiempo todos ellos se consideraban miembros del reino vegetal.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005.).

La confusión aumenta si se tiene en cuenta que muchos agentes alelopáticos además de tener un efecto sobre plantas, también lo tienen sobre otros tipos de organismos distantes a éstas tales como herbívoros e insectos fitófagos. Evolutivamente es lógico esperar por selección natural la preferencia por modelos de defensa basados en sustancias que presentan actividad biológica sobre un amplio espectro de organismos, lo cual implica para la planta una mayor eficiencia en el uso de su energía. Esto condujo a ciertos autores a ampliar el alcance de la alelopatía. Grummer propuso una designación específica para los diferentes agentes alelopáticos basada en el tipo de planta productora de los mismos y el tipo de planta aceptara. Sin embargo no tuvo amplia aceptación. En opinión de Einhellig esto sería consecuencia de que frecuentemente la fuente emisora de un compuesto alelopático no se conoce *a priori* con claridad. Por ejemplo, compuestos liberados por plantas superiores pueden ser alterados por microorganismos en el suelo antes de que ejerzan su acción sobre la

planta receptora. A su vez es difícil establecer la fuente de producción de un compuesto aislado en el medio edáfico.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005.).

En la literatura a veces al analizar las interacciones entre plantas superiores existió cierta confusión en el uso de los términos alelopatía y competencia. Algunos biólogos han considerado que la alelopatía es parte de la competencia. La competencia entre plantas involucra la reducción en la disponibilidad de algún factor del entorno, debido a su utilización por un individuo vegetal, que es requerido también por otra planta que comparte el mismo hábitat. Entre estos factores citemos el agua, los nutrientes minerales y la luz. En cambio la alelopatía implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto sobre otra.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005.).

Hemos enunciado más arriba que en la alelopatía existe una planta productora del agente alelopático y otra receptora de diferente especie. Cuando la planta productora y la receptora son de la misma especie estamos en presencia de lo que se puede considerar un caso especial en alelopatía llamado **autotoxicidad**.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005.).

1.8 MECANISMOS ALELOPATICOS

1.8.1 Origen y diversidad de los aleloquímicos.

La mayoría de los agentes alelopáticos en plantas superiores, corresponden a metabolitos secundarios. Existe una gran diversidad de estos compuestos, que pueden ser sintetizados por las vías metabólicas, ya sea del ácido shikimico o del acetato, o por una combinación de estas dos rutas biosintéticas (Einhelling, 1995).

1.8.2 Aleloquímicos y hormonas.

Se ha observado que aleloquímicos fenólicos pueden inhibir o aumentar la concentración de la hormona de crecimiento IAA (ácido indol acético), así por ejemplo los monofenoles (p-hidroxibenzoico y vanillico entre otros) reducen la disponibilidad de esta hormona puesto que promueven su descarboxilación, mientras que difenoles y polifenoles (clorogénico y cafeico), inducen el crecimiento ya que inhiben la descarboxilación de esta hormona (Zenk et al, 1963).

Las sustancias químicas implicadas en los fenómenos de alelopatía, pueden ser liberadas por las plantas al medio ambiente a través de: exudaciones radiculares, lixiviación por el agua desde las partes aéreas, descomposición en el suelo de los residuos vegetales o eliminación como compuestos volátiles. Todos estos mecanismos han demostrado ser importantes en el fenómeno de la alelopatía, produciéndose efectos sobre la germinación y crecimiento de las plantas que viven en el mismo hábitat o en hábitat cercanos.

1.8.3 Exudados radiculares.

Por exudados radiculares se extienden todos aquellos compuestos orgánicos, liberados al medio por raíces de plantas sanas e intactas (Rovira, 1969).

Bajo condiciones no estériles de trabajo, se hace difícil establecer si los compuestos detectados son realmente excretados por las raíces, o son el resultado de la actividad de microorganismos presentes en el suelo o medio de cultivo (Rovira, 1969).

Lyon y Wilson 1980, han comprobado que un gran número de plantas exudan una variada gama de compuestos orgánicos bajo condiciones estériles de trabajo. Esto ha sido corroborado por numerosos autores.

Algunos de estos compuestos exudados por las raíces, ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies. La bibliografía establece que estos compuestos fitotóxicos son producidos, tanto por ciertas especies cultivadas, como por especies no cultivadas, entre las cuales se incluyen las malezas; afectando notablemente a los estados fenológicos y desarrollo normal de la planta. (www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006).

Entre las especies cultivadas que presentan estas características, se pueden citar: centeno, avena, cebada, maíz, tomate y pepino, entre otros.

También son varias las especies no cultivadas y malezas; estas producen exudados radiculares inhibitorios para otras especies, entre las cuales se puede citar: *Setaria faberii* Herm (Pega-Pega), *Sorghum halepense* (L) Pers. (Maicillo), *Aristida* sp (Coiron), *Bromus* sp (Pasto del perro) y *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (Pata de

gallina). ([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

Rovira, (1969) establece que son varios los factores que pueden afectar las exudaciones radiculares producidas por una especie determinada. Dentro de ellos los más importantes serían: edad de la planta, temperatura, luz, nutrición, medio de cultivo y enfermedades radiculares.

1.8.4 Lixiviación desde las porciones aéreas.

Un grupo extenso de sustancias, tales como: carbohidratos, aminoácidos orgánicos, fenoles y otros compuestos pueden ser arrastrados por acción del agua, desde las porciones aéreas de ciertas especies. Algunas de estas sustancias han demostrado ser fitotóxicas al inhibir la germinación de semillas de otras especies y el crecimiento de las plántulas. (www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006).

A continuación se citan algunas especies, (tanto cultivadas como malezas), en las cuales se ha encontrado efectos inhibitorios debido a lixiviación de compuestos, tanto de porciones aéreas vivas, como muertas: *Encelia sp.* (Incienso), *Helianthus annuus L.* (Maravilla), *Salvia sp.* (Salvia), *Camelina alyssum (L.)* (Nabo francés), *Melilotus alba Desr.* (Melilotus), *Rhus sp.* (Encinas venenosas), *Juglans sp.* (Nogales), *Bromus sp.* (Pasto del perro), *Brassica napus L.* (Nabo), *Datura stramonium L.* (Chamico) y otros.

([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

En algunos casos, el compuesto lixiviado puede no ser fitotóxico como tal, sino solo después de sufrir ciertas transformaciones en el suelo. Así, el nogal libera –a través de sus hojas y frutos- un glucósido de hidroxijuglona, sustancia que no es fitotóxica. Pero luego de llegar al suelo es hidrolizada por acción de microorganismos, convirtiéndose en juglona (5-hidroxinaftoquinona). Este compuesto se ha comprobado que inhibe la germinación y crecimiento de varias especies, tanto herbáceas como leñosas.

(www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006).

Factores endógenos u exógenos modifican la cantidad y tipo de sustancias lixiviadas desde la parte aérea de las plantas. Entre los primeros se citan como los más importantes: la edad de la planta, edad del tejido, estado fenológico y características anatómicas y morfológicas de las hojas. Temperatura, intensidad de la luz y lluvia, son mencionados como los factores exógenos más relevantes.

([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

1.8.5 Descomposición de residuos vegetales.

Grandes cantidades de sustancias con características inhibitorias son liberadas al medio como resultado de la descomposición microbiológica que sufren los residuos vegetales en el suelo. En otros casos estas sustancias fitotóxicas no están presentes en los residuos vegetales, sino son generadas por microorganismos saprofitos que vienen en residuos vegetales consociados a ellos a partir de algunos de sus constituyentes.

([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

Una gran parte de los estudios concernientes al estudio de alelopatía, están relacionados con la descomposición de residuos de cultivos, debido a la gran masa vegetal que queda sobre el terreno después de recolectarse sus frutos o semillas. Así fue determinada la toxicidad de extractos procedentes de la descomposición de la hoja del trigo, del maíz, del sorgo, de la avena, del centeno, y del arroz.

([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

Es así como por ejemplo una alumna de la Universidad de Chile nos puede reivindicar este hecho al presentarnos su memoria de título: Estudio del efecto alelopático de residuos de centeno sobre malezas presentes en trigo. (Fernández, 1995).

También la descomposición en el suelo de residuos de malezas anuales y perennes, ha generado compuestos orgánicos de marcada toxicidad, manifestada como una reducción en la germinación de semillas o crecimiento de otras especies al ser sembradas en esos suelos y retraso en la fenología de las plantas. Este hecho ha sido observado también bajo condiciones experimentales en las cuales se ha utilizado el agua de drenaje de recipientes que contenían residuos de malezas en descomposición. (www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006).

A continuación se citan algunas especies de malezas que luego de descompuestas en el suelo, han demostrado toxicidad hacia otras especies: Agropyron, Maicillo, Huilmo, Quinguilla, Coiron, Mostaza, Chufa amarilla, Chufa púrpura, Cardo del Canadá, Pasto bermudas. Los residuos de cultivos y malezas incorporados al suelo,

pueden ser degradados por acción de microorganismos bajo distintas concentraciones de oxígeno. ([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

Bajo estas disímiles condiciones las sustancias generadas no son las mismas, variando consecuentemente el efecto inhibitorio de la especie vegetal en estudio. La mayor cantidad de sustancias con características aleloquímicas se ha encontrado cuando el proceso degradativo ocurre en bajos tenores de oxígeno. ([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

Plinio (*Plinius Secundus*, 1 A.D.) observó que el garbanzo (*Cicer arietinum*), la cebada (*Hordeum vulgare*) y la arveja amarga (*Vicia ervilia*) “abrasan la tierra de pan llevar”. Plinio estableció que la sombra del nogal (*Juglans regia*) “es densa y aún causa dolor de cabeza en el hombre y daño a cualquier cosa plantada en su vecindad; y el pino también mata pastos;....”. La percepción de Plinio de la liberación de sustancias por las plantas es clara cuando escribe que “la naturaleza de algunas plantas a pesar de no ser exactamente mortal es nociva debido a sus mezclas de fragancias o a sus jugos...por ejemplo, el rábano y el laurel son dañinos para la vid; puede inferirse que la vid posee un sentido del olfato y es afectada por las fragancias en un grado prodigioso...”. Plinio sostuvo además que “el cytisus y la planta llamada Halimon por los griegos mata árboles”. El afirma más tarde que la mejor manera para matar el helecho (*Pteridium aquilinum*) es romper a golpes el tallo con un palo cuando está en gemación ya que el jugo que se desliza hacia abajo por el helecho y mata por sí mismo las raíces”.

([Www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm](http://www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm). actualizada en 2006).

Culpeper (1633) declaró que la albahaca (*Ocimum*) y la ruda (*ruta*) nunca crecen juntas ni cerca una de otra. Él afirmó también que hay tal antipatía entre la planta de repollo y la vid que una moriría en el lugar donde crece la otra. Browne en su “Jardín de Cyrus” publicado en 1658, informa que “los malos y buenos efluvios de las verduras promueven o debilitan unos a otros”.

Young (1804) sostuvo que el trébol (*Trifolium pratense*) tenía dificultades para crecer en distritos donde se había cultivado la planta constantemente porque el suelo adquiere la enfermedad del trébol. También puntualizó que la enfermedad del trébol puede ser prevenida dejándose un intervalo de 7 a 8 años entre cultivos de trébol.

De Candolle (1832) sugirió que los suelos enfermos en agricultura podrían deberse a exudados de plantas de cultivo y que la rotación de cultivos podría ayudar a aliviar el problema. Él observó en el campo que la presencia de cardos es nociva para la avena. Igualmente se dio cuenta que la Euforbia es nociva para el lino y que las plantas de centeno lo eran para las de trigo (*Triticum aestivum*).

