



**UAEM**

Universidad Autónoma  
del Estado de México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

**Determinación de Alcaloides en Dalias dentro del Sotobosque de  
un Sistema Silvopastoril en Chapa de Mota**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA

ROCIO IVONNE SOLIS CORREO

DIRECTOR DE TESIS

DRA. EN C.A Y R.N JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES

CO-DIRECTOR

DR. GUILLERMO GÓMEZ ESPINOZA

MAYO 2025



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1 ANTECEDENTES (MARCO REFERENCIAL) .....	3
1.1 Problemática .....	6
1.2 Pregunta de investigación .....	8
1.3 Hipótesis .....	8
1.4 Objetivos .....	8
1.5 Justificación .....	9
2 MARCO CONCEPTUAL .....	10
2.1 La Dalia .....	10
2.2 Alcaloides .....	15
2.2.1 Características de los alcaloides .....	16
2.2.2 Casificación de los alcaloides .....	18
2.2.3 Funciones de los alcaloides .....	21
2.2.4 Toxicidad .....	22
2.2.5 Síntesis y metabolismo .....	22
2.2.6 Alcaloides en la naturaleza .....	24
2.2.7 Efectos en los animales .....	24
2.2.8 Función de los alcaloides en las plantas .....	26
3 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	30
3.1 Localización y ubicación geográfica .....	30
3.1.1 Clima .....	31
3.1.2 Orografía .....	31
3.1.3 Geomorfología .....	32
3.1.4 Hidrología .....	32
3.1.5 Geología .....	33
3.1.6 Edafología .....	34
3.1.7 Vegetación y Uso de Suelo .....	36



3.1.8 Fauna .....	36
4 METODOLOGÍA .....	38
4.1 Colecta de muestras de Dalia .....	39
4.2 Secado y almacenamiento .....	44
4.3 Materiales y Reactivos .....	45
4.4 Prueba cualitativa.....	47
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	49
5.1 Reconocimiento de los alcaloides.....	53
CONCLUSIONES.....	57
ANEXOS .....	59
REFERENCIAS.....	65

## ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Distribución de la dalia silvestre en México .....	11
Imagen 2. <i>Dahlia pugana</i> . A, cabezuelas; B, hoja madura; C, aspecto general; D, flor ligulada; E, flores del disco; F, estilo; G, anteras; H, I, aquenios; J, raíces..	12
Imagen 3. Inflorescencias y raíces de dalia .....	13
Imagen 4. 1, 1a <i>Dahlia coccinea</i> ; 2, 2a. <i>D. merckii</i> ; 3. <i>D. sorensenii</i> ; 4, 4a. <i>D. imperialis</i> Fotos: © Robert Bye.....	14
Imagen 5. Ejemplo de alcaloide verdadero, el alcaloide derivado de la L-tirosina, la usambarensina, tiene fuerte potencial antipalúdico.....	19
Imagen 6. Ejemplo de protoalcaloide. La mescalina es el alcaloide derivado de la l-tirosina y extraído del cactus Peyote ( <i>Lophophora williamsii</i> ) perteneciente a la familia de los cactus (Cactáceas). La mescalina tiene fuertes propiedades psicoactivas y alucinógenas.....	20
Imagen 7. Ejemplo de un pseudoalcaloide. Se extrae el alcaloide pimidina derivado del acetato de la especie <i>Pinus penderosa</i> . La pimidina, tiene actividad antimicrobiana.....	21
Imagen 8. A la izquierda Dalia <i>D. coccinea</i> Cav. y a la derecha <i>D. imperialis</i> Roehl .....	39
Imagen 9. Zonas de pastoreo y localización de muestra de Dalias silvestre.....	40



Imagen 10.	Zonas de pastoreo y localización de muestra de Dalias silvestre..	41
Imagen 11.	Recolección de muestras de dalia <i>D. coccinea</i> Cav. y <i>D. imperialis</i> Roetzl.....	42
Imagen 12.	Recolección de muestras de dalia <i>D. coccinea</i> Cav.....	42
Imagen 13.	Recolección de muestras de dalia <i>D. imperialis</i> Roetzl.....	43
Imagen 14.	Zonas de recolección de muestras de Dalias.....	43
Imagen 15.	Secado y almacenamiento de muestras .....	44
Imagen 16.	Reacciones de precipitado .....	54
Imagen 17.	Reacciones de precipitado .....	54

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Reactivos.....	45
Tabla 2.	Soluciones y sustancias .....	45
Tabla 3.	Material de laboratorio.....	46
Tabla 4.	Aspectos y condiciones del medio físico para el crecimiento de la Dalia.....	49
Tabla 5.	Peso de Biomasa de acuerdo con los puntos de muestreo de <i>D. coccinea</i> Cav.....	52
Tabla 6.	Peso de biomasa de acuerdo con los puntos de muestreo de <i>D. imperialis</i> .....	52
Tabla 7.	Perfil cualitativo fitoquímico de la Dalia,,.....	55

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Aspectos biogenéticos para la clasificación de los alcaloides .....	18
Figura 2.	Metabolismo secundario y derivación de aminoácidos.....	23



## INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales han sido usadas desde hace miles años, dándole diversos usos teniendo conocimiento para su uso adecuado, actualmente tener la información a la mano permite identificar que plantas pueden ser consumidas y en qué cantidad, muchas de ellas aun no son estudiadas a profundidad y por ende representan una oportunidad.

Los alcaloides están presentes en la mayoría de las plantas, los metabolitos secundarios son sintetizados por las plantas a través de aminoácidos.

Las especies de *Dalias* pertenecen a la familia de las Asteráceas que incluyen gran cantidad de especies útiles (medicinales, agrícolas, industriales, etc.). Algunas han sido domesticadas y cultivadas desde la antigüedad y otras conforman vastas extensiones de vegetación natural, determinando la fisonomía de numerosos paisajes.

Su uso etnobotánico ha ayudado a sustentar numerosos pueblos. Hoy, unos 40 géneros de Asteráceas son relevantes en alimentación humana y animal, fuentes de aceites fijos, aceites esenciales, forraje, miel y polen, edulcorantes, especias, colorantes, insecticidas, caucho, madera, leña o celulosa. Otras son importantes malezas y/o plantas tóxicas para el hombre y el ganado, algunas causan alergia y otras resultan ornamentales. En terapéutica son usados gran número de metabolitos secundarios sintetizados por Asteráceas (Del Vitto *et al.*, 2009).

Justamente, la diversidad de *Dalias* genera interrogantes con respecto a si tiene alguna concentración de alcaloides o alguna sustancia en la parte aérea de la planta, cabe mencionar que los alcaloides en las plantas pueden estar en mayor o menor concentración dependiendo de distintos factores del entorno en el que se desarrollen.



No existen estudios que demuestren que la *Dalia silvestres* contenga concentraciones de alcaloides, algunos autores mencionan que se han identificado alcaloides en la familia de las *Asteraceae* (*Asteraceae*), a la cual pertenece la *Dalia*.

Por lo expuesto en líneas anteriores, se plantea determinar la existencia de alcaloides presentes en hojas, corteza y flor de la *Dalia silvestre* *D. Coccinea Cav.* y *D. Imperialis Roelz*

El presente trabajo se centró en la identificación de alcaloides contenidos en toda la parte aérea de la *dalia* por ser la parte de más fácil acceso por las personas y/o animales. Los resultados muestran la presencia de alcaloides identificados en la parte aérea de la planta como posible causante de la muerte del ganado ovino, los síntomas que presentó el ganado son similares a los que se tienen al ingerir alcaloides, motivo por el cual la investigación se enfocó a la identificación de alcaloides.

Realizando la identificación mediante análisis cualitativo el cual arrojó en resultado positivo de alcaloides, se presentó la mayor concentración en el tallo de la planta.



## 1 ANTECEDENTES (MARCO REFERENCIAL)

Se buscó estudiar las características macroscópicas, microscópicas y compuestos biológicos presentes en la especie *M. royoc*, realizando un estudio etnobotánico y farmacológico, donde el análisis del extracto fitoquímico cualitativo realizado con extracto etanólico de sus hojas, se identificó la presencia de alcaloides realizando las pruebas con los reactivos de Hager y Wagner (Camacho *et al.*, 2021)

Se propuso como objetivo de investigación cuantificar los alcaloides de *Ladengbergia oblongifolia* “árbol de la quina”; a fin de fomentar la revalorización de esta especie como recurso etnobotánico promisorio que busque correlacionar sus principios activos o metabolitos secundarios con las consiguientes acciones farmacológicas que le atribuyen. Dentro de la megafitodiversidad de Perú, se enmarcan muchas especies de los géneros *Cinchona*, *La Denbergia* y *Remijia* conocidos como “árboles de la quina”, “quina” o “cascarilla” y a las que se les atribuyen propiedades medicinales. Para ello, se empleó la corteza de hojas de *L. oblongifolia* para la determinación taxonómica, extracción y cuantificación de alcaloides. Para la *L. oblongifolia* se desconocía la presencia de metabolitos secundarios, por ello se hizo imprescindible su cuantificación y posterior determinación. Se cuantificaron los alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* “Arbol de la quina”, encontrando mayor cantidad en la corteza seca seguida de hojas y corteza fresca, pudiéndose extraer estos metabolitos directamente de las hojas (López-Medina *et al.*, 2020)

El objetivo de la investigación fue determinar la capacidad antifúngica de los alcaloides. Los metabolitos secundarios presentes en plantas han demostrado ejercer diversas propiedades biológicas, principalmente el grupo de alcaloides, los cuales han sido investigados por su actividad fungicida, capaz de reemplazar a los productos sintéticos. Las especies del género *Jatropha* han sido estudiadas por su amplia variedad de metabolitos secundarios con potencial antimicrobiano, siendo relevantes en la búsqueda de nuevas alternativas al control de hongos de



importancia clínica y alimentaria como *Aspergillus parasiticus*, considerado como una de las principales especies de hongos productores de aflatoxinas. Se identificó por primera vez por cromatografía en capa fina de alta resolución (HPTLC) la presencia de alcaloides en *Jatropha platyphylla* y se evaluó la actividad inhibitoria de los extractos metanólicos y alcaloides. Estos resultados evidencian a los alcaloides del extracto metanólico de hoja de *J. platyphylla* como posible tratamiento alternativo para el control de *A. parasiticus*. (Leyva-Acuña et al., 2020)

Flores-Villegas *et al.* (2019) tuvo como objetivo en su investigación; caracterizar extractos de las diferentes partes (hoja, tallo y raíz) de *Datura stramonium* para evaluar sus propiedades tóxicas y posible uso como insecticida orgánico. Para llevar a cabo la caracterización se realizó la extracción de alcaloides. Los extractos fueron analizados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas lo que permitió identificar los alcaloides presentes, realizando un análisis cualitativo de alcaloides basándose en la prueba de Mayer, Dragendorffn y Wagner. Estas técnicas se realizaron directamente con los extractos crudos de los alcaloides resuspendidos en 10 ml de metanol. Se aplicaron para cada estructura (hoja, tallo y raíz) haciéndolos reaccionar de manera individual con cada reactivo. Así mismo demostró la eficiencia del extracto vegetal de *Daturam stramonium* L. como insecticida.

Se determinaron los alcaloides en las hojas de yerbamora (*Solanum nigrum* L) recolectadas en los municipios de Pasto y Chachagüi, donde se evaluaron tres métodos de extracción de alcaloides en las hojas de variedades de yerbamora, encontrando que el método más adecuado de extracción fue la hidrólisis ácida en comparación a los métodos de extracción asistida por ultrasonido e hidrólisis básica respecto al número de alcaloides extraídos y a su concentración. Se evaluaron las condiciones óptimas de extracción de alcaloides de las hojas de yerbamora por hidrólisis ácida encontrando las condiciones óptimas de extracción 8 horas de reflujo a 78 °C empleando ácido sulfúrico etanolizado a una concentración 2 molar. La comparación de las dos variedades de yerbamora por GC-MS (cromatografía de



gases acoplada a espectrometría de masas) indica que la mayor concentración de alcaloides similares se encuentra en la variedad proveniente de Obonuco, encontrando una concentración de alcaloides de 0,441 mg/g mientras que en Chachagüí se encontró una concentración de 0,158 mg/g, estos valores se pueden atribuir a las condiciones ambientales de las zonas de recolección, condiciones climáticas, entre otros factores (Arturo Perdomo, 2017)

El objetivo de esta investigación fue determinar la actividad fitotóxica de los extractos metanólicos de *Dieffenbachia amoena*, *Nerium oleander*, *Raphanus sativus* y *Brassica napobrassica* en la germinación y vigor de las plántulas de *Chenopodium album*, *Echinochloa crus-galli*, *Lactuca sativa*, *Solanum lycopersicum* y *Oryza sativa*. Se realizó un análisis fitoquímico de los extractos donde por el método de cromatografía en capa fina (CCF) se identificó cualitativamente la presencia de alcaloides, flavonoides, terpenoides y glucosinolatos en los extractos metanólicos crudos de cada especie. Para la identificación de alcaloides se usó como eluyente metanol:diclorometano (8:2% v/v) y el agente cromogénico fue el reactivo Dragendorff. La presencia de manchas color marrón en la cromatoplaqueta indicaron la presencia de alcaloides (Díaz-Mota *et al.*, 2017)

Las condiciones óptimas de producción de los metabolitos secundarios en plantas medicinales como *Moringa oleifera* resultan importantes para la elaboración de fitofármacos y productos nutricionales estables y seguros. De allí que el objetivo de esta investigación fue evaluar la variabilidad de su contenido de alcaloides, fenoles totales, flavonoides y taninos en *M. oleifera* en función de la edad y altura de la planta. Se tomaron muestras de hojas provenientes de la parte baja, intermedia y alta de plantas de moringa de 12, 15 y 18 meses de edad y se realizaron determinaciones cuantitativas de los principales metabolitos secundarios en el extracto acuoso usando espectrofotometría de absorción. Los resultados obtenidos indican concentraciones con alcaloides, fenoles totales, flavonoides y taninos, respectivamente. (Cabrera-Carrión *et al.*, 2017)



En conclusión, de los distintos antecedentes se logra identificar que para cada estudio se detectaron presencia de alcaloides mediante diferentes métodos realizados en distintas especies de plantas con el fin de identificarla ciertas cuestiones:

- Sus propiedades toxicas que pueden tener los alcaloides y los usos que se puede tener.
- Si las condiciones del entorno favorecen la producción de alcaloides como un mecanismo de defensa o de desarrollo.
- La función como cura para enfermedades.

En México existen pocos estudios de identificación de alcaloides, se han presentado casos de estudio a través de los años a causa de la intoxicación de personas y animales, despertando el interés para su estudio; logrado identificarlos no solo en plantas si no también en alimentos de consumo diario.

## 1.1 Problemática

Dentro de la zona de estudio se han presentado casos de intoxicación de ganado ovino; esto mencionado por los cuidadores de los mismos, quienes afirman que al llevar a pastorear al ganado se comen la dalia silvestre, después de transcurrir el tiempo comienzan a convulsionarse y en algunos casos les provoca hemorragias internas llevándolos a la muerte, de aquí parte la hipótesis de la posible presencia de alcaloides.

La dalia posee diversos usos tradicionales para curar enfermedades de bajo riesgo utilizando su raíz y hojas, también se emplea como ornamento en diversas localidades de México. Sin embargo, no se tiene un estudio o análisis de laboratorio donde se mencionen que su ingesta tiene efectos secundarios y/o contenga algún tipo de sustancia tóxica en su fenotipo que provoque reacciones severas al ser consumida. Se requiere un estudio enfocado a la identificación de alcaloides ya que los síntomas que presenta el ganado están asociados a ello.



Se han realizado estudios a las flores de dalia (*Dahlia australis*, *Dahlia appiculata*, *Dahlia brevis*, *Dahlia coccinea*, *Dahlia campanulata*, *Dahlia pinnata*) donde pueden considerarse un alimento funcional, pues se demostró que contienen compuestos fenólicos carotenoides. Sobresalen las flores con coloración púrpura y naranja, ya que presentaron la mayor composición fenólica, contenido de carotenoides y capacidad antioxidante (Lara *et al.*, 2014).

Sin embargo algunos autores mencionan que se han identificado alcaloides en la familia de las Astaraceas (*Astaraceaes*), a la cual pertenese la dalia silvestre.

Es de gran importancia desarrollar trabajos de investigación relacionados a la identificación de alcaloides en las distintas especies de la dalia en México, que permitan seleccionar flores con características factibles o bien definir su nivel de Dosis Letal (DL) para en un futuro confirmar si la intoxicación depende de la cantidad consumida o del tipo de alcaloide que contiene y tener el pleno conocimiento del contenido de la o las sustancias que pueda concentrar.

