

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



Presencia Migratoria de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) en México

Por:

ROSANA ESCOBEDO FLORES

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el título De:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Presencia Migratoria de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) en México

POR:

ROSANA ESCOBEDO FLORES

TESIS

**QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

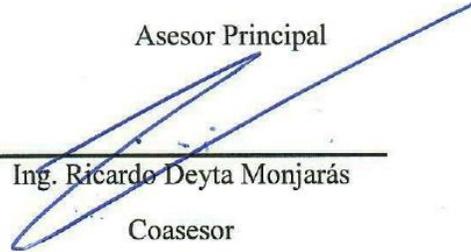
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



Dr. José Antonio Hernández Herrera

Asesor Principal



Ing. Ricardo Deyta Monjarás

Coasesor



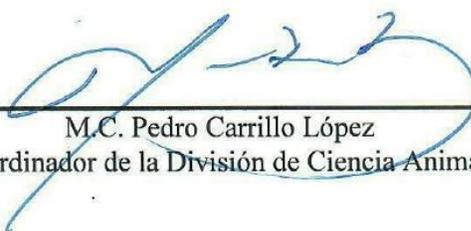
Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

Coasesor



M.C. Laura Marisela Lara López

Coasesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre, 2024

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los aspectos siguientes. Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin utilizar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo, tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de esto materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



ROSANA ESCOBEDO FLORES

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme las puertas al conocimiento necesario para cumplir mis metas, por ofrecer una fuente de investigación para los proyectos con su biblioteca, aprendizaje y experiencia en sus profesores y académicos; gracias por ser un centro de convivencia y apoyo para todos los estudiantes. Y por supuesto gracias por brindar los recursos necesarios para poder realizar este proyecto de manera satisfactoria.

Quiero expresar mi gratitud al comité de tesis, por su dirección y perspectiva para lograr concretar este proyecto. Su consideración y tiempo brindados para realizar y exponer este trabajo son invaluable, por esto les estoy infinitamente agradecida.

Extiendo también mi agradecimiento a todos los profesores del departamento de zootecnia, cuyas enseñanzas sentaron las bases de mi formación como estudiante. Al inculcarme su disciplina y amor por la carrera me impulsaron a buscar mejorar como alumna y como persona.

Mi más profundo agradecimiento al Dr. José Antonio Hernández Herrera, por su paciencia, apoyo y dedicación. Su apoyo constante y dirección fueron claves para que este proyecto pudiera concretarse.

Además, su guía y consideración como mi tutor a lo largo de mi carrera me dieron las herramientas necesarias para sortear obstáculos difíciles que tuve que enfrentar durante mi tiempo en como estudiante. Por todo esto me faltan para palabras para expresar mi gratitud.

Agradezco a mis compañeros y amigos, los cuales estuvieron conmigo a lo largo de la carrera, ofreciendo su ayuda y consejo cuando cada vez que los necesite. La unión y compañerismo que me mostraron me enseñó la importancia del trabajo en equipo y me dio el impulso de seguir adelante con mis proyectos.

DEDICATORIA

Dedico de con mucho cariño este trabajo a mi madre, quien con su infinito amor y apoyo me dio la oportunidad de poder estudiar en esta universidad y seguir desarrollándome en mi vida; le doy gracias por siempre ser un ejemplo para mí debido al compromiso, paciencia y entrega que siempre mostro hacia mí y mis hermanos.

A mis hermanos, los cuales siempre fueron mi razón para seguir adelante y esforzarme cada día para ser mejor persona.

A mi familia, quienes hacían todo lo posible por mostrarme el camino correcto con su ejemplo, llegando a ser una fuente de admiración y respeto, por sus enseñanzas, consejos y cariño.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1 IMPORTANCIA DE LA MARIPOSA MONARCA	3
	2.2 BIOLOGÍA Y CICLO DE VIDA DE LA MARIPOSA MONARCA	5
	2.3 ECOLOGÍA Y HÁBITAT	9
	2.4 AMENAZAS A LA MARIPOSA MONARCA	13
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
	4.1 ÁREAS CON OBSERVACIONES DE PRESENCIA DE INDIVIDUOS DE MARIPOSA	20
	4.2 ESTIMACIÓN DE ÁREAS DE PRESENCIA DE INDIVIDUOS DE MARIPOSA.....	24
V.	CONCLUSIONES.....	29
VI.	RECOMENDACIONES	30
VII.	LITERATURA CITADA	31

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. NUMERO DE OBSERVACIONES USADAS PARA LA MODELACIÓN EN MAXENT.....	19
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EJEMPLARES DE MARIPOSA MONARCA CAPTURADOS EN FOTOGRAFÍA EN EL BAJÍO DEL CAMPUS SALTILLO UAAAN, 2024.	20
FIGURA 2. REGISTRO DE PRESENCIA DE LOS INDIVIDUOS DE MARIPOSA MONARCA DURANTE OCTUBRE Y NOVIEMBRE	22
FIGURA 3. REGISTRO DE PRESENCIA DE LOS INDIVIDUOS DE MARIPOSA MONARCA DE DICIEMBRE A FEBRERO	23
FIGURA 4. REGISTRO DE PRESENCIA DE LOS INDIVIDUOS DE MARIPOSA MONARCA DURANTE MARZO Y ABRIL 2024.....	24
FIGURA 5. MIGRACIÓN DE LA MARIPOSA MONARCA EN NORTEAMÉRICA.....	25
FIGURA 6. MAPA DE PROBABILIDAD DE PRESENCIA DE LOS INDIVIDUOS DE MARIPOSA MONARCA DE OCTUBRE Y NOVIEMBRE 2024.	26
FIGURA 7. MAPA DE PROBABILIDAD DE PRESENCIA DE LOS INDIVIDUOS DE MARIPOSA MONARCA DE DICIEMBRE A FEBRERO.....	27
FIGURA 8. MAPA DE PROBABILIDAD DE PRESENCIA DE LOS INDIVIDUOS DE MARIPOSA MONARCA DE MARZO Y ABRIL.	28

RESUMEN

La mariposa monarca es una especie clave de importancia cultural, ecológica y biológica. Para comprender la migración de la Monarca es crucial identificar patrones de desplazamiento, proteger la especie y dar seguimiento a su migración desde Norteamérica. Por lo tanto, evaluar la presencia de la mariposa monarca durante su paso por México es esencial, pues dentro del país se encuentran las zonas de alimentación y hibernación de esta especie.

Se recopilaron 11,304 registros de presencia de la mariposa monarca, descargados de la plataforma “Naturalista”; estos se analizaron en tres periodos: otoño (octubre-noviembre), invierno (diciembre-febrero) y primavera (marzo-abril). Además, se descargaron archivos de velocidad del viento en formato GeoTiff de WorldClim para los meses de octubre a abril, se procesaron en QGIS para centrarlos en la región de México y convertirlos a formato ASCII (.asc), esta variable se eligió porque el viento es usado por las mariposas para desplazarse con mayor facilidad.

Posteriormente, se utilizó Maxent para generar modelos de distribución lo que permitió generar mapas nacionales detallados de su presencia por periodos. Se identificó que la migración de la mariposa monarca sigue una trayectoria paralela a la Sierra Madre Oriental y el altiplano, aprovechando los vientos de los frentes fríos hasta llegar a los bosques del Estado de México y Michoacán, haciendo de esta ruta un componente vital para su supervivencia.

Durante el periodo invernal, los individuos de mariposa monarca se concentran en la región montañosa del Estado de México y Michoacán. En el inicio de la primavera con el aumento de las temperaturas, las mariposas monarca inician su regreso hacia el norte siguiendo la misma ruta de otoño, hasta llegar a sus áreas de reproducción en Estados Unidos y Canadá. Este corredor ecológico es esencial, ya que aprovecha los vientos generados por frentes fríos y ofrece zonas de descanso y alimentación con plantas ricas en néctar, indispensables para su supervivencia durante la travesía.

Palabras clave: Asclepias, Corredor ecológico, cambio climático, observación ciudadana.

I. INTRODUCCIÓN

La mariposa monarca es una especie de mucha importancia, no solo para México, sino para el mundo. Su presencia posee varios significados, tanto culturales, ecológicos y biológicos. Las mariposas monarca son parte de los grandes polinizadores de nuestro planeta, por lo que la existencia de muchas plantas alrededor del continente depende de la mariposa monarca para su existencia (Fisher et al., 2023), la pérdida de los polinizadores tiene consecuencias que serían devastadoras para el planeta, comprometiendo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos necesarios para la vida.