Los antecedentes señalados anteriormente indican que desde muy antiguo se han observado casos de alelopatía, pero no fue sino después del 1900 que se condujeron experimentos científicos para estudiar este fenómeno. Es importante destacar que muchas plantas que son conocidas por sus propiedades medicinales presentan también efectos alelopáticos.

Schreiner y Col. (1907-1911) descubrieron estudiando suelos fatigados la presencia de productos químicos también presentes en plantas en cultivo y que tenían efectos deletéreos sobre muchas plantas cultivadas.

Massey (1925) observó plantaciones de tomate y alfalfa en un radio de hasta 25 metros del tronco del nogal. Las plantas situadas en un radio de hasta 16 metros morían mientras las situadas más allá del mismo crecían sanas. Posteriormente se probó que la juglona, una hidroxinaftoquinona soluble en agua causante del color pardo que tiñe las manos de quienes manipulan nueces, provocaba esta fitotoxicidad. En todas las partes verdes de la planta (hojas, frutos y ramas) se encuentra el 4-glucósido del 1, 4, 5-trihidroxinaftaleno, producto atóxico que luego de ser arrastrado al suelo por las lluvias es hidrolizado y oxidado a juglona. Este compuesto al 0,002% produce inhibición total de germinación de las especies sensibles. La concentración de juglona en el suelo se mantiene por realimentación constante a partir de los árboles de nogal. Por otro lado, no todas las plantas son sensibles a esta sustancia. Especies del género *Rubus* (rosáceas), tales como la zarzamora o la frambuesa, y la gramínea *Poa pratensis* no son afectadas. Luego de la Juglona se identificaron cientos de agentes alelopáticos de naturaleza diversa, como se podrá apreciar más adelante.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9 Naturaleza química de los agentes alelopáticos

Como se indicó anteriormente los agentes alelopáticos son metabolitos secundarios y los compuestos conocidos fueron aislados de las plantas y el suelo. La naturaleza

química de los agentes alelopáticos es muy variada. A medida que progresan las investigaciones en el tema se incorporan nuevos grupos de sustancias a las cuales no se les atribuía esta actividad biológica. Normalmente la literatura especializada los ordena en los siguientes grupos:

1.9.1 Compuestos alifáticos: Pocos de estos compuestos son conocidos por su actividad inhibitoria de la germinación de semillas y el crecimiento de plantas. Comprenden varios ácidos (p.ej. oxálico, crotonico, fórmico, butírico, acético, láctico y succínico) y alcoholes (tales como metanol, etanol, n-propanol y butanol) solubles en agua, que son constituyentes comunes presentes en plantas y suelo. Bajo condiciones aeróbicas los ácidos alifáticos son rápidamente metabolizados en el suelo, por lo cual no pueden considerarse una importante fuente de actividad alelopática.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.2 Lactonas no saturadas: La psilotina y psilotinina son producidas por *Psilotum nudum* y *Twesiperis tannensis*, respectivamente. La protoanemonina es producida por varias ranunculáceas. Son poderosos inhibidores de crecimiento aunque el rol de estos compuestos en alelopatía no se conoce completamente.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualiz en 2005).

1.9.3 Lípidos y ácidos grasos: Existen varios ácidos grasos tanto de plantas terrestres como acuáticas que son inhibitorios de crecimiento vegetal. Se pueden citar

entre otros los ácidos linoleico, mirístico, palmítico, láurico e hidroxiesteárico. Su rol en alelopatía no está completamente investigado.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualiz en 2005).

1.9.4 Terpenoides: Las plantas superiores producen una gran variedad de terpenoides, pero de ellos sólo unos pocos parecen estar involucrados en alelopatía. Frecuentemente estas sustancias se aislaron de plantas que crecen en zonas áridas y semiáridas. Los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores. Son conocidos por su potencial alelopático contra malezas y plantas de cultivo. Entre los más frecuentes con actividad alelopática se pueden citar el alcanfor, α y β pineno, 1,8-cineol, y dipenteno. Dentro de las plantas que los producen podemos citar los géneros *Salvia spp*, *Amaranthus*, *Eucalyptus*, *Artemisia*, y *Pinus*. Un sesquiterpeno destacado es el ácido abscísico una importante hormona vegetal y también agente alelopático.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualiz en 2005).

1.9.5 Glicósidos cianogénicos: Entre ellos se encuentran la durrina y amigdalina (o su forma reducida prunasina) de reconocida actividad alelopática. La hidrólisis de estos compuestos da lugar no sólo a cianhídrico sino también a hidroxibenzaldehído que al oxidarse origina el ácido p-hidroxibenzoico, el cual posee por sí mismo actividad alelopática. La durrina es frecuente entre especies tanto cultivadas como silvestres del género *Sorghum*. Amigdalina y prunasina son frecuentes en semillas de

Prunaceae y *Pomaceae* actuando como inhibidores de germinación. La mayoría de los miembros de la familia *Brassicaceae* producen grandes cantidades de estos glicósidos, los que por hidrólisis producen isotiocianato con igual actividad biológica.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.6 Compuestos aromáticos: Estos comprenden la más extensa cantidad de agentes alelopáticos. Incluye fenoles, derivados de los ácidos benzoicos, derivados del ácido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

Fenoles simples: Entre ellos las hidroxiquinonas y la arbutina, se aislaron de lixiviados de *Arctostaphylos* e inhiben el crecimiento de varias plantas.

Ácido benzoico y derivado: Derivados del ácido benzoico tales como los ácidos hidroxibenzoico y vainílico, están comúnmente involucrados en fenómenos alelopáticos. Dentro de las especies que los contienen se pueden citar el pepino, la avena (*Avena sativa*) y el sorgo. También se detectó la presencia de estos frecuentemente en el suelo.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005)

Ácido cinámico y sus derivados: La mayoría de estos compuestos son derivados de la ruta metabólica del ácido shikímico y están ampliamente distribuidos en las plantas.

Se identificó la presencia de los mismos en pepino, girasol (*Helianthus annuus*) y guayule (*Parthenium argentatum*). Otros derivados de los ácidos cinámicos tales como clorogénico, cafeico, p-cumárico, y ferúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son inhibitorios de una gran variedad de cultivos y malezas. Los efectos tóxicos de estos compuestos son pronunciados debido a su larga persistencia en el suelo y muchos derivados del ácido cinámico han sido identificados como inhibidores de la germinación.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

Quinonas y derivados: varias de las quinonas y sus derivados provienen de la ruta metabólica del ácido shikímico.

Cumarinas: La cumarinas está presente en muchas plantas. La metil esculina fue identificada en *Ruta*, *Avena* e *Imperata*. Compuestos tales como escopolina, escopoletina y furanocumarinas tienen capacidad inhibitoria del crecimiento vegetal.

Flavonoides: Una amplia variedad de flavonoides tales como floridzina (producida por *Malus* y algunas ericáceas) y sus productos de degradación tales como glicósidos de quempferol, quercetina y myrcetina son agentes alelopáticos bien conocidos. (www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

Taninos: Los taninos, tanto los hidrolizables como los condensados, tienen efectos inhibitorios debido a su capacidad para unirse a proteínas. Taninos hidrolizables comunes tales como los ácidos gálico, elágico, trigálico, tetragálico y quebúlico están

ampliamente distribuidos en el reino vegetal. La mayoría están presentes en suelos de bosques en concentraciones suficientes para inhibir nitrificación. Los taninos condensados, los cuales se originan de la polimerización oxidativa de las catequinas, inhiben las bacterias nitrificantes en suelos forestales y reducen el ritmo de descomposición de la materia orgánica el cual es importante para los ciclos de circulación de minerales en el suelo.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.7 Alcaloides: Pocos alcaloides se conocen con actividad alelopática. Algunos como la cocaína, cafeína, cinconina, fisostigmina, quinina, cinconidina, estricnina son reconocidos inhibidores de la germinación. La cebada exuda por sus raíces la gramina que inhibe el crecimiento de *Stellaria media*. La cafeína mata ciertas hierbas sin afectar algunas especies cultivadas como, por ejemplo, el poroto.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.8 Modo de liberación de los agentes alelopáticos

Una variedad de agentes alelopáticos son sintetizados y almacenados en diferentes células de la planta ya sea en forma libre o conjugada con otras moléculas y son liberados en el entorno en respuesta a diferentes stresses bióticos y abióticos. Muy poco se sabe sobre la liberación de aleloquímicos de tejido viviente, incluyendo los modos de regulación o influencia ambiental sobre esos procesos. Por ejemplo, ensayos con sorgo mostraron que al exponer semillas del mismo a radiaciones gamma, las plantas originadas exudaban por sus raíces mayor cantidad de agentes

alelopáticos que plantas provenientes de simiente no sometida a dicho tratamiento. Por otra parte es un interrogante sin respuesta si los aleloquímicos son liberados en forma activa o a través de un escape pasivo. Existen sustancias exudadas por las raíces de ciertas plantas que no pueden aislarse de los tejidos radiculares de éstas. En sorgo las p-benzoquinonas, conocidas como sorgoleone, son exudadas en forma abundante por la raíz. Sin embargo no han sido encontradas en los tejidos radicuales. De todas maneras, se puede afirmar que el modo de liberación de un agente alelopático depende de su naturaleza química. Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por volatilización de sus superficies y a través de lixiviados de hojas y exudados de raíces. Eventualmente, los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de procesos de descomposición, incorporándose a la matriz del suelo. Por tanto existen 4 vías principales de liberación al entorno de los aleloquímicos. A continuación analizaremos cada una de ellas.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

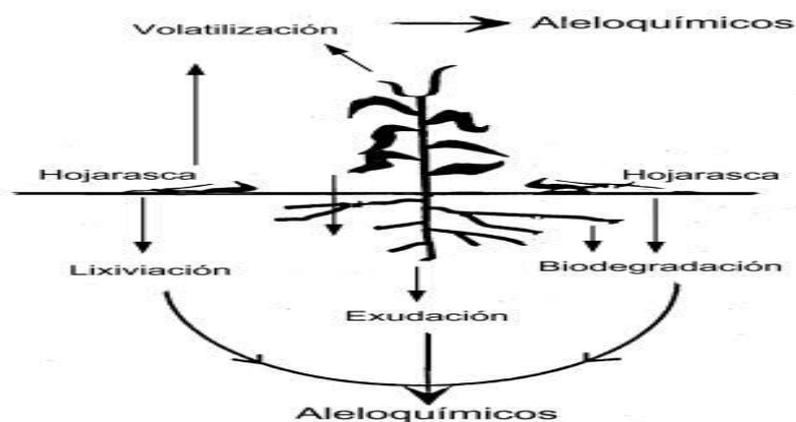


Fig3. Vías a través de las cuales se liberan los agentes alelopáticos al entorno

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.9 Volatilización

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente confinada a plantas que producen terpenoides. Los géneros que comúnmente liberan compuestos volátiles incluyen *Artemisia*, *Salvia*, *Parthenium*, *Eucalyptus* y *Brassica*. Estas sustancias han demostrado también actividad insecticida y como disuasivos alimenticios. La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él. En ecosistemas de desierto y mediterráneos, la liberación de compuestos alelopáticos a través de volatilización es frecuentemente observada, debido al predominio de altas temperaturas, e influencia la distribución de las especies vegetales.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.10 Lixiviación

La lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación. De esta manera se liberan una gran variedad de agentes alelopáticos de diferente naturaleza tales como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides. Se ha determinado la toxicidad de muchos lixiviados de semillas y hojas sobre plantas silvestres y cultivadas. (www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.11 Exudados radiculares

La reducción en rendimiento observada en algunos cultivos en varios casos se ha atribuído a toxinas liberadas por otros y malezas adyacentes. Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación. Los exudados radiculares comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta. La mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cuali y cuantitativamente la liberación de sustancias por las raíces.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.9.12 Descomposición de residuos vegetales

Los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo, y las condiciones de descomposición. Eventualmente las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo ejerciendo su acción. Los compuestos liberados por la planta al suelo sufren frecuentemente transformaciones realizadas por la microflora del mismo, que pueden originar productos con actividad biológica mayor que sus precursores. Investigaciones utilizando extractos acuosos vegetales han demostrado que los inhibidores solubles en agua presentes en la planta de cultivo pueden ser rápidamente liberados durante el proceso de descomposición.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

Nombre de la planta	Efecto inhibitorio sobre la especie blanco	Naturaleza química
<i>Elytrigia repens</i>	Crecimiento de raíces, materia seca, nodulación y fijación de nitrógeno.	No determinada.
<i>Chenopodium murale</i>	Longitud de vástago y espiga y peso seco en trigo	No determinada
<i>Avena spp.</i>	Crecimiento de raíz y brote y longitud de espiga en trigo.	Escopoletina y ácido vainílico.
<i>Bidens pilosa</i>	Área foliar, crecimiento y material seca en maíz, sorgo y lechuga.	No determinada.
<i>Celosia argentea L.</i>	Nodulación en <i>Cajanus cajan</i> y <i>Vigna aconitifolia</i> .	No determinada.
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Crecimiento y nodulación de poroto.	No determinada.
<i>Medicago sativa</i>	Crecimiento de soja, maíz, cebada y rabanito. Cultivo de suspensiones celulares de repollo y tomate.	No determinada. Canavanina
<i>Lycopersicum esculentum</i>	Crecimiento de lechuga y berenjena.	No determinada.
<i>Brassica campestris</i>	Crecimiento de mostaza y autotóxico.	No determinada.
<i>Cucumis sativus</i>	Crecimiento de lechuga.	Acidos benzoico, clorogénico, mirístico

		y palmítico.
<i>Avena spp.</i>	Crecimiento de trigo.	Escopoletina y ácidos benzoico, cumárico y vainílico.
<i>Asparagus officinalis</i>	Autotóxico	No determinada
<i>Triticum aestivum</i>	Crecimiento de avena salvaje.	Acido hidroxámico
<i>Rorippa sylvestris</i>	Crecimiento de plántulas de lechuga.	Hirsutina y pirocatecol, ácidos p-hidroxibenzoico y vainílico

La toxicidad originada en los residuos de plantas proporciona algunos problemas y oportunidades importantes para agrónomos y mateólogos. Por ejemplo, prácticas agrícolas como la siembra directa sobre rastrojo destinado a una mejor conservación de agua y suelo no son aconsejables para ciertas combinaciones de cultivos por los efectos nocivos de las toxinas liberadas de los residuos en descomposición sobre la emergencia, crecimiento y productividad del cultivo siguiente. Por otro lado, también los residuos pueden afectar de igual manera a ciertas malezas.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

Tabla 4. Potencial alelopático de los residuos en descomposición.		
Nombre de la planta	Efecto inhibitorio sobre la especie blanco	Naturaleza química
<i>Agropyron repens</i>	Crecimiento de plantines de alfalfa, maíz y soja.	Ácido 5-hidroxi indol,3-acético.
<i>Parthenium hysterophorus</i>	Germinación de semillas de <i>Brassica napus</i> .	Partenina, coronopilina y ácidos cafeico, p-cumárico, clorogénico, cumárico, hidroxibenzoico y vainílico.
<i>Sorghum halepense</i> L.	Germinación y crecimiento de girasol, tomate y rabanito.	Acidos clorogénico, cumárico, hidroxibenzoico y vainílico.
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Rendimiento de tomate, arroz, repollo, pepino, zanahoria, soja y algodón.	Polifenoles y sesquiterpenos.
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Germinación y crecimiento de remolacha azucarera, lechuga, arveja, tomate, maíz, soja y tabaco.	Acidos ferúlico, hidroxibenzoico, siríngico y vainílico.
<i>Setaria viridis</i> L.	Crecimiento de soja, maíz y sorgo.	No determinada.
<i>Chenopodium album</i> y <i>C. murale</i>	Germinación y crecimiento de trigo, centeno, maíz, soja, mostaza y garbanzo. Incorporación de nutrientes	No determinada.

	en maíz, soja y tomate.	
<i>Imperata cylindrical</i>	Crecimiento de maíz, centeno, sorgo y tomate.	Escopolina, Escopoletina y ácidos benzoico, clorogénico, cumárico, gentísico y vainílico.
<i>Xanthium spp.</i>	Germinación y crecimiento de trigo, maíz, tabaco, garbanzo, repollo y lechuga.	Acidos Benzoico, cafeico, clorogénico y cumárico.
<i>Artemisia princeps</i>	Crecimiento, peso seco y contenido calórico de <i>Lactuca</i> , <i>Plantago</i> , <i>Chrysantemum</i> y <i>Achryranthus</i> .	No determinada.

1.10 MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS AGENTES ALELOPÁTICOS

1.10.1 Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción

Debido a la diversidad de naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora. La comprensión del mecanismo de acción de un compuesto alelopático determinado tiene varios inconvenientes. En condiciones naturales las cantidades en que se encuentran disponibles muchas de estas sustancias son inferiores a las que presentan actividad en bioensayos en laboratorio. Esto se debe a que frecuentemente existen interacciones sinérgicas y aditivas, lo cual dificulta determinar la actuación de cada compuesto. Esa presencia mínima de sustancia

también dificulta su recuperación para ser utilizados en estudios de efectos fisiológicos y a nivel subcelular. Estudiando un agente alelopático en particular, muchas veces es difícil diferenciar efectos secundarios de la causa primaria de acción. La importancia del estudio de cómo actúan estas sustancias es evidente si se tiene en cuenta que son aproximadamente sólo doce los sitios moleculares de acción conocidos de los herbicidas actualmente utilizados en agricultura y entre las malezas es logarítmico el ritmo de aparición de resistencias a los productos comerciales en uso. Se deduce fácilmente que la utilización de sustancias con nuevos sitios de acción diferentes a los explotados hasta el momento permitiría reducir el impacto de éste problema.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

La literatura nos brinda alguna comprensión de los mecanismos de acción de agentes alelopáticos pero, por todo lo señalado anteriormente, falta todavía más claridad respecto a cómo afectan el crecimiento de las plantas receptoras. Los más estudiados hasta el presente en este aspecto son los compuestos fenólicos. Es una aproximación interesante seguir la trayectoria de estas sustancias a través de la planta mediante moléculas de las mismas marcadas con C^{14} . Esto permite entender a qué partes son predominantemente transportados y en qué tejidos es factible que ejerzan su acción. Los primeros estudios de este tipo mostraron que semillas en germinación de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebada son capaces de incorporar cumarina y los ácidos cinámico, cafeico y ferúlico. Otros trabajos con plantines indican que los ácidos salicílico, ferúlico y p-hidroxibenzoico son rápidamente extraídos de medios nutritivos y traslocados a través de la planta. Desgraciadamente, no se han utilizado moléculas

marcadas con radioisótopos para la mayoría de los agentes alelopáticos. A continuación se analizarán diferentes aproximaciones destinadas a comprender los mecanismos de acción de estas sustancias.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.10.2 Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos

El etileno es una importante hormona vegetal cuya síntesis es estimulada por las auxinas en muchos tipos de células vegetales. A pesar de los efectos observados sobre los niveles de éstas últimas descritos anteriormente, hasta el presente no se han detectado cambios que se espera provocarían los mismos sobre los niveles de etileno. Es importante destacar que el etileno se puede considerar también un agente alelopático, siendo liberado en cantidades significativas por los residuos vegetales en descomposición con capacidad para provocar retardo en la elongación de tallos, hojas y raíces.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005)

Varios compuestos fenólicos inhiben la acción de otras fitohormonas, las giberelinas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por las mismas. Se sabe que los ácidos ferúlico, p-cumárico, vainílico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas. Muchos taninos también lo hacen, provocando paralelamente una reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas tales como la amilasa y la fosfatasa ácida en endosperma de semillas de cebada. En simiente de maíz el ácido ferúlico provoca un efecto similar.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

El ácido abscísico (ABA), es una hormona vegetal cuyo incremento en la planta normalmente está asociado a una condición de stress fisiológico. Un stress hídrico conduce a un incremento en los niveles de esta sustancia provocando el cierre de estomas. Aparentemente la cumarina y varios flavonoides tienen actividad antagónica contra el efecto inhibitorio del ABA y estimulan el crecimiento inducido por el ácido giberélico. La inhibición de crecimiento de plántulas de pepino debida a ácido ferúlico y otros compuestos fenólicos ha sido correlacionada con el incremento en los niveles de ácido abscísico.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

En definitiva, parece que muchos compuestos fenólicos son capaces de provocar alteraciones en el balance hormonal de la planta receptora, lo cual en ciertos casos conducen a una inhibición del crecimiento. Tal vez, algunas sustancias de esta naturaleza de origen endógeno tengan algún rol en la regulación del crecimiento en la propia planta productora.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

1.10.3 Efectos sobre la actividad enzimática

Existen muchos compuestos alelopáticos con capacidad de modificar ya sea la síntesis o la actividad de enzimas tanto *in vivo* como *in vitro*. La mayoría de estas

sustancias han demostrado un efecto dual sobre la regulación de la actividad enzimática. Provocan un incremento en ésta última cuando se encuentran en bajas concentraciones. En la situación opuesta se observa una reducción de actividad. Por ejemplo, plántulas de maíz tratadas con ácido ferúlico mostraron un incremento en los niveles de enzimas oxidativas (peroxidasas, catalasa y ácido indol acético oxidasa) junto con una elevación de enzimas de la ruta del ácido shikímico tales como fenil alanina amonio liasa y la cinamil alcohol deshidrogenasa involucrada en la síntesis de compuestos fenilpropanoides. También al ácido ferúlico se le atribuye la inhibición de enzimas hidrolíticas tales como amilasa, maltasa, invertasa, proteasa y fosfatasa ácida involucradas en la movilización de material de alimento.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.10.4 Efectos sobre la fotosíntesis

Se han realizado experimentos con plantas enteras, suspensiones de células y cloroplastos para averiguar si los agentes alelopáticos eran capaces de inhibir el proceso fotosintético. Bioensayos con *Abutilon theophrasti* y *Lemna minor* demostraron que varios ácidos derivados del benzoico y el cinámico (p. ej. el ácido ferúlico), escopoletina y clorogénico en bajas concentraciones eran capaces de inhibir la fotosíntesis de plantas enteras. Experimentos con suspensiones de células foliares de *Abutilon theophrasti*, mostraron que el ácido ferúlico, p-cumárico, clorogénico y vainílico son capaces de inhibir la fotosíntesis con concentraciones de los aleloquímicos menores a las requeridas para planta entera.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

Es necesario aclarar que el efecto inhibitorio del agente alelopático sobre la fotosíntesis no necesariamente acontece en los eventos primarios del proceso, sino como resultado de una modificación en los niveles de clorofila o por cierre de los estomas y la subsecuente reducción en la provisión de CO₂ vital para la producción de fotosintatos. En soya los ácidos ferúlico, vainílico y p-cumárico reducen el contenido de clorofila. En sorgo, las mismas sustancias no provocan esa disminución. Los ácidos ferúlico, p-cumárico y otros cinámicos a bajas concentraciones revierten el cierre de estomas mediado por ABA y estimulan la fotosíntesis. A concentraciones altas, sin embargo, provocan el cierre de los estomas e inhibición del proceso fotosintético. La experimentación con cloroplastos permite eliminar la interferencia de los factores indicados. Los ácidos fenólicos actúan en concentraciones relativamente altas inhibiendo el transporte de electrones lo que sugeriría según Einhellig que el sitio blanco de acción de estas sustancias es otro. Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural del cloroplasto.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

1.10.5 Efectos sobre respiración

Para estudiar el efecto de los aleloquímicos sobre la respiración, normalmente se ensayan los mismos sobre suspensiones mitocondriales. Entre los compuestos fenólicos el orden de mayor a menor actividad es quinonas > flavonoides > cumarinas > ácidos fenólicos. Las quinonas sorgoleone y juglona son efectivos inhibidores a muy baja concentración. Nuevamente el sorgoleone afecta el transporte

de electrones, mientras que la juglona afecta la incorporación mitocondrial de oxígeno.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005).