Un factor limitante para definir si la dalia silvestre tiene sustancias tóxicas es la falta de información sobre las plantas tóxicas que puedan encontrarse dentro de los sistemas silvopastoriles y el interés por identificarlas, dando pauta a la perdida de ganado ovino.



## 1.2 Pregunta de investigación

¿Las Dalias silvestres contienen alcaloides en la parte aérea de las plantas?

## 1.3 Hipótesis

Las especies de dalias silvestres tendrá concentración de alcaloides en la parte aérea de la planta.

## 1.4 Objetivos

### Objetivo general:

Analizar la presencia de alcaloides en dalias silvestres localizadas dentro del sotobosque de Chapa de Mota, mediante el uso de reactivos de Drangenford, Meyer y Wagner.

### Objetivos específicos:

- Obtener extractos metanólicos a partir de la estructura aérea de las dalias silvestres
- Caracterizar los aspectos bióticos de la zona de estudio dentro del municipio de Chapa de Mota
- Identificar la presencia de dalias silvestres de acuerdo con su tonalidad dentro del sotobosque del sistema silvopastoril del CEIESPASP
- Determinar la presencia de alcaloides en las dalias silvestres a través de pruebas cualitativas con aplicación de reactivos.



## 1.5 Justificación

La *Dahlia* agrupa 38 especies, todas crecen en México, 35 son endémicas. El género está presente en 26 estados. Comúnmente habita en bosques de coníferas y encino (Carrasco-Ortiz *et al.*, 2019).

La intoxicación de ovinos por la presencia de dalias (*D. coccinea* Cav. y *D. imperialis* Roezl) dentro del sotobosque de un sistema silvopastoril en el municipio de Chapa de Mota, Estado de México por ingerir la planta de la dalia silvestre, presentaron convulsiones y hemorragia interna provocando la muerte del ganado. Esto último manifestado por los cuidadores quienes lo atribuyen al consumo de la planta; en la zona se encontraron trozos de plantas mordidas por el ganado, se tomaron como referencia de su intoxicación asumiendo la posible presencia de alcaloides en la misma por los síntomas presentados.

Con la identificación de alcaloides en la dalia silvestre mediante métodos cualitativos permitirá tener una idea más amplia y sustento para determinar la causa de la pérdida del ganado ovino, además de aportar a la comunidad dicha información evitando que el ganado consuma la planta, asignando zonas de pastoreo donde se realice el corte de la planta antes de dejar libre al ganado, generando un beneficio directo a la comunidad evitando más pérdidas.



## 2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.1 La Dalia

El género *Dahlia* forma parte de la familia botánica *Asteraceae* (compuestas). La mayoría de las dalias son plantas herbáceas o arbustivas, a veces epífitas o trepadoras, en el caso de las herbáceas son anuales (Mera-Ovando y Bye-Bottler, 2006).

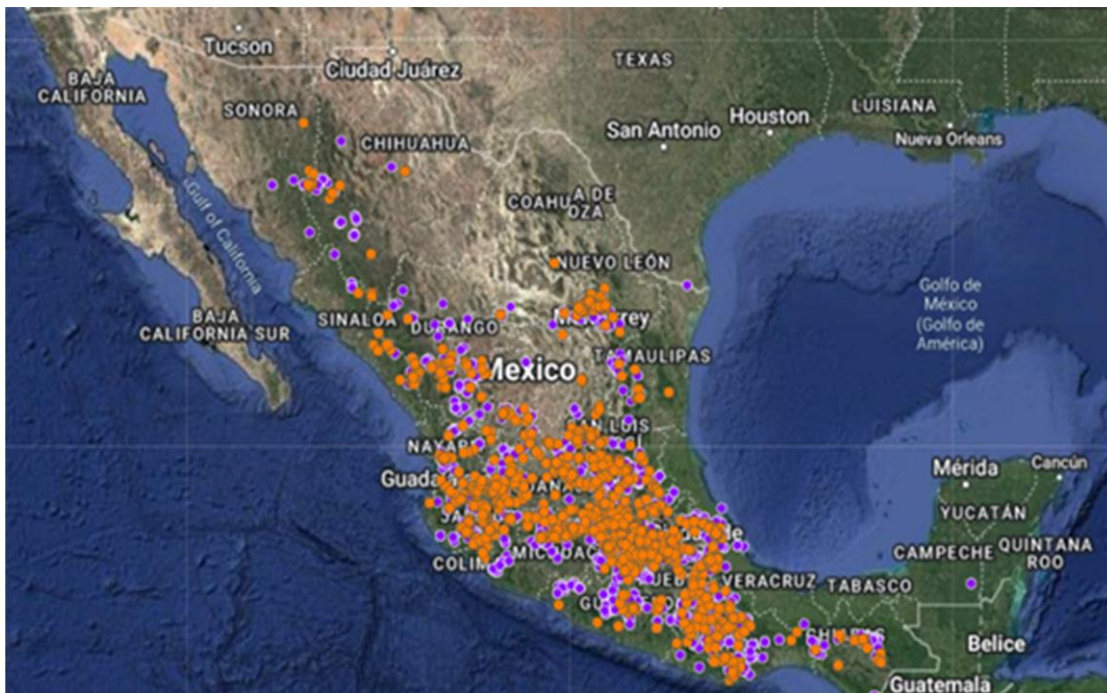
La familia botánica Aster (*Asteraceae*) es muy grande, con más de 900 géneros y más de 20000 especies. Su distribución es mundial, y las especies pertenecientes a esta familia se encuentra en todas partes. Algunas especies de la familia *Asteraceae* contiene especies algunos alcaloides. El género Ragwort (*Senecio L.*) es especialmente rico en alcaloides derivados de la L-ornitina (senecidina, senecivernina, senicifilina, espartiodina, Intergerrimine, Jacobine, Jacozine, Sekirkine, Jacoline, Dehydrosenkirkine, Erucifolina, jaconina, adonifolina, neosenkirkina, dehidrojaconina, usaramina, otosenina, eruciflorina, acetilerucifolina, sennecicannabina, desacetildoronina, florozenina, floridamina, doronina) (Aniszewski, 2007).

El rango de distribución de la dalia silvestre abarca desde 24 hasta 3810 m de elevación, pero el mayor número de especie crece entre 2000 y 2500 msnm. Se encontraron dos áreas de alta riqueza de *Dahlia* en México (Imagen 1); la primera esta al noreste de Querétaro, este de Guanajuato y sureste de San Luis Potosí, en la Sierra Madre Oriental, la otra en el noroeste de Oaxaca, en la Sierra Madre del Sur. Finalmente, 23 especies viven dentro de un Área Natural Protegida. La Sierra Gorda en el estado de Querétaro concentra el mayor número de especies. *D. coccinea Cav.* y *D. imperialis Roezl ex Ortgies* se extienden hasta América Central y Colombia (Carrasco-Ortiz *et al.*, 2019).

La dalia pertenece a la familia *Asteraceae*. Las dos principales especies son *Dahlia pinnata Cav.* y *D. coccinea Cav.*

*Dahlia coccinea Cav.* es una planta herbácea, con raíces carnosas llamados impropriamente tubérculos. *Dahlia pinnata Cav.* es una planta perenne de más de un metro de altura, con tallos rojizos o púrpura; las hojas son opuestas, simples o pinnadas, con folíolos ovados o elípticos, acuminados, aserrados o dentados, pubescentes o estriosos en los nervios.

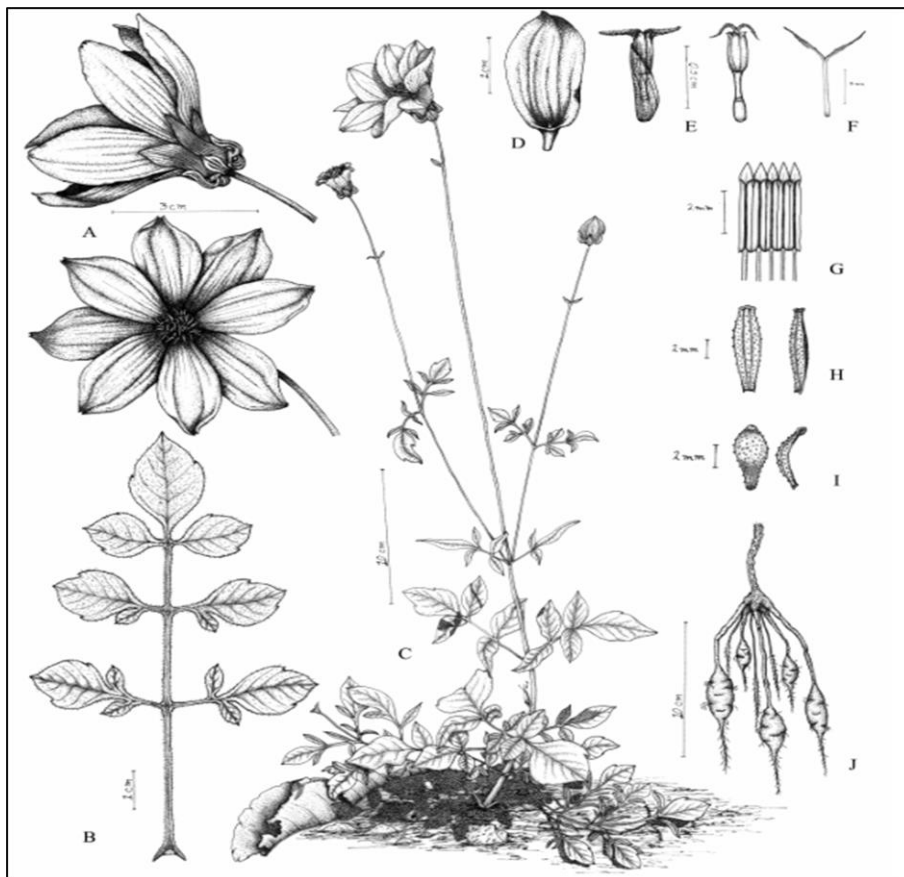
Imagen 1. Distribución de la dalia silvestre en México



Fuente: retomado de Enciclopedia CONABIO.

Las dalias (Imagen 2) poseen unas hojas de forma triangular, de margen denticulado y una nerviación unifoliada. El color del follaje es verde pálido, careciendo de un brillo especial. La dalia es una planta que se puede encontrar con diferentes tamaños, desde plantas con una altura de 30 cm hasta plantas de más de 1,2 m. Es una planta que desarrolla una ramificación desordenada, solamente dirigida por los rayos solares, pero forma una mata densa, con un gran número de hojas (INFOAGRO, 2009)

Imagen 2. *Dahlia pugana*. A, cabezuelas; B, hoja madura; C, aspecto general; D, flor ligulada; E, flores del disco; F, estilo; G, anteras; H, I, aquenios; J, raíces



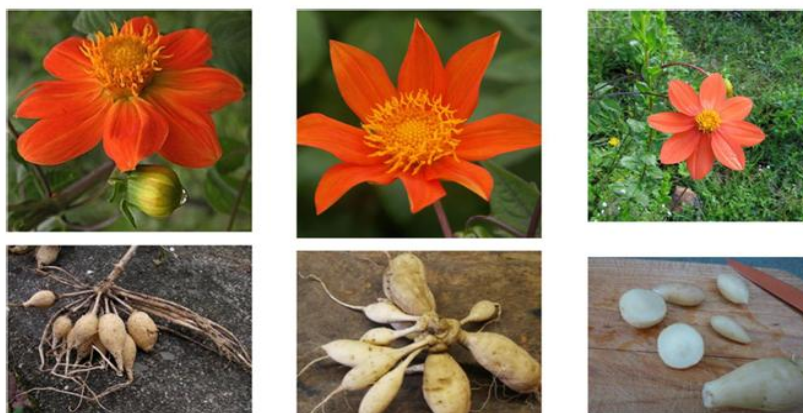
Fuente: retomado de revista en línea INFOAGRO (2009)

Santana-Legorreta (2017) menciona que las especies de dalias silvestres se distribuyen en cuatro secciones taxonómicas de acuerdo a su hábito de crecimiento:

- Sección *Pseudodendro*: plantas arbustivas, con la base del tallo leñoso, pínulas opuestas esta sección contiene cinco especies.
- Sección *Epiphytum*: es una planta trepadora, esta sección contiene una sola especie.
- Sección *Entemophyllon*: plantas herbáceas o sub-arbustivas donde se incluyen siete especies.
- Sección *Dahlia*: plantas herbáceas con pínulas opuestas; contiene 23 especies, incluyendo a *D. pinnata*.

La propagación (sexual o asexual) de la planta, consiste en raíces tuberosas (Imagen 3): la multiplicación por división de los tubérculos es la más simple y fácil de practicar, consiste en la separación de raíces tuberosas que portan pequeñas partes de tallo con yemas o brotes visibles. Lo que permite obtener varias plantas idénticas de una sola planta, la separación o división de las raíces tuberosas se hace con una navaja o con tijeras de podar, tratando de lastimar lo menos posible a la raíz.

Imagen 3. Inflorescencias y raíces de dalia

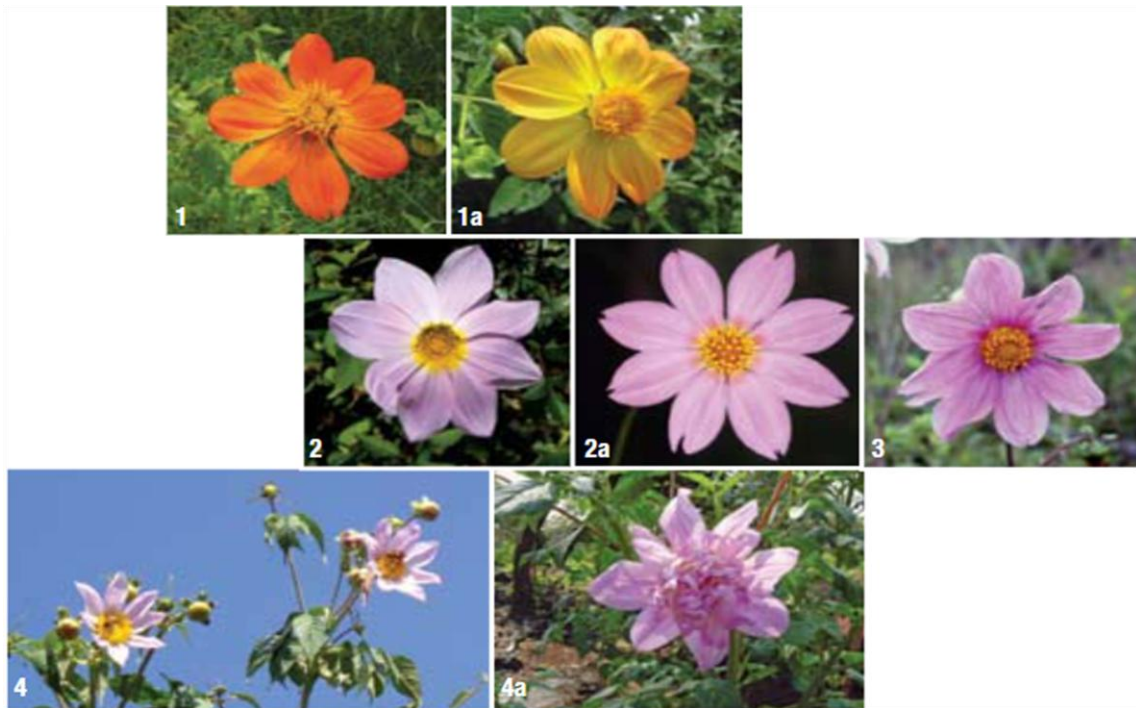


Fuente: Santana 2017



Las especies silvestres de dalia (Imagen 4.) presentan flores sencillas, pero con variación de colores, tal es el caso de la *D. coccinea* la cual presenta flores de colores que van de roja a amarilla (Bye *et al.*, 2008).

Imagen 4. 1, 1a *Dahlia coccinea*; 2, 2a. *D. merckii*; 3. *D. sorensenii*; 4, 4a. *D. imperialis* Fotos: © Robert Bye.



Fuente: Bye (2008).



## 2.2 Alcaloides

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos que cumplen funciones no vitales en las plantas. Mientras que el metabolismo primario incluye aquellos procesos químicos y sus productos que son vitales para sobrevivir, crecer y reproducirse. Incluye rutas como la fotosíntesis, glicólisis, ciclo del ácido cítrico, síntesis de aminoácidos, etc.

Por su parte los metabolitos secundarios juegan un papel importante en la adaptación ante el estrés ambiental y la defensa contra depredadores y patógenos. Con relación a la cantidad, los metabolitos primarios son producidos en grandes cantidades y se encuentran en todas las partes de la planta (raíz, tallo y hojas) y los metabolitos secundarios se producen en pequeñas cantidades y en partes localizadas.

En la actualidad se han aislado más de 20,000 metabolitos secundarios de las plantas con distintas propiedades químicas y efectos contra los herbívoros y patógenos. Un ejemplo de metabolismo secundario son los alcaloides; que son compuestos nitrogenados sintetizados a partir de diferentes aminoácidos.

