

**ESTUDIO DE LA ACCIÓN REPELENTE DE LAS PLANTAS: ACHIOTE Y ALBAHACA.
APORTE PARA LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS DE PARAGUAY**

Hermelinda Dolores Vázquez González

Sandra Sandoval Osorio

José Francisco Malagón Sánchez

Asesores

Grupo de investigación: Estudios Histórico Críticos y Enseñanza de las Ciencias

Línea de investigación: Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

PROMOCIÓN BECAL - PARAGUAY

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

BOGOTÁ, D.C., 2024

Tabla de Contenido

Agradecimientos	5
Introducción	6
Contexto problemático	9
Procedimiento para la elaboración de repelentes naturales a base de plantas aromáticas.	11
Capítulo I	13
Conocimiento y experiencia	13
Capítulo II	16
CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES	16
Relación planta – insecto	16
Generalización sobre los insectos.....	17
Tipos de insectos, mecanismos de señalización química.....	18
Comparación analógica del sistema olfativo de los humanos y los insectos y sus funciones. ...	19
Tipo de comunicación	20
Información y respuesta sensorio químicas de los insectos	21
La albahaca, propiedades químicas, repelentes	22
Capítulo III	26
Métodos de extracción del aceite esencial de la albahaca	26
El achiote (Bixa orellana)	24
Indagación experimental	26
Actividades experimentales realizadas	26
Técnica de destilación por arrastre al vapor y cromatografía	26
Ventajas de la destilación por arrastre de vapor.....	28
Equipo para destilación por arrastre de vapor	28
Procedimiento general de destilación por arrastre de vapor.....	29

Métodos químicos.....	29
Resultados obtenidos en el laboratorio	30
Segundo ensayo de identificación de terpenos	32
Conclusión de los resultados experimentales	33
Capítulo IV	35
Proyección para la enseñanza en aula	35
Guía de trabajo	39
Guía de trabajo N.º 1.....	39
Guía de Trabajo N.º: 2	41
Guía de Trabajo N.º: 3	43
Guía de Trabajo N.º: 4	44
Guía de Trabajo N.º: 5	45
Guía de Trabajo N.º: 6	47
Guía de Trabajo N.º: 7	50
Guía de trabajo N.º 8.....	51
Conclusiones	52
Bibliografía.....	54

Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en casos en los cuales he requerido del trabajo que otros autores investigadores, se les ha dado los respectivos créditos.

Agradecimientos

El proceso de elaboración de este trabajo de grado se lo debo a Dios y a la Virgen Santísima, quienes me han guiado en todo el proceso de construcción poniendo en mi camino a personas maravillosas que han sabido ayudar en el curso de la maestría.

A mis familiares especialmente a mi hermana Zulma, quien está pendiente de mi proceso y me alienta continuamente a seguir adelante; a mi compañero que la vida me ha regalado Alberto David por su apoyo y compañía, a mis amigos y amigas quienes me han dado fuerzas y ánimo todo el tiempo.

Este puerto no es el final sino uno de los tantos que quedan por recorrer con el deseo de contar siempre con la ayuda y compañía de tan nobles personas.

Resumen

En el estudio realizado se ha explorado la relación entre las plantas e insectos, específicamente la capacidad que poseen la albahaca y el achiote para repeler los insectos. Se ha consultado bibliografía especializada y diseñados experimentos, por medio de los cuales se ha logrado una identificación inicial de los compuestos presentes en las plantas de estudio que se asocia con la acción repelente a algunos insectos.

Estos compuestos son específicamente el linalol y el eugenol que son sustancias presentes en la albahaca, los cuales le confiere el aroma específico a las hojas y hacen que los insectos sean repelidos por él. Con los resultados encontrados se podrían estudiar críticamente las afirmaciones de las comunidades nativas en la utilización de las plantas aromáticas como repelentes de insectos que a su vez nos ayudan a establecer una ruta para la construcción de bases científicas que facilitan la comprensión de dichos fenómenos. Estas evidencias poseen importancias educativas al verse involucrados los conocimientos científicos y culturales, ya que permite actividades referentes a las prácticas educativas que se encuentran relacionadas a tales conocimientos cuando se trata de abordar con los estudiantes temas referentes a plantas aromáticas con usos medicinales en sus propiedades y beneficios. Desde esta perspectiva se pretende que los estudiantes desarrollen sus habilidades para el pensamiento científico e integrar los conocimientos culturales, no con el fin de descartar sino para comprender el porqué de las acciones en este caso de repelencias de algunos insectos, además podrían servir para la promoción las prácticas respetuosas con el ambiente.

Los resultados obtenidos desde las pruebas organolépticas, destilación por arrastre de vapor y cromatografía en capa fina aportan a identificar una mayor concentración de terpenos en las hojas de la albahaca comparando con la semilla del achiote. Mas pruebas sobre las acciones repelentes de los compuestos presentes en la albahaca no se ha llegado a realizar, dejando abierta la posibilidad de realizarlo. Se concluye el trabajo con propuestas de proyección para el aula a ser implementado con estudiantes de la educación media de Paraguay.

Mombyky

Oñemohendáva ñemoarandupe ohecha hína mba'éichapa oikova'erã umi yvypóra ha vichokuéra apytépe, ha'éva umi ikatuva ohechauka hína la albahaka ha urukú, ikatuha omomorã umi vichokuera. Oí avei ñemoarandua ha ojejapo techaukará, ko'ã mba'e ojejuhuháicha peteĩ ñepuryhape umi oíva umi yvypóra ñemoarandupepe, oíva hikuái ohechauka hína umi acción omomorãva umi vichokuéra.

Ko'ã ha'e hína linalol ha el eugenol, umi mba'e oíva la albahakape, ombohoryhína hikuái umi ty'akua umi yvypóra rupi ha ohupyty umi vichokuéra omomorã hikuái. Umi ojehejava ojejuhuháicha ikatu ojehecha hemianduteíva umi ejehechaukava umi tekoha ypykue kuéra apytépe, umi ojehecha hína umi yvypóra ty'akua ojeporãva umi vichokuera omomorã, ha ko'ã mba'e oipytyvõ hína ojehechauka peteĩ ruta umi ojapova ojehechauka hagua oipytyvõva umi jeikuaa ko'ã mba'é ojehuva rehe. Ko'ã techapyra oí mba'é ñembo'é, oirõ umi jeikuaapyra ha tekoha, ohechauka hína umi ojejapova ojehecha hína umi mbo'ehahope oíva apytépe umi jeikuaayka ko'ã mba'e rehe, ojehecháva umi temimbo'ekuera apytépe umi mba'é ojehecháva umi yvypóra mba'é ry'akua ha umi ñeipohanoha umi mba'é ha omonguerava rehe. Ko'ã rupi, oipota umi temombo'é kuera oipytyvõ umi oisahyjo ha oikotevẽ umi jeikuaapy, ndaha'etí umi opahape.

Introducción

El uso de las plantas aromáticas como repelentes de insectos es una práctica habitual, pero sin conocer los mecanismos que subyacen en esta acción, tal práctica posee unos valores culturales arraigado a las costumbres ancestrales de la región, en donde los conocimientos sobre las causas de la repelencia de los insectos aun no son conocidas.

En el presente trabajo se busca profundizar en las sustancias asociadas a la acción repelente a las plantas aromáticas y en los mecanismos de acción entre los insectos, además de integrar a los estudios en la enseñanza de las ciencias en el segundo año de la media, en busca de la promoción del aprendizaje basado en la formación científica. Teniendo en cuenta estos aspectos, se finaliza con una propuesta de trabajo de aula que será implementada con los grupos de estudiantes del segundo año en la disciplina de ciencias.

En el estudio realizado sobre la semilla del achiote y las hojas de la albahaca se ha encontrado que son los terpenos los responsables del aroma y de la característica repelente a los insectos, esta afirmación se sostiene con base en la literatura consultada ya que no se ha llegado a realizar las pruebas que confirmen o descarten la veracidad.

El achiote conocido más bien por el pigmento natural en la medicina tradicional de las comunidades nativas guaraníes, ha sido utilizado como repelente de insectos, así también como la albahaca es utilizada en la gastronomía. El propósito del trabajo es comprender la identificación de los metabolitos secundarios presentes en estas plantas, que le podría proporcionar la capacidad repelente de los insectos y a futuro, generar interrogantes entre los estudiantes sobre porqué el aroma de las plantas medicinales actúa como repelente de los insectos. Es por esta razón que finaliza con propuesta de aula que proyectamos sea implementada con estudiantes de la educación media.

El documento está organizado en cuatro capítulos:

Capítulo I: en este capítulo se destaca la importancia de la experimentación en la construcción de explicaciones sobre los fenómenos en estudio tanto por parte de docentes como de estudiantes.

Capítulo II: se describe las generalidades del sistema olfativo de los insectos y su relación con la percepción de los aromas de las plantas, así también el estudio de los metabolitos secundarios de la albahaca y el achiote.

Capítulo III: se describe la indagación experimental y las conclusiones realizadas al respecto, así también los métodos y técnicas utilizadas.

Capítulo IV: se plantea la proyección de aula, en el que se detallan las actividades específicas que se desean desarrollar con los estudiantes.

La proyección planteada obedece a la implementación en Paraguay de los conocimientos construidos durante el proceso de la maestría, por lo que expreso mi agradecimiento al Gobierno de Paraguay por el otorgamiento de la beca, que me ha permitido cursar la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales; a los profesores Sandra Sandoval Osorio y José Francisco Malagón Sánchez, quienes han aceptado el reto de navegar en esta ruta de indagación orientando y dando forma a las ideas iniciales.

Agradezco a todos los docentes del departamento de Física, por su guía y apoyo durante el proceso. Así también a los docentes del Laboratorio de Química de la Universidad, por brindar los espacios y recursos para llevar a cabo las actividades experimentales, que sin su ayuda sería imposible de ser realizado.

Contexto problemático

La enseñanza de las ciencias en la educación media incluye aspectos culturales cuando se abordan temas con las plantas o algunos tipos de insectos. Esto se debe a la utilización de plantas aromáticas que tienen un profundo arraigo en las costumbres de los pobladores nativos guaraníes. Prácticas como el uso de plantas aromáticas en la medicina o en la gastronomía eran muy comunes entre ellos y se mantienen hasta hoy entre los paraguayos.

En el contexto de la enseñanza de las ciencias, el uso de las plantas aromáticas como repelentes de insectos y con usos medicinales brinda una oportunidad para hacer un estudio desde la fitoquímica, la biología, entre otras. Esto permite desarrollar un criterio para valorar el patrimonio cultural y al mismo tiempo, crear experiencias educativas enriquecedoras que fomenten el conocimiento científico, el respeto cultural y el cuidado del medio ambiente. La exploración de las propiedades de las plantas permite a los estudiantes no solamente adquirir la comprensión científica de los mismos, sino una apreciación de la relación entre la naturaleza y la cultura. Se podría afirmar que los dos aspectos mencionados se entrelazan de la siguiente manera:

Cualidades aromáticas y conocimientos científicos

- Las plantas aromáticas, como el achiote (urucú) han sido utilizadas por diversas culturas desde siglos antiguos, por sus propiedades medicinales y repelentes de algunos insectos.
- La característica destacada del achiote es el pigmento natural extraído de sus semillas el cual es utilizado en la gastronomía y textiles, además que se cree que posee propiedades antioxidantes y antiinflamatorias por lo que es utilizada en la medicina natural.
- En el caso de la utilización del urucú como repelente de insectos, los nativos observaron que, al frotarse con la mezcla de la semilla triturada con el aceite, les protegía de la picadura de mosquitos y del mariguí. Esta evidencia demuestra la relación existente entre el conocimiento empírico ancestral con la ciencia moderna. (Bertoni, 1927)

Moisés Bertoni, un botánico y etnólogo suizo - paraguayo, realizó varias documentaciones de las prácticas de las comunidades nativas, lo que permite explorar cómo la ciencia se entrelaza con la cultura en la vida cotidiana. Los docentes pueden incentivar a los estudiantes, a investigar las bases científicas para explicar la relación existente entre plantas e insectos, teniendo en

cuenta que son las sustancias que actúan generando reacciones que pueden ser percibidos por el aroma emitido por unas partes de las plantas.