Flavonoides tales como la quercetina, naringenina y umbeliferona inhiben la producción de ATP en la mitocondria.

1.10.6 Efectos sobre procesos asociados a membranas

Los derivados de los ácidos benzoico y cinámico tienen profundos efectos sobre las membranas. Son capaces de provocar cambios en la polaridad lo cual provocaría alteraciones en la estructura y permeabilidad de las mismas. Otras sustancias como el ácido hidroxibutírico también presente en rastrojos, provoca efectos similares.

Los ácidos fenólicos tienen un efecto directo sobre la incorporación de iones. Todos los ácidos benzoicos y cinámicos implicados en alelopatía inhiben el ritmo de incorporación de fósforo y potasio en raíces cortadas. También algunos flavonoides inhiben la absorción mineral. La inhibición de las ATPasas de membranas y la alteración en la permeabilidad de las mismas pueden contribuir a la reducción en la incorporación mineral. Estudios en sorgo muestran que el ácido ferúlico reduce los niveles de fósforo y potasio en la parte aérea y las raíces de la planta después de 3 a 6 días de tratamiento. Los contenidos de magnesio, hierro y calcio también se ven afectados. Se conocen efectos aditivos sobre la incorporación de minerales como el observado en la incorporación de fósforo por plantas de pepino (*Cucumis sativus*) cuando se las trata con una mezcla de los ácidos ferúlico, vainíllico y p-cumárico.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

Los ácidos fenólicos también pueden alterar el contenido de minerales en la planta receptora. En Caupí (*Vigna sinensis*) bioensayos mostraron que los ácidos cafeico, siríngico, y protocatéuico reducen los contenidos en nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y molibdeno, pero los niveles de magnesio no son alterados. Experiencias a lo largo de 7 semanas con el ácido clorogénico en *Amaranthus retroflexus* mostraron alteraciones en los contenidos minerales de ésta especie. Los niveles de fósforo descendieron y se incrementaron los de nitrógeno, sin sufrir alteraciones los de potasio.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

Los ácidos fenólicos y las cumarinas alelopáticas también provocan alteraciones en el contenido de agua en la planta. Para estudiar su variación se determinaron las relaciones de isótopos de carbono asimilados en tejido foliar. Se observó una alteración crónica en la eficiencia en el uso del agua por exposición sostenida a diferentes aleloquímicos fenólicos a concentraciones cercanas a las que inhiben el crecimiento. Por ejemplo, el ácido ferúlico reduce la incorporación de agua por las raíces. Paralelamente, eleva los niveles endógenos de ABA. También se ha demostrado que combinaciones de estos compuestos son capaces de provocar el mismo efecto.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.actualizada en 2005).

1.10.7 Metodología de la investigación en alelopatía

La investigación de un fenómeno alelopático es compleja. Esto se debe fundamentalmente a que el metabolito luego de su liberación al entorno puede sufrir transformaciones que aumenten o disminuyan su actividad antes de tomar contacto con la especie receptora. Por ejemplo, si el aleloquímico es una sustancia presente en el suelo, la microflora puede transformarlo. A su vez, la actividad de la misma dependerá de su composición cuali y cuantitativa la cual está sujeta a la acción de factores abióticos (p. ej. humedad y temperatura) o bióticos (p. ej. exudados microbianos).

En forma general la investigación en alelopatía comprende 2 etapas:

1. Fase biológica – ecológica.
2. Fase química – analítica.

Fase biológica – ecológica: Se observa si en condiciones de campo existe una aparente interacción negativa severa entre plantas. Esta puede visualizarse, entre otros, como zonas de suelo desnudo alrededor de vegetación arbustiva, cobertura vegetal rala bajo un grupo de árboles, persistencia de un estado particular dentro de la sucesión vegetal o impedimento del desarrollo o reducción del rendimiento en un cultivo infestado con una maleza agresiva en particular.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualiz en 2005).

El siguiente paso es determinar si competencia, alelopatía u otro proceso (un patógeno vegetal, una plaga, etc) es responsable de la reducción de crecimiento

observada en la especie afectada. Normalmente si el efecto observado no puede atribuirse a variables físicas ambientales (pH, temperatura, nutrientes minerales y contenido de agua), ni a los procesos indicados anteriormente, se considera que la alelopatía es la causa.

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada -2007)

A continuación, debe determinarse el mecanismo de liberación y el camino por el cual se mueve el supuesto aleloquímico en el medio. Los métodos de extracción deben tratar de simular las rutas de entrada de las sustancias tóxicas al entorno natural.

1.11 INTERFERENCIA Y ALELOPATIA

Es frecuente que las plantas vecinas que comparten un mismo hábitat interactúen entre sí de una forma negativa dando lugar a un fenómeno llamado interferencia. Esta puede deberse a la competencia las plantas, que es la demanda activa y simultánea por algún factor de producción como minerales, nutrimentos y luz o a fenómenos alelopáticos cuyos efectos dependen de la liberación de uno o más compuestos químicos al ambiente por parte de una planta emisora y de la asimilación de dichos compuestos por otra planta receptora. (Castrillon, 2000).

Existen muy pocos estudios que hayan separado claramente los componentes de la interferencia, debido a la complejidad del problema. Empíricamente el fenómeno ha sido observado desde hace mucho tiempo por productores agrícolas e investigadores, confundándose muchas veces competencia con alelopatía. Sin embargo, en un

estudio de 1990 realizado en Chile por INIA, sobre control de malezas específicas de importancia agronómica, se señala, sobre la base de observaciones de ensayos de campo, que probablemente el factor alelopático sea el preponderante en la interferencia de muchas malezas asociadas a cultivos. (Castrillon, 2000).

1.12 PRUEBAS DE ALELOPATÍA

A pesar de que un gran número de estudios ha sugerido la participación de la alelopatía en fenómenos. De interferencia entre plantas, no existen criterios uniformes entre los investigadores para caracterizar con nitidez el fenómeno alelopático. Se ha propuesto un protocolo para caracterizarlo, que consiste en la siguiente secuencia de estudios:

1. Demostrar la existencia de interferencia, describir la sintomatología y cuantificar sus efectos.
2. Aislar y caracterizar el o los compuestos químicos producidos por la planta emisora y ensayarlos sobre la planta receptora. La identificación de compuestos químicos es una etapa clave para probar la existencia de la alelopatía.
3. Verificar los síntomas de la interferencia con el o los compuestos puros aislados de la planta emisora.
4. Demostrar la liberación del compuesto por la planta emisora, su movimiento hacia la planta receptora y su asimilación por parte de ésta, y demostrar que estos fenómenos ocurren a concentraciones compatibles con los efectos observados en los estudios previos. (CID, 2000).

Este último punto es quizás el que más confusión ha provocado en la literatura sobre alelopatía. No basta que una planta produzca un compuesto químico con actividad

fitotóxica para suponer actividad alelopática. Además, dicho compuesto debe ser liberado al ambiente ya sea por volatilización, exudación por la raíz o descomposición de residuos de la planta. En estudios realizados en el Laboratorio de Química Ecológica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile sobre la interferencia de la avenilla *Avena fatua* L. sobre el trigo *Triticum aestivum* L. se encontró que los ácidos hidroxámicos (Hx) producidos por la planta de trigo, eran inhibidores del crecimiento tanto de la raíz como del coleoptilo de la avenilla. (CID, 2000).

La sospecha de que los Hx pudieran estar involucrados en alelopatía fue descartada al encontrarse que estos compuestos no llegaban a estar en contacto con las plantas de avenillas, ya que no eran volátiles no se encontraron en exudados de raíz y la tierra donde crecía la avenilla no contenía residuos de trigo. Sin embargo, estudios semejantes realizados sobre la avenilla indicaron que ésta sí exuda, a través de sus raíces, compuestos químicos de bajo peso molecular, como la escopoletina y el ácido vanillico, que son fitotóxicos para la planta de trigo. Estos estudios sugieren fuertemente que en la interferencia avenilla-trigo está involucrado un factor alelopático. Probablemente éste sea el responsable de las reducciones de rendimientos de los cultivos de trigo que normalmente se producen cuando existe una alta densidad de plantas de avenilla. (CID, 2000).

1.13 ALELOPATÍA Y AGRICULTURA

La posibilidad de emplear la alelopatía en agricultura es, probablemente, una de las causas que han provocado un significativo aumento de las investigaciones en esta

área de la ciencia durante la última década. (Manual Agropecuario, biblioteca del campo, 2002).

Estos estudios se han orientado principalmente a la búsqueda de factores alelopáticos en la interferencia de malezas asociadas a cultivos, que provocan bajas en los rendimientos de éstos: al estudio de efectos alelopáticos de plantas de cultivo sobre otras plantas de cultivo, principalmente referido a problemas de autotoxicidad y de residuos orgánicos que dejaría un cultivo dentro de una secuencia o rotación de cultivos: y a examinar y seleccionar el potencial alelopático de distintas variedades de plantas de cultivo, a objeto de utilizar esta propiedad en el control de malezas asociadas a dichos cultivos. Además existe un gran interés en la búsqueda de compuestos químicos producidos por plantas que muestren propiedades alelopáticas por su potencial uso como herbicidas naturales. (Manual Agropecuario, biblioteca del campo, 2002).

Las pérdidas de grano debido a malezas han sido estimadas en los Estados Unidos de Norteamérica en una cifra cercana a los 10 billones de dólares al año: para el caso de Chile esta misma cifra se ha estimado en 221 millones. Históricamente los investigadores han analizado el problema de la disminución de rendimiento de los cultivos por interferencia de malezas considerando sólo el factor competencia a pesar de no existir evidencias que así lo probaran. (Manual Agropecuario, biblioteca del campo, 2002).

La evaluación del factor alelopático es particularmente relevante para el caso de cultivos importantes que presentan malezas obligadas, es decir, malezas que

aparecen siempre con el cultivo en huertos frutales. Estos estudios podrían conducir a un mejor manejo de las malezas asociadas a cultivos, con el consiguiente aumento en el rendimiento de ellos y la disminución del uso de herbicidas sintéticos. (CID, 2000.).