El término alcaloide proviene de la raíz árabe alkali que hace referencia a su comportamiento químico similar al de las bases que tienen una consistencia jabonosa y sabor amargo (Balam-Díaz, 2024).

Los alcaloides son compuestos complejos, que contienen nitrógeno y en presencia de ácidos forman sales solubles, fácilmente absorbibles. En la mayor parte de los casos, producen una reacción fisiológica muy fuerte en los animales, principalmente a través del sistema nervioso (Pineda Melgar, 2017).

Tienen estructuras químicas muy diversas, las cuales dependen, en principio, de las moléculas precursoras de los mismos. A pesar de esto, podemos destacar algunos aspectos de su estructura (Lifeder, 2021):



Son compuestos orgánicos, lo que significa que tienen un esqueleto formado principalmente por átomos de carbono.

- Suelen tener estructuras cíclicas simples o complejas que contienen al menos un átomo de nitrógeno tipo amina.
- Si se obtienen en forma pura, generalmente son polvos cristalinos, no volátiles y amargos al gusto.

Los alcaloides son un grupo de moléculas con una presencia relativamente grande en la naturaleza en todo el mundo. Son sustancias químicas y biomoléculas muy diversas, pero todos son compuestos secundarios derivan de aminoácidos o del proceso de transaminación.

También se clasifican según los aminoácidos que aportan su átomo de nitrógeno y parte de su esqueleto (Aniszewski, 2007).

### **2.2.1 Características de los alcaloides**

La característica más notable de estos compuestos es su actividad fisiológica que con frecuencia altera el normal funcionamiento del organismo produciendo efectos muy variados según la naturaleza de alcaloide y la dosis administrada. Así algunos de estos compuestos incluso en bajas dosis son altamente venenosos (Fernández-Alosno y Pachuca-Cerda *et al.*, 1986).

Con base a Lifeder (2021) donde se enlistan las características generales de los alcaloides:

- Son compuestos orgánicos de estructura cíclica.
- Contienen átomos de nitrógeno, bien sea incluidos en la estructura de su anillo o fuera de ésta.
- Los más comunes derivan de aminoácidos, por ejemplo, de la fenilalanina, el triptófano, la lisina, la arginina, la tirosina o la ornitina, y son producidos por rutas metabólicas secundarias.

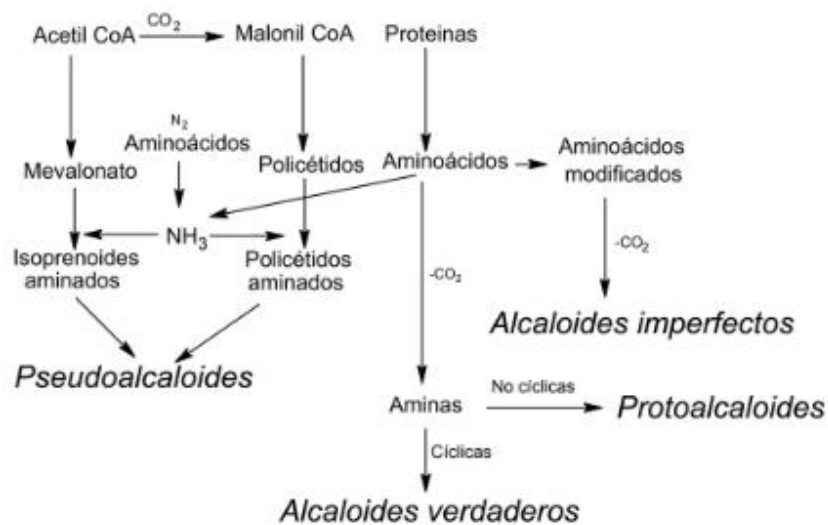


- Son sintetizados por diversos tipos de organismos vivos, estando las plantas entre los importantes.
- La presencia de uno o más átomos de nitrógeno en su estructura los hace compuestos alcalinos, por lo que pueden participar en reacciones ácido-base.
- En los animales vertebrados, especialmente en el ser humano, parte de la actividad biológica de estos compuestos se evidencia en el sistema nervioso central.
- Tienen gran importancia biológica y son empleados como drogas en el campo de la medicina y la farmacología.
- Participan en distintos procesos biológicos de plantas, animales y microorganismos de diferentes tipos.
- Algunos alcaloides tienen actividad antibacteriana, antifúngica o antiviral.
- Generalmente tienen más de una función biológica.
- Son importantes para el fitness del organismo que los produce, pues suelen servirles para defenderse de depredadores.

### 2.2.2 Clasificación de los alcaloides

Aniszewski (2007) menciona que los alcaloides generalmente se clasifican según sus precursores moleculares comunes, basado en la ruta biológica utilizada para construir la molécula. Desde una perspectiva estructural. Los alcaloides se dividen según su forma y origen (Figura 1).

Figura 1. Aspectos biogenéticos para la clasificación de los alcaloides



Fuente: Arango-Acosta (2008).

Hay tres tipos principales de alcaloides:

#### 1.- Alcaloides verdaderos

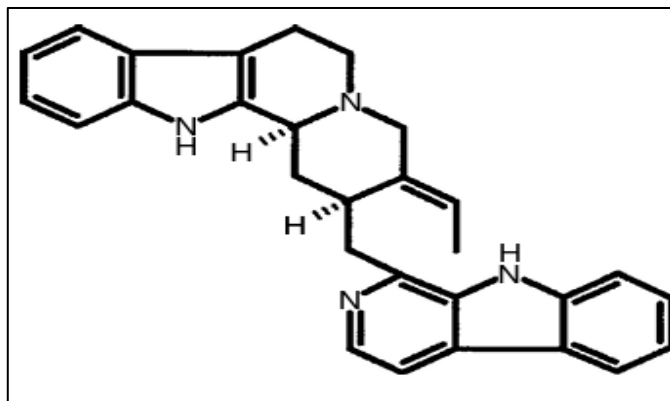
Los alcaloides verdaderos (Imagen 5) derivan de los aminoácidos y comparten un anillo heterocíclico con nitrógeno proveniente del aminoácido que les dio origen, el cual forma parte de la estructura cíclica.

Estos alcaloides son sustancias altamente reactivas con actividad biológica incluso en dosis bajas. Todos los alcaloides verdaderos tienen un sabor amargo y aparecen como un sólido blanco, con la excepción de la nicotina que tiene un líquido marrón,

forman sales solubles en agua. Se encuentran en las plantas (1) en estado libre, (2) como sales y (3) como N-óxidos.

Los alcaloides se encuentran en un número limitado de especies y familias. Ejemplos de alcaloides verdaderos son: cocaína, quinina, dopamina, morfina, atropina y nicotina

Imagen 5. Ejemplo de alcaloide verdadero, el alcaloide derivado de la L-tirosina, la usambarensina, tiene fuerte potencial antipalúdico.



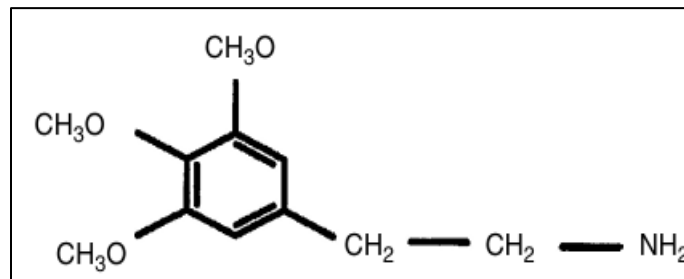
Fuente: Aniszewski (2007)

## 2.- Protoalcaloides

Los protoalcaloides (Imagen 6) son compuestos en los que el átomo de nitrógeno deriva de un aminoácido. Son aquellos con un anillo cerrado, siendo alcaloides perfectos, pero estructuralmente simples. Forman una minoría de todos los alcaloides. La hordenina, la mezcalina y la yohimbina son buenos ejemplos de este tipo de alcaloides, se han utilizado en la medicina popular en África Oriental y del Sur.



Imagen 6. Ejemplo de protoalcaloide. La mescalina es el alcaloide derivado de la l-tirosina y extraído del cactus Peyote (*Lophophora williamsii*) perteneciente a la familia de los cactus (Cactáceas). La mescalina tiene fuertes propiedades psicoactivas y alucinógenas.



Fuente: Aniszewski (2007)

### 3.- Pseudoalcaloides.

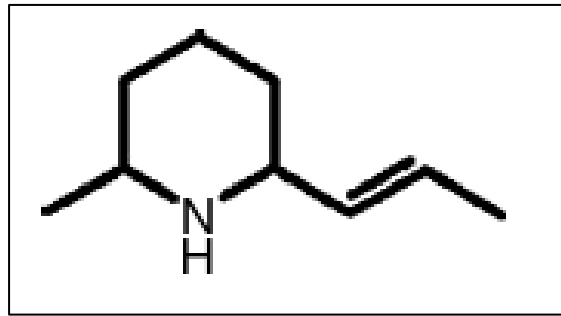
Los verdaderos alcaloides y protoalcaloides se derivan de aminoácidos, mientras que los pseudoalcaloides (Imagen 7) no se derivan de estos compuestos.

En realidad, los pseudoalcaloides están relacionados con los aminoácidos vías ácidas. Se derivan de los precursores o postcursores (derivados el proceso de biodegradación) de los aminoácidos. Estos alcaloides también se pueden derivar de precursores no aminoácidos.

El átomo de Nitrógeno se inserta en la molécula en una etapa relativamente tardía. Ciertamente, el átomo de Nitrógeno también puede ser donado por una fuente de aminoácidos a través de una reacción de transaminación, si hay una aldehído o cetona adecuados. Los pseudoalcaloides pueden ser acetato y fenilalanina derivados o terpenoides, así como alcaloides esteroideos. Ejemplos de pseudoalcaloides compuestos como coniina, capsaicina, efedrina, solanidina, cafeína, teobromina y pinidina.



Imagen 7. Ejemplo de un pseudoalcaloide. Se extrae el alcaloide pimidina derivado del acetato de la especie *Pinus penderosa*. La pimidina, tiene actividad antimicrobiana.



Fuente: retomado de Aniszewski (2007)

Así mismo, Arango-Acosta (2008) menciona a los alcaloides imperfectos dentro de la clasificación de los alcaloides. Son derivados de bases púricas, no precipitan con los reactivos específicos para alcaloides.

No son alcaloides los aminoácidos, las betalaínas, los péptidos, los amino azúcares, las vitaminas nitrogenadas, las porfirinas, algunas bases como la tiamina ampliamente distribuida en los seres vivos y los alquil aminas de bajo peso molecular.

### 2.2.3 Funciones de los alcaloides

Por otro lado, en la naturaleza, los metabolitos o mezclas de ellos desempeñan más de una función biológica; se ha encontrado que compuestos sintetizados como defensa contra herbívoros también ejercen acción alelopática; lo anterior los hace susceptibles de ser utilizados con fines insecticidas y herbicidas existen estudios que, traspasando fronteras, han relacionado la actividad alelopática y antifúngica de algunas especies con su actividad medicinal; ejemplo de esto es el paclitaxel (Taxol®), un importante metabolito secundario (alcaloide) empleado por la planta para su defensa contra el ataque de hongos y por la medicina moderna para el tratamiento de diversos tipos de cáncer (CONACYT, 2019)



Los alcaloides, pueden servir para el transporte de nitrógeno tóxico y compuestos de almacenamiento (Espinoza, 2014). algunos investigadores han sugerido que es posible que la función principal de algunos alcaloides sea más la de almacenar carbono y nitrógeno que la de actuar como compuestos defensivos (Fernández Guerrero, 2012).

#### **2.2.4 Toxicidad**

Los alcaloides son beneficiosos, así como peligrosos; podrían provocar toxicidad y efectos adversos, como alteraciones en el sistema nervioso central, alucinaciones, problemas graves en el sistema digestivo, dependencia física y psíquica y, en muchas ocasiones, la muerte (Chávez González y Gutiérrez Condori, 2013).

Espinoza (2014) menciona que los alcaloides tienen los siguientes efectos:

- Analépticos respiratorios.
- Estimulante neuronal.
- Sobre el sistema nervioso central, actividades anticonvulsivantes, hipnóticas.
- Sedante, relajante muscular, ansiolítica, bloqueante neuromuscular y también en ciertos casos con efectos anticonceptivos.
- Psicoactivos.

#### **2.2.5 Síntesis y metabolismo**

Cada biomolécula de una naturaleza química en un organismo vivo se sintetiza, procesos de transformación e interconversión. Por lo tanto, la formación del anillo de la molécula de alcaloide, y el flujo del átomo de nitrógeno en esta molécula, es el punto básico para entender la síntesis de alcaloides y su metabolismo.

La biosíntesis de alcaloides necesita el sustrato. Los sustratos son derivados de componentes básicos del metabolismo secundario: el acetil coenzima A (acetil-CoA).

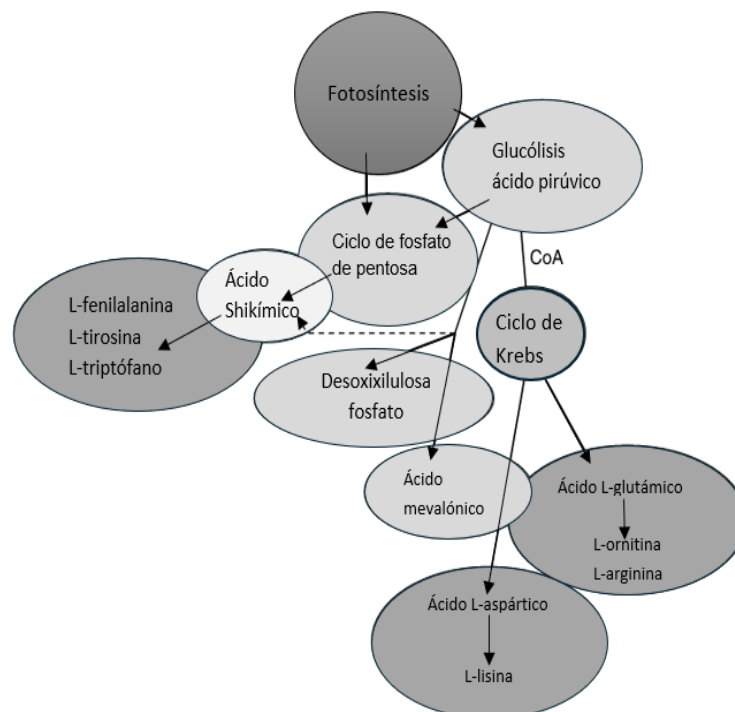


La química de los alcaloides subraya la importancia de los bloques, vías y reacciones de transaminación. La síntesis de los alcaloides se inicia a partir de las vías del acetato, shikimato, mevalonato y desoxixilulosa. El criterio principal para la determinación del precursor de alcaloides es su núcleo esquelético.

La vía Shikímica es sólo una fuente para aminoácidos aromáticos como fenilalanina, tirosina y triptófano. Se sabe que los aminoácidos son los precursores de algunos alcaloides.

En la Figura 2, se observa el proceso de los metabolitos secundarios y derivación de aminoácidos, tener en cuenta que el ácido shikímico se puede derivar directamente de la fotosíntesis y la glucólisis a través del fosfato de pentosa o alternativamente como un postcursor de ácido pirúvico (Aniszewski, 2007).

Figura 2. Metabolismo secundario y derivación de aminoácidos



Fuente: Aniszewski (2007)



### **2.2.6 Alcaloides en la naturaleza**

Sólo los alcaloides son moléculas de origen natural con propiedades altamente importantes con beneficios y usos diagnósticos. Se pueden caracterizar como los más útiles y también los productos más peligrosos de la naturaleza. La distribución y la frecuencia cambios de plantas alcaloides y no alcaloides en las poblaciones es una expresión directa de la selección natural; La hibridación natural y la microevolución pueden considerarse como una evidencia de las respuestas evolutivas actuales de los sistemas ecológicos y genéticos (Aniszewski, 2007).

El contenido de alcaloides en la planta no se ve afectado por factores ambientales, tales como la etapa fenológica, cambios climáticos o disponibilidad de agua; asimismo, se distribuyen por toda la planta, por lo que cualquier parte de ésta puede ser tóxica (Pineda-Melgar, 2017).

### **2.2.7 Efectos en los animales**

Los alcaloides son compuestos nitrogenados que se sintetizan a partir de aminoácidos. Sin embargo, estos aminoácidos no tienen por qué ser proteicos (es decir, los presentes en las proteínas de los animales), de lo cual se deriva otro tipo de mecanismo defensivo de las plantas frente a sus depredadores (y que constituye una subclase de drogas alucinógenas); algunas plantas tropicales, especialmente los miembros de la familia de las judías y el guisante (leguminosas), contienen aminoácidos inútiles para construir proteínas, pero que además interfieren con la síntesis normal de éstas, y por tanto, inciden negativamente en la salud del animal si las ingiere (Fernández-Guerrero, 2012).