La migración de las mariposas monarca enfrenta retos importantes, como la pérdida de hábitats para la reproducción de la especie, el cambio climático y el uso intensivo de agroquímicos como herbicidas e insecticidas entre otros (Wilcox et al., 2019).

Estos desafíos subrayan la importancia de la participación ciudadana en el monitoreo y la protección de esta emblemática especie. Iniciativas como la plataforma Naturalista juegan un papel crucial al permitir que la sociedad colabore activamente en el registro de observaciones de diversas especies de flora y fauna, contribuyendo al conocimiento científico y fomentando la conservación de las mariposas monarca y sus ecosistemas (Naturalista, 2024a).

Además, iniciativas como Correo Real en México y Monarch Watch en Estados Unidos y Canadá ofrecen la oportunidad de conocer los lugares de descanso y las plantas de alimentación que la mariposa utiliza a lo largo de su vuelo migratorio, lo cual es vital para que éstas puedan llegar a su destino final (Monarch Watch, 2024; Profauna, 2024).

Por lo tanto, estudiar la presencia de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) durante su proceso de migración y estancia en México es fundamental para comprender los patrones de desplazamiento de esta especie emblemática y establecer estrategias de protección a la especie. Además, identificar los sitios donde es necesario dar el seguimiento del fenómeno migratorio desde el norte de América hacia el sur y con ello estimar su permanencia en los sitios de hibernación localizados principalmente en los bosques de oyamel en los estados de Michoacán y el Estado de México.

1.2 Objetivo general

- Evaluar y estimar la presencia de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) durante su proceso de migración y estancia en México es fundamental para comprender los patrones de desplazamiento de esta especie emblemática y proteger sus hábitats críticos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la mariposa monarca

La mariposa monarca (*Danaus plexippus*), también llamada mariposa del algodoncillo y Monarch Butterfly en inglés. Pertenece a la orden lepidóptera de la familia Nymphalidae, género *Danaus* (CONANP,2010).

2.1.1 Taxonomía

Reino Animalia

Filo Arthropoda

Subfilo Hexapoda

Clase Insecta

Subclase Pterygota

Orden Lepidoptera

Superfamilia Papilionoidea

Familia Nymphalidae

Subfamilia Danainae

Tribu Danaini

Subtribu Danaina

Género Danaus

Danaus plexippus

Fuente: Naturalista, 2024.

2.1.2 Importancia de la especie.

La mariposa monarca es posiblemente la mariposa más conocida en todo el mundo y también es la especie de mariposa con mayor número de investigaciones hechas sobre ellas, El interés sobre este ejemplar se debe a la importancia de sus interacciones dentro del ecosistema. Es necesario informarse sobre sus posibles amenazas, patrones de distribución y migraciones para lograr su protección y conservación. Su característica más llamativa y que logra la atención del mundo es la migración, la cual, lleva a cabo cada año durante el invierno, viajando desde Estados Unidos y Canadá hasta llegar a California y México (National Geographic, 2020).

Actualmente las mariposas monarcas no llegan a América del sur. En América del norte la población de estas mariposas se divide en dos grandes grupos; los monarcas occidentales que llevan a cabo su reproducción en las montañas rocallosas y viajan hasta al sur de California; y las orientales, que se reproducen al norte, en la zona de las grandes llanuras, para luego viajar a México en el invierno (National Geographic, 2020).

En México, la mariposa monarca es valorada como una maravilla natural y cultural. Cada año la migración de miles de mariposas a lo largo del país es un espectáculo tanto para ciudadanos como para turistas que vienen a visitar su santuario al oriente del estado de Michoacán en los límites con el poniente del estado de México. Dicho santuario está considerado por la UNESCO como patrimonio de la humanidad en suelo nacional (SEMARNAT, 2016). En cuanto al aspecto cultural es representativa de la festividad del Día de muertos en el país, simbolizando la unión entre el cielo y la tierra. Se cree que sus alas son el transporte de las almas que regresan a la tierra durante la festividad.

2.2 Biología y ciclo de vida de la mariposa monarca

2.2.1 Morfología

La mariposa monarca pertenece a la orden Lepidóptera, que está conformada por las mariposas y polillas.

La palabra lepidóptera viene del griego *lepis* que significa escama y *pteron* que se traduce como alas; por tanto, básicamente se puede decir que su significado es escamas en las alas (Taxoteca, 2024).

2.2.2 Características físicas: alas, colores, dimorfismo sexual.

Las mariposas monarcas son invertebradas, herbívoras; su envergadura es de 9.3 cm a 10.5 cm y pesan entre 0.25 y 0.75 g; esta especie se considera una mariposa grande y es notoria por su bello color anaranjado y alas que al vuelo forman una V; la parte interna de las alas es de un color más apagado, lo que sirve como camuflaje cuando están en grupos reposando sobre los troncos de los árboles. Además, las alas presentan venas prominentes de color negro, dos filas de manchas blancas en los bordes de las alas anteriores y posteriores, con la diferencia que, en las últimas, el patrón es más pequeño y se encuentra sobre un delineado negro a lo largo del borde inferior. El cuerpo es de color negro y se divide en: cabeza, tórax y abdomen con tres pares de patas. La cabeza del adulto tiene cuatro estructuras importantes: ojos, antenas, palpos y proboscis o trompa (National Geographic, 2020).

Esta especie presenta dimorfismo sexual, los machos son de mayor tamaño que las hembras y muestran una mancha negra a través de una vena en las alas posteriores en cada ala trasera una mancha negra formada por escamas de androconia que producen feromonas que normalmente se utilizan para atraer a las hembras. Además, los machos poseen dos apéndices con forma de cepillo que utilizan para sostener a las hembras durante la cópula (CONANP, 2024).

2.2.3 Ciclo de vida. Fases: huevo, larva, pupa, adulto (Duración y características de cada etapa)

El ciclo de vida de la mariposa monarca inicia como un huevo. Estos huevos son depositados en las plantas de algodoncillo, y son el único grupo de plantas que servirá de alimento para las larvas; esta es una de las razones por la cual dicha planta es de vital importancia para este insecto (Oberhauser y Solensky, 2004).

El ciclo de vida de la mariposa monarca inicia como un huevo. Estos, son depositados en las plantas de algodoncillo, y son el único grupo de plantas que servirá de alimento para las larvas; esta es una de las razones por la cual dicha planta es de vital importancia para este insecto (Oberhauser y Solensky, 2004).

Se calcula que la mariposa monarca hembra puede aovar alrededor de 300 a 400 huevos a lo largo de su vida en estado salvaje; Las proteínas necesarias para hacerlo se obtienen de alimentos consumidos desde la etapa de larvas, en el caso de los machos, obtienen los nutrientes necesarios hasta llegar a la madurez reproductiva. Una vez que se depositaron los huevos, estos eclosionarán en aproximadamente 4 a 8 días; Sin embargo, el desarrollo después de esta etapa dependerá de la temperatura y el periodo de horas luz, siendo las temperaturas más cálidas y con mayor tiempo de luz en las que el sujeto se desarrolla con mayor velocidad (Oberhauser y Solensky, 2004).

Las larvas una vez salidas del huevo comerán lo necesario para obtener nutrientes y completar su desarrollo, reproducirse, y en el caso de las hembras, poner huevos. En su estado larval la mariposa pasara por cinco estadios de desarrollo.

En el primer estadio, recién salidas del huevo, las larvas presentan un color verde semitransparente; no se apreciarán marcas de ningún tipo, la cabeza es de color negro y más ancha que el resto del cuerpo, además de tener algunos lunares luminosos alrededor de las antenas y boca. El cuerpo está cubierto de un poco de pelo. La medida de esta fase es de 2 a 6 mm. (Mariposasnet, 2020).

En el segundo, presenta cambios notables, el tamaño es de 6 a 9 mm, se pierde la semi transparencia y el cuerpo presenta bandas, negras, blancas y amarillas. Se aprecia un triángulo amarillo en la cabeza y dos conjuntos de bandas amarillas alrededor de este (Mariposasnet, 2020).

En el tercer estadio, la larva mide de entre 9 a 13 mm. En la zona del abdomen las franjas negras y amarillas se oscurecen y las manchas en forma de triángulos se convierten en líneas por debajo del espiráculo (abertura branquial vestigial). En la zona de la cabeza se ve un triángulo amarillo aún más grande. El par de patas torácicas más cercanas a la cabeza son más pequeñas que las otras dos; es importante mencionar que en esta etapa usan movimientos distintos para cortar las hojas y alimentarse (Mariposasnet, 2020).