Theophrastus observó y describió el efecto inhibitorio de una planta de cultivo sobre otra hace más de 2.000 años. A pesar de esto, una investigación científica rigurosa para verificar dichas observaciones no fue realizada sino hasta comienzos del siglo XX. Actualmente, la mayor parte de los investigadores señalan que en cualquier suelo donde se siembre repetidamente un mismo cultivo, el rendimiento de éste experimenta una baja. El monocultivo de cereales (trigo, maíz, cebada, etc.) normalmente no se practica por problemas sanitarios, ya que produce un aumento de las plagas insectiles y de las enfermedades fungosas y bacterianas así como también de nemátodos y ácaros. (CID, 2000.).

Este fenómeno está bien fundamentado, sin embargo, últimamente se han encontrado evidencias que la alelopatía también jugaría un rol muy importante en esta baja de los rendimientos en los monocultivos. En Taiwán, por ejemplo, donde el arroz se planta dos veces al año con un intervalo de tiempo muy corto entre ambos cultivos, el rendimiento del segundo cultivo disminuye en un 25% con respecto al primero. Estas observaciones han sido verificadas en el laboratorio, encontrándose cinco compuestos con actividad fitotóxica en los residuos dejados por la planta de arroz. Estudios de esta naturaleza debieran realizarse con otros cultivos, de manera de poder planificar la secuencia de cultivos más apropiadamente tanto desde el punto de vista sanitario como de la alelopatía. (CID, 2000.).

La selección de las plantas de cultivo por el hombre ha sido realizada generalmente, considerando prioritariamente factores como rendimiento y calidad del órgano consumido. Sin embargo, parece existir consenso entre los fitomejoradores, en el sentido que esta presión de selección ha disminuido notoriamente la rusticidad de las especies mejoradas, entre ellas las propiedades alelopáticas de las plantas de cultivo. (Varios autores, 2002.).

En un estudio realizado con 3.000 variedades cultivadas de avena, se encontró que sólo 25 de ellas eran capaces de exudar escopoletina por la raíz, propiedad que presentan todas las avenas silvestres. La posibilidad de alterar el genoma de plantas de cultivo con el objeto de aumentar sus propiedades alelopáticas, puede hoy en día lograrse, ya sea a través de programas de fitomejoramiento clásicos, o bien, a través del uso de técnicas de biología molecular. Esto último implica la identificación del compuesto químico que provoca el efecto deseado, el conocimiento de su producción y regulación en la planta y, finalmente, el desarrollo de una estrategia de ingeniería genética que permita trasladar el o los genes en cuestión a una planta de cultivo. (Varios autores, 2002.).

1.14 NATURALEZA QUÍMICA Y MECANISMOS DE ACCIÓN DE COMPUESTOS ALELOQUÍMICOS.

La mayor parte de los compuestos químicos involucrados en alelopatía son metabolitos secundarios, originados a través de las rutas biosintéticas del ácido shikímico y del acetato. Estos compuestos incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, quinonas, terpenoides, esteroides, purinas, ácidos grasos insaturados, lactonas

insaturadas. Sin duda, dada la diversidad estructural de estos compuestos, es imposible pensar en un modo de acción común. (CID, 2000).

El problema se complica aún más, ya que muchos de estos compuestos se comportan de manera diferente dependiendo de la concentración. Es así como un mismo compuesto puede ser inhibidor del crecimiento a concentraciones altas (milimolar) o estimulador a concentraciones bajas (micromolar). La mayor parte de la información disponible sobre evaluación del modo de acción de compuestos aleloquímicos, se refiere a los ácidos fenólicos, especialmente los derivados del ácido benzoico y cinámico. Estos compuestos afectan al parecer todas las funciones previamente descritas y se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Sin embargo, de esta información no se puede concluir que sean los más importantes o los con mayor actividad biológica. (Manual Agropecuario, biblioteca del campo, 2002).

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 MATERIALES BIOLÓGICOS

Semillas de tomate riñón.

Sustrato de siembra:

- Tierra.
- Tierra negra.
- Cascarilla de arroz.
- Arena.

2.1.2 MATERIALES FISICOS

Construcción de dos invernaderos (uno para realizar la investigación con un área de 71m² y el otro de igual superficie, para obtener la materia prima que se utilizará para hacer los diferentes tratamientos que serán utilizados en la investigación).

Macetas (fundas plásticas).

Plástico de invernadero # 6.

Madera.

Baldes.

Cernideros.

Clavos.

Martillo.

Grapas.

Grapadora.

Palas.

Alambre galvanizado.

Piolas.

Licuadora.

Cinta.

Malla.

2.1.3 MATERIALES QUÍMICOS

Plaguicidas de sello verde.

2.2 IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR

Esta investigación se encuentra ubicada en el cantón de Gualaceo, en el sector urbano de la ciudad, propiedad del señor Pompilio Maldonado P., con una altitud de 2220 m.s.n.m. y con una temperatura promedio diaria de 17 °C.

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

Altitud: 2220 m.s.n.m.

Temperatura promedio diaria: 17 °C al ambiente.

Ph del suelo: 6,8.

Humedad ambiental: 70- 80%.

2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones; cada Unidad experimental estuvo constituida de 10 plantas (macetas).

2.4.1 ESQUEMA DEL DISEÑO

	I	II	III	IV	V
T1	Hojas más fruto	Hojas más Fruto	Testigo	Raíz	Maleza
T2	Testigo	Raíz	Hojas más fruto	Testigo	Raíz
T3	Maleza	Maleza	Raíz	Hojas más fruto	Testigo
T4	Raíz	Testigo	Maleza	Maleza	Hojas mas fruto

2.5 MANEJO ESPECÍFICO DE LA INVESTIGACIÓN

En esta investigación se construyó un semillero de 2m², utilizando tierra negra (tierra de cerro) ya que esta es excelente para este propósito y nos permite realizar las diferentes labores culturales en el semillero (rascadillo, raleo, etc.), es necesario realizar una desinfección del semillero para evitar problemas por hongos, bacterias y nemátodos, aquí se empleó productos desinfectantes adecuados como Carbofuran 10G y Vitavax; o a su vez se utilizó agua hervida como desinfectante.

Luego se procedió a construir el semillero de tipo camellón con unos 0,20m de altura, procediendo a la siembra, colocando la semilla a choro continuo distanciada

una fila de otra por 10cm y con una profundidad de 1,5cm, luego se cubrieron todas las filas con arena de río, lavada y desinfectada, luego se colocó una cubierta con malla para evitar la molestia con los pájaros y por último se efectuó el riego, el mismo que se realizó todos los días dependiendo de la humedad del terreno.

El trasplante se efectuó regando las plantas el día anterior, para que se encuentre suave el terreno y así evitar roturas de raicillas, procediendo a trasplantarlas en las fundas correspondientes las mismas que tenían un volumen de sustrato equivalente a 600cm³.

En el proyecto se regó las plantas con un promedio de 210.4 l. por día en la primera etapa fenológica (0 – 30 días), en la segunda etapa o vegetativa (31 – 70 días) se regó 263 l. diarios y en la tercera etapa fenológica (70 días en adelante) se utilizó 300 l. por día, a su vez utilizando las siguientes partes de extractos:

T1: Extracto del fruto más hojas de tomate riñón.

T2: Extracto de raíz de tomate riñón.

T3: Extracto de malezas (Principales de la zona. Ejemplo: Kikuyo)

T4: Testigo. (Agua más nutrientes)

De los diferentes tratamientos se observó y se midió el grado o magnitud alelopática en los distintos estados de la planta (etapas fenológicas). Sin olvidar que la relación extracto - agua es 0.5:1. Procediendo a realizar la toma de datos de la siguiente manera:

2.6 VARIABLES EVALUADAS

- Altura de la planta: la cual se tomó desde el cuello hasta el ápice vegetativo, cada 15 días.

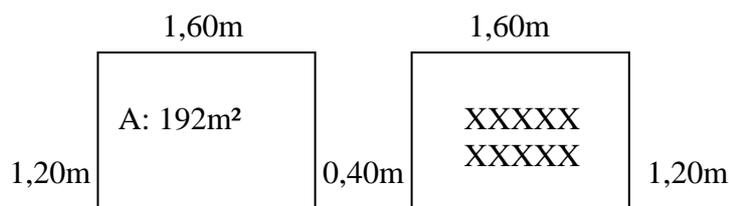
- Número de hojas: en este caso se evaluó datos cada 15 días, observando los estados fenológicos de la planta y manteniendo un conteo de hojas total de la planta.
- Diámetro del cuello de la planta cada 15 días.
- Número de días transcurridos hasta alcanzar el nuevo estado fenológico.
- Rendimiento expresado en kilos por tratamiento, obtenido en los dos primeros meses de cosechas.
- Peso seco o materia seca expresado en kilogramos por tratamiento, tomando datos específicos al final del proyecto.

El sustrato que se utilizó, estuvo conformado por tierra del sitio más arena y más cascarilla de arroz, en las siguientes proporciones: 2: 1: 1.

Las dimensiones por bloque de plantas son de 1.20m x 1.60m, con una área por bloque de 1,92m, en el cual se colocó 10 plantas, con caminos de 0.40m entre bloques, obteniendo un área total de 71m².

La toma de datos se realizó desde el momento del trasplante que corresponde al segundo mes, hasta la primera cosecha (70 - 80 días después del trasplante), que involucra cosechas continuas, podas, tutores y manejo en general del cultivo hasta los 8 meses.

Grafico: Dimensión de bloques y caminos. (Ver anexo Nro 1.)



2.7 CONTROL FITOSANITARIO

Para el control fitosanitario se utilizó los siguientes plaguicidas para las respectivas plagas o enfermedades:

<i>Fusarium</i>	Benomilo, (Pilarben ó Bavistin).
Sclerotinia	Iprodione, (Rovral: 1gr/lit de agua).
<i>Phytophthora</i>	Clorotalonil, (Daconil: 2cc/lit de agua). Metalaxil + Mancoceb, (Ridomil: 4gr/lit de agua).
Cenicilla	Penconazol, (Topas). Propiconazol, (Aval) y Azufre micronizado.
<i>Botrytis</i>	Sulfato de cobre pentahidratado, (Pentacobre: 2cc/lit de agua). Pyrimetamil, (Scala: 1cc/lit de agua). Iprodione, (Rovral: 1cc/lit de agua). Clorotalonil, (Daconil: 2cc/lit de agua).
Mosca Blanca	Metomilo, (Methavin: 1 gr/lit de agua). Buprofezin, (Aplaud: 2gr/lit de agua). Endosulfan, (Palmarol: 2cc/lit de agua).
Minadores	Thyociclan hidrogenoxalato, (Eviset: 1gr/lit de agua). Abamectina, (Newmectin: 0,5cc/lit de agua).

Para la fertirrigación se utilizó los siguientes productos:

- Hakapos morado 13- 40 – 13 de la primera a la tercera semana, tres veces por semana, 1gr/lit de agua. En la cuarta y sexta semana se utilizó el mismo producto con una dosis de 2 – 4gr/lit de agua.
- Hakapos naranja 15 – 5 – 30 de la séptima a la doceava semana, dos veces por semana en una dosis de 2 – 3gr/lit.

- Nitrato de calcio 4 – 5 gr/lt, una vez por semana rotando con los otros productos con sus diferentes dosis.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 COMENTARIO

En el presente trabajo investigativo se obtuvo resultados coherentes con respecto a los efectos alelopáticos del tomate riñón bajo invernadero, en donde se observó que tales efectos causan daños significativos en la mayoría de las variables estudiadas; trayendo consigo bajas en la producción, retardo en alcanzar las nuevas etapas fenológicas, entre otros. De esta manera es indispensable que el estudio de la alelopatía sea permanente y se mantenga a través del tiempo, para así contrarrestar los efectos que estas puedan causar a futuras plantaciones.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta investigación.