Muchos alcaloides pueden influir en el sistema nervioso de un animal, proporcionando posibles cambios en la funcionalidad del organismo. La actividad del alcaloide que son moléculas a nivel psico mental (látex de opio, papaverina, morfina, cocaína) es uno de los fenómenos naturales en el proceso de autoprotección de las especies, y las interacciones entre productores (plantas) y



consumidores (herbívoros). También es un buen ejemplo de mecanismos y resultados de selección natural (Aniszewski, 2007).

La planta tóxica ingerida por el animal, en períodos cortos o prolongados, ejerce su efecto dañino enfermándolo y en algunos casos originando su muerte. Aunque los síntomas varían de acuerdo con la planta tóxica ingerida, generalmente los animales intoxicados muestran un aumento en la salivación, vómitos, dilatación de las pupilas, diarrea, timpanismo, incoordinación, debilidad, convulsiones y coma (Pineda, 2017).

A nivel mundial, las plantas que producen más intoxicaciones por daño hepático son aquellas que contienen alcaloides de la pirrolizidina, entre las cuales destacan numerosas especies de *Senecios*. El mecanismo de acción tóxica de los alcaloides pirrolizidínicos, explica en gran medida el cuadro clínico y lesiones que se producen en el animal.

Una vez se absorben y llegan al hígado se convierten por el sistema microsomal hepático en pirroles electrofílicos, que químicamente son muy reactivos y alquilan macromoléculas celulares, entre otras, se unen covalentemente al ADN e impiden la replicación celular; el mecanismo de activación de un alcaloide de la pirrolizidina puede reaccionar con un intermediario electrofílico muy reactivo (tóxico) dentro del hepatocito, y que puede, o bien neutralizarse por acción del antioxidante endógeno glutatión, o bien dañar macromoléculas vitales para la célula. Los hallazgos microscópicos consistían en lesiones de fibrosis hepática, hiperplasia biliar y hepatomegalocitosis (Villar, 2007).

La mayoría de los alcaloides tienen sabor amargo (pues químicamente son básicos, con excepción de la colchicina, que es ácida). En los mamíferos, dependiendo del nivel de dosis ingerida, tienden a interferir tanto con la función hepática como con la membrana celular. También se ha encontrado que pueden interrumpir la lactancia, causar aborto o defectos de nacimiento en los mamíferos que las consumen (Fernández-Guerrero, 2012).



Esto significa que la naturaleza venenosa de los alcaloides como causantes de muerte inmediata puede no ser cierta para todas las especies e individuos. Las respuestas de los animales a los compuestos secundarios, incluidos los alcaloides, son tan diversos como productos químicos naturales.

En el caso de los alcaloides producidos por las plantas, las respuestas de los animales dependen de factores evolutivos y coevolutivos. Algunos animales toleran relativamente bien los alcaloides, mientras que otros tienen sistemas de desintoxicación bien desarrollados.

Algunos animales, especialmente los mamíferos, pueden ser dañados o incluso envenenados por estos compuestos, por lo tanto, existen diferentes medios de comportamiento animal en relación con la ingesta, metabolización y acumulación de estos compuestos (Aniszewski, 2007).

### **2.2.8 Función de los alcaloides en las plantas**

Los alcaloides no sólo están presentes en las hojas de la planta, sino prácticamente en cualquier parte, incluyendo las semillas, raíces, brotes, flores y frutos (Fernández, 2012).

De acuerdo con Arango-Acosta (2008) En cuanto a su estado natural, los alcaloides son esencialmente sustancias presentes en todos los órganos de la planta, pueden encontrarse mayoritariamente en hojas (cocaína, nicotina, pilocarpina), en flores (escopolamina, atropina), en frutos (alcaloides del *opio*, *peletiarina*, *coniina*), en semilla (*piperina*, *arecolina*), en corteza (*quinina*, *tubocurarina*), en la raíz (*emetina* y *cefalina*).

Así mismo menciona que la función de los alcaloides en las plantas no es aún clara, existen algunas sugerencias sobre el “rol” que juegan estas sustancias en los vegetales:



- Sirven como productos de desecho o almacenamiento del nitrógeno sobrante, esta función es equivalente a la del ácido úrico o de la urea en los animales.
- Debido a que, en su mayoría, los alcaloides son asociados con ácidos orgánicos que le facilita el transporte en la planta, pueden servir como productos de almacenamiento del nitrógeno no metabolizado o para transporte de este; en el caso de las Solanáceas midriáticas, los ésteres del tropano se forman en las raíces y son transportados a las partes aéreas donde pueden ser hidrolizados.
- La micro química ha permitido mostrar en forma general, que los alcaloides son localizados en los tejidos periféricos de los diferentes órganos de la planta, es decir en el recubrimiento de las semillas, corteza del tallo, raíz o fruto y en la epidermis de la hoja; esto permite pensar que los alcaloides cumplen una importante función como es la de proteger a la planta, por su sabor amargo de estos, del ataque de insectos.
- Los alcaloides pueden servir de reguladores del crecimiento, se ha demostrado que los alcaloides derivados de la putrescina se incrementan notablemente durante la germinación de algunas plantas como la cebada, cuando se encuentran en suelos deficientes de potasio
- Mediante técnicas biotecnológicas, las plantas que normalmente acumulan alcaloides en las partes aéreas, como es el caso de la Nicotiana y Daturas se han producido sin alcaloides, la pérdida de alcaloides en el vástago no impide el desarrollo de la planta, lo cual sugiere que los alcaloides no son esenciales para los vegetales.

Las plantas producen una enorme variedad de compuestos químicos, los cuales les permiten interactuar con el ambiente, por lo que representan un reservorio de nuevas moléculas. Los metabolitos secundarios se sintetizan en las plantas a través de vías metabólicas, que son parte integral del metabolismo de toda la planta, como



respuesta a condiciones de estrés inducidas por agentes bióticos y abiótico (Ojitos Ramos y Portal, 2017)

Estos compuestos intervienen en las interacciones ecológicas entre planta y su ambiente, desempeñando una amplia variedad de funciones ecológicas (Valares Masa, 2011).

En las interacciones de las plantas con su entorno se producen respuestas metabólicas a través de la síntesis de metabolitos secundarios y, por tanto, los factores ambientales y ecológicos que influyen en la planta establecen variaciones en sus perfiles metabólicos.

En el caso de los alcaloides, que se encuentran ampliamente distribuidos en plantas y son agentes activos en las interacciones evolutivas debido a que su metabolismo está controlado bajo regulación genética, se convierten en componentes variables relacionados con acondicionamiento debido a presiones externas (Ravagli, 2017).

Las regiones climáticas pueden ser determinantes en las características cualitativas y cuantitativas de los metabolitos. Sugieren que la concentración de alcaloides en el follaje de las plantas con alto contenido de estos compuestos puede ser mayor en regiones tropicales bajas que en regiones subtropicales y templadas (Montes-Belmont, 2009).

Las plantas han desarrollado diversas estrategias de defensa contra condiciones de estrés biótico y abiótico. Los metabolitos secundarios son compuestos de bajo peso molecular que no solamente tienen una gran importancia ecológica porque participan en los procesos de adaptación de las plantas a su ambiente, como es el establecimiento de la simbiosis con otros organismos y en la atracción de insectos polinizadores y dispersores de las semillas y frutos, sino que también, una síntesis activa de metabolitos secundarios se induce cuando las plantas son expuestas a condiciones adversas tales como: a) el consumo por herbívoros (artrópodos y vertebrados), b) el ataque por microorganismos: virus, bacterias y hongos, c) la



competencia por el espacio de suelo, la luz y los nutrientes entre las diferentes especies de plantas y d) la exposición a la luz solar u otros tipos de estrés abiótico (Sepúlveda-Jiménez *et al.*, 2003)

Si bien, la presencia de alcaloides no es vital para la planta, estos deben participar en secuencias metabólicas y no son solamente productos de desecho del metabolismo. Son de naturaleza tan diversa, no puede esperarse que, como grupo, desempeñen un papel común en la planta excepto en situaciones en que se requiera un compuesto básico no específico.

Su presencia en las plantas puede ser pura casualidad, esto depende de las enzimas presentes y de la disponibilidad de precursores, aparentemente inocuos para la planta no son eliminados por necesidad sino por elección natural, no solo participan en el metabolismo de las plantas a largo plazo, sino que el contenido alcaloídico es muy común en varias especies, la presencia de alcaloides no es vital para la planta, pero si debe incluirse en las secuencias metabólicas, no son solo desechos del metabolismo.

Estos pueden desempeñar un papel en la defensa de la planta, frente al singlete de oxígeno que está dañando a todos los organismos vivos y es producido en los tejidos vegetales en presencia de la luz (Silva, 2010).

En cuanto a la distribución geográfica de las plantas con alcaloides, se ha determinado que un 27% de las especies herbáceas templadas contienen alcaloides, comparado con un 45% de las especies tropicales.

Las plantas más antiguas evolutivamente, como las magnolias (muchas de las cuales son tropicales), contienen en general más alcaloides que las especies de familias más recientes, existen numerosas pruebas a favor del argumento que propone que la función primaria de muchos compuestos secundarios es la defensa de las plantas, al disuadir tanto a insectos como a animales herbívoros mediante su sabor o aroma (Fernández Guerrero, 2012).



### **3 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **3.1 Localización y ubicación geográfica**

El Municipio de Chapa de Mota (Mapa 1 ver anexos) es uno de los 125 municipios del Estado de México y se localiza en la zona norte; tiene una superficie de 289.98 kilómetros cuadrados, constituyendo el 1.29 % del territorio estatal. Tiene como municipios colindantes a los siguientes: al norte con Jilotepec y Villa del Carbón; al sur con Morelos y Villa del Carbón; al este con Villa del Carbón y al oeste con Timilpan y Morelos.

De acuerdo con la última regionalización realizada por el gobierno del Estado de México, Chapa de Mota pertenece a la región II de Atlacomulco, la cual está conformada de 14 municipios, compartiendo región con Acambay, Aculco, Atlacomulco, El Oro, Jilotepec, Jocotitlán, Morelos, Polotitlán, San José del Rincón, Soyaniquilpan de Juárez, Temascalcingo, Timilpan y Villa de Carbón (PDMCM, 2022).

Las coordenadas geográficas del municipio son: Longitud oeste 99° 25' 13" como mínima y 99° 40' 15" como máxima; y coordenadas 19° 43' 57" mínima y 19° 54' 15" de latitud norte, a una altitud media de 2,610 metros sobre el nivel del mar (MSNM). En las coordenadas 99° 31' 37" de longitud oeste y 19° 48' 52" de latitud norte y a una altura de 2,644 MSNM encontraremos la Cabecera Municipal. Las localidades que conforman el municipio se encuentran a una altura de 2,291 MSNM como mínima y 2,817 MSNM como máxima.

**Medio Físico** El medio físico es la base natural del territorio, que muestra una realidad geológica constituida por materiales, formas, y elementos condicionante y condicionado por factores como el climático y el biológico. A continuación, se describen los aspectos físicos más representativos del municipio.

**Fisiografía.** Pertenece a la provincia del eje neovolcánico (100%) y a la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac (76.57%) y llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo (23.43%). Sistema de topoformas: sierra compleja (49.34%), lomerío de



tobas (27.23%), lomerío de basalto (23.35%) y vaso lacustre con lomerío (0.08%) (PDMCM, 2022).

### 3.1.1 Clima

El clima predominante del municipio es templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (89.4%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (9.41%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (1.19%). Presenta una temperatura media anual que oscila entre los 10° y 12 ° centígrados y el rango de temperatura es 8-16° C. En el municipio también se localiza el clima c(e)(w), que corresponde al semifrío subhúmedo con lluvias en verano y el rango de precipitación es de 700-1100mm (Mapa 2 ver anexos).

La precipitación pluvial media anual es de 1,000 a 1,200 MM. Las lluvias inician por lo regular en la tercera semana de mayo y terminan en la última de septiembre, en tanto que la frecuencia de granizadas es de 2 a 14 días. Los días de heladas van de 60 a 80 y son perceptibles en las noches (PDMCM, 2022).

### 3.1.2 Orografía

El Municipio presenta en el Valle de Jilotepec alturas mínimas de 2,350 metros sobre el nivel del mar (MSNM) y alturas máximas que alcanzan los 3,200 msnm que corresponden a la cumbre de los montes al oeste de San Felipe Coamango. La Cabecera Municipal se sitúa aproximadamente a 2,600 msnm. La conformación orogénica se asienta sobre la prolongación de la sierra de San Andrés Timilpan. (PDMCM, 2022).



### 3.1.3 Geomorfología

Las cumbres de la conformación orogénica del municipio antes citada bordean toda la zona suroeste, sur y noroeste, formando un semicírculo en torno a la Cabecera. Comprende en su extremo sur una sección del Valle de Jilotepec. Por su parte, el Valle Central se inclina ligeramente de sur a norte con algunas depresiones y cañadas breves que aumenta su profundidad a medida que el terreno comienza a elevarse en las proximidades de la Cabecera Municipal.

Las pendientes que muestra el municipio se estructuran de la siguiente manera: en la zona norte y noroeste son menores al 5% sobre las cuales se encuentran asentadas las localidades de Xhoñe, Santa Elena, Danxho, El Quinte, El Puerto, San Gabriel, La Loma, Tenjay y San Felipe Coamango. Además, existen pequeñas porciones al noreste y suroeste del municipio con características parecidas, en ellas se ubican las localidades de Ventey, Santa Ana Macavaca, La Soledad, La Alameda, La Ladera, La Concepción, El Salto. Las que oscilan entre el 5 y 15% se ubican en las localidades de Chapa de Mota, San Felipe Coamango, San Juan Tuxtepec, Dongú, La Esperanza, Bodenqui, Cadenqui, La Palma, San Francisco de las Tablas, Las Animas, Barajas, Damate y Mefi.

Las que oscilan entre los 15% y más se observan al sur, norte, noreste y noroeste del municipio, principalmente en los cerros y elevaciones y porciones de San Francisco de las Tablas, Las Animas, Damate, Barajas y sur de las localidades de Chapa de Mota, San Felipe Coamango, Dongú y San Juan Tuxtepec (PDMCM, 2022).

### 3.1.4 Hidrología

En todo el territorio municipal abundan los llamados ríos de temporada o corrientes intermitentes que se forman durante la época de lluvias y que ocupan las principales cañadas o quebradas naturales.



En el municipio nace uno de los ríos más importantes de México, el Pánuco, las montañas, que hacen dos cadenas de cordilleras, forman un prolongado valle, que permite una alta captación pluvial; Asimismo, confluyen los ríos de San Rafael y San Jerónimo, los cuales, son aptos para la cría de peces y riego de hortalizas.

Cuenta con 10 presas, destacando por su capacidad La Concepción, cuya capacidad es de 3.1 millones de m<sup>3</sup>, que riegan 773 ha; Santa Elena con 4.5 millones de m<sup>3</sup> y riega 837 ha; Danxho es la de mayor dimensión, su capacidad es de 20.6 millones de m<sup>3</sup> que riegan 4,985 hectáreas. De igual forma existen otras presas como “Las Lajas”, “El Membrillo”, “Tierra Blanca”, “La Esperanza”, “Las Brujas” y la presa de Cadenqui. Otros cuerpos de importancia son 12 manantiales, un río, 38 arroyos, 15 bordos y 4 acueductos.

De los manantiales existentes destaca el denominado los baños que es de agua caliente y se ubica en la localidad de Ventey. Para dotar de agua potable a las principales localidades se cuenta con pozos y con la explotación de mantos acuíferos subterráneos que se encuentran a una profundidad promedio de 200 m (PDMCM, 2022).

### **3.1.5 Geología**

El territorio municipal, está integrado a la provincia del eje volcánico, identificándose dos subprovincias la de llanura y sierra de Querétaro e Hidalgo y, la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. Se ubican suelos de periodo terciario de roca ígnea extrusiva y suelos de roca sedimentaria, una gran parte del territorio está constituida por rocas de origen sedimentario representado por pizarras, arcillosas, margas, areniscas y calizas; las serranías están constituidas por rocas extrusivas del periodo terciario y postterciario, que tuvieron origen en tres épocas sucesivas de actividad volcánica (PDMCM, 2022) (Mapa 3 ver anexos).



### 3.1.6 Edafología

En el municipio predominan los suelos feozem haplico, también se encuentran suelos del tipo feozem luvico, andosol ocrico, versitol y luvisol crómico, mismos que se describen a continuación (Mapa 4 ver anexos).