En el cuarto estadio las larvas miden de 13 a 25 mm. Se presenta un nuevo patrón de franjas en la zona abdominal en forma anillada y manchas blancas en los prolegómenos (patas carnosas del tercer segmento abdominal que la oruga utiliza para aferrarse a las hojas), todavía no puede distinguirse el sexo del insecto (Mariposa monarca, 2020). Y en el quinto estadio, el patrón de franjas es más complejo y de color mucho más intenso, las bandas negras se ven anchas y como si estuvieran cubiertas de terciopelo. El primer par de patas está mucho más cerca de la cabeza que los otros pares y se aprecian manchas blancas en los prolegómenos. Además, el cuerpo en general se ve grueso, siendo esto evidente cerca de la fase de pupa (Mariposasnet, 2020).

La siguiente etapa del ciclo es la de pupa. Al final de la quinta etapa de larva, la oruga elige una hoja de la planta donde se encuentre en ese momento, y se pega a ella creando una especie de cojín de seda con material que la misma oruga expulsa de su cuerpo; luego de esto se aferra con sus patas traseras para quedar colgando de cabeza, después la larva muda de piel mostrando un cuerpo opaco, la crisálida que formará es de color verde azulado con lunares dorados.

La transformación durará entre 9 y 15 días, durando menos si el clima es adecuado, evitando fríos o calores intensos. Con el pasar del tiempo la pupa o crisálida se volverá transparente, al punto que el famoso color naranja y negro de las alas del sujeto ya es su etapa adulta serán visibles. Durante el estado de pupa el semen de los machos madura, pero los huevos de las hembras madurarán hasta después de que sale de la crisálida (Oberhauser y Solensky, 2004).

Finalmente, se llega a la fase adulta de la mariposa, cuando el insecto está listo, irá saliendo poco a poco de la crisálida para luego extender sus alas y emprender el vuelo. Es total, la transformación de la mariposa monarca desde el huevo al adulto maduro puede tardar de 25 a 49 días, siendo el tiempo menor en temperaturas cálidas pero menores a 30° y el más largo en temperaturas frías de primavera (Mariposa monarca, 2020).

2.2.4 Migración

Las mariposas monarca occidentales tienen su zona reproductiva en las Montañas Rocosas de Norteamérica, que actúan como una divisoria natural entre dos grandes grupos de esta especie. Los monarcas occidentales migran hacia California para hibernar, mientras que las orientales se reproducen en las Grandes Planicies al sur de Canadá y realizan una migración anual hacia México (Monarchwatch, 2024).

La mariposa monarca es famosa a nivel mundial, principalmente por su migración anual, siendo la única especie de mariposa conocida por realizar un vuelo de ida y vuelta. Este fenómeno único es un largo viaje, que abarca gran parte de su vida, viajan aproximadamente 4,800 kilómetros desde el sureste de Canadá y el norte de Estados Unidos hasta México, donde pasan el invierno en hibernación (US Forest Service, 2024)

Al final del verano y durante el otoño, las mariposas monarca abandonan sus zonas de reproducción y emprenden su viaje hacia el sur en busca de climas más cálidos para hibernar. Su llegada a México ocurre entre septiembre y octubre, estableciéndose por completo a principios de noviembre. (CONABIO, 2023).

Los lugares por los que pasan las mariposas son Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Querétaro, Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes, Estado de México, Hidalgo y Michoacán, donde se encuentra su santuario y su destino final de migración (Gobierno de México, 2018)

Las mariposas monarca se activan al final del invierno, comienzan a aparearse y dejan sus refugios en México a mediados de marzo, volando hacia el norte y el este en busca de algodóncillo para depositar sus huevos. Estos insectos han sobrevivido al largo viaje al sur, a los depredadores y al invierno, siendo las únicas capaces de producir una nueva generación (Monarchwatch, 2024).

2.2.6 Factores que desencadenan la migración (temperatura, fotoperiodo).

La migración es uno de los aspectos más admirables de la mariposa monarca, y resulta crucial comprender los factores que desencadenan este fenómeno. Se ha propuesto la teoría de que la

migración podría ser una característica inherente a los insectos del grupo de los danainos, ya que existen otros miembros de este grupo que también realizan migraciones en distintas regiones del mundo, aunque en escalas más limitadas (De la Maza, 1995).

Existen factores específicos que parecen ser los principales impulsores del movimiento migratorio de la mariposa monarca, uno de ellos es el fotoperiodo. A partir de septiembre, en las regiones del norte, las horas de luz comienzan a disminuir gradualmente, en estas áreas, donde habitan los monarcas, la duración del día oscila entre 15 y 16 horas, y las temperaturas cercanas a los 25°C favorecen la maduración de sus órganos sexuales (De la Maza, 1995).

Cuando las condiciones climáticas y la duración del día se alteran, las mariposas monarca adultas inician su migración. Esto ocurre porque el fotoperiodo puede desacelerar su reproducción, mientras que las bajas temperaturas afectan severamente su supervivencia, ya que los vientos fríos pueden ser letales debido a su incapacidad para regular la temperatura corporal. Además, el cambio de estación conlleva otro desafío importante como: la escasez de alimentos. Aunque las orugas se alimentan exclusivamente de algodoncillo, las mariposas adultas dependen del néctar de las flores locales, que en esta época entran en estado de latencia invernal, obligándolas a desplazarse en busca de nuevas fuentes de alimento. (De la Maza, 1995).

2.3 Ecología y hábitat

2.3.1 Plantas hospederas (alimento y protección)

La mariposa monarca es conocida también como mariposa del algodoncillo, debido a la relevancia de esta planta en la vida de esta mariposa. Las hembras de la especie buscan poner sus huevos en plantas del género *Asclepias*, también conocido como algodoncillo o venenillo. Estas plantas generan glucósidos de los cuales la larva se alimenta y al mismo tiempo mantienen alejados a otros animales e insectos pues son muy desagradables al ser ingeridos; además de esto los colores de las inflorescencias son una advertencia de su toxicidad y mal sabor, por lo que se consideran un organismo aposemático que utiliza colores llamativos o características que lo hacen destacar para advertir a sus depredadores de su peligrosidad o mal sabor (CONANP, 2024).

En su etapa adulta, las monarcas se alimentan de néctar de varias flores, algunas de ellas son el mismo algodoncillo (*Asclepias spp.*), trebol (*Trifolium*) y cardo (*Cirsium anartiolepis*). En su viaje de migración hacia el sur se ha observado que se alimentan de otras especies de flores, como la buganvilia (*Bougainvillea*), Lantana (*Lantana cámara*) que posee 12 especies silvestres y 8 de ellas pueden ser encontrados en el paso de la mariposa monarca; además la Lantana tiene la ventaja de que florece todo el año. De acuerdo con la IUCN (International Union for Conservation of Nature), la Lantana se clasifico en otros países entre las 10 plantas invasoras más dañinas para el medio ambiente, sin embargo, las flores amarillas de esta especie parecen atraer aún más a los polinizadores como la mariposa monarca (Arredondo, 2017).

Otra planta importante para mencionar es el girasolillo (*Verbesina encelioides*), es una planta herbácea anual, que florece en primavera y verano, para luego fructificar en otoño e invierno. Es una planta muy común que se encuentra tanto en el campo como en terrenos baldíos dentro de las ciudades. Se pueden encontrar desde el sureste de Estados Unidos hasta en centro de México; dentro del país se ha visto en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luís Potosí, Sonora y Tamaulipas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

2.3.2 Importancia del algodoncillo (*Asclepias spp.*) para las larvas.

La planta principal que actúa como hospedera y fuente de alimento para las larvas de la mariposa monarca es el algodoncillo del género *Asclepias*. Sin embargo, no todas las especies de este género brindan los mismos beneficios, ya que presentan variaciones en la cantidad de nutrientes y toxinas protectoras, las cuales pueden influir de manera positiva o negativa en el desarrollo de las orugas (Pegram y Melkonoff, 2020).

El algodoncillo, o también llamado venenillo, producen sustancias tóxicas conocidas como glicósidos cardíacos; estos son compuestos orgánicos que aumentan la fuerza de salida del corazón y reducen la tasa de contracciones cardíacas. Estos se encuentran como metabolitos secundarios en varias plantas y pueden tener un efecto bioquímico en la función de las células cardíacas (Academialab, 2024).

Estos compuestos hacen que el algodoncillo sea menos ingerido por otros animales, debido a su toxicidad; sin embargo, la larva de la mariposa monarca tiene la capacidad de asimilarlos y

depositarlos en su piel, convirtiéndolos de esta manera en su protección ya que la larva se vuelve tóxica para así protegerse de sus depredadores (CONABIO, 2021).