Como punto de partida de la experiencia transmitida por los nativos guaraníes, la investigación parte desde un contexto comunitario en donde se tiene en cuenta la utilización de las plantas aromáticas por sus propiedades repelentes de insectos, y debido a la necesidad de dar respuesta al pedido del Estado a través del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social de Paraguay, a la realidad social en la que se genera la proliferación del mosquito transmisor de enfermedades como el dengue, al cual favorece el clima cálido, desde la institución educativa se elabora un proyecto en el que se aborda la problemática con iniciativas innovadoras buscando generar conciencia sobre la prevención contra las enfermedades del dengue y otros. En torno a esta realidad se ha realizado un trabajo que consistió en identificar los criaderos de mosquitos y posterior eliminación, estudiar las formas de reproducción de los mosquitos y cómo protegerse de las picaduras de los mismos; como forma de prevención se ha propuesto la elaboración de repelentes caseros con base en plantas aromáticas que los estudiantes poseen en sus hogares, se han investigado las formas de elaboración de los repelentes atendiendo los ingredientes, uso tópico o en el ambiente. En este sentido se propone además concientizar sobre la limpieza y eliminación de criaderos de mosquitos, la elaboración de repelente a base de plantas aromáticas, como estrategia complementaria a las medidas de prevención.

El trabajo preliminar se realizó en el Colegio Nacional presidente Doctor José Patricio Guggiari, situado en la ciudad de Asunción, capital de Paraguay, donde se ofrece Educación Escolar Básica tercer ciclo y Educación Media, atendiendo a estudiantes de los alrededores y de otras localidades cercanas. Debido a su ubicación en una zona tropical con altas temperaturas, la comunidad educativa se encuentra expuesta a la proliferación del mosquito *Aedes aegypti*, que, según la Organización Panamericana de la salud, es el responsable de la transmisión del dengue y otras enfermedades. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias para prevenir y controlar la presencia de estos insectos, garantizando así la salud y el bienestar de la comunidad educativa.

En este proceso los estudiantes han elaborado cartillas con las informaciones consultadas sobre la problemática principal que es la proliferación del mosquito *Aedes Aegypti*, vector de la enfermedad del dengue, detallando su ciclo de vida teniendo como principal medio de vida el agua estancada. A partir de estas identificaciones se ha propuesto como estrategia de trabajo las siguientes acciones como:

- Identificar los criaderos de mosquitos, enumerando los objetos en el que se pueden acumular agua como: neumáticos, recipientes sin tapas, etc.
- Eliminar criaderos, señalando las técnicas para eliminar el agua estancada, haciendo énfasis en que en ella se reproducen los mosquitos con facilidad, limpiar los recipientes y mantener el entorno sin objetos en los que se puede acumular agua.
- Elaboración de repelentes naturales, utilizando plantas aromáticas que se disponen en los hogares como: eucalipto, romero, manzanilla, describiendo los procedimientos llevados a cabo para su elaboración.

Procedimiento para la elaboración de repelentes naturales a base de plantas aromáticas.

- **Selección de plantas aromáticas:** justificando la elección por sus características aromáticas y medicinales.
- **Elaboración:** se investigan los diferentes procedimientos para la elaboración del repelente.
- **Método de aplicación:** se indican las formas de utilización, ya sea directamente sobre la piel o en forma de difusión en el ambiente.

En relación con las propiedades repelentes de ciertas plantas aromáticas seleccionadas por los estudiantes y su eficacia, se recurre a las experiencias de los padres o entornos familiares en donde los estudiantes pudieron identificar cuales plantas son repelentes para dar utilidad a las identificadas por los estudiantes. En relación al antecedente del presente trabajo de se busca profundizar en la relación planta insecto en la actividad repelente de las plantas aromáticas específicamente del achiote y la albahaca.

Teniendo como antecedente lo mencionado anteriormente, con este trabajo se propone indagar e identificar los compuestos asociados al aroma característico y su función como repelente de insectos, específicamente: el urucú (achiote) y la albahaca. Además de explorar la señalización química de los insectos que son repelidos por el aroma de estas plantas aromáticas.

Desde estas perspectivas se plantean los siguientes interrogantes de investigación:
¿cómo un estudio inicial de la relación planta - insecto aporta para construir un contexto de trabajo científico con estudiantes de la educación media?

Para dar respuesta a estos interrogantes se proponen los siguientes objetivos:

Estudiar la relación planta - insecto y la actividad repelente de la albahaca y el achiote para desarrollar una base para los primeros pasos de la investigación que se pueda tener en cuenta en la labor con estudiantes de la educación media y en particular:

- Profundizar en algunos aspectos iniciales de la señalización química que explica cómo algunos insectos son atraídos o repelidos por la albahaca o el achiote.
- Plantear guías de trabajo sobre la identificación de la acción repelente de los insectos y las formas que inicialmente se puede indagar las sustancias responsables de esa señalización con estudiantes de la educación media.

Para dar viabilidad a esta propuesta de investigación se desarrollan las siguientes actividades metodológicas:

Indagación sobre las investigaciones sobre la acción repelente de las plantas aromáticas y su vinculación a la educación científica, en ese sentido en el capítulo 1, 2, 3 se centran en diseñar actividades experimentales que permitan a los estudiantes construir sus propias explicaciones sobre el fenómeno en estudio desde la perspectiva estudiantil como docente. Se profundiza en el sistema olfativo de los insectos y la detección de compuestos volátiles producidos por plantas con la utilización de métodos y técnicas específicas.

Para la identificación cualitativa de los terpenos según Sus, P. (2011). Las actividades experimentales propuestas están diseñadas para estudiantes que no tienen desarrollado las operaciones formales, ya que solamente se busca la comprensión de la causa y efecto entre las plantas y la acción repelente hacia los insectos.

Por último, se plantean las actividades experimentales a ser desarrollada con los estudiantes en la cual se tienen las siguientes pretensiones teniendo en cuenta que los estudiantes aun no tienen desarrolladas las operaciones formales, pero en este trabajo solamente se busca una relación causa efecto en donde no se pretende profundizar con los estudiantes las propiedades de las plantas medicinales.

Capítulo I

Conocimiento y experiencia

La enseñanza de las ciencias en la actualidad demanda enfoques, que promuevan la construcción de conocimiento por parte de los estudiantes, en este sentido sobre la problemática abordada se tiene un conocimiento y experiencia previa, con el cual se relacionan los nuevos conocimientos pues como afirma Sandoval et al. (2018) no existen esquemas conceptuales que no estén articulados o puedan articularse con la experiencia, la cual en unas ocasiones aporta a la construcción de percepciones nuevas o en otras ocasiones aporta al cuestionamiento de la percepción ya construida desde las vivencias anteriores. Es necesario analizar críticamente las ideas para comprender el porqué de las acciones, en este caso la repelencia de los insectos por las plantas aromáticas, no necesariamente para descartar los conocimientos ancestrales sino para complementar desde un análisis profundo sobre la interacción química existente entre los sistemas sensoriales de los insectos en respuesta al aroma emitido en este caso específicamente por la hoja de la albahaca y la semilla del achiote; el estudio permitirá comprender las interacciones químicas entre los sistemas sensoriales de los insectos y los compuestos volátiles liberados por estas plantas, permitiendo enriquecer los conocimientos anteriores con una base experimental diseñada para este objetivo.

Guidoni (1990) afirma que el problema es, el de insertarnos constructivamente en esta organización de conocimiento; no sólo no ignorarla, no fingir que no está, sino saber entrar coherentemente en su construcción, tratando de enriquecerla, de desarrollarla sin destruirla, de extenderla sin negarla. En este sentido el conocimiento de los estudiantes sobre el uso de plantas aromáticas y medicinales es de gran relevancia, porque de este modo se puede construir el conocimiento enriqueciendo mucho más en un proceso dinámico que se transforma y evoluciona constantemente. Para ello es importante la experimentación ya que permite entender las acciones químicas existentes en las plantas aromáticas y los insectos, en este caso la presencia de terpenos en la hoja de la albahaca y en la semilla del achiote generando una reacción de alejamiento del lugar en el que se encuentra la emisión del aroma.

El sujeto construye conocimiento a partir de las nuevas interacciones sociales, como ser en el seno familiar, la comunidad y la cultura que le permite adquirir los nuevos conceptos sobre

el mundo. Esta experiencia inicial posee gran importancia porque es el cimiento sobre la cual serán edificados conocimientos más complejos en el aula, ya que se transforman en objetos de estudio, en donde las preguntas que surgen de manera espontánea se convierten en interrogantes que pueden ser fenómeno de estudio, en donde los estudiantes se adentran en el estudio, construyendo un conocimiento más fundamentado. Es importante destacar que la construcción del conocimiento del ser humano no está solamente ligado al ámbito escolar sino en todos los ámbitos a lo largo de la vida en las interacciones sociales, desarrollando la curiosidad y la capacidad de asombro en busca de la comprensión y explicación del mundo que le rodea. (Guilar, 2009).

En relación con lo mencionado hasta el momento, se pretende dar énfasis a la construcción de conocimiento desde la experiencia cotidiana en la utilización de las plantas aromáticas como repelentes de insectos en especial el achiote (uruku) y la albahaca, que es conocido por sus propiedades repelentes de insectos, pero no así los compuestos que les confieren esa propiedad repelente. Se busca explorar la interacción entre plantas e insectos y su mecanismo de acción en cuanto a la repelencia y el comportamiento de los insectos en respuesta a los compuestos.

En este sentido se puede hablar de fenómenos relacionados con la repelencia de insectos por las plantas aromáticas, esto es conocido por parte de los estudiantes por su entorno más cercano, pero no así los compuestos que hacen que las plantas aromáticas como el achiote y la albahaca actúen como repelentes de insectos; el estudio busca conectar el conocimiento previo con lo científico profundizando en la causa de los fenómenos y desarrollar nuevas estrategias de trabajo con la implementación de experiencias de laboratorio que en el trabajo que antecede no se ha aplicado. El fenómeno está ligado a la conciencia, los cambios de conciencia llevan a la transformación en la forma en que se percibe y entiende el fenómeno (Malagón et al, 2013) dicho cambio se pretende formar en los estudiantes, buscando construir conocimientos con base en el aprendizaje adquirido por el entorno familiar, que a su vez se encuentra influenciada por la cultura y costumbre guaraní.

La educación en ciencias no se limita a impartir solamente teoría, sino enseñar a pensar, hablar y actuar de manera científica, no es solamente una transmisión de conocimiento, es más bien una experiencia que permita a los estudiantes desarrollar y transformar las experiencias al permitir hablar y pensar desde una perspectiva científica y conectar el conocimiento con la experiencia, desarrollando habilidades para aplicar lo aprendido en cuestionar las propias ideas, en donde el modo de relacionarse con la realidad genera un cambio en la interpretación que facilitará un nuevo discurso nuevas formas de relacionamiento con el fenómeno. Con estas ideas se busca trabajar con los estudiantes con la temática elaboración de repelentes de insectos, para

entender la interacción existente entre el aroma de las plantas y los determinados tipos de insectos y las sustancias existentes en la hoja de la albahaca que pueden repeler a los insectos, así también las sustancias presentes en la semilla del achiote que por su propiedad actúa como repelente de insecto.

Malagón et al, (2013) se refieren a la experimentación y su importancia destacando los siguientes aspectos:

- La actividad experimental puede delimitar el campo de estudio permitiendo establecer relaciones entre los variados elementos
- La construcción de formas de hablar del fenómeno: las de nuevas experiencias colabora en nuevas formas de hablar del fenómeno, experiencia y lenguaje se desarrollan mutuamente.
- La concreción de supuestos conceptuales: el análisis de los elementos permite la comprensión de la articulación entre la teoría y la experiencia y permite el diseño de nuevas estrategias con la vinculación de ambos aspectos.

Desde los aspectos mencionados, la experimentación está vinculado con la construcción del conocimiento y el aprendizaje, ya que motiva a interactuar de una forma más activa con el entorno, despierta la curiosidad incentiva a plantearse preguntas y a buscar respuesta fomentando el pensamiento crítico, esto podría presentarse como un desafío que los estudiantes deben superar permitiéndoles abordar nuevos enfoques y encontrar desarrollando la creatividad.