Feozem (h). Se caracteriza por ser rico en materia orgánica y nutriente mismo que lo hace muy productivo a las actividades agropecuarias y forestales. Son de textura media, pero en algunos casos pueden ser de textura fina: arcillosa, arcillosa arenosa o arcillosa limosa; su permeabilidad es moderada y el drenaje interno bueno. En condiciones naturales cuenta con cualquier tipo de vegetación y se desarrolla tanto en terrenos planos como en montañosos. La susceptibilidad a la erosión depende del terreno en donde se encuentre, así los situados en terrenos planos se utilizan para la agricultura, mientras los de pendientes y laderas se utilizan para la ganadería.

Se localiza en gran parte del territorio municipal, principalmente en las localidades de Santa Ana Macavaca, La Soledad, Damate, San Gabriel, El Puerto, Mefi, El Quinte, La Concepción, y una porción en los cerros de las palomas, la campana, Las Animas y Bodenqui. Cuenta con una extensión de 17,469 hectáreas que representa un 60.34% de la superficie municipal. Las subunidades de suelo existentes en el municipio son háplico y lúvico.

Andosol (t). Este suelo se ha formado a partir de cenizas volcánicas (material ígneo) y en condiciones naturales tiene vegetación de bosque templado. Es suelo de color muy negro, de textura muy suelta y susceptible a la erosión. Se utiliza en la agricultura con rendimientos bajos, pues, aunque tiene capacidad de retención de agua y nutrientes, también retiene mucho fósforo y éste no puede ser absorbido por las plantas; además se usa en la ganadería con pastos naturales o inducidos, y uso forestal. Cuenta con una extensión de 5,596.75 hectáreas y representa un 19.33% del territorio municipal, se localiza al sur del municipio, particularmente en las localidades de San Francisco de las Tablas, Las Ánimas y en los cerros de Las



Animas, Chapa el Viejo, las mesas y los ídolos. La subunidad de suelo que predomina en el municipio es el mólico.

Vertisol (v). Es suelo muy arcilloso, pegajoso cuando está húmedo y muy duro cuando está seco. A veces es salino y tiene baja susceptibilidad a la erosión. Es casi siempre muy fértil, pero presenta ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presenta problemas de inundación y drenaje.

Su utilización es muy extensa, variada y productiva. Se obtiene rendimientos buenos en agricultura de riego, básicamente para granos. Para la utilización pecuaria, cuando presenta pastizales, es también suelo muy adecuado. Se localiza en la porción noroeste del Municipio, particularmente en las localidades de La Loma, y norte de Dongú y San Felipe Coamango; asimismo, en orillas de la presa Danxho. Cuenta con una superficie de 3, 503.25 hectáreas y representa el 12.10% de la superficie municipal. La subunidad de suelo que predomina en el municipio es el pélico.

Luvisol (l). Es fértil, acumula arcilla y tiene alta capacidad de intercambio catiónico, es decir, de intercambiar nutrientes y otros cationes, de tal manera que puedan ser asimilados por las plantas. Es de alta susceptibilidad a la erosión y a veces es salino. Su uso es diverso con rendimientos moderados en el sector agrícola, pues es casi siempre muy fértil, aunque presenta problemas de manejo debido a su dureza; con pastizales cultivados o inducidos puede dar buenas utilidades en la ganadería; y rendimientos sobresalientes para uso forestal. Cuenta con una superficie de 1,974 hectáreas y representa el 6.82% del total municipal. Se localiza al centro, oeste y suroeste del Municipio, particularmente en Chapa de Mota, Tenjay, Xhoñe, La Loma, La Ladera, La Alameda, Cadenqui, Dongú, San Felipe Coamango, San Juan Tuxtepec, Santa Elena y Santa María. La subunidad de suelo existente es el crómico.



Planosol (w). Su vegetación natural de estos suelos son pastizales y se caracterizan por presentar, debajo de la capa más superficial, una capa más o menos delgada de un material claro que es siempre menos arcillosa que las capas que lo cubren y los subyacen.

Debajo de la capa mencionada se presenta un subsuelo muy arcilloso e impermeable, o bien, roca o tepetate, también impermeables. Se obtienen rendimientos moderados en la ganadería de bovinos, ovinos y caprinos, y en la agricultura, ya que la subunidad prevaleciente en el municipio que deriva de este suelo es el mólico y tiene una capa superficial fértil, oscura y rica en materia orgánica. Son muy susceptibles a la erosión, sobre todo de las capas más superficiales que descansan sobre la arcilla o tepetate impermeables.

Ocupa una superficie de 256.50 hectáreas y representa el 0.52% del territorio municipal. Se localiza principalmente en la porción noroeste de la localidad La Esperanza, orillas de la presa Danxho y la carretera a Jilotepec (PDMCM, 2022).

### **3.1.7 Vegetación y Uso de Suelo**

Los bosques ocupan el 42.42 % del suelo, y el pastizal el 21.83 %. En el municipio se localizan principalmente especies como, roble, encino, pino sobre todo en la parte sur del Municipio, oyamel y encino, también existen especies como madroños, ocotes, escoba, cedros, casuarinas, eucaliptos, pirul, sauces y truenos, estas especies se mezclan con diversos cultivos y pastizales. Los árboles frutales regionales son: el peral, manzano, capulín, tejocote, ciruelo, durazno, chabacano, membrillo y granada. EL 27.43 % del suelo se ocupa para la agricultura y solo el 7.32 % es zona urbana. (PDMCM, 2022) (Mapa 5 ver anexos).

### **3.1.8 Fauna**

Las especies faúnicas se caracterizan por contener mamíferos de pequeñas tallas como el conejo castellano y de monte, la liebre, la ardilla gris, negra y roja; mapaches, el ardillón, el topo, tuza, tlacuache, la rata y el ratón; la comadreja, el



zorrillo, la zorra, el tejón, el armadillo, el hurón, el gato montés, la onza y el cacomixtle.

También se pueden apreciar una gran diversidad de aves como: el aguililla pechiroja, lechuza, búho, chara, zacatonero, pavito aliblanco, zopilotes, gavilanes, gavilancillo, grullas, murciélagos de varias especies, el pájaro carpintero, trepador, colibrí, azulejo, tordo, búho y lechuza; codorniz, gallina de monte, agachona, calandria, canario, cardenal, garza, gorrión, güilota, jilguero, mirlo pato silvestre, titisha, tildio, tórtola, dominico, paloma, perdiz y ceniztli, también existen algunos depredadores como la aguililla de cola roja, el gavilán coli-blanco y el cuervo, aunque este es de la especie migratoria.

Entre los anfibios y reptiles pueden señalarse al sapo, rana, salamandra, lagartija, camaleón, escorpión, la culebra, la víbora de cascabel, el coralillo, la chirrionera y la trompa de puerco. Las especies que se encuentran en peligro de desaparecer son el gato montés, zorra gris, armadillo y ajolote debido a su caza indiscriminada. (PDMCM, 2022).

El Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (CEIEPASP) se ubica en el Municipio de Chapa de Mota, Estado de México, en una pequeña cuenca hidrológica tributaria del alto Pánuco, con un bosque de encino y pastizal natural, a 2560 msnm en una zona de frontera entre el avance de las zonas urbanas y áreas rurales (Bobadilla, 2016).

El Centro cuenta con 250 hectáreas de las cuales:

- 191 ha corresponden a bosque de encino.
- 29.5 ha corresponden a pastizales
- 8.85 ha a praderas
- 7.97 ha son cuerpos de agua
- 6.37 ha son áreas de cultivo
- 4.44 ha son áreas de cultivo en bosque
- 1.92 ha a instalaciones



#### 4 METODOLOGÍA

##### ESQUEMA METODOLOGIA (Metodología de la extracción)



Consulta bibliográfica y fuentes.



Visita de campo para recolección de muestras.



Almacenamiento y secado de muestras.



Determinación de presencia de alcaloides con aplicación de reactivos



Pulverizado de muestras secas y macerado.



Metabolitos	Reacción colorimétrica	Reactivo	AT	MT	AFH	MFH
		Dragendorff	+++	+++	++	++
Alcaloides	Turbidez o precipitado (rojo a naranja, blanco a crema y marrón)	Mayer	+++	+++	++	++
		Wagner	+++	+++	++	++

Resultados obtenidos, comprobación de hipótesis.



El enfoque de la investigación se considera mixto, se emplearon la parte cuantitativa y cualitativamente, consultando bibliografía y fuentes que fueron útiles para su desarrollo, así mismo se realizaron visitas a campo para la recolección de las muestras requeridas para realizar los análisis de laboratorio.

En primera instancia para la prueba cuantitativa, se recolectaron las muestras en la zona de estudio ubicado en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Agrosilvopastoril (CEIEPASP) ubicado en Chapa de Mota.

La prueba cualitativa para determinar la presencia de alcaloides se llevó a cabo en los materiales vegetales que se obtuvieron de las plantas muestreadas. Los alcaloides se determinaron usando las soluciones de Manesty, Dragenford y Wagner

#### 4.1 Colecta de muestras de Dalia

Para la colecta de las muestras se realizó un barrido en el municipio, recorriendo caminos, carreteras y parte de la zona del centro de investigación, identificando que en la parte con superficies planas de determinadas áreas se encontraban con mayor cantidad de dalias de color rojizo (*Dahlia coccinea* Cav.) y en zonas altas y poco accesibles con pendientes muy pronunciadas las de color morado (*Dahlia imperialis* Roetzl) (Imagen 8).

Imagen 8. A la izquierda Dalia *D. coccinea* Cav. y a la derecha *D. imperialis* Roetzl



Fuente: toma propia durante recorrido en campo.



Dentro del CEIEPASP se recorrieron las zonas más concurridas por el ganado, encontrando lugares sin presencia de dalias (Imagen 9 y 10), tomando únicamente muestras encontradas durante el trayecto; siguiendo una ruta desde la parte baja del municipio hasta la parte alta. El recorrido realizado a nivel de carretera, caminos y veredas fue menor la presencia de dalias moradas obteniendo un total de 11 muestras colectadas, suficientes para realizar su análisis.

En el caso de la dalia roja se obtuvieron un total de 13 muestras. En ambos casos se cortó la parte aérea de la planta; se obtuvieron un total de 24 sitios de muestreo dispersos desde de la parte alta, media y baja de la zona de estudio.

Imagen 9. Zonas de pastoreo y localización de muestra de Dalias



*Fuente: toma propia durante recorrido en campo.*



Imagen 10. Zonas de pastoreo y localización de muestra de *Dalias silvestre*



*Fuente: toma propia durante recorrido en campo.*

Una vez localizadas las muestras de *Dalias*, se seleccionaron las que se encontraban en etapa de madurez realizando un corte a nivel de suelo (Imagen 11), cortando completamente la parte aérea de la planta (Imagen 12 y 13), con apoyo de un GPS se identificó el punto de ubicación de la planta, registrando el número de muestras de cada color (Imagen 14.). Obtenidas las muestras necesarias, se colocaron en bolsas de papel para evitar la generación de los componentes secundarios de las plantas.



Imagen 11. Recolección de muestras de dalia *D. coccinea* Cav. y *D. imperialis* Roez!



*Fuente: toma propia durante recorrido en campo.*

Imagen 12. Recolección de muestras de dalia *D. coccinea* Cav.



*Fuente: toma propia durante recorrido en campo.*

Imagen 13. Recolección de muestras de dalia *D. imperialis* Roez!



Fuente: toma propia durante recorrido en campo.

Imagen 14. Zonas de recolección de muestras de Dalias



Fuente: elaboración propia con apoyo de GPS durante recorrido de campo.



## 4.2 Secado y almacenamiento

Las muestras se acomodaron en un lugar con sombra (Imagen 15.) para impedir lo menos posible el contacto con la luz solar con suficiente ventilación para evitar la humedad, secándolas a temperatura ambiente durante quince días, revisándolas periódicamente para evitar la generación de hongos. Se identificaron colocando fecha de almacenamiento y el color de dalia almacenada .

Después de quince días de secado, se obtuvo la muestra seca separando y pesando de acuerdo con el color de la dalia, se colocaron en bolsas de papel, identificándolas con el color de la planta, fecha y peso; cada muestra tubo un peso total de 250 g.

Imagen 15. Secado y almacenamiento de muestras



*Fuente: toma propia.*



### 4.3 Materiales y Reactivos

En la tabla 1 y 2, se muestran los reactivos y la cantidad para realizar la identificación de los alcaloides, los cuales permiten hacer una visualización de manera cualitativa.

Tabla 1. Reactivos

Reactivos	Cantidad
Drangendorf	2 ml
Mayer	2 ml
Solución de N/10	2 ml

Tabla 2. Soluciones y sustancias

Soluciones	Cantidad
Yodo N/10	
Hexano	50 gr
Etanol	500 ml
Etanol al 70%	50 ml
Ácido acético acuoso al 10 %	200 ml
Solución diluida de amonio	
Cloroformo	200 ml
Extracto alcohólico	



En la tabla 2 se presentan las soluciones y sustancias que permiten realizar el preparado con el material pulverizado del material seco de la Dalia, para lograr la identificación con los reactivos.

Tabla 3. Material de laboratorio

Material
Tubos de ensaye
Pipeta
Desintegrador Manesty
Extractor Soxhlet
Evaporador rotatorio
Báscula
Espátula
Agitador
Frascos

En la tabla 3 se muestra la lista de material de laboratorio para obtener el peso de las muestras, macerado de extracto seco de la dalia, así como la extracción de muestras del macerado para diluir en las soluciones y finalmente poder obtener los alcaloides con los reactivos.



## Reactivos

Con base Bermejo *et al.* (2014) se describen los reactivos utilizados para la identificación de alcaloides

**Dragendorff** permite reconocer en un extracto la presencia de alcaloides, para ello, si la alícuota está disuelta en un solvente orgánico, este debe evaporarse en baño de agua y el residuo redisolverse en 1ml de HCl (1%). Si el extracto es acuoso a la alícuota se le añade una gota de ácido clorhídrico concentrado, se calienta suavemente y se deja enfriar hasta acidez. Con la solución acuosa ácida se realiza el ensayo añadiendo 3 gotas del reactivo de Dragendorff. Si hay opalescencia se considera positivo (+), turbidez definida (++) y precipitado (+++).

**Mayer** permite también identificar alcaloides se procede de la forma descrita anteriormente, hasta obtener la solución ácida. Se añade una pizca de NaCl en polvo, se agita y filtra. Se añaden 2 ó 3 gotas de la solución reactiva de Mayer, si se observa opalescencia (+), turbidez definida (++) , precipitado coposo (+++).

Observación: En el caso de alcaloides cuaternarios y/o aminoóxidos libres, estos solo se encontrarán en el extracto acuoso y para considerar su presencia la reacción debe ser (++) o (+++) en todos los casos, ya que un resultado (+) puede provenir de una extracción incompleta de bases primarias, secundarias o terciarias.

**Wagner** se parte al igual que en los casos anteriores de la solución ácida, añadiendo 2 ó 3 gotas del reactivo, clasificando los ensayos de la misma forma.

### 4.4 Prueba cualitativa

Las muestras se dejaron secar en lugar con suficiente ventilación a temperatura ambiente evitando contacto con la luz solar durante 30 días posteriormente se pulverizaron con el desintegrador Manesty.

Separando un extracto alcohólico de cada material individualmente añadiendo 50 ml de etanol a 70% a 1 g de cada material de cada muestra de dalia recolectada.



A 2 ml de porción de cada extracto alcohólico de las diferentes muestras en tubos de ensayo separados añadiendo los reactivos de Mayer, Dragendorff y Wagner.

En 50 g del material se extrajo con hexano durante 12 horas, se tomaron las muestras pulverizadas y se extrajo el alcaloide con 500 ml de etanol, los extractos se filtraron y concentraron a presión reducida utilizando el evaporador rotatorio, después se mezcló con 200 ml de ácido acético acuoso al 10% dejando reposar durante una noche, la mezcla se filtró y el pH filtrado resultante se ajustó a 10 °C colocando gotas de amonio diluido. Para su extracción se utilizaron 200 ml de cloroformo dejando secar con sodio anhidrido de sulfato.



## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se presentan los aspectos y condiciones del medio físico en las cuales se encontraron las especies de dalia en la zona de estudio.

Tabla 4. Aspectos y condiciones del medio físico para el crecimiento de la Dalia

Medio físico zona de estudio	Características de la Dalia
Altitud: el Centro de Enseñanza, investigación y Extensión en Producción Agro Silvo Pastoril (CEIEPASP) Está situado en una pequeña cuenca hidrológica tributaria de alto Pánuco, con un bosque de encino y pastizal natural, a 2560 msnm (Bobadilla, 2016), condiciones para el crecimiento de la dalia.	Se desarrollan en altitudes que van desde los 500 hasta los 3500 msnm (Martínez <i>et al.</i> , 2015).
Suelo: El municipio de Chapa de Mota se localiza en una zona volcánica y por tanto se encuentran tipos de suelos como Feozem, Andosol y planosol, siendo que los suelos con más nutrientes y contenido de materia orgánica que permiten el crecimiento y desarrollo de los distintos estratos vegetativos son los vertisoles y luvisoles, son suelos arcillosos con un pH de un rango de 6.9 (PDMCM, 2022).	La dalia es original de los altos valles de naturaleza arcillo silícea de México, muchas especies se han encontrado en Sudamérica y Centroamérica, prefiriendo los suelos francos, son un perfecto drenaje y con un pH comprendido entre 6 y, que posean además un elevado contenido en materia orgánica y nutrimentos (Jiménez, 2015).