3.2 ALTURA DE PLANTA

3.2.1 Tabla #1: Altura de planta a los 150 días.

Valor	Promedio (cm)	Orden según análisis	Rango
1	207,772	1	A
2	189,334	4	AB
3	181,084	2	AB
4	199,360	3	B

Se observó que en el periodo de 30 a 120 días con respecto a la altura de la planta, diámetro de cuello y número de hojas no existió ningún efecto alelopático; sin embargo a los 150 días, específicamente a lo que corresponde la variable de altura de la planta presentó una variación a favor de los tratamientos 1 y 4 y comparando con el testigo que no presentaba efectos alelopáticos.

Existió un leve efecto alelopático con el tratamiento de extracto de maleza en este periodo. Recordando que de ninguna forma afectó a las variables anteriormente descritas.

Muchas plantas, o posiblemente en mayor o menor medida, todas, sintetizan y liberan productos químicos que modifican el crecimiento (generalmente perjudican) de los vegetales vecinos y por ello permiten al productor disponer de más recursos. En este sentido la razón por la cual existió elongación de los tallos en este período, es por lo expuesto en el párrafo anterior, tomado de la página:

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006); ya que la alelopatía no siempre tienen un efecto negativo, en este caso favoreciendo en el crecimiento de la planta.

De igual manera corroborando a lo manifestado en el párrafo anterior exponemos otra teoría obtenida de la página

(www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005.), la cual nos dice que en todo fenómeno alelopático existe una planta (donor) que libera al medio ambiente por una determinada vía (por ej. lixiviación, descomposición de residuos, etc.) compuestos químicos los cuales al ser

incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre germinación, crecimiento o desarrollo de esta última.

La explicación más cercana a estos resultados en especial con T3 que presenta un grado leve de alelopatía, coincide con lo expuesto en la literatura

(<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006), que la alelopatía implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto sobre otra, en este caso las alelosubstancias del extracto de maleza resultaron más dañinas en este tipo de plantas en este tiempo. (Ver anexo #2).

3.3 DIÁMETRO DE CUELLO.

Para esta variable no se observó ningún tipo de variación por los efectos alelopáticos presentes en estas plantas, desde el período de 30 días hasta los 210 días, tiempo en que culminó el trabajo práctico.

La alelopatía es pues, el fenómeno que implica la inhibición directa de una especie por otra ya sea vegetal o animal, usando sustancias tóxicas o disuasivas. Estas relaciones se hacen especialmente importantes a medida que las plantas adultas sintetizan esencias y aromas característicos. Lo que nos revela la página (www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm-15k. actualizada en 2007), está muy distante a los resultados encontrados en esta investigación; ya que nos muestra por medios de ejemplos lo siguiente: El frijol verde y la fresa, por ejemplo, prosperan más cuando son cultivados juntos, que cuando se cultivan separadamente. La lechuga sembrada con espinacas se hace más jugosa cuando se siembra en una proporción de 4 a 1. No obstante los datos que se obtuvo en la

práctica muestran que los efectos alelopáticos en todo el período de estudio no afectaron significativamente a esta variable.

3.4 NUMERO DE HOJAS.

Del análisis de esta variable, se observó que las sustancias químicas emanadas por estas plantas no causaron ningún efecto en todo el periodo de estudio de las mismas; ya que los datos obtenidos son bastantes similares a los del testigo. La explicación del por qué a esta variable los efectos alelopáticos no afectaron notablemente se debe a que las alelosubstancias de las plantas no siempre tienen un efecto negativo, sino al contrario; tal como lo explicamos en el análisis de la variable anteriormente descrita.

3.5 DÍAS A LA FLORACIÓN.

3.5.1 Tabla #2: Floración. (Días)

Valor	Promedio (Días)	Orden según análisis	Rango
1	74,200	3	A
2	47,400	4	B
3	77,400	1	B
4	74,800	2	C

Se observó que en el estado fenológico correspondiente a la floración hay una variación bastante amplia en lo que respecta a los tres tratamientos comparado con el testigo, dando como resultado que los efectos alelopáticos causados por estas plantas en esta fase, perjudican de manera significativa a dichos tratamientos en

comparación con el testigo. De esta manera manifestamos que existe una variación de 25 - 30 días aproximadamente entre el testigo (T2) y los demás tratamientos.

Luego de analizar estos resultados y corroborando con lo consultado y lo expuesto en la página (<http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>. actualizada en 2006), manifestamos que las plantas al igual que los demás seres vivos, estos también compiten entre ellos por los recursos (agua, alimentos, luz). Pero no pueden desplazar a la planta vecina o moverse ellas mismas. Por ello sus estrategias de competencia deben dirigirse a favorecer la próxima generación, o tratar de minimizar la presencia de vegetales competidores, y pueden hacerlo mediante estrategias biológicas (dispersión de semillas, retraso en la época de floración, etc.), acciones físicas (sombreamiento) o acciones químicas (emisión de alelosubstancias).

Pérez y Ashton (1994) evaluaron en invernadero el potencial alelopático de especies silvestres de tomate (*Lycopersicum spp.*) sobre la germinación y desarrollo de *Solanum nigrum L.* y *Echinochloa crusgalli L.*, encontrando un fuerte efecto inhibitor de los extractos y residuos de tomate, sugiriendo que el tejido de tomate posee compuestos solubles en agua que ejercen un efecto alelopático sobre el crecimiento de estas plántulas, y según lo que hemos podido observar en el campo por medio de los datos recolectados concluimos que la alelopatía entre estas plantas se pone de manifiesto a simple vista al analizar distintas variables. (Ver anexo #3).

3.6 DIAS A LA FRUCTIFICACIÓN.

3.6.1 Tabla #3: Inicio de fructificación. (Días)

Los datos obtenidos manifiestan que las sustancias alelopáticas emanadas por estas plantas afectan de manera notable a este nuevo estado fenológico, observando de esta forma que existe una gran variación en cuanto a días entre los tratamientos con respecto al testigo, siendo estos de 43-48 días aproximadamente.

Valor	Promedio (Días)	Orden según análisis	Rango
1	105,600	4	A
2	62,600	3	B
3	106,400	1	B
4	110,800	2	C

Después de analizar estos resultados concordamos con la literatura expuesta por: (N.A.S., 1981), donde manifiesta que la alelopatía es un componente muy importante de la interferencia entre plantas, por la excreción de sustancias químicas producidas por una planta y liberadas en el ambiente de otras, sufriendo una reducción o anulación en su desarrollo o en cualquier estado fenológico de la misma por una inhibición tóxica causada por las secreciones. En este caso afectó seriamente a la etapa de inicio de fructificación.

De igual manera la página (www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006), nos muestra un análisis similar al autor anterior; donde un grupo extenso de sustancias, tales como: carbohidratos, aminoácidos orgánicos,

fenoles y otros compuestos pueden ser arrastrados por acción del agua, desde las porciones aéreas de ciertas especies. Algunas de estas sustancias han demostrado ser fitotóxicas al inhibir la germinación de semillas, etapas fenológicas y el crecimiento de las plantas.

Los diversos medios en que las plantas liberan las alelosubstancias al entorno se debe tomar muy en cuenta cuando se habla de alelopatía; así tenemos por ejemplo lo que son los exudados de raíz; medio por el cual eliminan sustancias al ambiente perjudicando a las plantas que ahí se encuentren.

Lyon y Wilson 1980, han comprobado que un gran número de plantas exudan una variada gama de compuestos orgánicos bajo condiciones estériles de trabajo. Esto ha sido corroborado por numerosos autores.

Algunos de estos compuestos exudados por las raíces, ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies. La bibliografía establece que estos compuestos fitotóxicos son producidos, tanto por ciertas especies cultivadas, como por especies no cultivadas, entre las cuales se incluyen las malezas; afectando notablemente a los estados fenológicos y desarrollo normal de la planta.

(Ver anexo #4).

3.6.2 Tabla #4: Maduración de fructificación. (Días)

Al analizar esta variable se observó que los efectos alelopáticos desarrollados por los distintos tratamientos en esta etapa perjudican severamente a las plantas, trayendo consigo resultados notables estadísticamente y a simple vista, ya que la variación en cuanto a días entre los tratamientos en comparación con el testigo es bastante amplia,

aproximadamente de 40-43 días, siendo el que mayor efecto dañino causa el tratamiento de extracto de maleza.

Valor	Promedio (Días)	Orden según análisis	Rango
1	129,400	3	A
2	89,6000	4	A
3	132,000	1	A
4	131,200	2	B

Según (N.A.S., 1981), al hablar de la interferencia entre plantas, dada por excreción de sustancias químicas producidas por una planta y liberadas en el ambiente de otras, sufriendo una reducción o anulación en su desarrollo o en cualquier estado fenológico de la misma por una inhibición tóxica causada por las secreciones. Este autor al hablar de interferencia entre vegetales en cualquier estado fenológico de los mismos, revela que en este caso afecta mucho a la etapa que corresponde a la fructificación en general.

También la página (www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006), con la cual estamos muy de acuerdo por su análisis descrito, ya que los datos que obtuvimos en nuestro trabajo investigativo tienen mucha similitud. Nos indica que la descomposición en el suelo de residuos de malezas anuales y perennes, ha generado compuestos orgánicos de marcada toxicidad, manifestada como una reducción en la germinación de semillas o crecimiento de otras especies al ser sembradas en esos suelos y un retraso en la fenología de las plantas. Este hecho

ha sido observado también bajo condiciones experimentales en las cuales se ha utilizado el agua de drenaje de recipientes que contenían residuos de malezas en descomposición. (Ver anexo #5).

3.7 COSECHA.

3.7.1 Tabla #5: Primera cosecha. (lbs)

Posterior al análisis de las pruebas de varianza y también a lo que se observó en el campo, podemos manifestar que los efectos alelopáticos presentes en esta nueva etapa afectan drásticamente en lo que se refiere a la producción, ya que los datos obtenidos de los tres tratamientos a prueba comparado con el testigo (T2), revelan resultados significativos, siendo así que el tratamiento con el extracto de raíz (T4) es el que mayor daño causa a este cultivo bajo cubierta. (Ver anexo #6).

Valor	Promedio (lbs)	Orden según análisis	Rango
1	41,000	2	A
2	46,000	1	B
3	34,200	3	C
4	28,800	4	D

3.7.2 Tabla #6: Segunda cosecha. (lbs)

Luego de realizar las respectivas pruebas de significación por medio de análisis de varianza, recalamos que los efectos alelopáticos en esta segunda etapa de producción sigue causando daños; pero en comparación con la etapa anterior se puede observar que el daño es menos agresivo, dando como resultado que (T4) que

corresponde al extracto de raíz es el que mayor efecto negativo provoca en cuanto a la producción, existiendo una diferencia de 9lbs en comparación con (T2) que es el testigo. Las bajas producidas por los demás tratamientos son similares a la tabla anterior en cuanto a proporción.

Valor	Promedio (lbs)	Orden según análisis	Rango
1	29,800	2	A
2	34,800	1	B
3	27,600	3	BC
4	25,800	4	C

Cabe recordar que aquí los valores en cuanto al peso, disminuyeron por el hecho de que cada cosecha después de la primera, se reduce en un x porcentaje; ya que los frutos tienden a ser más pequeños por naturaleza. (Ver anexo #7).