Capítulo II

CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES

Relación planta – insecto

Para abordar los objetivos propuestos en la presente investigación, es necesario explorar algunos conceptos básicos, que proporcione una estructura de comprensión del contexto en el que se enmarcará el estudio de las propiedades repelentes de dos plantas específicas: el achiote y la albahaca. En este sentido, se parte desde la comprensión de la etnobotánica, que establece un puente entre el conocimiento ancestral de las comunidades indígenas y el conocimiento científico. Esto permite valorar y estudiar las propiedades medicinales de las plantas, contribuyendo así a la valoración de la cultura. Las comunidades indígenas poseen un conocimiento profundo sobre los recursos naturales, las propiedades y usos medicinales de las plantas; este conocimiento transmitido de generación en generación ha sido fundamental para la supervivencia de estas comunidades, por lo tanto, en la cultura paraguaya la articulación de saberes ancestrales y científicos es fundamental porque está cimentada las costumbres y usos de las plantas medicinales, ya sea en sus usos como medicina, repelente y gastronómico (Hidalgo, 2016 págs. 44-45)

Sin embargo, para comprensión de los mecanismos de acción de las propiedades de las plantas es necesario recurrir a la química, dentro de la misma se desarrollaron varias ramas que se encargan del estudio de las drogas que poseen las diferentes plantas como, por ejemplo:

La farmacognosia: es el estudio científico de la historia, cultivo, recolección, tratamiento, caracterización e identificación de los principios activos de las drogas de origen vegetal, animal y mineral. Salamá (2005); así también la quimiotaxonomía, quien se encarga del estudio genético que involucra a los metabolitos secundarios. En este sentido radica la importancia de la exploración de los metabolitos secundarios para entender la composición química presente en las plantas y cómo actúan en relación a los insectos como mecanismo de defensa. Esto permitiría comprender porque las plantas cumplen con algunas funciones específicas como la medicinal o repelente.

Existen dos tipos de metabolitos que dan vida a las plantas, el principal es el primario en donde se encuentran los siguientes:

Metabolitos primarios	Componentes esenciales para las plantas
Carbohidratos	Fuente de energía principal y componente estructural de las paredes celulares.
Aminoácidos	Elementos básicos para la construcción de proteínas, enzimas y otras biomoléculas.
Ácidos grasos	Componentes de las membranas celulares y fuente de energía alternativa.
Ácidos nucleicos (ADN y ARN)	Almacenan y transmiten la información genética.
Aminas	Compuestos con funciones diversas, como reguladores del crecimiento o mensajeros químicos.
Clorofilas	Pigmentos responsables de la fotosíntesis.
Intermediarios metabólicos	Moléculas transitorias en las rutas metabólicas anabólicas y catabólicas.

Tomado de: Rivas C. cita a (DerMarderosian & Beutler, 2002)

Los metabolitos secundarios no son esenciales para la supervivencia de la planta. Sin embargo, le brindan una ventaja adaptativa importante, permitiéndole interactuar con su entorno de manera más efectiva. Algunos ejemplos de metabolitos secundarios son:

Terpenos: Compuestos aromáticos que pueden actuar como repelentes de herbívoros o atraer polinizadores.

Alcaloides: Sustancias con propiedades tóxicas o medicinales.

Pigmentos: Compuestos que dan color a las flores y frutos, atrayendo polinizadores o protegiendo del sol.

Las plantas utilizan los metabolitos secundarios para defenderse de los depredadores como de los insectos a su vez para atraer a los polinizadores por medio de los compuestos químicos que producen e interactúan con el entorno.

Características generales de los insectos

Zumbado y Azofeifa (2018) citados en Apablaza y Urra (2010) diferencian a los insectos de los demás artrópodos y se reconocen por las siguientes características:

Su cuerpo se divide en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza se ubican un par de antenas, los ojos compuestos y las partes bucales. En el tórax presentan tres patas articuladas, y frecuentemente dos pares de alas. La respiración se da por medio de un sistema de tráqueas conectadas al exterior por unas aberturas llamadas espiráculos. En

insectos acuáticos hay adaptaciones como agallas para obtener oxígeno presente en el agua. Estas tres regiones están especializadas para cumplir funciones específicas: En la cabeza se concentran los órganos sensoriales (ojos, antenas, partes bucales) En el tórax la locomoción (patas y alas). En el abdomen se localiza buena parte del sistema digestivo y el reproductor.

En cuanto a su hábito alimenticio se clasifican en:

Herbívoro o fitófagos: aquellos que consumen plantas o sus partes (raíces, tallos, hojas, flores o sus partes, néctar, polen, frutos o semillas).

Carnívoros: los depredadores, que se alimentan de carne o de otros insectos.

Omnívoros: en su dieta incluyen materia vegetal y animal, pueden alimentarse de plantas y también de otros insectos.

Detritívoros: los que consumen materia orgánica en descomposición en partículas diminutas, conocidos también como descomponedores y saprófagos.

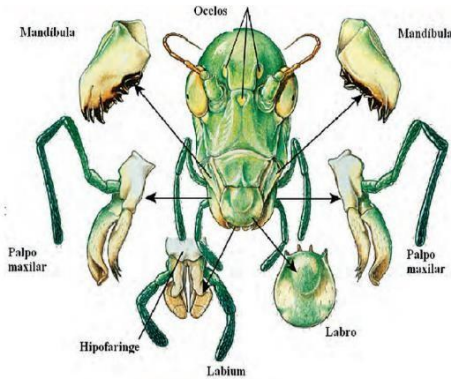
Fluidófagos: se alimentan de líquidos.

Hematófagos: se alimentan de sangre, usualmente de vertebrados.

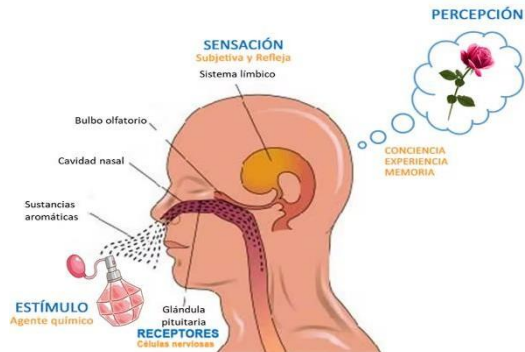
Tipos de insectos, mecanismos de señalización química

La comunicación juega un proceso vital entre los seres vivos así también entre los animales y las plantas existen formas de comunicación que les sirven como señal de alerta o de atracción. Dependiendo de la especie, los insectos pueden reconocer diversos aromas o bien ser muy específicos. El proceso de reconocimiento de un olor se realiza en sus antenas, aunque también se pueden involucrar otras estructuras como los palpos (apéndices del aparato bucal), independientemente del número de aromas o compuestos químicos que un insecto reconozca. En la superficie de las antenas se localizan los sensores olfativos que básicamente son pelos con una superficie o cutícula cubierta de pequeñísimos poros, por los cuales los semioquímicos, es decir los compuestos químicos, pueden pasar del medio ambiente al interior del insecto en donde son recibidos por neuronas receptoras olfativas. En este proceso se genera una diferencia de potencial, es decir pequeñas descargas eléctricas que viajan por los neuro-trasmisores para llegar al cerebro del insecto, donde finalmente esta señal es procesada generando diferentes comportamientos como caminar, alimentarse, volar, aceptar una pareja, alejarse de un sitio, poner huevecillos, entre otros. (Romero P. et al. 2013)

Comparación analógica del sistema olfativo de los humanos y los insectos y sus funciones.



Tomado de: Jiménez 2009. Entomología

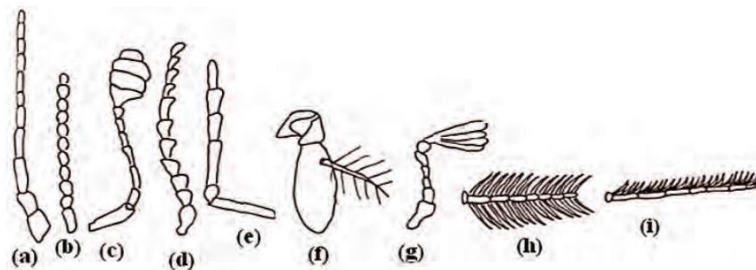


Recuperado de: <https://es.slideshare.net/slideshow/el-sentido-del-olfatoaromas-del-pradopptx/266311951>

Los insectos y los humanos poseen cabezas y sistemas sensoriales útiles para sobrevivir tanto para defenderse como para obtener alimentos.

En las antenas de los insectos se encuentran alojados los sistemas sensoriales que reciben estímulos mecánicos, químicos, del gusto, olfatorios, de la humedad y la temperatura

Las antenas están integradas por un segmento basal al que se denomina escapo, un pedicelo y un filamento largo llamado flagelo o clavola (Comstock, 1960). Entre las más comunes se encuentran: filiforme, moniliforme, claviforme, serrada, geniculada, arista, lamelada, bipectinada, pectinada.



Tipos de antenas: a) filiforme; b) moniliforme; c) claviforme; d) serrada; e) geniculada; f) arista; g) lamelada; h) bipectinada y i) pectinada.

Tomado de: Jiménez 2009. Entomología

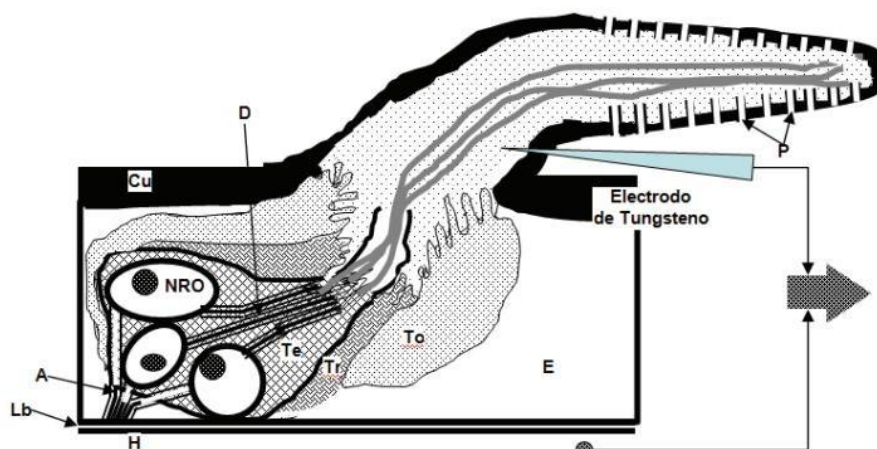
Todos los insectos adultos poseen antenas y están formadas por tres partes que son: escapo, pedicelo y flagelo, los detalles y formas varían según la función que cumplen. (Jiménez, 2009).

Estas antenas se clasifican en sus funciones específicas y despiden señales según las señales emitidas para cumplir con la función de comunicación al que es llamado semioquímicos y se clasifican en dos grupos:

Tipo de comunicación

En el estudio de los insectos se destaca que presentan una gran diversidad de tipos morfológicos y funcionales de sensores olfativos, que pueden coexistir en una antena. Esta variedad morfológica se asocia con diferencias en la funcionalidad de las neuronas receptoras olfativas presentes en cada tipo de sensores (Diehl et al., 2003). Además de las neuronas receptoras de olores, los sensores olfativos también pueden contener neuronas especializadas en la detección de estímulos gustativos, mecánicos, térmicos, de humedad y CO₂. En algunos casos, un mismo sensor puede albergar neuronas receptoras para estímulos de diferentes modalidades (Altner & Prillinger, 1980).