Los glicósidos también son transformados en grasa por la larva y se guardan como una reserva en su abdomen, esto será una fuente de energía para las siguientes fases de desarrollo de la larva y para el desarrollo de los órganos sexuales de las mariposas adultas (BIOenciclopedia, 2022).

Las grasas o lípidos, principalmente en forma de triglicéridos, son la principal fuente de energía para la migración de las mariposas monarca. Estas reservas se almacenan en el abdomen, proporcionando el combustible necesario para su largo viaje (Brown y Chippendale, 1974).

2.3.3 Interacciones ecológicas

En la actualidad la humanidad se enfrenta a graves problemas que afectan el planeta, como el calentamiento global, el deterioro de la capa de ozono, la erosión del suelo, la deforestación, entre otros. Sin embargo, uno de los problemas más graves es la pérdida de biodiversidad, la cual se debe en su mayoría a la transformación de los hábitats naturales (Carranza y Simón, 1999).

Los polinizadores ofrecen una solución a este problema, pues ocupan un lugar importante en el funcionamiento de los ecosistemas. Se calcula que, a escala mundial, son responsables de polinizar 87% de las especies vegetales, y 75% de las especies de cultivo (CCA, 2024).

Las mariposas monarcas, al realizar su extensa migración a lo largo de Canadá, Estados Unidos y México, se alimentan de néctar, que al obtenerlo se impregnan de polen y van polinizando plantas a su paso, promoviendo la diversidad genética de las plantas y mejorando la salud de los ecosistemas (SEMARNAT, 2016).

Las larvas como las mariposas monarca adultas son tóxicas debido a su dieta, algunos depredadores han desarrollado la capacidad de alimentarse de estos insectos sin sufrir efectos adversos

Los primeros depredadores que enfrenta la mariposa monarca son aquellos que depredan a los huevos, las larvas y las pupas. Estos son las hormigas de fuego (*Solenopsis*), las larvas de encaje (*Chrysopidae*), las arañas, las avispas y muchas larvas de Hemípteras (Mariposasnet,2020).

Además, algunas especies de aves buscan alimentarse de las monarcas, como el bolsero tunero (*Icterus parisorum*) y el bolsero de dorso oscuro (*Icterus abeillei*). Estas especies capaces de comerse la grasa abdominal y los músculos del tórax del insecto sin ingerir la piel tóxica que normalmente les sirve de protección (CONABIO, 2021).

En contraste, las mariposas monarcas desarrollaron un sistema basado en sus colores para poderse defender contra depredadores. Esto incluye el camuflaje el cual aplican cuando están en grupos sobre los árboles, o el aposematismo, que es una estrategia que indica a los depredadores peligro por medios de los colores y patrones que poseen en las alas. Por ejemplo, muchos animales relacionan el color amarillo y naranja con veneno, por lo que evitan a los individuos que los poseen (Portal mundial de mariposas, 2020).

2.3.5 Zonas de reproducción, migración e hibernación (México, Estados Unidos, Canadá).

La población de mariposas monarca en Norteamérica se divide en dos grandes grupos. Aproximadamente el 5% habita al oeste de las Montañas Rocosas y migra hacia California para hibernar. El 95% restante se encuentra al este de estas montañas, principalmente en Canadá, y realiza una impresionante migración hasta llegar a México (Palomar, 2024).

Estas dos rutas de migración se denominan oriental y occidental. En la migración occidental, las mariposas viajan desde el sur de Canadá y Estados Unidos hacia diversos puntos de hibernación a lo largo de la costa de California. Durante la primavera, las mismas mariposas que hibernaron en California emprenden el viaje de regreso hacia el norte (CONABIO, 2023).

En la migración oriental, las mariposas monarca viajan desde diversas regiones de Estados Unidos y Canadá hasta el centro de México. Allí se asientan y se reproducen en sus sitios de hibernación, ubicados principalmente en el Área Natural Protegida (ANP) de la Reserva de la Biosfera Santuario de la Mariposa Monarca, que abarca zonas de los estados de Michoacán y México (Gobierno de México, 2018).

La mariposa monarca atraviesa principalmente los estados de Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Querétaro, Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes, Estado de México, Hidalgo y Michoacán durante su migración. Sin embargo, también se han registrado avistamientos en

Sonora, Durango, Jalisco, Baja California, Chihuahua, Morelos, Puebla, Veracruz, Ciudad de México y Tlaxcala, aunque en menor número de individuos (CONABIO, 2023).

La travesía de la mariposa monarca culmina en la zona del Santuario de la Mariposa Monarca en México. La Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca se encuentra al este de Michoacán, en la frontera con el oeste del Estado de México. Esta reserva incluye los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México, así como Contepec, Senguío, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro y Aporo en Michoacán (SEMARNAT, 2016).

2.4 Amenazas a la mariposa monarca

2.4.1 Pérdida de hábitat

La mariposa monarca fue evaluada más recientemente en 2021 para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, clasificándose en la categoría de Preocupación Menor. Sin embargo, las poblaciones naturales de estos insectos muestran una tendencia a la disminución, causada por una serie de factores que, año tras año, contribuyen a la reducción preocupante del número de sus poblaciones (Walker et al., 2022).

Uno de los factores que contribuyen a la disminución de la mariposa monarca es la pérdida de su hábitat de reproducción en Estados Unidos y Canadá, causada por prácticas agrícolas que destruyen las plantas de las que se alimenta, muchas de las cuales son consideradas malezas. Además, el uso creciente del herbicida glifosato desde la década de 1990 ha devastado la población de algodoncillo, una fuente crucial de alimento para las larvas de la mariposa (Pleasants y Oberhauser, 2012).

2.4.2 Deforestación en sitios de hibernación.

La tala ilegal es un problema histórico en México, y la deforestación que provoca en la zona de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca ha reducido el espacio disponible para su hibernación. Entre 1971 y 1999, el 44% del hábitat forestal de la reserva fue degradado, lo que resultó en la disminución y desaparición de varias colonias de mariposas monarca. Esto se debe

a que los pinos y oyameles, esenciales en estas áreas, actúan como un refugio para las mariposas, protegiéndolas de la lluvia y los vientos fuertes, lo que les permite conservar su calor corporal y sobrevivir (Pleasants y Oberhauser, 2012).

Según Vidal et al. (2014), en México se estimó que 2,179 hectáreas de las áreas donde habita la mariposa monarca han sido afectadas por la tala ilegal, tanto a gran como a pequeña escala, siendo esta última una preocupación creciente. A pesar de algunos avances, persisten graves problemas sociales y económicos en las regiones afectadas, los cuales deben ser abordados para garantizar la conservación a largo plazo de las áreas naturales.

2.4.3 Cambio climático.

El cambio climático drástico que afecta al mundo también impacta a las mariposas monarca. Cada año, se observa una disminución en el número de mariposas que migran hacia México, así como en las que regresan al norte, conocidas como la generación Matusalén. Este grupo de mariposas nace entre finales de verano y principios de otoño, y es capaz de vivir hasta nueve meses, un ciclo de vida excepcional que les permite completar su migración (Fischer, 2022),

Mientras que algunos científicos sostienen que las poblaciones de mariposas monarca se mantienen estables en las zonas de reproducción del norte y que simplemente no migran debido a la falta de una disminución significativa de la temperatura en invierno (Fischer, 2022), otros argumentan que esto podría ser un indicio de la posible desaparición futura de la especie. Se ha observado un retraso en el viaje de migración de las mariposas, específicamente, en su paso hacia Nuevo León y el resto del norte de México, debido a la sequía que ha traído del cambio climático; no solo las temperaturas extremas dañan a la mariposa, pero también afectan sus fuentes de néctar (Sandoval, A.,2024). Esto ocurre porque las plantas ya no están disponibles, ya sea porque han pasado su etapa de floración o, por el contrario, su floración se ha retrasado, lo que obliga a las mariposas a modificar su ruta en busca de alimento para completar su viaje (Pleasants y Oberhauser, 2012).

La alteración del clima, con fríos extremos y calor intenso y prolongado, ha devastado la población de mariposas monarca. Este fenómeno es particularmente dañino en las áreas de hibernación. Un ejemplo de ello ocurrió en 2002, cuando una tormenta invernal causó la muerte de 273 mariposas en dos colonias diferentes. Entre 2009 y 2010, la población sufrió niveles

históricos de precipitación seguidos de heladas, lo que resultó en la pérdida de casi el 50% de las mariposas. Además, entre 2008 y 2011, una sequía extrema afectó gravemente el hábitat forestal de la Reserva de la Biosfera de Michoacán (Pleasant y Oberhauser, 2012).