3.7.3 Tabla #7: Tercera cosecha. (lbs)

Al realizar un severo análisis de los promedios brindados por este cuadro de significación, se reveló datos similares a la etapa anterior, los tratamientos T4-T3 y T1 en comparación con T2 siguen causando efectos alelopáticos en cuanto a la producción con una diferencia de 4-8 lbs., aproximadamente, en comparación con el testigo.

Valor	Promedio (lbs)	Orden según análisis	Rango
1	23,200	2	A
2	27,400	1	B
3	21,600	3	BC
4	19,800	4	C

De igual manera el análisis expuesto en la tabla anterior corresponde para esta; acotando también que en la tabla #8 se expone un análisis y una discusión completa que abarca a estas tres cosechas (Tablas #5-6-7); ya que la misma trata de un rendimiento total de la producción. (Ver anexo #8).

3.8 RENDIMIENTO TOTAL DE LAS COSECHAS.

3.8.1 Tabla #8: Rendimiento total de cosechas. (lbs)

Valor	Promedio (lbs)	Orden según análisis	Rango
1	94,000	2	A
2	108.200	1	B
3	83,400	3	C
4	74,400	4	D

Se observó por medio de los datos recolectados en el campo, durante todo el tiempo desde que se inició la cosecha, que la alelopatía existente entre estas plantas; se revela en este caso por la producción. Los efectos alelopáticos causados por estas

plantas siguen apuntando al tratamiento de extracto de raíz (T4), como el tratamiento que mayor incidencia negativa tiene entre las mismas, proporcionando datos como la más baja producción entre los tratamientos.

Como era de esperarse por todo el análisis realizado a todas las cosechas, el tratamiento que también causa grave daño después de T4, es el tratamiento de extracto de maleza (T3); de igual manera revelando datos de baja producción en comparación con el testigo (T2) y por último el tratamiento de extracto de hojas más fruto que corresponde a T1, manifiesta datos también negativos.

La diferencia existente en cifras de producción entre el testigo con los demás tratamientos, es de 34, 25 y 14 lbs., respectivamente; dando como resultado que las sustancias alelopáticas emanadas por este tipo de plantas por sus distintas vías (foliar, radicular, etc.), afectan notable y negativamente en la producción de este cultivo.

Según lo consultado y puesto de manifiesto en este trabajo investigativo por medio de la página (www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm - 15k. actualizada en 2007), revela y estamos en total acuerdo, que las alelosubstancias pueden afectar a la propia planta lo cual produce autotoxicidad. Existiendo por tanto las siguientes consecuencias alelopáticas:

- Disminución de la producción de semillas y frutos y por ende afectando a la producción total.
- Incide en algunas variables como es el caso de la producción.
- Disminución del crecimiento de las plantas.
- Muerte de otras especies.

Al existir una disminución en la producción está dada y verificada; porque las sustancias aleloquímicas afectan a las plantas a nivel molecular o celular, a la

estructura y permeabilidad de las membranas celulares, alteración en la capacidad de captar H₂O y nutrientes por la raíz y efectos en los procesos fotosintéticos, respiratorios.

Damos a conocer que discrepamos con esta cita bibliográfica (Agridac 2000), ya que manifiesta que las malezas compitiendo por nutrientes, luz, agua y espacio al inicio de la floración y formación de frutos, pueden causar reducciones importantes en la producción. Si bien es cierto en parte tiene razón; pero las bajas de producción en los cultivos no es simplemente por los problemas de plagas y enfermedades y por la lucha de agua y nutrientes; sino por los efectos alelopáticos que existen entre las plantas, que son sustancias aleloquímicas emanados al entorno por medio de exudaciones radiculares, lixiviación por el agua desde las partes aéreas, descomposición en el suelo de los residuos vegetales o eliminación como compuestos volátiles, lo que conlleva a futuras producciones minoritarias o ineficientes.

Hay que tener muy presente que una cosa es competencia y otra alelopatía. (Ver anexo #9).

3.9 PESO FRESCO

3.9.1 Tabla #9: Peso fresco (gr).

Luego de hacer un análisis de este cuadro de significación que corresponde a la variable de peso en verde, se observó que la alelopatía de estas plantas interfiere notablemente en esta variable evaluada; siendo así que, T4 correspondiente al tratamiento de extracto de raíz revela datos a favor de los efectos alelopáticos negativos, ya que existe una diferencia de 11000 gr., aproximadamente, en comparación con T2. De igual manera en este caso, los demás tratamientos afectan

negativamente a esta variable estudiada, dando como resultado producciones bajas, ya que existe menos actividad fotosintética, respiratoria, de absorción, etc.

Valor	Promedio (gr).	Orden según análisis	Rango
1	17634,00	2	A
2	27176,400	3	B
3	20137,00	1	C
4	16086,00	4	D

En resumen, lo que se expone a continuación para la explicación del por qué de estas diferencias significativas negativas, hemos recopilado datos de la página (www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm. actualizada en 2005), que manifiestan que se han realizado experimentos con vegetales, suspensiones de células y cloroplastos para averiguar si los agentes alelopáticos eran capaces de inhibir el proceso fotosintético. Bioensayos con *Abutilon theophrasti* y *Lemna minor* demostraron que varios ácidos derivados del benzoico y el cinámico (p. ej. el ácido ferúlico), escopoletina y clorogénico en bajas concentraciones eran capaces de inhibir la fotosíntesis de estas plantas. A nuestro saber al existir un menor proceso fotosintético existirá un menor desarrollo de la parte foliar, razón por la cual en el momento que realizamos el pesaje de las hojas, fue notorio la diferencia entre los tratamientos y el testigo.

Es necesario aclarar que el efecto inhibitorio del agente alelopático da como resultado una modificación en los niveles de clorofila o por cierre de los estomas y la

subsecuente reducción en la provisión de CO₂ vital para la producción de fotosintatos y por ende para el desarrollo de la parte aérea de la planta. (Ver anexo #10).

3.10 PESO SECO.

3.10.1 Tabla #10: Peso seco. (gr).

En esta tabla luego de su respectivo análisis, se observó que al igual que el análisis anterior correspondiente al peso fresco, existe una amplia variación entre los tratamientos a prueba y el testigo, dando como resultado cifras de una diferencia de 3000 a 5000 gr., aproximadamente; siendo nuevamente T4 el tratamiento con mayor efecto alelopático y presentando el valor con más bajo peso con respecto al testigo (T2). De igual forma existen daños significativos en los demás tratamientos, lo que conlleva a una baja en la producción de este cultivo; ya que al existir menos área foliar por ende existirá una ineficiente actividad fotosintética, respiratoria, absorción, etc.

Valor	Promedio (gr)	Orden según análisis	Rango
1	3823,400	2	A
2	8883,00	3	B
3	5764,600	1	C
4	3594,00	4	D

Luego de una esmerada revisión bibliográfica en cuanto a este punto y corroborando con lo manifestado por los autores en dicha página, (www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm),

exponemos que el etileno es una importante hormona vegetal cuya síntesis es estimulada por las auxinas en muchos tipos de células vegetales. Es importante destacar que el etileno se puede considerar también un agente alelopático, siendo liberado en cantidades significativas por los residuos vegetales en descomposición con capacidad para provocar retardo en la elongación de tallos, hojas y raíces. Por tal motivo los efectos alelopáticos provocados por los distintos tratamientos al analizar esta variable por medio del pesaje, fueron puestos en manifiesto al revelar pesos bajos en comparación con el testigo.

A esta discusión y justificación agregamos el análisis expuesto en la tabla #9, ya que están directamente relacionados.

De esta forma expresamos que las sustancias alelopáticas eliminadas por estas plantas al ambiente interactúan negativamente entre las mismas; provocando graves y varios problemas en todo el desarrollo y fases del cultivo. (Ver anexo #11).

3.11 ANALISIS ECONÓMICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Las proyecciones del análisis económico de esta investigación con relación a un cultivo tradicional normal es el siguiente: Las respectivas proyecciones es la producción que se obtiene por metro cuadrado en cualquier invernadero con un manejo tradicional, para lo cual compararemos lo que se obtiene normalmente por metro cuadrado y lo que obtuvimos en nuestro ensayo.

En una producción de tomate normalmente se obtiene 39lb. /m² que equivale a 0,98caja/m².

Según las producciones obtenidas de nuestro ensayo con los distintos tratamientos tenemos el siguiente análisis:

En el tratamiento de hojas mas fruto (T1), obtuvimos una producción de 17,80lb. /m² que equivale a 0,44caja/m².

En el tratamiento de testigo (T2), obtuvimos una producción de 30,49lb. /m² que equivale a 0,76caja/m².

En el tratamiento de maleza (T3), obtuvimos una producción de 15,79lb. /m² que equivale a 0,4caja/m².

En el tratamiento de raíz (T4), obtuvimos una producción de 14,11lb. /m² que equivale a 0,35caja/m².

CUADRO:

	T1	T2	T3	T4
Producción promedio por (T). (lbs/m²)	17,80	30,49	15,79	14,11
Equivalente por (T) (caja/m²)	0,44	0,76	0,4	0,35

3.11.1 Equivalente económico por tratamiento en dólares (\$).

	T1	T2	T3	T4	TOTAL
Total en dólares (\$) por tratamiento	117,5	135,25	104,25	93	450

Económicamente existe una pérdida del **31,24%**, comparando el testigo (T2), con el tratamiento que menor producción presentó, en este caso el tratamiento de extracto de raíz. Debemos recalcar que la variedad de tomate utilizada para este trabajo investigativo, es la variedad ASTONA.

CONCLUSIONES

La investigación nos permite llegar por medio de un análisis de todos los factores involucrados, a las siguientes conclusiones:

- En las variables tales como: diámetro de cuello, altura de la planta, número de hojas, no existió cambios significativos por los efectos alelopáticos provocados por estas plantas.
- La etapa fenológica correspondiente a la floración fue afectada drásticamente por las alelo sustancias emanadas por estas plantas existiendo una variación de 30 días entre los tratamientos y el testigo.
- Los estados fenológicos del cultivo de tomate riñón más susceptibles a los efectos alelopáticos son: los estados de inicio y de maduración de los frutos, ya que existió un período de variación significativa de 40 - 48 días aproximadamente, comparado con el testigo.
- En cuanto a la evaluación de los efectos alelopáticos en los dos primeros meses de cosecha del cultivo, esto en relación con la producción, manifestamos que el tratamiento de extracto de raíz y de maleza, son los que menor rendimiento produjeron en relación con el testigo.
- Manifestamos que las sustancias aleloquímicas liberadas por estas plantas al entorno perjudican notablemente al peso de la parte foliar de las mismas.
- Se llegó a la conclusión, luego de un análisis estadístico y lo observado en el campo que los tratamientos con extracto de raíz y con extracto de maleza son los que mayor daño causan a este tipo de plantas.

- Existe una reducción del 40 – 50 % aproximadamente en la producción, por la interferencia causada por la alelopatía entre estas plantas, comparado con un cultivo de manejo tradicional.

RECOMENDACIONES

- Rotación de cultivos: este tipo de práctica nos ayudará a evitar los posibles efectos alelopáticos de un cultivo a otro.
- Eliminación de residuos vegetales: la eliminación de la mayor cantidad posible de restos vegetales, ayudaría a que futuras producciones no sean desfavorables, ya que se ha comprobado que la permanencia de los restos de estas plantas en el suelo perjudican notoriamente en el desarrollo del cultivo.
- Eliminación de malezas: El área en donde se va a realizar el cultivo, tratar al máximo que no esté en contacto con malezas, especialmente de la familia de las cucurbitáceas.
- Continuar realizando estudios sobre este tema, posterior a los ocho meses en este cultivo.