Así también se desatacan que los insectos poseen sensores olfativos que ayudan a los mismos a localizar fuentes de alimentos en las plantas como también la repelencia que puede generar las plantas a los insectos. Los sensores olfativos están compuestos por una o varias neuronas receptoras de olores y células auxiliares. Las dendritas de las neuronas receptoras de olores se extienden dentro del proceso cuticular del sensor donde pueden ramificarse, mientras que sus axones atraviesan la membrana basal y contribuyen a la formación de los nervios que llegan al cerebro. Al abrirse los canales iónicos en respuesta a la llegada de olores específicos se producen los fenómenos de conducción eléctrica que genera un potencial de receptor que produce un cambio de voltaje en las membranas, que luego se convierten en potencial de acción y viajan por las neuronas. (Rojas J. et al 2013)



Tomado de Guidobaldi F. et al. (2012)

Los aleloquímicos son producidos por las especies como estrategia para influir sobre otras especies como en las plantas para defenderse de los competidores o depredadores. Estas sustancias pueden afectar el metabolismo y comportamiento de otra especie por ejemplo los aleloquímicos generados por una planta puede llegar a afectar a un animal ya sea en forma atrayente, repelente, inhibidor o toxico, estos aleloquímicos pueden cumplir un carácter defensivo en las plantas, sin embargo, algunos insectos extraen los químicos de las plantas que almacena en sus cuerpos para defenderse de sus depredadores. Entre los aleloquímicos se encuentran dos grandes grupos: las alomonas y kairomonas. Las alomonas son beneficiosos para la especie quien lo produce en el caso de las plantas, quienes lo utilizan para defenderse de los depredadores actuando como repelente así también para atraer a los polinizadores por medio del aroma de las flores; mientras que la kairomona es beneficioso para la especie que lo recibe. (Montés F. 2013)

Información y respuesta sensorio químicas de los insectos

La obtención de la información sensorial captada por los sensores de los insectos se transmite a las neuronas distribuidas por todo el cuerpo, integrando las funciones de los órganos. Los nervios sensitivos son los que perciben y llevan la información hasta los centros nerviosos y los motores parten de los centros nerviosos hasta los órganos que ejecutan acciones en respuesta al estímulo recibido; estas respuestas pueden ser motoras donde el resultado es secretora cuando la respuesta se da con la liberación de sustancias. La transmisión de la información siempre se da en forma ordenada y en proceso regulados y controlados por factores externos, tanto el sistema locomotor como el sistema endócrino actúan siempre desde una orden previa emitida por el sistema nervioso (Montés F. 2013).

Las plantas en su lucha por la supervivencia han desarrollado una amplia gama de compuestos químicos conocidos como alomonas, los cuales actúan como potentes armas contra insectos fitófagos y otros herbívoros que buscan alimentarse de ellas. Se estima que la mayoría de los metabolitos secundarios de las plantas, aquellos compuestos no esenciales para su crecimiento y desarrollo primario, se biosintetizan con el propósito principal de disuadir o eliminar a estos depredadores. Entre las alomonas más tóxicas se encuentran los alcaloides, los glicósidos cianogénicos, los glicósidos cardíacos y otros compuestos de alta toxicidad para los animales (Robles Caycho, 1994).

Las plantas utilizan estrategias para defenderse de los herbívoros que se constituyen en amenazas para su supervivencia entre las utilizadas son las defensas directas e indirectas. Las defensas directas incluyen barreras físicas y químicas que afectan a los herbívoros. Entre las defensas químicas se encuentran los metabolitos secundarios (fenoles, flavonoides, taninos y

alcaloides), las proteínas anti nutricionales (lectinas, inhibidores de proteasas, peroxidasas, polifenol oxidasas y lipoxigenasas), los tricomas (estructuras similares a pelos), las capas cerosas y los depósitos minerales (War et al., 2012)

Las plantas emiten una mezcla de compuestos orgánicos volátiles que les sirven como señales de comunicación química en sus interacciones con el entorno. Los sistemas olfativos de los insectos les permiten detectar los olores presentes en su entorno, descifrando los mensajes químicos que son específicos y selectivos debido al éxito reproductivo en los grupos de organismos. (Carrasco et al., 2015)

Por otra parte, las plantas producen una amplia variedad de compuestos químicos categorizados en metabolitos primarios y secundarios. Los metabolitos primarios son esenciales para procesos de las plantas como la fotosíntesis, la respiración, el crecimiento y el desarrollo, mientras que los metabolitos secundarios juegan un papel crucial en la defensa contra herbívoros, patógenos, polinización y dispersión de semillas (Crozier et al., 2006). Los metabolitos secundarios de las plantas se clasifican en tres grupos principales: flavonoides, fenoles y polifenoles, terpenoides y alcaloides nitrogenados y compuestos de azufre. Estos compuestos generan en los herbívoros repelencia, detención en la alimentación y toxicidad. (Crozier et al., 2006)

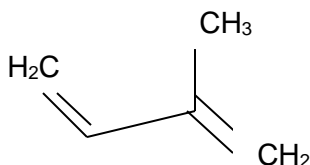
Al estudiar la relación planta - insecto y la actividad repelente de la albahaca y el achiote, podremos construir un contexto de trabajo científico sólido para trabajar con estudiantes de la educación media. A través de la elaboración práctica de repelentes naturales, los estudiantes no solo aprenderán sobre las propiedades químicas de estas plantas medicinales, sino que también comprenderán como la composición química de la albahaca y el achiote influye en su capacidad para emitir señales químicas que repelen a los insectos. Esta experiencia les permitirá desarrollar habilidades prácticas y científicas, al tiempo que fomentan una mayor conciencia sobre la importancia de las plantas en nuestro entorno.

La albahaca, propiedades químicas y actividad como repelente

La planta de la albahaca tiene su origen en Asia Meridional, es de las especies plantas medicinales aromáticas conteniendo contenidos de aceites esenciales por sobre todo el eugenol que es de uso medicinal, además es utilizado en cosmetología y como aromática en los condimentos. (Sam O. et al 2002). Es considerada una planta aromática ya que genera un producto aromático mediante, el aceite esencial contenido en la albahaca contiene: estragol (-metilcavicol), acetato de linalol, o-cimeno, pineno, cineol, alcanfor (cetona) linalol levógiro,

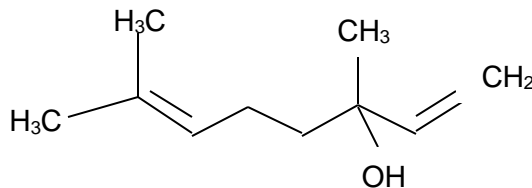
eugenol, entre otros (Silva, A. A. 2010). Posee propiedades antifúngicas en los extractos de los aceites esenciales, controla áfidos, ácaros y moscas de establo en otros cultivos. Sus sustancias activas funcionan como repelentes de insectos. (Alarcón J. 2011)

Los terpenos poseen una estructura básica C_5H_8 de la que derivan los demás terpenos como los siguientes:



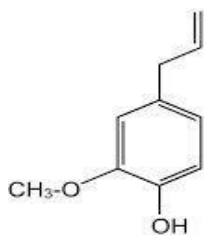
Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas.

El linalool se asocia con el aroma floral y fresco de la albahaca y se le atribuye las propiedades relajantes y ansiolíticas.



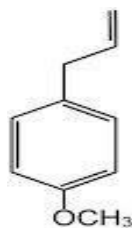
Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas.

El eugenol aporta a la albahaca un sabor picante y ligeramente especiado y se le atribuye la función aromática de repelente de insecto



Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas.

El metil chavicol es conocido como estragol y le confiere a la albahaca un sabor anisado y picante



Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas.

La albahaca pertenece al género *Ocimum* de la familia Lamiaceae, reconocida por sus propiedades medicinales debido a su rica composición química en aceites esenciales que están compuestos por diversos grupos de biomoléculas que incluyen terpenoides y compuestos aromáticos derivados del fenilpropano. El linalol es un componente esencial del aroma característico de los aceites de albahaca, mientras que el metil chavicol es otro componente significativo que se encuentra en proporciones considerables (Silva K, 2010).

Los fenilpropanoides son compuestos con alta actividad biológica en el metilo y de metil chavicol encontrados en la esencia de la albahaca y puede ser influido por el lugar en donde se desarrolló la planta (Murillo et al, 2004).

Los aceites esenciales contenido en plantas son combinaciones de terpenos y sesquiterpenos; alcoholes de cadena abierta y aldehídos; alcoholes aromáticos y cetonas; alcoholes aromáticos y aldehídos, actuando muchos de ellos como desinfectantes, repelentes de insectos e insecticidas. Así también, la composición del aceite esencial está determinado por el quimiotipo y este está compuesto por los compuestos mayoritarios del aceite esencial de la albahaca como el metilchavicol, linalol, metilcinamato y eugenol

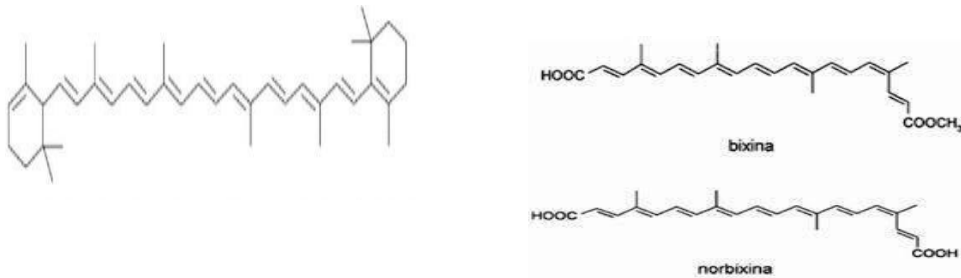
Las propiedades de la albahaca se deben a los metabolitos secundarios, los aceites esenciales que incluyen los terpenos, alcoholes y aldehídos son los que le confieren el aroma y las propiedades medicinales especialmente el linalol que es importante para el olor característico, este puede ser el responsable de la repelencia de los insectos por el aroma además del metil chavicol que le confiere la capacidad desinfectante e insecticida.

El achiote (*Bixa orellana*)

Es una planta de América tropical reconocida por sus semillas con pigmentos rojos característicos utilizado como colorante natural en alimentos y cosméticos utilizada por los nativos como tintura para tejidos y para la piel, además de ser utilizada en la medicina popular por sus efectos farmacológicos y como repelente de insectos y protector solar. Su nombre popular deriva de la palabra tupi “ru-ku” que significa rojo, según evidencia que su nombre náhuatl “achiotl”; “bixa” del taino que los indígenas pronunciaban “bisha” y Orellana por el conquistador

Francisco Orellana que había explorado las amazonas. Según estudios mencionados por Revilla, 2001, se han encontrado en las semillas y en las hojas flavonoides, ácido gálico, ácido alfitólico, diterpenos, alcaloides, carotenoides, apocarotenoides.

El compuesto que le confiere la repelencia a los insectos es el diterpeno presente en la semilla del achiote como la bixina y la norbixina.



Ávalos García, A., & Pérez-Urría Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas.

En este trabajo no se ha logrado indagar las reacciones entre el terpeno y el órgano sensitivo de los insectos sólo se ha presentado que los terpenos mencionados son los responsables de la afección de la sensibilidad de los insectos. En este punto se han recogido experiencias que los estudiantes poseen juntamente con las familias a partir de la cual una indagación conceptual con la intención de aprender ciencias estableciendo una base para la indagación científica con la posibilidad de seguir profundizando, ya que hasta el momento solo se ha llegado a identificar que existen sustancias en las plantas que son responsables del aroma específico y que por otro lado, los insectos poseen unos aparatos receptores de los olores y que no se ha indagado esa relación y como los compuestos afectan al sistema olfativo de los insectos.

Capítulo III

Indagación experimental

El trabajo experimental es fundamental en la construcción de conocimiento para la concreción de los supuestos fenomenológicos, lo que permite ampliar y articular el proceso y organización de la experiencia como una propuesta para la enseñanza de las ciencias. (Malagón et al, 2013). Con este fin, se recurre al trabajo de laboratorio para profundizar en la indagación y fundamentar con base científica la capacidad repelente contra insectos de las plantas aromáticas, en especial del achiote y la albahaca.

Por medio de la experimentación, se puede realizar observación del entorno que puede facilitar la comprensión de los conceptos conectando la teoría con la realidad, fomentando un aprendizaje más activo y pensamiento crítico.

Actividades experimentales realizadas

El análisis químico de las sustancias de la semilla del achiote y de la hoja de la albahaca, permitirá la identificación del terpeno que le proporciona las propiedades aromáticas a estas plantas, que les permiten la repelencia a los insectos. Se lleva a cabo los siguientes trabajos de laboratorio:

Métodos de extracción de los aceites esenciales

Extracción directa por arrastre con vapor: es utilizado para separar aceites esenciales de tejidos vegetales, los aceites esenciales son mezclas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, aldehídos aromáticos y fenoles que se encuentran en las hojas de las plantas, cáscaras o semillas de algunas plantas.