2.4.4 Disminución de algodoncillo por actividades agrícolas.

Como se mencionó anteriormente, el algodoncillo es esencial en el ciclo de vida de las mariposas monarca, ya que es el único alimento que consumen las larvas durante su desarrollo, les proporciona la toxina que utilizan como defensa y, por supuesto, es el lugar donde las hembras depositan sus huevos.

Un análisis de isótopos estables reveló que el 50% de la población de mariposas monarca de Norteamérica que hiberna en México se alimenta de algodoncillo en el centro-occidente de los Estados Unidos durante su ciclo de vida. Esta zona es el lugar de origen del algodoncillo y, bajo condiciones normales, podría encontrarse sin problemas (Pleasant y Oberhauser, 2012).

Sin embargo, en esta región, el uso de herbicida glifosato se ha vuelto muy común en los cultivos agrícolas para controlar las malezas. Aunque el glifosato es tóxico para muchas plantas, las semillas transgénicas han permitido desarrollar cultivos que no son sensibles a este herbicida, lo que ha llevado a un aumento en su uso y, gradualmente, a la erradicación del algodoncillo en las zonas de reproducción de las mariposas monarca (Pleasant y Oberhauser, 2012).

Debido a la desaparición progresiva del algodoncillo, las hembras de mariposa monarca deben volar distancias mayores para encontrar esta planta y depositar sus huevos. Como resultado, las hembras utilizan más energía en su vuelo, lo que reduce la energía disponible para la reproducción, lo que se traduce en la puesta de menos huevos y un mayor riesgo de morir antes de reproducirse (Pleasant y Oberhauser, 2012).

2.4.5 Uso de agroquímicos

Debido al declive del algodoncillo, muchas mariposas monarca han comenzado a reproducirse y desarrollarse en los campos de maíz y soya. Sin embargo, esto ha generado un nuevo problema: la mortalidad de las mariposas debido a los pesticidas utilizados en estos cultivos (Einhorn, 2024). Un estudio realizado en el medio oeste de Estados Unidos reveló que los pesticidas agrícolas tuvieron el mayor impacto en el tamaño de las poblaciones de mariposas monarca entre 1998 y 2014 (Einhorn, 2024).

Uno de los insecticidas más perjudiciales ha sido el neonicotinoide, que se absorbe en los tejidos de las plantas, por lo que el desarrollo de tecnologías muy eficaces para controlar el pulgón de la soya y otras plagas agrícolas ha tenido efectos negativos en especies no objetivo, especialmente las mariposas (Einhorn, 2024). Se realizó un estudio en 81 condados de cinco estados, basado en el análisis de datos estadísticos durante un período de 17 años y encontraron que, si el uso de pesticidas continuaba sin cambios, se produciría una disminución del 33% en la población de mariposas monarca.

2.4.7 Enfermedades, parásitos y contaminación.

La fase de crisálida de la mariposa monarca es un espectáculo natural que sigue despertando fascinación en las personas. Sin embargo, muchos individuos no logran completar esta etapa y llegar a la adultez, debido a varios factores, como el parasitismo y las enfermedades a las que son vulnerables (Londoño, 2024).

El parasitismo representa una amenaza constante para las crisálidas de la mariposa monarca, debido a la presencia de otros insectos en su hábitat. Entre estos parásitos se encuentran las moscas taquínidas (Tachinidae) y las avispas parasíticas, que depositan sus huevos en las orugas o crisálidas de las mariposas monarcas. Cuando estos huevos eclosionan, las larvas se alimentan del insecto en desarrollo, lo que provoca su muerte o deformidad, impidiendo que la mariposa emerja de la crisálida (Londoño, 2024).

Las enfermedades también representan una amenaza para las crisálidas, ya que son vulnerables a hongos y virus. Una de las infecciones más comunes es causada por el protozoo *Ophryocystis elektroscirrha* (OE), un parásito microscópico que afecta a la mariposa desde su fase de oruga

y puede interferir con el desarrollo adecuado de la crisálida. Las crisálidas infectadas no logran eclosionar, y en el raro caso de que lo hagan, las mariposas presentan deformidades y no pueden volar (Londoño, 2024).

2.4.8 Factores adicionales

La mariposa monarca enfrenta diversas amenazas externas que la están llevando gradualmente hacia la extinción, como la actividad humana. Según datos de la UICN, la población de esta especie ha disminuido entre un 23% y un 72% en los últimos 10 años (Fischer, 2022).

Uno de los factores más recientes que afecta a la mariposa monarca es la urbanización. El crecimiento de las ciudades genera un ambiente hostil para ellas, creando condiciones inadecuadas y peligrosas. La contaminación, los edificios altos que dificultan su paso, los automóviles que las atropellan y la absorción del calor por parte del pavimento, que genera microclimas perjudiciales, son algunos de los problemas que enfrentan (Ecologiayvida, 2024).

2.5. Modelado de distribución de las especies

Un nuevo programa llamado Maxnet es utilizado para generar modelos de distribución de especies. Es una herramienta para los ambientalistas, que permite generar cartografía en la distribución de especies (Geoinnova, 2020).

Este programa es de acceso libre y gratuito y puede ser utilizado de manera autónoma. Para generar el mapa se requieren dos recursos: 1) Un archivo tabulado de coordenadas propias o de portales como GBIF (Global Biodiversity Information Facility); 2) Un repertorio de variables ambientales, (e.g., temperatura, velocidad de vientos, uso de suelo) propias o bien de plataformas son WorldClim o TerraClim (Geoinnova, 2020).

Los modelos cartográficos generados por Maxnet se encuentran en formato ASCII, y tienen tres presentaciones, Logistic, Cumulative y Raw, las cuales se basan en probabilidades de éxito; Logistic es de entre 0 y 1 por píxel, Raw maneja también valores entre 0 y 1, pero cada píxel tiene un valor proporcional a la superficie total del territorio con el que se está trabajando; Cumulative presentara los datos en base a porcentajes. Cada mapa generado posee una gráfica de interpretación de datos, las cuales muestran el valor de las variables utilizadas y los intervalos de mayor probabilidad para localizar a la especie en el territorio seleccionado (Geoinnova, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de presencia a nivel nacional de individuos de mariposa monarca, se descargaron de los registros disponibles en la página Naturalista <https://mexico.inaturalist.org/taxa/48662-Danaus-plexippus>. Se analizaron y se realizó la organización de los datos de registro obtenidos de las observaciones de presencia, que se recopilaron en una hoja de Excel y se guardaron en formato CSV .

El análisis de presencia de los individuos se realizó en 3 periodos: otoño que es en octubre y noviembre, mientras que diciembre, enero y febrero fueron considerados como invierno, marzo y abril se consideraron como primavera. Se descargaron en <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> los archivos de la variable velocidad del viento (m s⁻¹) con una resolución espacial de 10 minutos (~340 km²), Esta variable fue seleccionada porque representa datos climáticos relevantes que pueden proporcionar información valiosa para la modelación.

Es bien sabido que las mariposas se desplazan en función de la temperatura ambiental y la dirección de las corrientes de viento que facilitan su movimiento (Morris, et al., 2015). Se seleccionaron los archivos de los meses de octubre a abril, estos archivos con formato GeoTiff (.tif), se cortaron para México y posteriormente se convirtieron en formato ASCII (.asc) en el programa QGIS 3.40.1

Los registros se procesaron utilizando Maxent versión 3.4.4, disponible en https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Donde se generaron los mapas en formato .asc que se procesó en el programa QGIS 3.40.1, donde se elaboraron mapas de presencia a nivel nacional en formato vectorial (shp).

Un total de 11,304 puntos de observación descargados de la plataforma Naturalista fueron analizados y distribuidos en 3 periodos como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Numero de observaciones usadas para la modelación en Maxent

Periodo	Puntos de observación
Octubre-Noviembre	6618
Diciembre-Enero-Febrero	2583
Marzo-Abril	2103

Finalmente se obtuvieron los mapas de la probabilidad de presencia de los ejemplares de mariposa monarca realizados en QGIS 3.40.1

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Áreas con observaciones de presencia de individuos de mariposa

El registro y la observación del proceso migratorio de la mariposa monarca son actividades que forman parte de lo que se conoce como ciencia ciudadana. Este enfoque ha permitido recopilar datos valiosos sobre el estado de las mariposas, así como identificar sus áreas de alimentación y descanso durante su travesía. Sin embargo, existe cierta controversia respecto a la calidad y la credibilidad científica de esta información, ya que depende de la precisión y consistencia de los datos recolectados por personas no especializadas (Davis, 2015).