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 4. Aspectos y condiciones del medio físico para el crecimiento de la Dalia  
(Continuación)

Medio físico zona de estudio	Características de la Dalia
<p>Clima: Dentro del municipio de Chapa de mota la dalia se desarrolla en un clima templado subhúmedo con verano largo, con una temperatura promedio de 13 °C, una máxima de 17 °C siendo los meses de septiembre, junio y agosto los meses más cálidos y noviembre, diciembre y enero los meses más fríos (PDMCM, 2022).</p>	<p>Prefieren temperaturas que oscilen entre 18 y 23 °C. Las dalias se cultivan en zonas soleadas, aunque también se pueden encontrar en semisombra. Se adaptan mejor a sustratos de cultivo con temperaturas cálidas de 65 a 75 °F (de 18 a 24 °C) durante el día y de 60 a 65 ° F (de 15 a 18 ° C) por la noche (Jiménez, 2015).</p>
<p>Flora: el 46.9% del territorio municipal son áreas forestales, el arbolado representa la mayor riqueza del municipio, el cual cubre 13 592.8 ha, con bosques templados de encino (PDMCM, 2022).</p>	<p>Luna (2013) menciona que la dalia se desarrolla prácticamente en todos los tipos de vegetación presentes, principalmente en los bosques de pino y encino, así como en márgenes de bosques secos y en zonas de desierto.</p>
<p>Precipitación: La precipitación promedio se establece en 56 mm, registrándose las lluvias más intensas en el mes de julio y las menores en diciembre (PDMCM, 2022).</p>	<p>Necesita una humedad relativa de 75 al 78 % alta precipitación de 11 a 13 hrs y poca acción eólica (Jiménez, 2015).</p>

Fuente: *Elaboración Propia*



Los factores ambientales y físicos son determinantes para la adaptación y desarrollo de las plantas, así como la generación de alelopatías para su defensa, adquisición de nutrientes en zonas con una alta competencia entre la flora existente o la asimilación de excesos de nutrientes generando compuestos nitrogenados en este caso alcaloides.

La altura y el clima puede ser otro factor para la generación de metabolitos secundarios debido a la capacidad de adaptabilidad de la planta para sobrevivir en áreas con mayor altitud y condiciones climáticas haciendo que esta genere resistencia, referido a la asimilación de nitrógeno para mantenerla firme en estas condiciones considerando que la altitud media del municipio se encuentra a 2,610 metros sobre el nivel del mar (msnm) y el clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano c(w) (PDMCM, 2022).

Los tipos de suelo que predominan en el municipio de Chapa de Mota son: feozem, vertisol y luvisol siendo el primero el más fértil de los tres tipos, existiendo la posibilidad de la producción de compuestos nitrogenados presentes en las Dalias silvestres de las muestras tomadas en campo.

Dentro del sistema agrosilvopastoril del CEIESPASP se encontraron dos tipos de dalia silvestres con tonalidad rojiza y morada; durante la jornada de pastoreo al aire libre el ganado ovino se alimenta de dalia silvestre que se encuentra en la mayor parte de las zonas de pastoreo del municipio de Chapa de Mota.

La dalia silvestre inicia su crecimiento a partir del mes de julio llegando su maduración a mediados del mes de septiembre, siendo justamente en este periodo donde el ganado ovino presenta síntomas como hemorragias internas y convulsiones provocando su muerte; comúnmente estos síntomas son asociados por la presencia de algún tipo de metabolito secundario, dando pauta a la probable existencia de alcaloides en la parte aérea de la planta.



Las muestras colectadas de ambas tonalidades de *Dalia silvestre* en diferentes puntos del CEIEPASP fueron secadas a temperatura ambiente para evitar su descomposición por generación de hongos que consiguieran alterar los resultados, para realizar la determinación de alcaloides las muestras fueron llevadas al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Jiutepec, Estado de Morelos.

Se registraron las cantidades obtenidas en gramos de la parte aérea de la planta *D. coccinea* Cav. (Tabla 5) y *D. imperialis* Roezl ex Ortgies (Tabla 6).

Tabla 5. Peso de Biomasa de acuerdo con los puntos de muestreo de *D. coccinea* Cav.

Peso (gr)												Promedio
26.81	5.91	11.9	45.06	39.73	34.24	50.71	50.21	4.43	13.04	28.85	22.02	23.56

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Peso de biomasa de acuerdo con los puntos de muestreo de *D. imperialis*

Peso (gr)											Promedio
6.56	6.45	10.83	19.37	4.03	8.3	5.78	8.14	14.44	13.87	6.47	9.47

Fuente: Elaboración Propia.



## 5.1 Reconocimiento de los alcaloides

Los alcaloides son compuestos básicos, contienen nitrógeno en un anillo heterocíclico. En su reconocimiento fitoquímico preliminar las técnicas empleadas son basadas en la capacidad que tienen los alcaloides en estado de sal (extractos ácidos), de combinarse con el yodo y metales pesados, para formar precipitados con reactivos como el mercurio tetrayoduro de potasio (de Mayer) y yoduro de bismuto (Dragendorff), estas reacciones se basan en los siguientes comportamientos:

El yoduro al reaccionar con cloruro mercúrico forma un precipitado rojo de yoduro mercúrico:  $[HgCl_2 + 2I^- \rightarrow 2Cl^- + HgI_2]$ , soluble en exceso de iones de yoduro con formación de un anión complejo incoloro:  $[HgI_2 + I^- \rightarrow HgI_4^{2-}]$ .

En esta reacción se forma el compuesto de color pardo oxiyoduro mercurio amoniaco, que es soluble en exceso de complejo  $[HgI_4^{2-}]$ , generando intenso color amarillo (Roldan Sabino, 2019).

El análisis cualitativo se utilizaron 3 reactivos: Mayer, Drangendorff y Wagner, con las muestras previamente molidas y maceradas.

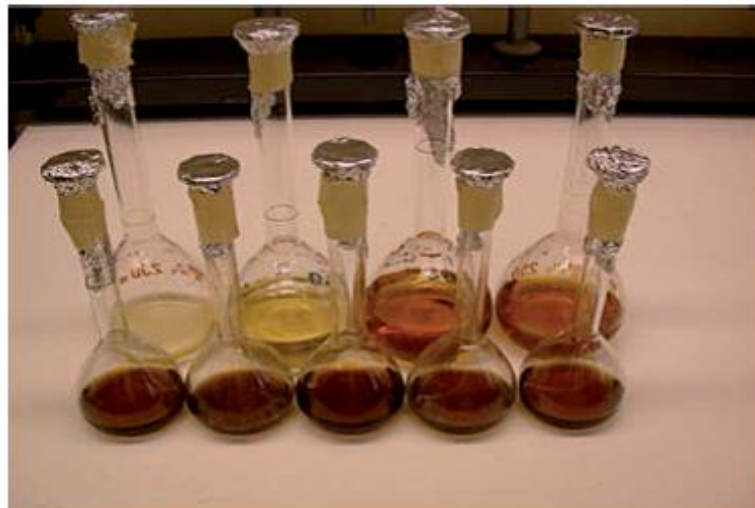
A partir de cuatro extractos hidroalcohólicos se realizaron reacciones químicas colorimétricas para la detección de metabolitos secundarios (Imagen 16 y 17) los extractos muestran la total presencia de alcaloides en la parte aérea de la planta de acuerdo con tonalidades obtenidas al agregar cada reactivo.

Imagen 16. Reacciones de precipitado

REACTIVO	RESULTADO
<b>Reactivo de Mayer.</b> (Sol. Acuosa de tetrayodomercuriato de potasio)	 precipitado color blanco crema
<b>Reactivo de Dragendorff.</b> (tetrayodobismutato potásico)	 Precipitado color anaranjado – marrón
<b>Reactivo de Wagner.</b> (Sol. Acuosa de yodo en yodato potásico)	 precipitado de color marrón.
<b>Reactivo de Sonnenschein</b>	 precipitado color naranja.

Fuente: retomado de Pillaca et al, 2016.

Imagen 17. Reacciones de precipitado



Fuente: retomado de Aniszewski (2007)



Tabla 7. Resultados obtenidos del análisis para la determinación de alcaloides, de acuerdo con cada reactivo y a cada parte de la estructura aérea de la dalia de ambas especies, resultados emitidos por Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Jiutepec, Estado de Morelos.

Tabla 7. Perfil cualitativo fitoquímico de la Dalia

Metabolitos	Reacción colorimétrica	Reactivo	AT	MT	AFH	MFH
Alcaloides	Turbidez o precipitado (rojo a naranja, blanco a crema y marrón)	Dragendorff	+++	+++	++	++
		Mayer	+++	+++	++	++
		Wagner	+++	+++	++	++

Fuente: Elaboración Propia.

(-) No se detectó, (+) reacción débil (++) reacción positiva (+++) reacción positiva fuerte; AT=Tallo de Dalia Rojiza; MT= Tallo de Dalia Morada; AFH= Flor y Hoja de Dalia Rojiza; MFH=Flor y Hoja de Dalia Morada.

Respecto a las pruebas de detección cualitativas con el uso de reactivos se presentaron las siguientes reacciones colorimétricas: reactivo de Mayer se observó un precipitado blanco a crema, reactivo Dragendorff generó un precipitado de color rojo a naranja y el reactivo de Wagner un tono marrón.



Las técnicas cualitativas permiten la identificación de alcaloides, pero no permiten determinar la naturaleza química del alcaloide ya que se requieren de métodos más específicos. Las muestras pulverizadas fueron separadas por color, la flor y hoja del tallo, fueron sometidas a análisis cualitativo con los reactivos.

Los reactivos utilizados en las pruebas nos permiten ver la intensidad de turbidez y precipitación que se presentan al ser colocado a cada muestra extraída de la dalia que para este caso se observaron con tonalidades: rojo a naranja, blanco a crema y marrón. De acuerdo con los resultados obtenidos en ambas especies, obteniendo resultados positivos debido a la presencia de alcaloides en toda la parte aérea de la planta, se observó que la reacción positiva fuerte (+++) se obtuvo en los tallos de la dalia morada y amarilla (TDM yTDA), reforzando que es la posible causa de las convulsiones y muerte de los ovinos durante la jornada de pastoreo.

Algunos autores sugieren que plantas que crecen con suministros limitados de energía o nutrientes deben optar entre crecer y defenderse, un modelo conceptual de la evolución de la defensa de las plantas en el que las compensaciones fisiológicas de las plantas interactúan con el entorno abiótico, la competencia y la herbívora (Hermes *et al.*, 1992)

Una hipótesis postulada para predecir los efectos del entorno sobre la expresión fenotípica del metabolismo secundario es la de Balance de la Relación Carbono-Nutriente (Reichardt *et al.*, 1991).

Esta teoría predice que una moderada deficiencia de nutriente (valor alto de la relación C/N) limita más el crecimiento que la tasa de fotosíntesis, acumulándose carbohidratos que exceden los requeridos por la planta para el metabolismo primario. Ese exceso será asignado a la producción de metabolitos secundarios con C, H y O en su estructura química. Por otro lado, en suelos fértiles, la disminución de la relación C/N, impulsaría una mayor producción de compuestos nitrogenados, como los alcaloides, empleando el nitrógeno asimilado en exceso (Yaber *et al.*, 2009).



## CONCLUSIONES

Se identificó en superficies planas la presencia de dalia rojiza *D. Coccinea* Cav y en zonas con mayores pendientes y poco accesibles se encontró la de tonalidad morada *D. imperialis* Roetzl ex Ortgies, encontrando que en las veredas por donde se pastorea el ganado se encontraban restos de dalias mordidas por el mismo.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que se deben realizar estudios más detallados para determinar específicamente el tipo de alcaloides presentes en estas especies, como análisis por cromatografía de líquidos (HPLC).

Se realizó el análisis aplicando reactivos dando como resultado positivo a la presencia de alcaloides en ambas especies de dalia silvestre en toda la parte aérea. Por medio del método cualitativo donde se utilizó el reactivo de Dragendorf, Mayer y Wagner para la determinación de los alcaloides se identificó que la mayor concentración de alcaloides se encuentra en el tallo de la planta, obteniendo menor concentración de alcaloides en la flor y hojas, afirmando que la hipótesis es correcta.

Las Astaraceas que contienen alcaloides se distribuyen por todo el mundo en las zonas templadas (Aniszewski 2007).

Con base a lo mencionado por Aniszewski (2007) se puede afirmar que la familia *Astaraceae* contienen alcaloides, dando sustento a los resultados obtenidos para esta investigación.

Así mismo las condiciones en las que se desarrolla la dalia silvestre podría ser la razón por la cual contenga alcaloides para sobrevivir en dicha zona.

Es importante tener conocimiento de las especies vegetales que puedan ser consumidas por los humanos o animales para poder desarrollar una estrategia que permita la armoniosa convivencia de plantas, animales y/o personas.

Teniendo conocimiento sobre los resultados positivos de alcaloides en las dalias silvestres en próximas investigaciones se podría determinar el porcentaje de su



consumo ya que la parte con mayor concentración de alcaloides está en el tallo, existiendo la posibilidad que el consumo de las hojas y la flor sea posible sin tener algún efecto secundario.

Se ha documentado evidencia sobre la dalia silvestre como banco de proteína donde Benavides *et al.* (2011) afirma que se puede establecer y manejar como una especie alternativa en la alimentación animal y en los sistemas silvopastoriles, contribuye a disminuir los costos de producción, además de que tiene un valor nutricional, principalmente en proteína, la convierte en una especie de establecimiento de banco de proteína, cerca viva y forraje de corte para la alimentación animal en épocas difíciles.

Los alcaloides contenidos en la dalia silvestre, en dosis adecuadas pueden tener algún beneficio al ganado ovino y hacer más conveniente los procesos de nutrición animal.



**UAEM**

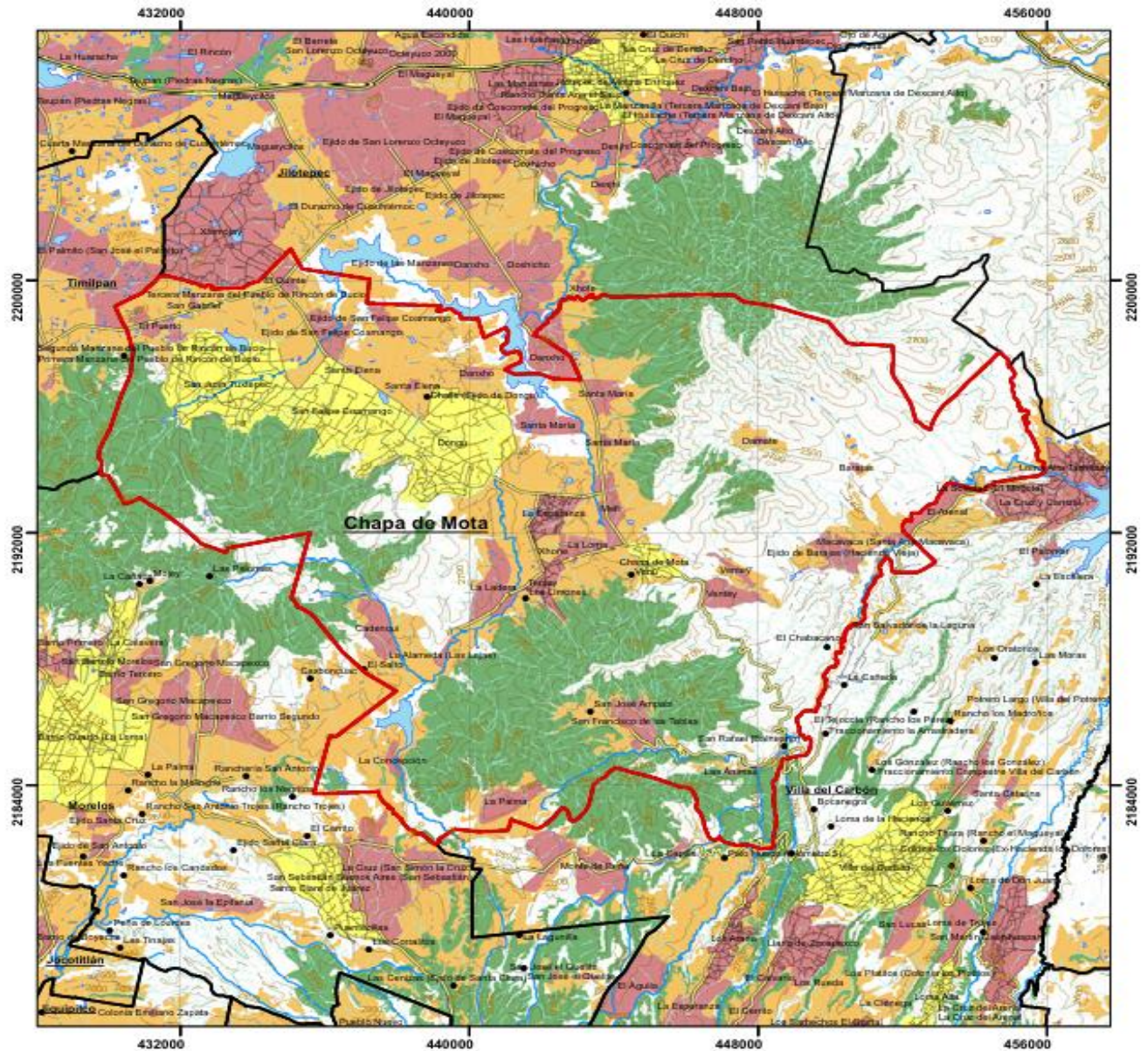
Universidad Autónoma  
del Estado de México