Destilación con vapor de agua: este proceso es utilizado para extraer aceites esenciales de plantas aromáticas, puede ser utilizada en la industria alimentaria, bioquímica y química.

Cromatografía en capa fina: es utilizada con la finalidad de determinar la presencia de flavonoides, taninos, terpenos que corresponden a diversos componentes presentes en los extractos de aceites esenciales, como terpenos y compuestos aromáticos.

Técnica de destilación por arrastre al vapor y cromatografía

Es utilizada para la separación de compuestos orgánicos que son evaporados fácilmente y que no son disueltas en agua. Se muestra el proceso de destilación de cromatografía

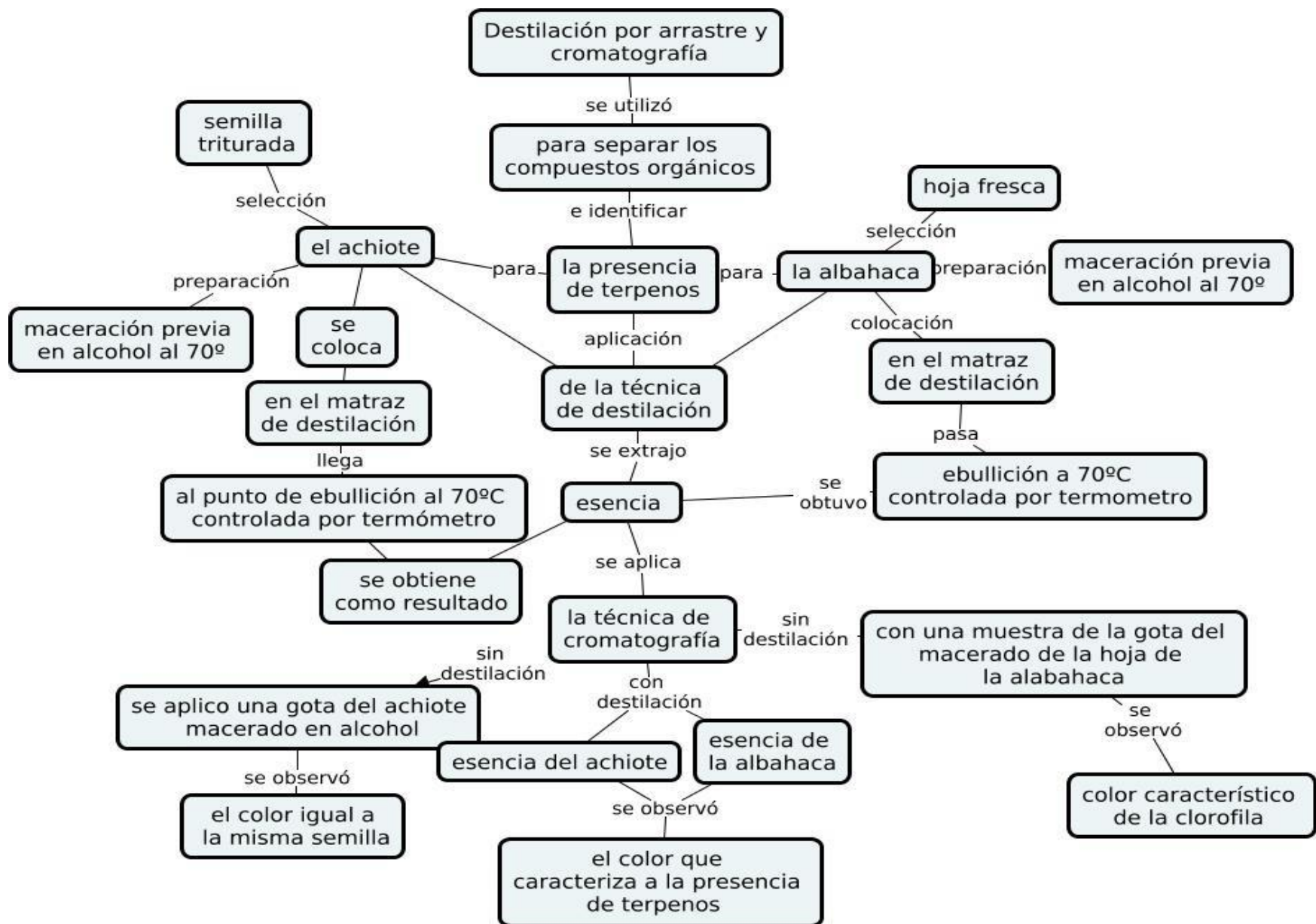


Ilustración: Proceso de destilación y cromatografía aplicada a la hoja de la albahaca y semilla del achiote

Ventajas de la destilación por arrastre de vapor:

Permite separar compuestos sensibles al calor: A diferencia de la destilación tradicional, la destilación por arrastre de vapor opera a temperaturas más bajas, lo que evita la descomposición de compuestos sensibles al calor

Aumenta la volatilidad de compuestos poco volátiles: La presencia de vapor de agua aumenta la volatilidad del compuesto orgánico, permitiendo su destilación a temperaturas más bajas.

En el caso de los metabolitos secundarios, la destilación por arrastre de vapor permite separar los compuestos a temperaturas inferiores a su punto de ebullición con el que se evita la degradación de los compuestos, para obtener de esa manera sustancias puras.

Equipo para destilación por arrastre de vapor:

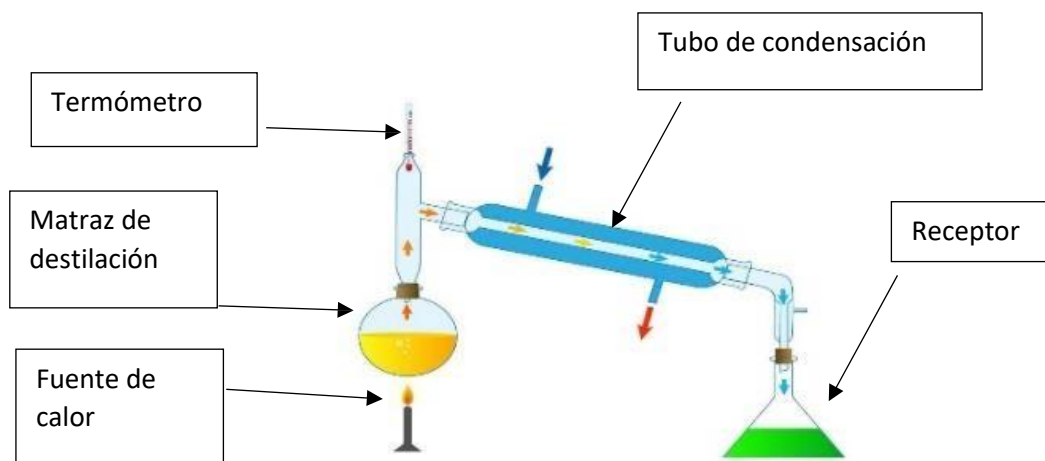
Matraz de destilación: Un recipiente donde se coloca la mezcla que se va a destilar.

Termómetro: Para controlar la temperatura de la mezcla.

Fuente de calor: Puede ser una estufa, una manta calefactora o un baño de aceite.

Tubo de condensación: Un tubo donde se enfría la mezcla de vapor y compuesto orgánico, provocando su condensación.

Receptor: Un recipiente donde se recoge la fase orgánica condensada.



Tomado de: <https://www.caracteristicas.pro/destilacion/>

Procedimiento general de destilación por arrastre de vapor:

Preparación de la mezcla: Se introduce la mezcla que contiene el compuesto a separar en el matraz de destilación junto con agua. La cantidad de agua depende del volumen de la mezcla y de la volatilidad del compuesto.

Montaje del equipo: Se conecta el matraz de destilación al tubo de condensación y al receptor.

Calentamiento: Se aplica calor a la mezcla hasta que el agua alcance su punto de ebullición.

Destilación: El vapor de agua arrastra consigo moléculas del compuesto orgánico, ascendiendo por el tubo de condensación.

Recolección del destilado: La mezcla de vapor y compuesto orgánico se condensa en el tubo de condensación y se separa en dos fases: una fase acuosa que cae en el matraz de destilación y otra fase orgánica que se recoge en el receptor.

Métodos para identificar la presencia de terpenos en una sustancia.

Método físico: olor intenso característico de la planta no es tan preciso como los métodos químicos, ya que no es muy preciso.

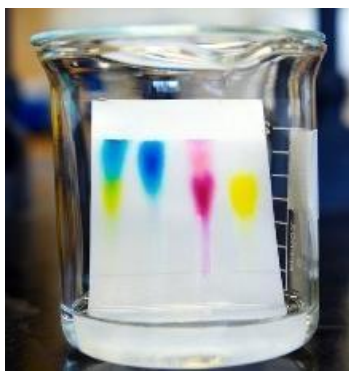
Métodos químicos

Reacción con ácido sulfúrico y la vainillina: Algunos terpenos, pueden reaccionar con ácido sulfúrico para producir un color amarillo o naranja. Esta reacción no es específica para terpenos y también puede ocurrir con otros compuestos orgánicos.

Una vez realizada la cromatografía con las esencias extraídas, es rociada con el ácido sulfúrico con la vainilla lo cual debe arrojar un color lila, amarillo o verde indicando la presencia de terpenos en la sustancia; esta reacción química es debido a la oxidación, condensación y deshidratación de los terpenos ocasionada por el ácido sulfúrico y la capacidad de la vainilla de producir el color. La concentración de los ácidos sulfúricos y la vainilla pueden influir en la intensidad del color arrojado en la reacción variando en la intensidad, entre los que se encuentran con mayor intensidad en los aceites esenciales son los monoterpenos y sesquiterpenos como el linalol que es un monoterpeno presente en la albahaca y otros aceites esenciales produciendo un color lila

Queda por seguir profundizando en las reacciones entre el terpeno con el ácido sulfúrico y la vainilla, ya que no se ha llegado al estudio de qué es lo que sucede para que muestre esa coloración o qué tipo de compuesto se está formando.

Cromatografía en capa fina: la fase estacionaria se construye depositando una resina, sobre una placa de vidrio o aluminio. Se coloca cierta cantidad de la muestra a 1cm del borde inferior de la placa. Luego se sumerge esta placa, teniendo en cuenta que el extremo que contiene la muestra debe quedar hacia abajo, en un recipiente que contiene la fase móvil (alcohol). La fase móvil asciende por capilaridad separando los componentes de la muestra. Tomado de: <https://concepto.de/cromatografia/>



Tomado de: <https://concepto.de/cromatografía>

Resultados obtenidos en el laboratorio

Una vez preparado el montaje del equipo de destilación se cargó la mezcla a ser destilada, consistente en hoja de albahaca concentrada en alcohol al 70%, se calentó con la plancha de calentamiento controlando la temperatura con el termómetro, cuando el termómetro indicó 70° C llegó al punto de ebullición, en ese momento se observó el arrastre de las gotas destilada depositándose en el frasco de Erlenmeyer.

En la prueba organoléptica se pudo comprobar que el producto destilado de la hoja de la albahaca posee el mismo aroma que la hoja de la planta, lo que indica la presencia de terpenos, responsable de su aroma característico.