Figura 1. Ejemplares de mariposa monarca capturados en fotografía en el Bajío del campus Saltillo UAAAN, 2024.

A pesar de ello, la ciencia ciudadana se presenta como una herramienta eficaz para generar información de manera rápida, accesible y económica. Además, involucra a la población en la protección y conservación de la especie, creando conciencia sobre la importancia de su

migración y su impacto en los ecosistemas. Si bien es necesario complementar estos registros con estudios científicos más rigurosos, la ciencia ciudadana sigue siendo una opción valiosa para ampliar el conocimiento sobre la mariposa monarca y sus necesidades ecológicas.

Una estrategia efectiva consiste en la revisión de fotografías y registros por parte de curadores voluntarios con conocimientos taxonómicos, como ocurre en la red social **Naturalista**. Estos curadores desempeñan un papel clave al validar y corregir las observaciones realizadas por usuarios, asegurando la calidad y precisión de los datos recopilados (Naturalista, 2024a)

Naturalista se ha convertido en una plataforma colaborativa que combina ciencia ciudadana con el apoyo de expertos, facilitando el monitoreo de especies como la mariposa monarca. Este enfoque no solo mejora la confiabilidad de la información, sino que también fomenta la participación de la comunidad en actividades científicas, promoviendo el aprendizaje y la conservación de la biodiversidad.

Los registros de observaciones de mariposas monarca durante su migración anual, particularmente en su recorrido del norte hacia el sur de México, se concentran en mayor medida en las zonas urbanas. Esto se debe, en gran parte, a la accesibilidad y frecuencia con la que se utilizan cámaras fotográficas en estos entornos, lo que permite documentar su paso con mayor facilidad.

El proceso migratorio donde millones de mariposas monarca emprenden el viaje de aproximadamente 4,300 kilómetros desde Canadá y Estados Unidos hasta los bosques de oyamel en el centro de México, inicia en septiembre y octubre, desplazándose hacia México donde encuentran refugio para pasar el invierno (Culbertson et al., 2022). Este fenómeno no solo es un espectáculo natural de gran belleza, sino que también es un indicador importante de la salud de los ecosistemas y un evento clave en la cultura y biodiversidad de la región.

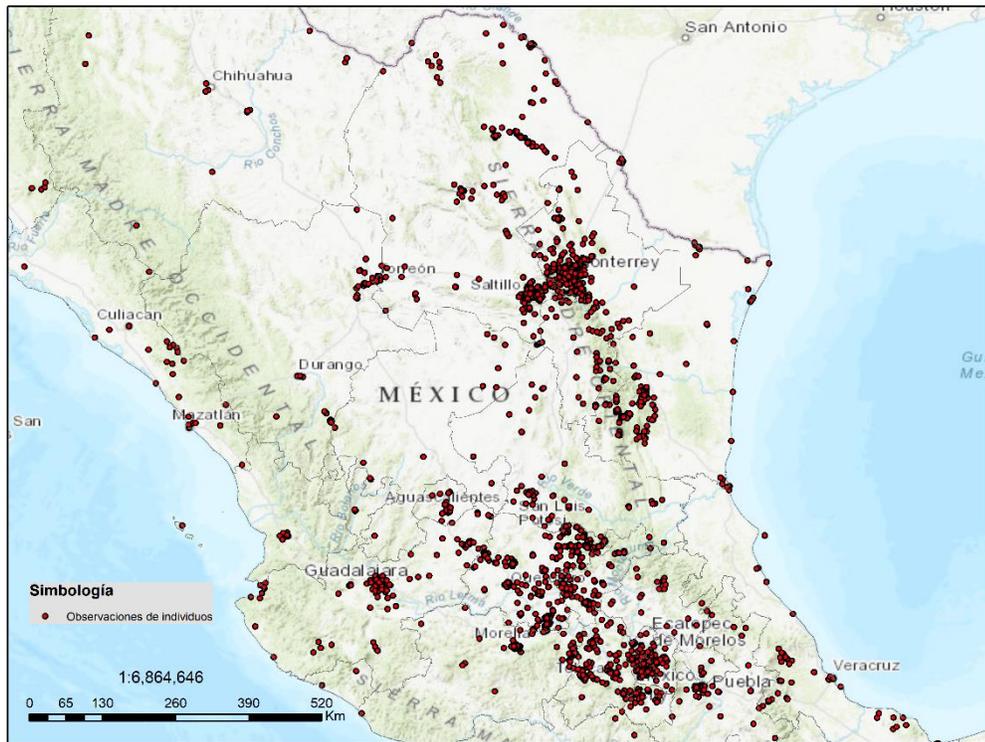


Figura 2. Registro de presencia de los individuos de mariposa monarca durante octubre y noviembre

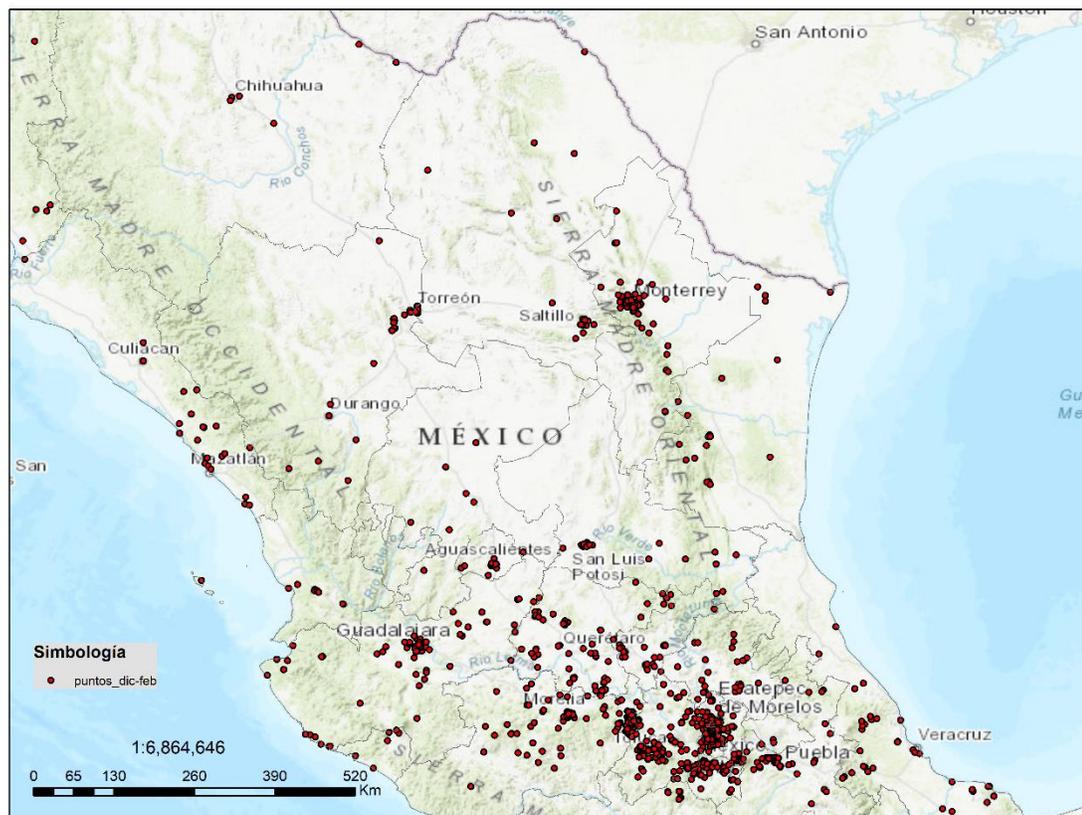


Figura 3. Registro de presencia de los individuos de mariposa monarca de diciembre a febrero

Las áreas urbanas, aunque no son su hábitat principal, se convierten en puntos estratégicos de observación debido al incremento de actividades humanas relacionadas con el monitoreo y registro fotográfico. Un riesgo constante en los asentamientos humanos, especialmente en las grandes ciudades, es la contaminación ambiental, que incluye la emisión de gases y partículas nocivas. A esto se suma la presencia de agroquímicos, como insecticidas utilizados en los cultivos, los cuales pueden afectar tanto a los ecosistemas locales como a las especies que los habitan, incluyendo insectos polinizadores como la mariposa monarca (Wilcox et al., 2019).



Figura 4. Registro de presencia de los individuos de mariposa monarca durante marzo y abril 2024.