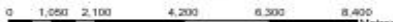



# ANEXOS



### Mapa 1 Municipio de Chapa de Mota

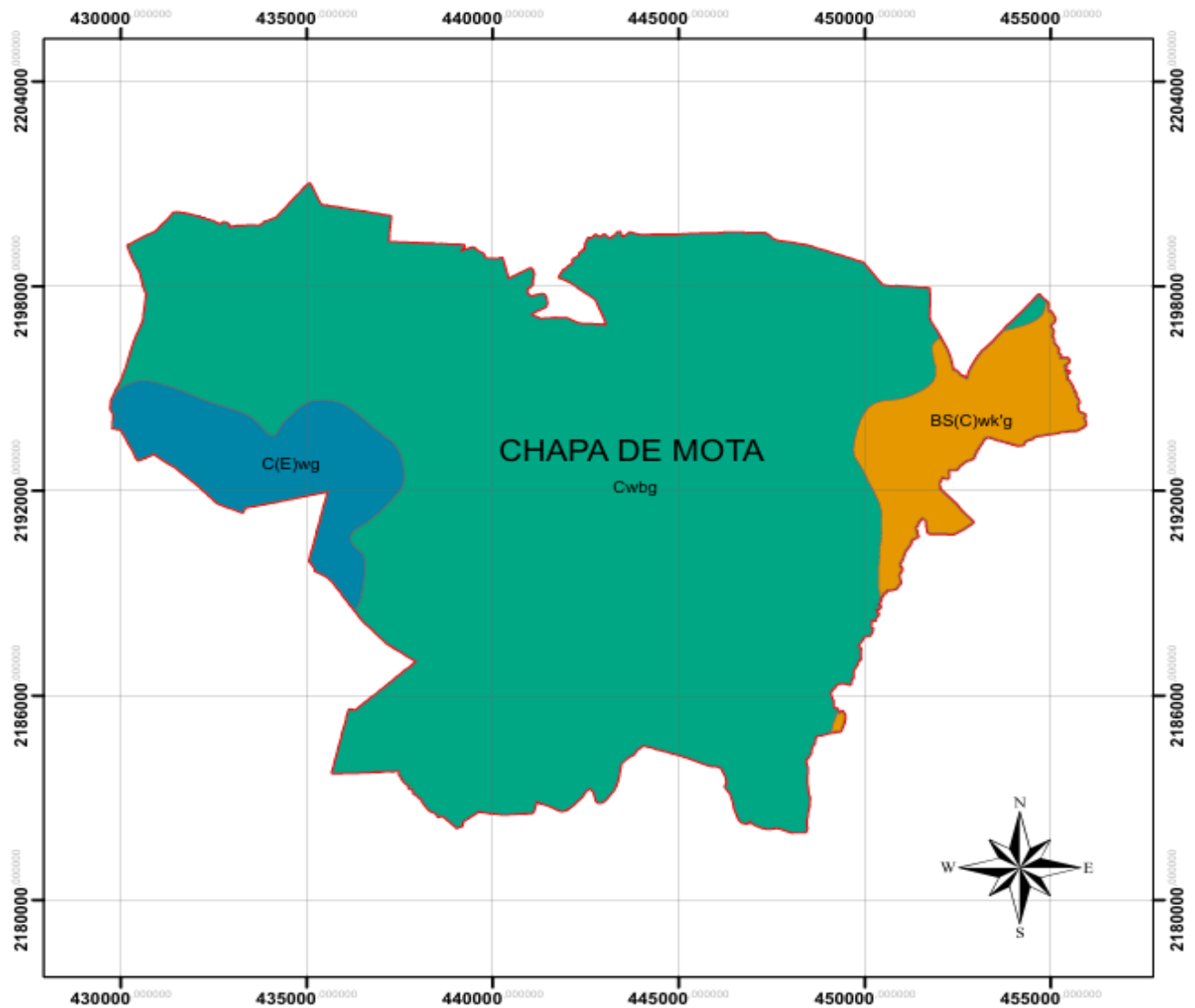









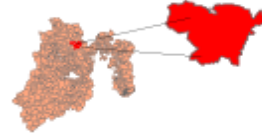
 <p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO</p> <p>FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES</p>	<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 2px solid red; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Chapa de Mota</li> <li><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Municipios</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">•</span> Localidad rural</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Cuerpos de agua</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Calles</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Caminos</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Estatal</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Federal</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Intermitente</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Perenne</li> <li><span style="color: blue; font-size: 1.2em;">—</span> Curvas de nivel</li> <li><span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Urbano</li> <li><span style="background-color: orange; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Rural</li> <li><span style="background-color: green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Cultivos</li> <li><span style="background-color: green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Vegetación densa</li> </ul>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>1:160,000</p> 
<p><b>CHAPA DE MOTA</b></p> <p>MAPA BASE</p> 	<p><b>FUENTE</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.-Conjunto de datos vectoriales de información topográfica E14A17, E14A18, E14A27, E14A28 escala 1:50 000 INEGI 2015</li> <li>2.-Marco Geoestadístico INEGI 2017</li> <li>3.-Simulador de flujos de agua de cuencas Subcuencas RH26Dg, RH26Dk, RH26Di, RH26Dm, RH12Am. SIATL 2010</li> </ol>	<p><b>ELABORÓ</b></p> <p>ROCIO IVONNE SOLIS CORREO</p>

Fuente: elaboración propia



Mapa 2 Clima

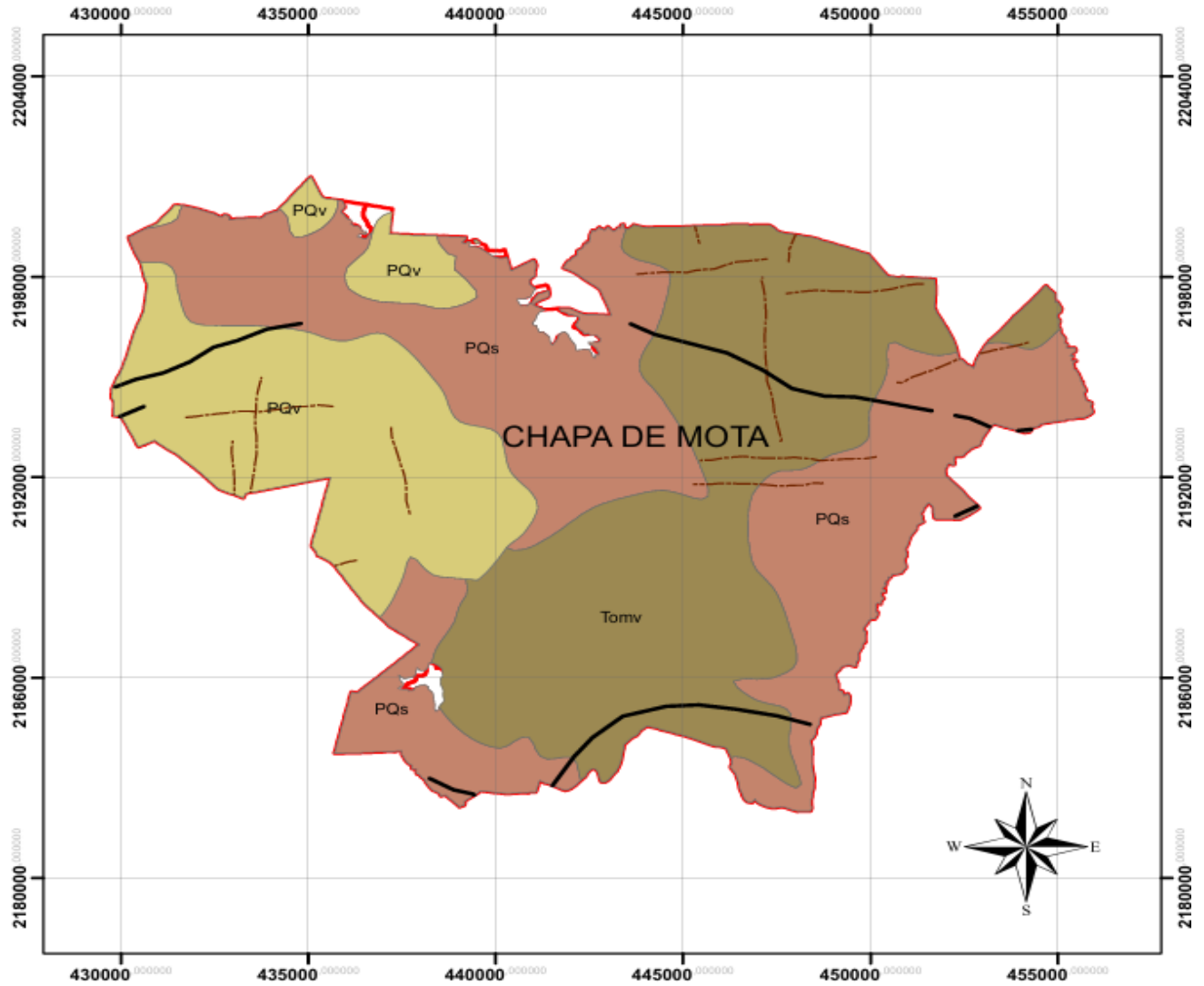











 <p>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ESTADO DE MEXICO</p>  <p>FACULTAD DE PLANEACION DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES</p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <p><b>CLIMA</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Limite Municipal</li><li> SEMIFRIO C(E) wg</li><li> SEMISECO BS (C)Wkg</li><li> TEMPLADO Cwbg</li></ul>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>0 800.600 3.200 4.800 6.400</p>  <p>Metros</p>
<p>CHAPA DE MOTA</p> <p>MAPA CLIMA</p>		<p><b>FUENTE</b></p> <p>Conjuntos de datos vectoriales de informacion topografica E14A17, E14A27, E14A28, Escala 1:50 000 INEGI 2015</p>
<p><b>ELABORÓ</b></p> <p>ROCIO IVONNE SOLIS CORREO</p>		

Fuente: elaboración propia



Mapa 3 Geología

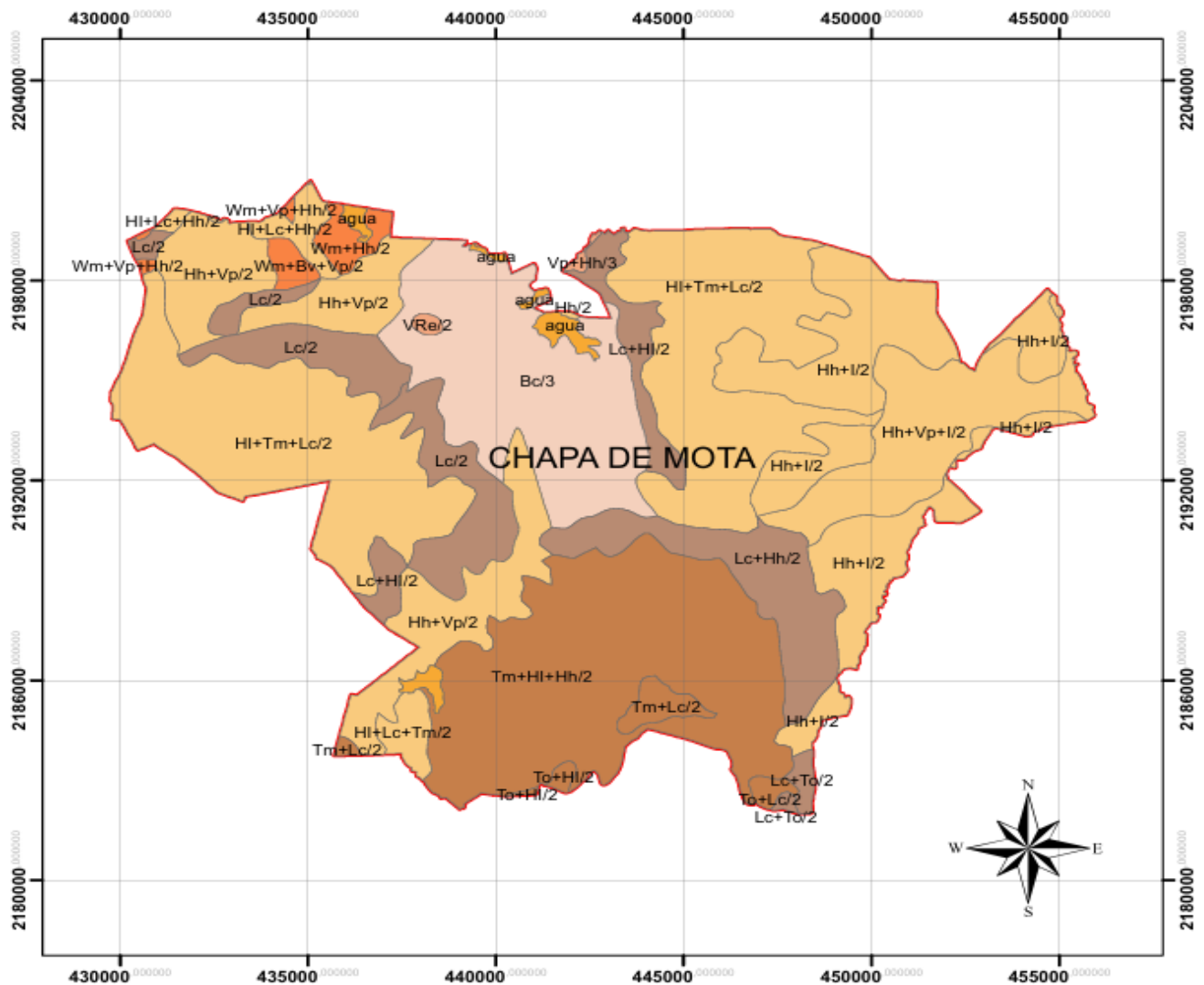












 <p>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ESTADO DE MEXICO</p>  <p>FACULTAD DE PLANEACION DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES</p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <p><b>GEOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Limite Municipal</li><li> R.CLASTICAS Y VOLCANICAS</li><li> R.VOLCANICAS -CUATERNARIO</li><li> R.VOLCANICAS -TERCIARIO</li><li> Fallas</li><li> Fracturas</li></ul>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>0 800.600 3.200 4.800 6.400 Metros</p>
<p>CHAPA DE MOTA</p> <p>MAPA GEOLOGIA</p>		<p><b>FUENTE</b></p> <p>Conjuntos de datos vectoriales de información topografica E14A17, E14A27, E14A28, Escala 1:50 000 INEGI 2015</p>
<p><b>ELABORÓ</b></p> <p>ROCIO IVONNE SOLIS CORREO</p>		