Proceso de destilación por arrastre de vapor de la hoja de la albahaca. Elaboración propia

Hoja de albahaca
triturado y macerado
en alcohol

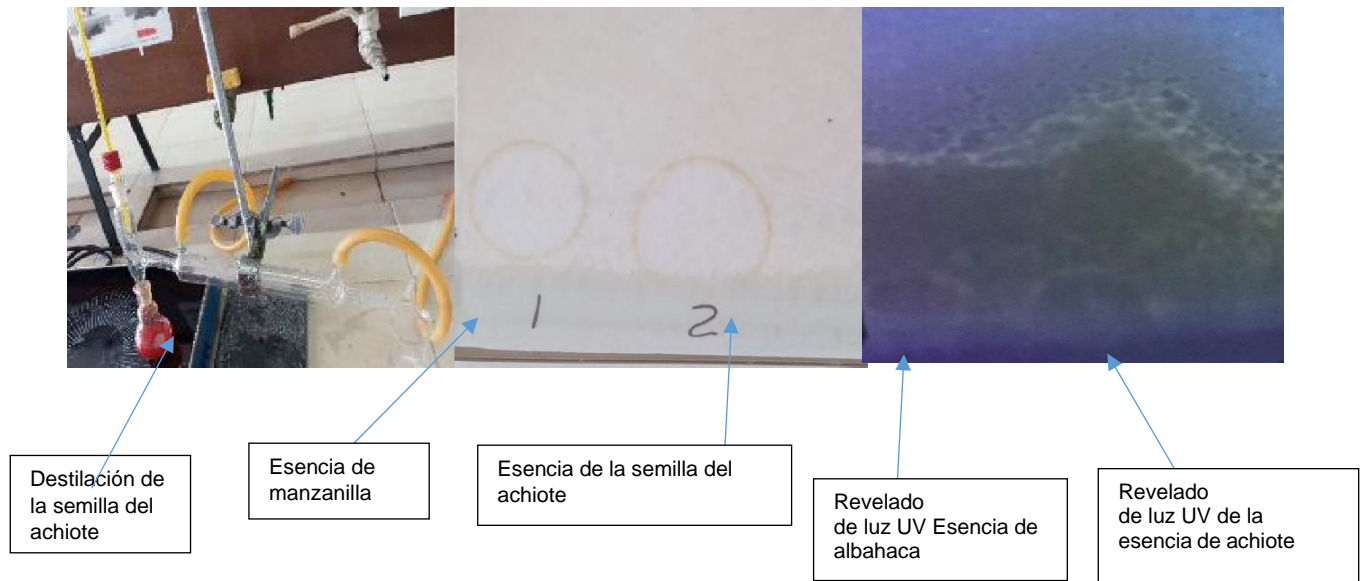
Destilación por
arrastre de vapor

Extracto destilado
de albahaca

Una vez obtenida la esencia producto de la destilación de la hoja de la albahaca, se realizó la técnica de cromatografía en capa fina, comparando la esencia de la albahaca con la maceración de las flores y las hojas de la albahaca, en donde se pudo visualizar la presencia de clorofilas en las hojas y flores, pero no así en la destilación obtenida de las hojas, lo que indica que ya no existe clorofila en la sustancia, este resultado se pudo visualizar en la cámara de cromatografía, luego de haber rociado la placa con el ácido sulfúrico concentrado.

El ácido sulfúrico es un compuesto corrosivo, es utilizado en cromatografía para revelar la presencia de terpenos indicando una coloración específica, como en este caso un color marrón pálido.

El procedimiento se realizó con la semilla del Achiote triturado y macerado previamente en alcohol al 70%, se aplicó la técnica del destilado con el que se extrajo la esencia de esta, con la prueba organoléptica se pudo el aroma parecido al de la semilla.



Destilación por arrastre de vapor de la semilla del achiote. Cromatografía en capa fina y revelado con luz UV.

Del resultado obtenido de la destilación se aplicó cromatografía en capa fina, con la esencia de la albahaca y de la esencia del achiote, en donde la primera gota que corresponde al de la albahaca, indica un color marrón oscuro y a la segunda gota que es del achiote, en donde se pudo observar un color amarillo oscuro que según bibliografía consultada corresponden a la presencia del terpeno en la esencia. La coloración que muestra indica la intensidad de la presencia de la presencia de terpeno en cada esencia es distinta, por la característica de específica de la planta, en este sentido la técnica de la cromatografía en capa fina permite identificar la presencia de terpenos pero no así los tipos de terpenos que podría identificarse por la intensidad del color.

Segundo ensayo de identificación de terpenos

El segundo ensayo es realizado para identificar y comparar la presencia de terpenos en la esencia del achiote y la albahaca con la esencia de la manzanilla, debido a que la misma es conocida por poseer terpenos en las flores responsable del aroma característico que exhibe.



Fotografía tomada del revelado con luz ultravioleta de cromatografía con las esencias

Conclusión de los resultados experimentales

En las observaciones realizadas para la detección de la presencia de terpenos en la esencia de la albahaca y el achiote, de acuerdo a las indagaciones bibliográficas consultadas se pudo comprobar la presencia del terpeno por la visualización del color lila pálido, color indicativo de la presencia del terpeno en las esencias extraídas específicamente de la hoja de la albahaca y la semilla del achiote.

La manzanilla es conocido por su poder curativo para tratar problemas estomacales y otros, la ciencia afirma que posee gran cantidad de fitoquímicos entre ellas los flavonoides y terpenos principalmente en las flores, siendo de menor concentración en los tallos y hojas. Los terpenos se encuentran en los aceites esenciales que se obtiene por medio de la destilación por arrastre de vapor. En este caso se ha utilizado a la manzanilla como referencia para el caso de la albahaca y el achiote, para comparar la presencia de terpenos en la cromatografía y en el revelado con la luz ultravioleta. (Pino, 2017)

Con estas prácticas realizadas se entiende que existen sustancias específicas en las plantas que le confieren el aroma, como en este caso la presencia del terpeno presente en las hojas de la albahaca y la manzanilla, siendo esas sustancias las que les confieren la capacidad repelente, que interaccionan en la capacidad olfativa de los insectos; estas profundizaciones han colaborado en la comprensión de que son las sustancias presentes en las hojas o las flores las

que reaccionan y no las plantas en sí mismo, también ha permitido focalizar los estudios siendo así más específico y no generalizado. Estas ideas permiten plantear una propuesta de aula para trabajar con los estudiantes, con la intención de hacer que los estudiantes se interroguen del por qué las plantas aromáticas cumplen con la función de repelente de insectos, y les permita que dichas indagaciones construyan sus propios conocimientos. No se ha llegado a profundizar lo que sucede con los insectos al reaccionar como respuesta al aroma de las sustancias, además no se ha llegado a realizar la prueba de efectividad de las sustancias de las plantas estudiadas como repelente de insectos, además que insecto específicamente repele.

En el estudio de las interacciones de las plantas e insectos es importante entender la dinámica de atracción y repelencia desde las sustancias que interactúan para dichas acciones, la actividad experimental permite indagar la presencia de los compuestos químicos, pero no así las acciones hacia los insectos, esta prueba queda pendiente por lo que se puede afirmar solamente con base a fuente bibliográfica que los terpenos actúan como repelente de insectos.

Capítulo IV

Proyección para la enseñanza en aula

La proyección que se pretende llevar a cabo en el aula con los estudiantes del segundo año de la media del Colegio Nacional presidente doctor José Patricio Guggiari Asunción Paraguay, consiste en estudiar los componentes químicos que poseen algunas partes de las plantas aromáticas que por las sustancias que lo componen cumplen con la función del repelente de insectos. La propuesta pedagógica tiene como objetivo incentivar en los estudiantes por medio del estudio del fenómeno de repelencia de los insectos de algunas plantas aromáticas, vinculando los conocimientos previos de los estudiantes con la búsqueda de desarrollo de habilidades científicas, buscando generar en los estudiantes la curiosidad, el pensamiento crítico, y con las preguntas del por qué suceden las acciones. La propuesta parte de la familiaridad de los estudiantes con el uso de las plantas aromáticas y sus propiedades repelentes y busca que los estudiantes se planteen preguntas que los lleve a investigar y construir explicaciones sobre las indagaciones complementando de esta manera el saber propio de los mismos, utilizando un enfoque socio cultural, en donde los estudiantes construyen sus conocimientos desde la experiencia obtenida del entorno social.

Además del estudio de las acciones repelentes de ciertas plantas aromáticas sobre algunos insectos, es de gran importancia el mecanismo de acción de los receptores olfativos de los insectos los cuales son repelidos por el aroma de las plantas en estudio, es necesario que los estudiantes comprendan que los insectos poseen unos sistemas olfativos que les permiten captar y reaccionar como defensa.

La siguiente propuesta de trabajo está pensada para trabajar con estudiantes de del segundo año de la media con la intención de generar en los estudiantes el análisis sobre el saber sobre los usos de las plantas aromáticas y medicinales, la propuesta de trabajo está organizada de la siguiente manera:

- Reconocimiento de las plantas medicinales que cumplen con la acción repelente
- Reconocimiento sensorial de las plantas
- Identificación de los metabolitos primarios y secundarios
- Especificación de las funciones de los metabolitos secundarios
- Función de los metabolitos secundarios
- Identificación de los insectos la estructura externa y la capacidad sensorial de los insectos para percibir los olores específicos

- Identificación de los terpenos por medio de la obtención de la esencia y procesos cromatográficos
- Preparación de ambientador con las esencias extraídas con la destilación
- Realización de prueba de efectividad de los repelentes de insectos
- Publicación de los saberes obtenidos durante el proceso de estudio

Las actividades quedan organizadas de la siguiente manera:

Etapas	Actividades	Propósito
Reconocer las sustancias presentes en las plantas aromáticas que cumplen con la acción repelente de insectos y analizar la estructura interna y externa de la señalización química de los insectos.	Taller de reconocimiento sensorial de los aromas de diferentes plantas aromáticas.	Cómo se defienden las plantas de los insectos.
	Lectura referente a los metabolitos primarios y secundarios de las plantas Proyección de videos y visualización de algunos insectos por medio de estereoscopio.	Cómo responden los insectos a las señales emitidas por las plantas.
Indagar sobre la respuesta de la señalización química de los insectos al aroma de las plantas aromáticas e identificar las sustancias que son responsables de la acción repelente a ciertos insectos.	Observar y analizar un video sobre la respuesta de los insectos frente a los estímulos olfativos percibidos por el aroma de las emitidas por las de las plantas.	Comprender la señalización química de los insectos y su respuesta a los estímulos percibidos por las plantas.
		Comprender que los que cumplen con la acción repelente son las sustancias presentes en las hojas de las plantas e interaccionan con el sistema olfativo de los insectos.
	Indagación bibliográfica de las sustancias presentes en las hojas de las plantas y que cumplen con la acción repelente	Reconocer que los insectos desempeñan diferentes funciones entre ellos la repelencia y atracción de a los aromas de las plantas aromáticas.

<p>Extraer e identificar los terpenos presentes en las hojas de las plantas estudiadas</p>	<p>Realizar un taller para aplicar la técnica de la destilación al vapor y aplicar la cromatografía en capa fina.</p> <p>Extraer las esencias e identificar los terpenos identificar.</p>	<p>Identificar las sustancias presentes en las partes de las plantas por medio de la técnica de destilación y cromatografía, de acuerdo a la literatura consultada.</p>
<p>Realizar prueba de efectividad de repelencia de las sustancias.</p>	<p>Preparar aromatizador para observar la reacción de respuesta de los insectos en la acción repelente.</p>	<p>Comprender las acciones de las sustancias aromáticas en relación al sistema olfativo de los insectos.</p>
<p>Concluir y publicar las informaciones construidas durante el proceso.</p>	<p>Concluyendo con el proceso de estudio realizado explicar la acción de repelencia existente entre planta insecto por medio de infografía, trípticos, cartillas, otros.</p>	<p>Explicar las sustancias que cumplen con la acción repelente en interacción con los insectos.</p>

Guía de trabajo

Colegio Nacional presidente Doctor José Patricio Guggiari

Disciplina: Ciencias de la Naturaleza

Curso: Segundo curso de la media

Guía de trabajo N.º 1

Objetivo: Reconocer las sustancias presentes en las plantas aromáticas que cumplen con la acción repelente de insectos.

Primer momento

- Formar grupos de trabajos
- Disponer de las hojas de las diferentes plantas aromáticas en cada grupo

Segundo momento

- Separar y clasificar las hojas
- Proceder a la limpieza y secado de las hojas.

Tercer momento

Observar las estructuras de las hojas

Proceder a realizar el raze con las diferentes hojas para percibir los distintos colores

Clasificar las hojas en más dulce, picante, madera, otros.