GLOSARIO DE TERMINOS

Alelopatía: - interferencia de una planta (especie) sobre otra, esta libera productos químicos que inhiben el crecimiento de otras especies, o a su vez matan a las otras especies.

- Ciencia que estudia las interacciones entre plantas, mediante las relaciones de regulación o repulsión entre ellas y otros organismos, muchas plantas producen sustancias químicas que repelen a otras plantas, hongos, bacterias, nemátodos, virus e insectos, por lo que representan un control natural muy efectivo que en muchos casos evita la utilización de insecticidas, herbicidas y fungicidas.

Almácigo: semillero.

Amortecer: amortiguar.

Anabolismo: síntesis de sustancias complejas a partir de sustancias más simples. Este proceso consume energía.

Angiospermas: plantas vasculares con semilla, que se caracterizan por poseer flores que tienen estructuras reproductivas masculinas y femeninas.

Arcilla: partículas de suelo de tamaño microscópico que permiten un gran almacenamiento de agua por adherencia.

Arena: partículas minerales formadas principalmente de cuarzo, feldespato y mica, su tamaño oscila entre 1mm y 0,05mm de diámetro.

Artrópodo: animales invertebrados que se caracterizan por poseer extremidades articuladas y esqueleto externo.

Autopolinización: cruzamiento entre individuos emparentados.

Celulosa: polímero natural de las plantas formado por unidades repetidas de glucosa.

Chupones: brotes que aparecen en los tallos y en las hojas de las plantas.

Clorofila: pigmento verde de las plantas y algunos organismos procariotes, encargado de absorber la luz para realizar la fotosíntesis.

Clorótico: estado patológico de la planta que se manifiesta por el amarillamiento de las zonas verdes.

Colémbolos: Insectos pequeños, masticadores y chupadores, que tienen una estructura surcada con la que saltan.

Edafología: Ciencia que estudia el suelo.

Estipe: pecíolo, tallo.

Estomas: aberturas de las partes verdes de los vegetales superiores para el intercambio de gases y líquidos.

Fenología: estados de desarrollo de la planta.

Humus: materia orgánica en descomposición, se encuentra en el suelo y procede de restos de vegetales y animales muertos.

Radícula: Estructura que sale de la plúmula y luego se convertirá en la raíz de la planta adulta.

Raquis: eje de cualquier inflorescencia.

Simbiótica: Asociación entre dos organismos y de la cual dependen.

Umbela: inflorescencia en forma de sombrilla.

Viroide: partícula similar a un virus, aunque sin cubierta de proteína.

Zarcillos: órganos filamentosos que se enrollan y que la planta utiliza para trepar.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGRIPAC, 2000
- BUENO, M. (1999). El huerto familiar ecológico. Ed: Integral Barcelona.
- CASTRILLON G, Manuel A (2000). Planeación estratégica, Bogota.
- CID, Centro de Investigaciones Para el Desarrollo (2000). Universidad Nacional de Colombia, Bogota.
- DIAZ, R. Y., CORNEJO, G. R. y ZAVALA S. A. 1997. Estudio de la actividad antimicótico de los metabolitos secundarios aislados y caracterizados de *Larrea tridentata* L. (DC) Cav. Memorias del VI Congreso Nacional de Micología / IX Jornada Científica. Tapachula, Chiapas.
- FALCONI BORJA, C. 1999. Fitopatógenos. Enfermedades, plagas, malezas y nemátodos fitopatógenos de cultivos en el Ecuador. Centro de Diagnóstico y Control Biológico. Universidad San Francisco de Quito. 123 pp.
- FALCONI BORJA, C. 2001. Reguladores Biológicos de plagas, enfermedades y malezas en cultivos ecuatorianos. Biosoftware (Department of Agriculture, Technology and Environment.
- GLIESSMAN, R. S. Allelopathy and agricultural sustainability. In: Phytochemical Ecology (C. H. Chou; G. R. Waller, Eds.). Institute of Botany. Academia Sinica Monograph Series No. 9. Taipei, ROC.
- GUTIÉRREZ, R. J., CAMACHO, N. S. Y NARANJO, M. R. 1983. Glosario de recursos naturales. Editorial Limusa. México.
- INIAP, 1999. Guía de Cultivos. Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. 186 pp.

- MANUAL AGROPECUARIO, biblioteca del campo. 2002.
- MARÍN G., M. 1989. Crecimiento y rendimiento del maíz CP-561 en relación a la presión de población, aprovechamiento del nitrógeno y balance Hídrico bajo condiciones de temporal en la región central costera de Veracruz. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- MARTINEZ, O. N., 2001. Últimos avances en el uso de bacterias promotoras de crecimiento en plantas. Universidad de los Andes, Bogota.
- N. A. S. 1981. Plantas nocivas y como combatirlas. Vol. 2. Editorial Limusa. México.
- OFICINA REGIONAL DE LA FAO 2001, para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- PERALTA E., A. MURILLO, C. CAICEDO, J. PINZÓN, M. RIVERA. 1998. Manual agrícola de leguminosas. Cultivos y Costos de Producción. Profiza CRSP-U. Minnesota. 43p.
- PÉREZ, P. J. E. and F. M. ASHTON. 1984. Allelopathic potencial in tomato germoplasm. Hort Science. 19(3).
- RICE, E. L. 1984. Allelopathy. In: Physiological ecology . A serie of monographs, texts and treatises. (Kozlowsky. T. T.) De Second Academic Press. Orlando, Florida, U.S.A.
- SALAZAR, H. F. J.; GARCÍA, E. R. y TLAPAL, B. B. 1990. Efecto de la incorporación de residuos secos de las plantas gobernadora (*Larrea tridentata* L.) y epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) en suelos infestados con *Pythium aphanidermatum* y *Rhizoctonia solari*, en la germinación y crecimiento de plantas de frijol. Rev. Mex. De Fitopatología 9 (2).

REFERENCIAS ELECTRONICAS

- www.e-mas.co.cl/categorias/cnaturales/alelopatia.htm. actualizada en 2006.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Alelopat%C3%ADa>
- www.fao.org/docrep/2007/y5031s/y5031s0f.htm
- www.mailxmail.com/curso/vida/agriculturaorganica/capitulo21.htm - 15k
- <http://www.mediterraneadeagroquimicos.es/Alel.htm>
- www.rinconverde.blogspot.com/2007/01/alelopatia.htm
- www.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm.
- www.colpos.mx/cveracruz/SubMenu_Publi/Avances2000/Alelopatia%20y%20diversidad

ANEXOS**Anexo No. 1****Esquema de diseño.**

	I	II	III	IV	V
T1	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
T2	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
T3	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX
T4	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX	XXXXXX XXXXXX

Anexo No. 2**ADEVA 1: Altura de planta a los 150 días.**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	3	2031,96	677,319	2,10	0,1536
Repeticiones	4	1210,78	302,694	0,94	0,4744
Error	12	3868,75	322,396		
No aditividad	1	362,92	362,919	1,14	0,3088
Residual	11	3505,83	318,712		
TOTAL	19	7111,49			

Coefficiente de variación: 9,24%.

Anexo No. 3**ADEVA 2: Floración. (Días).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	12,20	3,050	2,32	0,1167
Repeticiones	3	2982,95	994,317	755,18	0,0000
Error	12	15,80	1,317		
No aditividad	1	7,45	7,447	9,81	0,0095
Residual	11	8,35	0,759		
TOTAL	19	3010,95			

Coefficiente de variación: 1,68%.

Anexo No. 4**ADEVA 3: Inicio de fructificación. (Días).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	15,80	3,950	0,90	0,4934
Repeticiones	3	7672,15	2557,383	583,43	0,0000
Error	12	52,60	4,383		
No aditividad	1	0,23	0,235	0,05	
Residual	11	52,37	4,760		
TOTAL	19	7740,55			

Coefficiente de variación: 2,17%.

Anexo No. 5**ADEVA 4: Maduración de fructificación. (Días)**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	18,70	4,675	1,39	0,2968
Repeticiones	3	6403,75	2134,583	632,47	0,0000
Error	12	40,50	3,375		
No aditividad	1	4,11	4,110	1,24	0,2888
Residual	11	36,39	3,308		
TOTAL	19	6462,95			

Coefficiente de variación: 1,52%.

Anexo No. 6**ADEVA 5: Cosecha 1. (Lbs).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	35,00	8,750	4,65	0,0170
Repeticiones	3	855,40	285,133	151,40	0,0000
Error	12	22,60	1,883		
No aditividad	1	3,21	3,213	1,82	0,2041
Residual	11	19,39	1,762		
TOTAL	19	913,00			

Coefficiente de variación: 3,66 %.

Anexo No. 7**ADEVA 6: Cosecha 2. (Lbs).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	16,00	4,000	1,52	0,2582
Repeticiones	3	227,40	75,800	28,78	0,0000
Error	12	31,60	2,633		
No aditividad	1	0,69	0,690	0,25	
Residual	11	30,91	2,810		
TOTAL	19	275,00			

Coefficiente de variación: 5,50%.

Anexo No. 8**ADEVA 7: Cosecha 3. (Lbs).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	13,00	3,250	0,83	0,5314
Repeticiones	3	158,00	52,667	13,45	0,0004
Error	12	47,00	3,917		
No aditividad	1	0,42	0,424	0,10	
Residual	11	46,58	4,234		
TOTAL	19	218,00			

Coefficiente de variación: 8,60%.

Anexo No. 9**ADEVA 8: Rendimiento total de cosechas. (Lbs).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	65,50	16,375	2,60	0,0898
Repeticiones	3	3170,80	1056,933	167,55	0,0000
Error	12	75,70	6,308		
No aditividad	1	10,24	10,241	1,72	0,2163
Residual	11	65,46	5,951		
TOTAL	19	3312,00			

Coeficiente de variación: 2,79%.

Anexo No. 10**ADEVA 9: Peso fresco. (gr).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	70336,80	17584,200	0,94	0,4744
Repeticiones	3	360849295,35	120283098,450	6421,77	0,0000
Error	12	224766,40	18730,533		
No aditividad	1	590,29	590,292	0,03	
Residual	11	224176,11	20379,646		
TOTAL	19	361144398,55			

Coefficiente de variación: 0,68%.

Anexo No. 11**ADEVA 10: Peso seco. (gr).**

Fuente	Gl	Sc	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	76129,50	19032,375	1,21	0,3577
Repeticiones	3	89787347,35	29929115,783	1898,79	0,0000
Error	12	189146,90	15762,242		
No aditividad	1	5321,38	5321,377	0,32	
Residual	11	183825,52	16711,411		
TOTAL	19	90052623,75			

Coeficiente de variación: 2,28%

Anexo No. 12

Construcción del invernadero



Anexo No. 13

Distribución de bloques en el invernadero



Anexo No. 14

Trasplante.



Anexo No. 15

Tutoreo.



Anexo No. 16

Tratamientos.



T1. Extracto de hojas más fruto.



T2. Testigo.



T3. Extracto de maleza



T4. Extracto de raíz.

Anexo No. 17

Extractos de hoja mas fruto.



Anexo No. 18

Extractos de raíz.



Anexo No. 19

Extractos de maleza.



Anexo No. 20

Método de riego.



Anexo No. 21

Etapas fenológicas del cultivo.



Anexo No. 22

Plagas y enfermedades.



Sclerotinia.



Minador.

Anexo No. 23

Toma de datos.



Diámetro de cuello.



Altura de la planta.