Fuente: elaboración propia



Mapa 4 Edafología

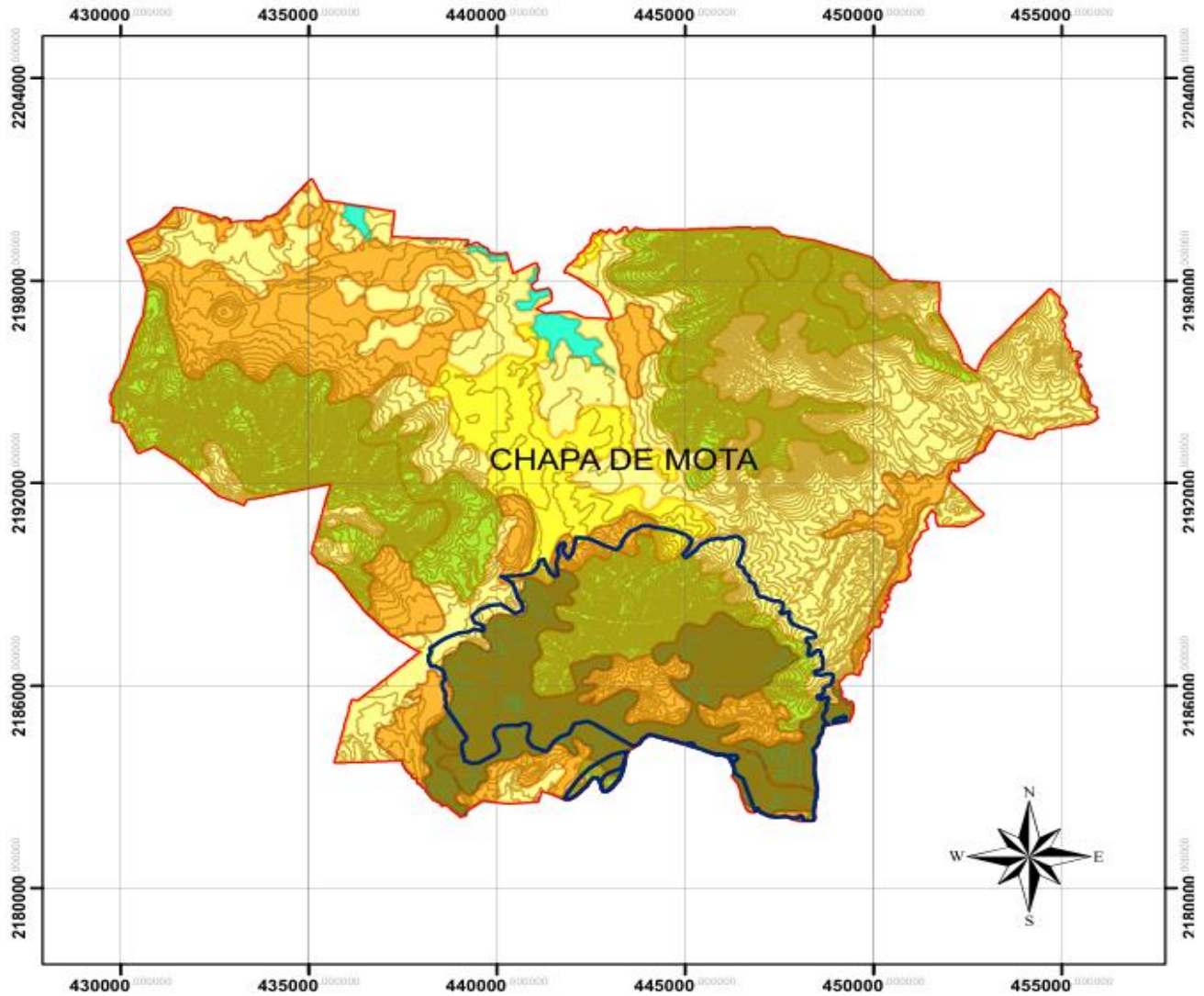


 <p>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ESTADO DE MEXICO</p> <p>FACULTAD DE PLANEACION DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES</p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <p><b>EDAFOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li> Limite Municipal</li><li> ANDOSOL</li><li> CAMBISOL</li><li> CUERPO DE AGUA</li><li> FEOZEM</li><li> LUVISOL</li><li> PLANOSOL</li><li> VERTISOL</li></ul>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>0 800.600 3.200 4.800 6.400 Metros</p>
<p>CHAPA DE MOTA</p> <p>MAPA EDAFOLOGIA</p>		<p><b>FUENTE</b></p> <p>Conjuntos de datos vectoriales de informacion topografica E14A17, E14A27, E14A28, Escala 1:50 000 INEGI 2015</p>
<p><b>ELABORÓ</b></p> <p>ROCIO IVONNE SOLIS CORREO</p>		

Fuente: elaboración propia



Mapa 5 Vegetación



 <p>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MÉXICO</p>  <p>FACULTAD DE PLANEACION DE PLANEACION URBANA Y REGIONAL LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES</p>	<p><b>SIMBOLOGIA</b> <b>Vegetacion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Limite Municipal</li> <li> ANP</li> <li> AGRICULTURA DE RIEGO (RIEGO EVENTUAL)</li> <li> AGRICULTURA DE TEMPORAL</li> <li> CUERPO AGUA</li> <li> BOSQUE DE ENCINO</li> <li> BOSQUE DE PINO</li> <li> PASTIZAL INDUCIDO</li> </ul>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>0 800.600 3.200 4.800 6.400 Metros</p>
<p>CHAPA DE MOTA</p> <p>MAPA VEGETACION</p>		<p><b>FUENTE</b></p> <p>Conjuntos de datos vectoriales de informacion topografica E14A17, E14A27, E14A28. Escala 1:50 000 INEGI 2015</p>
<p><b>ELABORÓ</b></p> <p>ROCIO IVONNE SOLIS CORREO</p>		

Fuente: elaboración propia



## REFERENCIAS

- Aniszewski, T. (2007). *Alkaloids-Secrets of life Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role* (First edition ed.). Amsterdam: Elsevier. Obtenido de <https://rushim.ru/books/rastenia/alkaloids-secrets-of-life.pdf>
- Arango Acosta, G. J. (2008). *Alcaloides y compuestos nitrogenados*. Universidad de Antioquia. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/alcaloides-2/38844704#77>
- Arturo Perdomo, L. F. (2017). *Estudio químico de los alcaloides presentes en las hojas de yerbamora (Solanum nigrum L.), originaria de los municipios de Pasto y Chachagüí.. [Tesis de licenciatura. Universidad de Nariño]*. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/3795/1/Trabajo%20de%20grado%20Luis%20Felipe%20Arturo.pdf>
- Balam Díaz, J. S. (2024). *Los alcaloides: escudos de las plantas*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. . Obtenido de [https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde\\_Herbario/2024/2024-05-23-SBalam-Los-Alcaloides-escudos-de-las-plantas.pdf](https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2024/2024-05-23-SBalam-Los-Alcaloides-escudos-de-las-plantas.pdf)
- Benavides-Jimenez, D. F., & Gomez-Ramos, O. E. (2011). Tesis Licenciatura: Evaluación del comportamiento productivo de la Dalia Silvestre (Dahlia Imperialis Orties) bajo tres densidades de siembra, como de banco de proteína, en la granja experimental botana de la universidad de Nariño. *Universidad de Nariño*. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/2814/1/86470.pdf>
- Bermejo-de Zaa, A. d., Pereira-Cabrera, S., Cintra-Jorge, M. L., & Morales-Torres, G. (2014). Determinación de parametros químico-físico de las tinturas al 20% obtenidas de las hojas, tallos y frutos de Melia azedarach L (Purisiana). *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 13(5), 670-680. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2014000500004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2014000500004&lng=es&tlng=es)
- Bobadilla, A. (2016). Secretaria de Medicina, Zootecnia y Extensionismo, CEIEPASP. *Secretaria de Medicina, Zootecnia y Extensionismo, CEIEPASP*. Obtenido de Secretaria de Medicina, Zootecnia y Extensionismo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: <https://fmvz.unam.mx/zootecnia/ceiepasp.html>
- Bye, R., & E., L. (2008). La Dalia, flor nacional de México. *CONABIO. Biodiversitas* 76:, 13-15. Obtenido de <https://studylib.es/doc/5022911/la-dalia--flor-nacional-de-m%C3%A9xico>



- Cabrera-Carrión, J. L., Jaramillo-Jaramillo, C., Dután-Torres, F., CunCarrión, J., García, P. A., & Rojas de Astudillo, L. (2017). VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE ALCALOIDES, FENOLES, FLAVONOIDES Y. *Bioagro*, 29(1), 53-60. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85750098006>
- Camacho Romero, O. I., Guarín Martínez, I., & Vergara Muñoz, J. (2021). Estudio botánico y farmacognóstico de *Morinda royoc* L. (Piñi piñi) (Rubiaceae). *Investigación y Acción*, 1(1), 21-33. doi:<https://doi.org/10.15648/invefor.v1i1.3068>
- Carrasco-Ortiz, M., Munguía-Lino, G., Castro-Castro, A., Vargas-Amado, G., Harker, M., & Rodríguez, A. (2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta botánica mexicana*(126). Obtenido de <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354>.
- Chávez Gonzales, L. M., & Gutiérrez Condori, D. A. (2013). Tesis de licenciatura: Estudio fitoquímico y evaluación de la toxicidad aguda del extracto hidroalcohólico de las hojas frescas de *Tanacetum vulgare* L., 'Palma real'. Universidad Wiener. 14-71. Obtenido de <https://repositorio.uwiener.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c0d7477e-90de-4c65-8ea9-95d9f8f01575/content>
- CONACYT. (2019). Que son y para qué sirven los metabolitos en las plantas. *Ciencia y Desarrollo*. Obtenido de <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=227>
- Del Vitto, L. A., & Petenatti, E. M. (2009). ASTERÁCEAS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA Y AMBIENTAL. PRIMERA PARTE. SINOPSIS MORFOLÓGICA Y TAXONÓMICA, IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y PLANTAS DE INTERÉS INDUSTRIAL. *Multequina*(18), 87-115. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42812317008>
- Díaz-Mota, M. Á., García-Mateos, M. R., Martínez-Solís, J., Acosta-Ramos, M., Serrato-Cruz, M. Á., Colinas-León, M. T., & Magdaleno-Villar, J. (2017). Fitotoxicidad de los extractos de *Dieffenbachia amoena*, *Nerium oleander*, *Raphanus sativus* y *Brassica napobrassica*. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(2), 303-318. Obtenido de [https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-86652017000200021&lng=es&tlng=es](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652017000200021&lng=es&tlng=es)
- Espinoza, J. K. (2014). Tesis: *Determinación Cuantitativa de Alcaloides en Doce Plantas Medicinales y su Actividad Expectorante*. Unidad académica de ciencias químicas y de la salud. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1368/7/CD00260-TESIS.pdf>
- Fernández Guerrero, A. (2012). Tesis: *Drogas y adicción. Coevolución Plantas Mamífero*. Weill Cornell Medical College. Obtenido de



[https://www.researchgate.net/publication/324263292\\_Drogas\\_y\\_adiccion\\_Coevolucion\\_plantas-mamiferos](https://www.researchgate.net/publication/324263292_Drogas_y_adiccion_Coevolucion_plantas-mamiferos)

- Fernández-Alonso, M., & Pachuca-Cerdá, F. (1986). *Análisis rápido de alcaloides relacionados con el ácido trópico por cromatografía gas-líquido*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de [https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/83009/Ars%20Pharm.%201986%3B27%283%29\\_325-333.pdf?sequence=1](https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/83009/Ars%20Pharm.%201986%3B27%283%29_325-333.pdf?sequence=1)
- Flores-Villegas, M. Y., González-Laredo, R. F., Prieto-Ruiz, J. A., Pompa-García, M., Orda-Díaz, L. A., & Domínguez-Calleros, P. A. (2019). Eficiencia del extracto vegetal de *Datura stramonium* L. como insecticida para el control de la mosca sierra. *Madera bosques*, 25(1). doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511642>
- Hermes, D. A., & Mattsom, W. J. (1992). The Dilemma of Plants: To Grow or Defend. 67(3), 283.
- INFOAGRO. (2009). El cultivo de la dalia. Obtenido de <https://www.infoagro.com/flores/flores/dalia.htm>.
- Jiménez Mariña, L. (2015). E cultivo de la Dalia. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 107-115. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193237111014.pdf>.
- Lara-Cortés, E., Martín-Belloso, O., Osorio-Díaz, P. B.-N., Sánchez-López, J. A., & Bautista-Baños, S. (2014). Actividad antioxidante, composición nutricional y funcional de flores comestibles de dalia. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(1), 101-116. Obtenido de <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.07.024>
- Leyva-Acuña, M. A., Quintana Obregón, E. A., Soto-Landeros, F., Baeza-Parra, K. M., Montes-Avila, J., & Angulo-Escalante, M. A. (2020). Actividad antifúngica de alcaloides del extracto metanólico de *Jatropha platyphylla* contra *Aspergillus parasiticus*. *Biotecnia*, 22(3), 1007-107. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672972612006>
- Lifeder. (2021). Alcaloides. Obtenido de <https://www.lifeder.com/alcaloides/>
- López Medina, S. E., Mostasero León, J. C., Gil Rivero, A. E., De la Cruz Castillo, A. J., & Villena Zapata, L. (2020). Cuantificación de Alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* (Hum. Ex Mutis) L. Anderson "ÁRBOL DE LA QUINA". *REBIOL*, 40(2), 170-176. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.05>
- Luna-Monterrojo V. (2013). 50 aniversario de la Dalia como la flor nacional de México. Obtenido de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/244-50-aniversario-de-la-dalia-como-la-flor-nacional-de-mexico>



- Martínez -Carmona, R., Galaviz-Rodríguez, J., Cervantes-Hernández, B. A., & Arroyo-Díaz, S. A. (2015). Deshidratación de Flor de Dahlia con deshidratador solar de cama plana. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 3(10), 8-15.
- Mera-Ovando, L. M., & Bye-Bottler, R. (2006). La Dahlia una belleza originaria de México. *Revista Digital Universitaria*, 7(11), 2-11. Obtenido de [www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov\\_art90.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov_art90.pdf)
- Montes-Belmont, R. (2009). Diversidad de compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Micología*, 29, 73-82. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v29/v29a10.pdf>
- Ojitos Ramos, K., & Portal, O. (2017). *Metabolitos secundarios de las plantas, una alternativa para el manejo de enfermedades en cultivos de interés económico*. Academia Española.
- PDMCM. (2022). *Plan Municipal de Chapa de Mota 2022-2024*.
- Pineda Melgar, O. (2017). El Problema De Las Plantas Toxicas Dentro De Los Potreros. *Sitio Argentino de producción animal* , 1-6. Obtenido de [https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/intoxicaciones/233-El\\_problema.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/intoxicaciones/233-El_problema.pdf)
- Ravagli, A. C. (2017). *Tesis de Licenciatura: Variación del metaboloma y la composición alcaloidal en Magnolia grandiflora (Magnoliaceae) de la Sabana de Bogotá*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Reichardt, P. B., Chapin, F. S., 3rd, Bryant, J. P., Mattes, B. R., & Clausen, T. P. (1991). Carbon/nutrient balance as a predictor of plant defense in Alaskan balsam poplar: Potential importance of metabolite turnover. *Oecologia*, 88(3), 401-406. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28313803/>
- Roldan Sabino, C. (2019). *Tesis de Maestría; Estudio de la Actividad Antioxidante del Nanche (Brysonima crassifolia), Variedad Ácida*. Universidad del Paploapan. Obtenido de [https://www.unpa.edu.mx/tesis\\_Tux/tesis\\_digitales/maestría\\_biotecnología/MB55-Crisanto-Roldan-Sabino.pdf](https://www.unpa.edu.mx/tesis_Tux/tesis_digitales/maestría_biotecnología/MB55-Crisanto-Roldan-Sabino.pdf)
- Santana-Legorreta, S. (2017). Tesis Maestría: "Diseño de partículas a base de inulina de Dalia (Dahlia vriabilis Cav.) para la liberación controlada de un extracto de Jamaica ( Hibiscus sadariffa L.). *Universidad Autonoma del Estado de México*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67793/Santana%20Legorreta%202017.pdf>



- Sepúlveda-Jiménez, G., Porta-Ducoing, H., & Rocha-Sosa, M. (2003). La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>
- Silva Ponce, C. N. (2010). *Tesis: Cuantificación de los alcaloides de Berberis hallii "Carrasquilla" Sector la Josefina San Isidro del Cantón Guano Provincia de Chimborazo*. Ecuena Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/695/1/56T00225.pdf>
- Sustentable, L. G. (2018). Obtenido de Diario Oficial de la Federación.
- Valares Masa, C. (2011). *Tesis de Doctorado: Variación del metabolismo secundario en plantas debida al genotipo y al ambiente*. Universidad de Extremadura. Obtenido de [https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/477/1/TDUEX\\_9788469494332.pdf](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/477/1/TDUEX_9788469494332.pdf)
- Villar, D. (2007). Factores que predisponen a la Ingestión de plantas tóxicas por el ganado. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 2(2), 61-67. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321428098007>
- Yaber, M. A., Ciancia, M., & Leicach, S. (2009). Variación en la Producción de Alcaloides en Inflorescencias de *Senecio Grisebachii* por Deficiencia de Nutrientes. 1-27. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/262541819\\_Variacion\\_en\\_la\\_produccion\\_de\\_alcaloides\\_en\\_inflorescencias\\_de\\_Senecio\\_Grisebachii\\_por\\_deficiencia\\_de\\_nutrientes](https://www.researchgate.net/publication/262541819_Variacion_en_la_produccion_de_alcaloides_en_inflorescencias_de_Senecio_Grisebachii_por_deficiencia_de_nutrientes)