Quienes dan más coloración al raze y cuales podrían ser más repelente a algún insecto los olores más fuertes o más suaves

Muestras	Describe el aroma percibido	El aroma percibido es familiar Sí/No ¿Por qué?	¿El aroma percibido podría tener efecto repelente? ¿Por qué?	¿Cómo haría para comprobar si repele o no?
Muestra 1				

Muestra 2				
Muestra 3				

¿Cuáles de estas plantas podrían ser repelentes de los insectos? ¿Por qué?

.....

Guía de Trabajo N.º: 2

Título: Metabolitos primarios y secundarios de las plantas

Introducción

Las plantas son seres vivos que no se desplazan de un lugar a otro pero que poseen la capacidad para defenderse de las amenazas que pueden generar los depredadores. A continuación, se podrá encontrar cómo las plantas producen sus propios alimentos y utilizan los metabolitos secundarios que actúan como escudos protectores de las plantas como repelente de los enemigos o atracción de los aliados, para protegerse, adaptarse al medio y asegurar su supervivencia.

Las plantas y su mecanismo de defensa

Los seres humanos necesitamos de algunas plantas y animales para nuestro alimento; sin embargo, las plantas son capaces de producir su propio alimento, convirtiendo el dióxido de carbono el agua y los minerales del suelo en azúcares por medio de la fotosíntesis, además las plantas cuentan con mecanismo de protección que les sirven para defenderse de los daños de otros organismos y de las condiciones ambientales en el que se encuentra. Un ejemplo de esto se puede mencionar a la col silvestre (*Brassica oleracea*), que ante el ataque de las larvas de la polilla produce compuestos volátiles que atraen a los insectos que se alimentan de dichas larvas pudiendo de esta manera defenderse y autoprotegerse. (Zavala 2010)

Al igual que los seres humanos y los animales, las plantas poseen células; en cada una suceden reacciones químicas sintetizando sustancias a partir de otras más simples o para degradar las más complejas y obtener las sustancias más simples, a este conjunto de reacciones se le conoce como metabolismo (Ávalos et al 2009), existen dos tipos de metabolismo en las plantas, los metabolitos primarios y secundarios. Los metabolitos primarios están directamente implicados en el desarrollo y la reproducción, mientras que los metabolitos secundarios les permiten a las plantas a adaptarse al medio, a defenderse de los depredadores y a interactuar con los polinizadores.

Las plantas pueden distinguir las amenazas, pueden distinguir si esto proviene de alguna enfermedad o de algún depredador y generan una respuesta para defenderse de los ataques, pueden reconocer los compuestos químicos presentes en la saliva de los insectos y responden con la incrementación de los metabolitos secundarios emitiendo los compuestos volátiles, que dan aroma y sabor a las plantas que puede repeler a los insectos dañinos y atraer a los hospederos.

Algunas plantas utilizan otros medios para defenderse, como por ejemplo las espinas, tricomas dependiendo de la estructura para defenderse.

Aspectos para profundizar y reflexionar

- ¿Cómo se entiende la interacción entre el insecto atacante de la planta y el insecto hospedero?
.....
- ¿Cuál es el mecanismo de defensa de las plantas?
.....
- ¿Cuál es la diferencia entre metabolitos primarios y secundarios de las plantas?
.....
- ¿Cuál podría ser efecto del compuesto volátil de la planta hacia el insecto?
.....
- Con base a la información cual sería la razón de que las plantas poseen sustancias repelentes
.....

Guía de Trabajo N.º 3

Proyección de videos y visualización de algunos insectos por medio de microscopio.

Objetivo: analizar la estructura interna y externa de la señalización química de los insectos.

Actividades

- En los videos propuestos observar la estructura del sistema nervioso del insecto.
- Explicar las funciones del cerebro en la respuesta a la señalización percibida por el medio externo.
- Plantearse preguntas sobre la acción repelente de las plantas y la posible reacción del insecto como respuesta a la señalización percibida.

Sistema nervioso de los insectos: <https://youtu.be/6TsAo1xuXKE>

Guía de laboratorio

- Disponer de variados insectos para la observación
- Observar en el microscopio las partes del insecto: antenas, patas, otros.
- Describir las observaciones realizadas.
- Plantearse preguntas ya sea sobre el comportamiento de los insectos ante la repelencia de algunas plantas.

.....

.....

.....

Guía de Trabajo N.º: 4

Objetivo: Indagar sobre la respuesta de la señalización química de los insectos al aroma de las plantas aromáticas e identificar las sustancias que son responsables de la acción repelente a ciertos insectos.

Actividad: Observar y analizar un video sobre la respuesta de los insectos frente a los estímulos olfativos percibidos por el aroma de las emitidas por las de las plantas.

Los insecticidas y la contracción muscular de los insectos: <https://youtu.be/Cv-xY66tKB8>

- Observar la reacción del insecto a la percepción del insecticida.

.....

- Teniendo en cuenta que un insecticida por su composición puede generar la muerte del insecto ¿Cómo sería la reacción del insecto ante el aroma repelente de la planta aromática?

.....

Guía de Trabajo N.º 5

Objetivo: Identificar las sustancias presentes en las hojas de las plantas y que cumplen con la acción repelente.

Como las plantas se protegen de los enemigos

Los metabolitos secundarios permiten a las plantas protegerse de las amenazas de otros organismos vivos como insectos, bacterias, virus entre otros, que pueden impedir su crecimiento, desarrollo y reproducción; para defenderse de las amenazas las plantas utilizan los metabolitos secundarios y para ello pueden identificar las señales y generar respuestas.

Capacidad de defensa de las plantas

Las plantas han evolucionado y se han seleccionado estrategias que les permiten protegerse para perpetuar su especie. Cuando las plantas se encuentran amenazadas, ya sea por el daño causado por otros organismos vivos (bacterias, virus, insectos y malezas), por factores no vivos (radiación ultravioleta, temperaturas extremas) o por desastres naturales (inundaciones, tornados), éstas hacen uso de sus superpoderes para evitar que sus procesos de crecimiento, desarrollo y reproducción se alteren. Las plantas sólo pueden usar sus superpoderes con la ayuda de los metabolitos secundarios para responder a las amenazas mencionadas anteriormente, ante las cuales, a menudo salen victoriosas. Entonces, ¡las plantas sí se defienden! No tienen manos, pero sí superpoderes. Pero... ¿Cómo se dan cuenta las plantas de que se encuentran ante alguna amenaza? Es interesante la manera en que pueden distinguir entre las heridas generales (como las causadas por una enfermedad) y las puntuales (como las producidas por la alimentación de insectos. Para defenderse del daño provocado por cualquiera de estos organismos, las plantas cuentan con un sistema de vigilancia, que les permite reconocer la amenaza: identifican las señales y generan una respuesta (Lamb et al., 1989). Por ejemplo, las plantas reconocen a los compuestos químicos presentes en la saliva de insectos y ácaros, y responden incrementando los niveles de metabolitos secundarios y con la posterior emisión de Compuestos Volátiles Orgánicos Inducidos por Herbívoros (cvoih), que son una mezcla de terpenos (compuestos que dan aroma y sabor a las plantas) y de compuestos aromáticos, que pueden repeler a los insectos dañinos o incluso atraer a sus enemigos naturales, como depredadores y parasitoides que eliminan la plaga que aqueja a la planta (Rioja Soto, 2020).

Existen distintas clasificaciones de los metabolitos secundarios según su diversidad en estructura, función y biosíntesis (proceso en el que compuestos simples se convierten en otros más complejos). Adeyemi (2011) y Hopkins (2003) los clasifican en tres grandes clases químicas: terpenoides (compuestos aromáticos y volátiles que dan aroma y sabor a las plantas), fenólicos (compuestos que tienen función de protección frente a otros organismos, así como de generador de colores atractivos para la polinización de las plantas y dispersión de semillas), y alcaloides (compuestos naturales para alejar a los organismos herbívoros).

Funciones ecológicas de metabolitos secundarios:

Alcaloides: generan un sabor amargo en las plantas que le da un sabor desagradable a los animales que se alimentan de ellas.

Ácidos fenólicos: influyen en el crecimiento, supervivencia o reproducción de otras plantas, ya sea con efecto perjudicial o benéfico. Protegen a las plantas de las bacterias.

Flavonoides: proporcionan color y aroma a las plantas. Protegen de los rayos ultravioleta, hongos y bacterias.

Taninos: disminuyen el ataque a las plantas por herbívoros. Protegen contra organismos que puedan causar enfermedades.

Terpenos: proporciona aroma. Permiten que las plantas se comuniquen químicamente entre ellas, así como con otros animales. Protegen de la depredación de insectos y de temperaturas elevadas.

Texto extraído de: Pino et al (2017)

Actividades

1. Elabora una infografía sobre los metabolitos secundarios, explicando los diferentes tipos y sus funciones

.....
.....

2. De acuerdo a la información estudiada, que tipos de metabolitos secundarios podrían tener las plantas en estudio y en que parte de la planta. Fundamenta la respuesta.

.....
.....

3. Por medio de qué técnica se podría estudiar la presencia de los metabolitos secundarios.

.....
.....

Guía de Trabajo N.º 6

Objetivo: Realizar un taller para aplicar la técnica de la destilación al vapor y aplicar la cromatografía en capa fina.

Destilación y cromatografía

La destilación por arrastre con vapor es una técnica usada para separar sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla, como resinas o sales inorgánicas, u otros compuestos orgánicos no arrastrables.

La destilación por arrastre con vapor también se emplea con frecuencia para separar aceites esenciales de tejidos vegetales. Los aceites esenciales son mezclas complejas de hidrocarburos, terpenos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles y se encuentran en hojas, cáscaras o semillas de algunas plantas. En el vegetal, los aceites esenciales están almacenados en glándulas, conductos, sacos, o simplemente reservorios dentro del vegetal, por lo que es conveniente desmenuzar el material para exponer esos reservorios a la acción del vapor de agua. Los aceites esenciales son productos naturales aplicados en diferentes industrias, como son la farmacéutica, alimenticia, en perfumería, entre otros usos. Actualmente, se constituyen en productos alternativos para la elaboración de biopesticidas o bioherbicidas. La obtención de los aceites esenciales es realizada comúnmente por la tecnología llamada de destilación por arrastre con vapor, en sus diferentes modalidades. La pureza y el rendimiento del aceite esencial dependerán de la técnica que se utilice para el aislamiento.

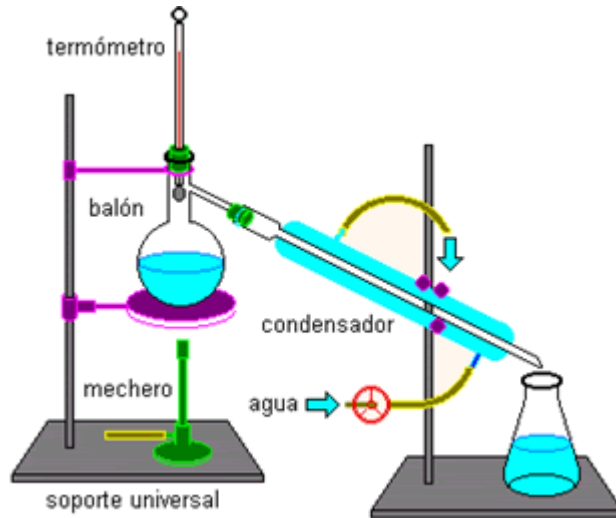
Equipo para destilación por arrastre de vapor:

- Matraz de destilación: Un recipiente donde se coloca la mezcla que se va a destilar.
- Termómetro: Para controlar la temperatura de la mezcla.
- Fuente de calor: Puede ser una estufa, una manta calefactora o un baño de aceite.
- Tubo de condensación: Un tubo donde se enfría la mezcla de vapor y compuesto orgánico, provocando su condensación.
- Receptor: Un recipiente donde se recoge la fase orgánica condensada.

Procedimiento

- Colocamos el mechero o la estufa y el soporte para el matraz.

- Añadimos las hojas maceradas al matraz y colocamos el termómetro.
- Agarramos la nuez al soporte y al matraz, para evitar que se mueva.
- Colocamos la unión por el cuello al matraz y aseguramos con las gomas.
- A continuación, colocamos la trompa de vacío y la agarramos al soporte.
- Por último, colocamos un brazo y un vaso de precipitados para recoger el destilado.