4.2 Estimación de áreas de presencia de individuos de mariposa

La migración de las mariposas monarcas que llegan a México se denomina la migración del Este, se reproducen en las Montañas Rocosas de Norteamérica como se observar en la Figura 5, el proceso inicia en agosto y a México se han observado desde septiembre, los insectos ingresan al norte de México a través de los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, para posteriormente dirigirse hacia San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y el Estado de México. Siguen vientos que les facilitan la trayectoria y se alimentan en áreas de paso con flores silvestre y algunas cultivadas (CONABIO, 2023).

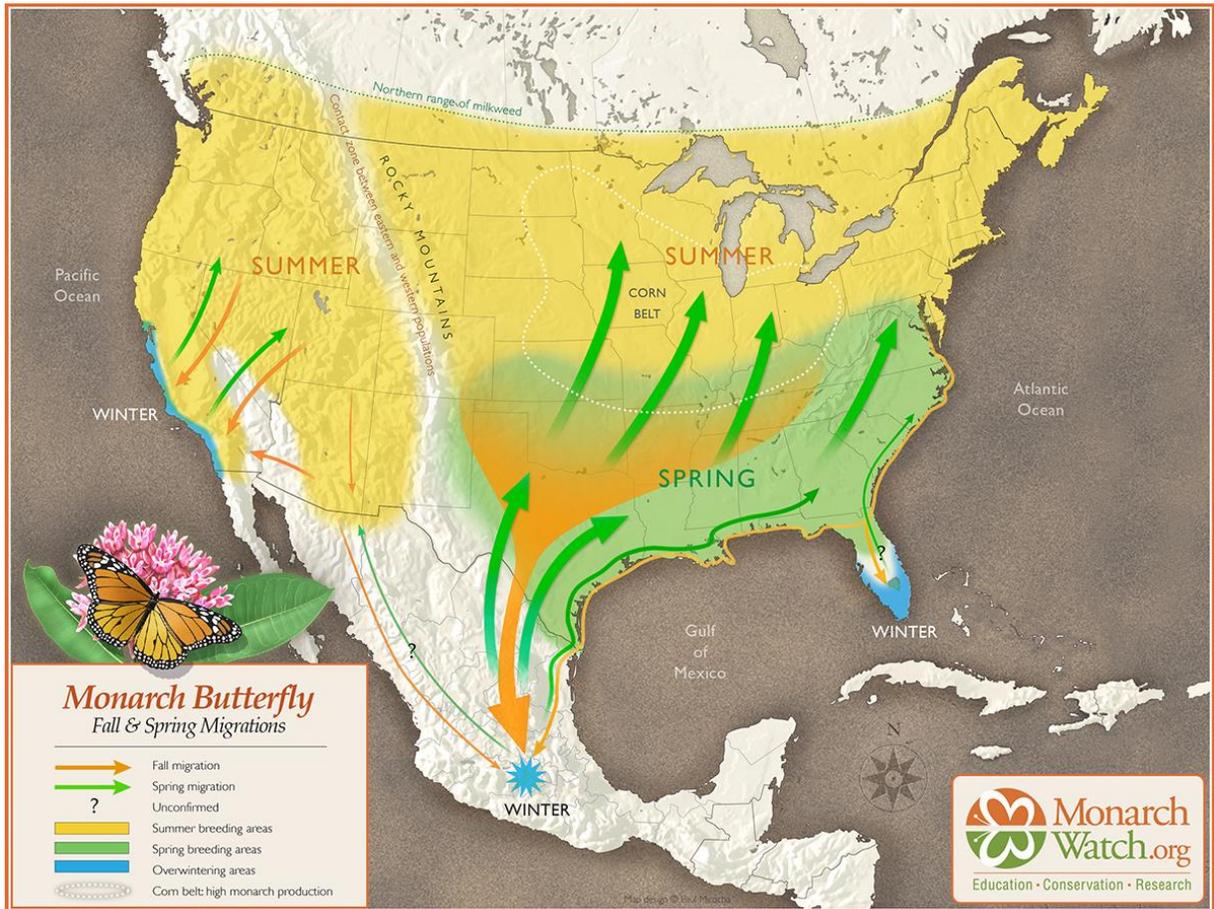


Figura 5. Migración de la mariposa monarca en Norteamérica.

Tomada de <https://monarchwatch.org/>

Con los registros de presencia de individuos de mariposa monarca durante su proceso de migración de norte a sur y la modelación se observa que el principal flujo migratorio sigue trayectoria paralela a la Sierra Madre Oriental y el altiplano aprovechando los vientos generados por los frentes fríos hasta llegar a los bosques del Estado de México y Michoacán (SEMARNAT, 2016).

Las mariposas siguen vientos que les facilitan la trayectoria y se alimentan en áreas de paso con flores silvestre y algunas cultivadas, esta ruta es vital para su supervivencia, ya que dependen plantas ricas en néctar durante el viaje y condiciones climáticas adecuadas para su descanso y orientación.

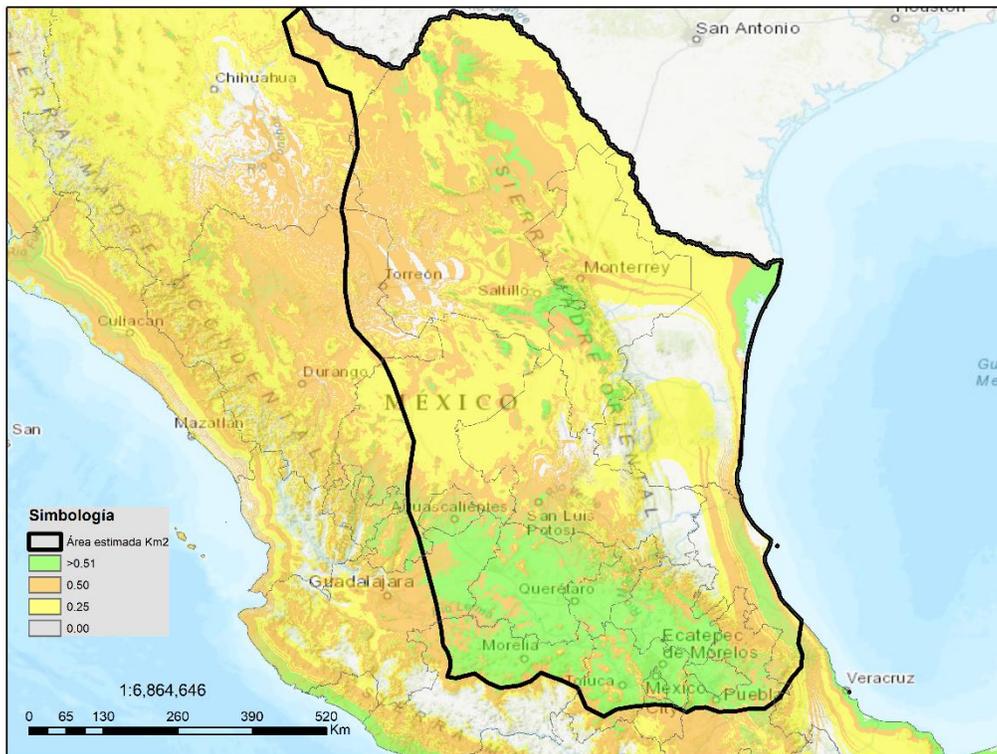


Figura 6. Mapa de probabilidad de presencia de los individuos de mariposa monarca de octubre y noviembre 2024.

La mariposa monarca el destino temporal durante el otoño e invierno son los bosques de oyamel en las montañas del Eje Neovolcánico Transversal. Destacan la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca: El Rosario del municipio de Ocampo, Sierra Chincua del municipio de Angangueo en Michoacán y Piedra Herrada del municipio de Temascaltepec, La Mesa del municipio de San José del Rincón del Estado de México y finalmente el Cerro Pelón, entre los límites de ambos estados.

Durante el periodo invernal, que consideramos diciembre, enero y febrero se encuentran los individuos de mariposa monarca en la porción montañosa del Estado de México y Michoacán como se observa en la Figura 7. En menor grado se han registrado en Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Jalisco, Puebla, Morelos, Distrito Federal, Veracruz y Tlaxcala (CONABIO, 2023).