Recuperado de: Laboratorio2bach.blogspot.com/2011/01/montaje-destilación.html

Actividades

1. ¿Cómo funciona la técnica de la destilación al vapor?

.....

2. ¿Qué se espera extraer de las hojas en estudio con la aplicación de la técnica de destilación?

.....

3. En los grupos correspondientes identifique y organice el equipo de destilación

.....

4. Aplique la técnica de la destilación siguiendo los pasos correspondientes para la extracción de la esencia.

.....
.....

5. Describa el color, el aroma, la textura de la esencia obtenida.

.....
.....

Guía de Trabajo N.º: 7

Objetivo: Preparar aromatizador para valorar los resultados de la repelencia de los insectos.

Que son los aceites esenciales

Los aceites esenciales consisten en mezclas complejas que se originan del metabolismo secundario de las plantas. Pueden estar localizados en pelos, sistema vascular, hojas, tallos, flores o en otros sitios dependiendo de la especie vegetal. Las esencias pueden ser utilizados para diferentes finalidades como perfumería, aromaterapia, difusor aromático como se proyecta en este caso. (tomado de: <https://decoraglobafragrance.com/blogs>)

Función de un aromatizador del ambiente

El difusor de aromas con varillas aromatiza el hogar utilizando como medio las varillas, éstas evaporan la fragancia y, al contacto con el aire, el aroma se propaga por todo el ambiente. Es un formato de fragancia para el hogar muy práctico, pues aromatiza de forma continua y homogénea, no requiere ningún tipo de energía y apenas requiere mantenimiento. (tomado de: <https://decoraglobafragrance.com/blogs>)

Como se prepara un difusor de aromas:

- Reunir los materiales necesarios: frasco de vidrio, varillas de madera fina, esencia.
- Verter la esencia dentro del frasco de vidrio
- Introducir las varillas de madera, esperar 10 minutos y luego invertir.
- Colocar en un lugar de preferencia para cumplir con su función
- Observar y registrar si en el lugar del difusor de aromas se perciben algunos insectos si se observa la presencia de los insectos registrar el comportamiento de los mismos.

.....
.....
.....

Guía de trabajo N.º 8

Concluyendo con el proceso de estudio realizado explicar la acción de repelencia existente entre planta insecto por medio de infografía, trípticos, cartillas, otros.

Debe contener las siguientes informaciones:

- Las características de las plantas aromáticas trabajadas
- Que son los metabolitos primarios y secundarios
- Cuáles de los metabolitos secundarios están presentes en las plantas trabajadas
- Cuál es la interacción existente entre el aroma de las plantas y los insectos.
- Que pensaba sobre la repelencia de las plantas al inicio del desarrollo de las actividades y a que conclusión ha llegado. Fundamenta.

.....

.....

.....

Conclusiones

En el presente trabajo se tuvo como propósito estudiar la relación planta insecto, centrándose en la actividad repelente de la albahaca y el achiote, además en el estudio de la señalización química y los mecanismos de acción de los metabolitos secundarios presentes en las plantas, buscando construir una base para la indagación científica.

Las plantas que han sido objeto de estudio como la albahaca y el achiote poseen componentes químicos como el terpeno que son los responsables de la acción repelente de los insectos, la cual le confiere un aroma característico el cual interactúa con la señalización química de los insectos.

En relación a los objetivos propuestos al inicio del trabajo básicamente sobre el estudio de la relación planta insecto en su actividad repelente, se podría afirmar que son los metabolitos secundarios presentes en las hojas específicamente de la albahaca las que cumplen con la acción repelente, esta afirmación es con base en indagaciones bibliográficas ya que no se ha llevado a realizar las pruebas para la observación en este caso de la reacción de los insectos a la interacción entre el terpeno, por ende no se puede afirmar con evidencias que efectivamente son repelidos por las sustancias identificadas en la albahaca y el achiote. Pero las indagaciones han generado otras interrogantes sobre las interacciones entre las plantas y los insectos debido a que existen en las plantas que sirven como atracción de polinizadores y otros que repelente a ciertos insectos. Además de los componentes que son utilizados como repelentes naturales de insectos y a cuáles insectos repelen y cuál es la acción en la señalización química de los insectos debido a los cuales responden con acciones específicas.

Al inicio de este proceso de estudio tenía una visión muy general sobre el objetivo de indagación, pensando que la acción repelente se encontraba en toda la planta, que durante el proceso fue consolidándose y más la actividad experimental ha permitido comprender que existen sustancias responsables de las acciones de repelencias, así también de atracción de los insectos hacia las plantas y que estos mecanismos son propios de los mismos como medio de supervivencia e interacción con el ambiente. Esta experiencia además me brinda herramienta como docente de ciencias, a incentivar a que los estudiantes indaguen y se cuestionen constantemente, a abordar nuevos desafíos en forma creativa para la construcción de nuevos conocimientos. Las actividades experimentales no sean herramientas para comprobar los datos bibliográficos sino a indagar más profundamente para ampliar la experiencia.

He internalizado que por medio de las indagaciones y actividades experimentales realizadas se abren varias posibilidades para enriquecer mucho más las actividades y el aprendizaje en el aula, además de desarrollar actividades interdisciplinarias en donde los estudiantes puedan explorar diversos conceptos ya sea por medio de la observación y experimentación, que en el caso de las plantas con usos medicinales pueden estar conectados entre la ciencia y la cultura promoviendo así una construcción de conocimientos propios de los estudiantes. Además, con este tipo de actividades se puede hacer énfasis en diferentes puntos, no solamente la relación planta insecto en la acción repelente, ya que se presentan varios fenómenos que son posibles tomar como objeto de estudio, como por ejemplo las reacciones químicas que intervienen en los procesos de identificación de las sustancias presentes en los extractos de las plantas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo es necesario un estudio más minucioso y a largo plazo para seguir estudiando la eficacia de las sustancias presentes en las plantas estudiadas y su aplicación o medios de verificación. Se deja abierta la posibilidad en profundizar y realizar la prueba para constatar la efectividad de las sustancias presentes en las hojas de la albahaca y la semilla del achiote, así como especificar los insectos al cual repelen.

Este trabajo además permite plantear una serie de actividades para desarrollar aspectos científicos ya sea como docente para seguir profundizando en los conocimientos personal y profesional, ampliando más la formación científica propia.

Bibliografía

- Arca, J., González, M., & Pérez, L. (1990). El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación. En: Enseñar ciencia: Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base. Paidós Educador.
- Aharoni, A., Gaid, M., y Pichersky, E. (2005). La biosíntesis de terpenoides: del laboratorio al campo. En JL Croteau, RA y RA (Eds.) Wiley.
- Adeyemi, A. A. (2011). Metabolitos secundarios de las plantas: clasificación y funciones. Metabolismo Secundario de Plantas. Editorial Agropecuaria.
- Altner, G. y Prillinger, W. (1980). Didáctica de las ciencias: una perspectiva interdisciplinaria. En Arca et al. El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación.
- Alarcón, J. (2011). Propiedades antifúngicas y repelentes de los aceites esenciales en el control de plagas agrícolas. En Carrasco (Ed.), Aceites Esenciales: Aplicaciones en la Agricultura (págs. 45-60). Editorial Agropecuaria.
- Ávalos García, A., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. Reduca (Biología).
- Barrios E. (2006). Instituciones y poder organizado. Una mirada crítica sobre la conexión de las teorías administrativas con la perspectiva política.
- Bertoni, D. M. (1927). La civilización guaraní. La medicina guaraní. Conocimientos científicos. Alto Paraná Paraguay: Ex Sylvis.
- Bruneton, J. (1993). Farmacognosia. En J. Bruneton, Farmacognosia. Fitoquímica de Plantas Medicinales. España: Acribia S. A.
- Caycho, J. (1994). Comunicación química. Revista De Química, 8(2), 163-175. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/5534>
- Crozier, A., Clifford, M. N., & Ashihara, H. (2006). Fenólicos dietéticos: química y bioactividad. En MN Clifford y A. Crozier (Eds.), Metabolitos secundarios de las plantas: presencia, estructura y función. Editorial Agropecuaria.
- Comstock, AH (1960). La enseñanza en la escuela primaria. Nueva York: Macmillan Hopkins, WG, y Introducción a la fisiología vegetal. Tercera edición. Wiley.
- Dieht, A. & otros (2003). Las estrategias de enseñanza en la formación de docentes de ciencias. En educación y Ciencia: nuevas Perspectivas. Editorial ABC.
- Guilar, M. E. (2009). Las ideas de Bruner: de la revolución cognitiva a la revolución cultural. Educere. Universidad de los Andes.
- Guillen, J. (2010) La comunicación secreta de los insectos. México. Recuperado a partir de: incol.mex/incol/index.php/es/ct.
- Hidalgo, P. C. (2016). La etnobotánica y su importancia. En P. C. Hidalgo. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad de Ciencias y Educación.

- Jiménez, J. C. (2009). La competencia aprender a aprender: valoración de un modelo teórico. Edetania: Estudios y propuestas socio-educativas.
- Lamb, C., Dunnen, J., & Dempsey, D. A. (1989). Señales y mecanismos de traducción para la activación de las defensas de las plantas contra ataques microbianos.
- Malagón, F., Ayala, M. M., & Sandoval, S. (2013). La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Universidad Pedagógica Nacional
- Moreno A. (2017) Morfología de los insectos. Zoología Agrícola. Introducción a la Zoología Aplicada. Universidad Nacional de la Plata, La Plata.
- Murillo E., Rodríguez, H., & González, J. (2004). "Comportamiento de los compuestos volátiles en la albahaca (*Ocimum basilicum* L.)". En Química y Biología de los Compuestos Orgánicos Volátiles.
- Noriega P. (2017) Bases para implementar la lucha biológica contra *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mediante el empleo de *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae) Tesis Doctoral presentada por el Licenciado para optar al título de Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Salamanca. Salamanca, 2017.
- Pino et al (2017) Determinación de metabolitos secundarios por cromatografía en capa delgada. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Facultad de Educación, Grupo de Productos Naturales, Quibdó- Chocó, Colombia.
- Rojas et al (2013). Metodología de la investigación: un enfoque practico.
- Restrepo (2011), Plantas aromáticas y medicinales. Enfermedades de importancia y usos terapéuticos. Bogotá. Prumedios.
- Rivas, R. (2002). La ecuación de Penman-Monteith para su uso en teledetección. En Revista de la Asociación de Teledetección.
- Rioja Soto, A. (2020). Compuestos aromáticos en la defensa de las plantas: mecanismos de repulsión y atracción de insectos. En Carrasco (Ed.), Interacciones Químicas en Ecosistemas Vegetales. Editorial Agropecuaria.
- Romero, M. P., Blanch, J., & Rentería, J. (2013). Condiciones de trabajo y configuración del sentido de la profesión académica en universidades colombianas. Investigación Bienestar, Cultura y Sociedad. Redalyc.
- Robles Caycho, J. (1994). Manual de la actividad antioxidante de plantas. Rev. Soc. Química. Perú.
- Salama, A. M. (1994). Manual de Farmacognosia. Análisis microscópico y fitoquímico, y usos de plantas medicinales. Bogotá, Colombia.
- Sam, O., De la Luz, M., & Baroso, L. (2002). Caracterización anatómica de las hojas de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum* L.) Cultivos Tropicales. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218114006.pdf>
- Silva, K. (2010) Tesis Estandarización a escala piloto de la extracción de aceite esencial de albahaca. 2010. Universidad Nariño.
- Sus, P. (2011). Fundamentos y método de la destilación. Determinación experimental del E.L. V. Badajoz

War, A. R., Paulrai, M. G., & Ghosh, A. (2012). Impacto del cambio climático en la biodiversidad y sus implicaciones para la conservación.

Zavala, JA (2010). Interacciones planta-insecto: el papel de los compuestos volátiles en la defensa de las plantas. En Carrasco (Ed.), Defensas Químicas en Plantas. Editorial Agropecuaria.

Zumbado, y Azofeita, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. Guía básica de entomología. Heredia, Costa Rica: Programa Nacional de Agricultura Orgánica.