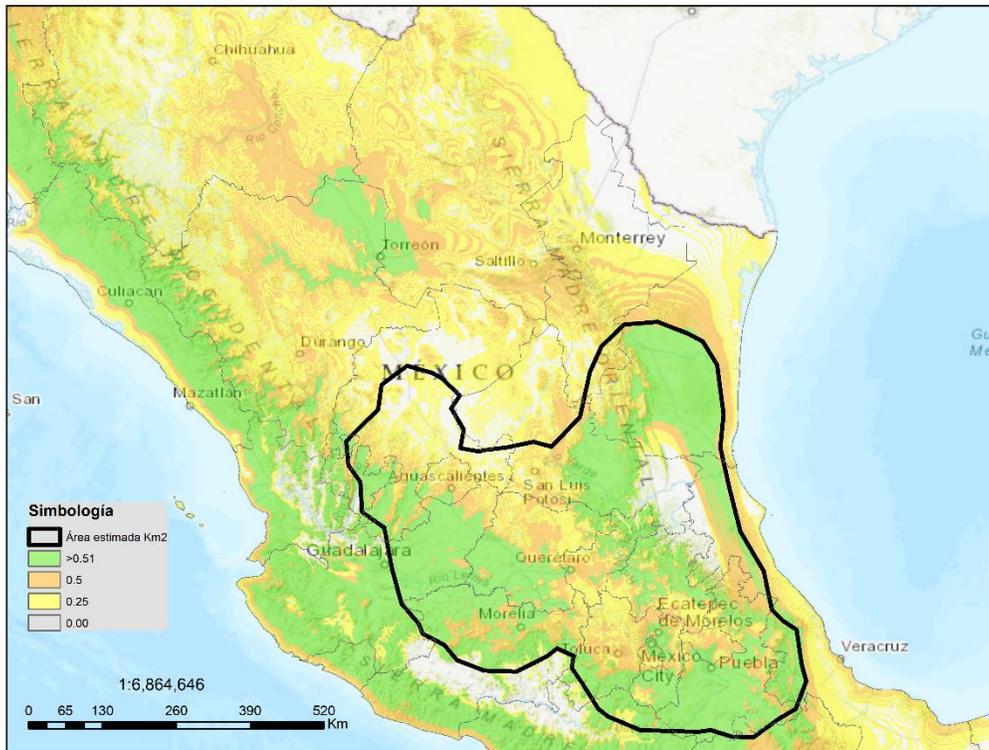


Figura 7. Mapa de probabilidad de presencia de los individuos de mariposa monarca de diciembre a febrero

Después de su permanencia en México, se ha observado que únicamente el 10% de los ejemplares de mariposa monarca nacen en territorio mexicano (Miller, et al., 2012). Este dato resalta la importancia de los ecosistemas locales no solo como refugios invernales, sino también como puntos clave para la reproducción y conservación de esta especie durante su ciclo de vida.

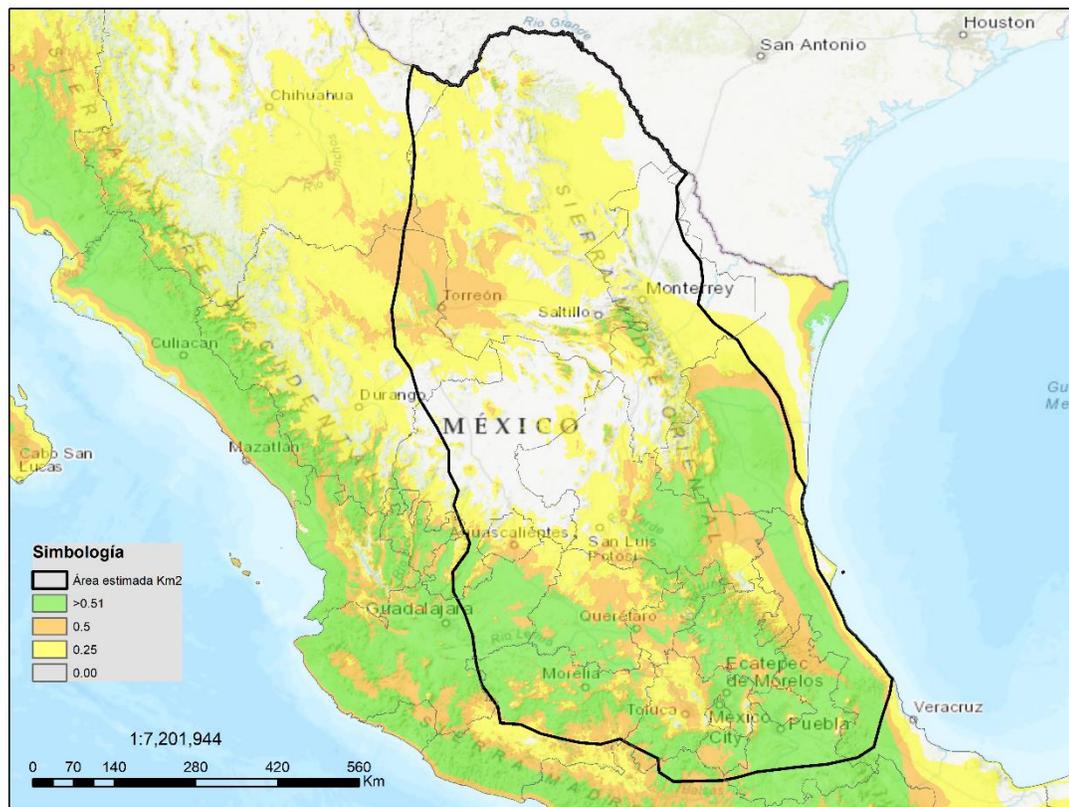


Figura 8. Mapa de probabilidad de presencia de los individuos de mariposa monarca de marzo y abril.

Con el aumento de las temperaturas provocado por el cambio de estación hacia la primavera, las mariposas monarca comienzan su viaje de regreso del sur al norte, dirigiéndose nuevamente hacia sus áreas de reproducción y permanencia en Estados Unidos y Canadá. Durante este trayecto, siguen rutas similares a las utilizadas en su migración previa, desplazándose a través del Altiplano Mexicano y siguiendo las Sierras Madre Oriental y Occidental. Este recorrido es crucial para completar su ciclo migratorio y garantizar la continuidad de la especie.

V. CONCLUSIONES

La principal ruta migratoria de la mariposa monarca en México sigue el altiplano central, delimitado naturalmente por las Sierras Madre Oriental y Occidental, que actúan como barreras físicas y al mismo tiempo guían su desplazamiento. Este corredor ecológico es esencial, ya que aprovecha los vientos generados por frentes fríos y ofrece zonas de descanso y alimentación con plantas ricas en néctar, indispensables para su supervivencia durante la travesía.

La migración anual de las mariposas monarca no solo es un fenómeno de gran belleza, sino también un indicador crítico de la salud de los ecosistemas. Su trayecto desde Canadá y Estados Unidos hacia los bosques de oyamel en México depende de la existencia de corredores ecológicos ricos en néctar y condiciones climáticas adecuadas. La conservación de estos hábitats, tanto en zonas urbanas como rurales, es esencial para su supervivencia, especialmente frente a amenazas como el cambio climático, la contaminación y el uso de agroquímicos.

VI. RECOMENDACIONES

Es recomendable estudiar las fuentes de alimentación de esta especie son cruciales, por lo que la observación y localización de estas se vuelve una necesidad cada vez más grande; el cambio climático y la deforestación no solo afecta a la mariposa directamente, sino que también, altera los tiempos de floración de algunas de las plantas más importantes en su régimen alimenticio, lo cual podría causar grandes alteraciones en la migración de esta increíble mariposa.

El estudio de la migración y presencia de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) en México representa un esfuerzo clave para la conservación de esta emblemática especie. La ciencia ciudadana, a través de plataformas como Naturalista, ha demostrado ser una herramienta invaluable para recopilar información sobre sus patrones de desplazamiento, áreas de descanso y alimentación. Sin embargo, para garantizar la calidad de los datos recolectados, es fundamental complementarlos con estudios científicos más rigurosos y promover la validación por parte de expertos.

La participación comunitaria en el monitoreo y la observación ha permitido sensibilizar a la población sobre la importancia de este fenómeno natural. Este enfoque no solo fomenta el aprendizaje y la conciencia ambiental, sino que también contribuye al desarrollo de estrategias más efectivas para proteger a esta especie y los ecosistemas de los que depende. La integración de esfuerzos científicos y ciudadanos es, por tanto, crucial para garantizar la continuidad de la migración de la mariposa monarca y su impacto positivo en la biodiversidad de la región.

VII. LITERATURA CITADA

Arredondo, D. (2017). La mariposa monarca y la lantana. <https://miviajeporlanaturaleza.wordpress.com/blog/>

BIOenciclopedia 2022. Mariposa monarca. Recuperado 25 de noviembre de 2024, de <https://www.bioenciclopedia.com/mariposa-monarca-155.html>

Brown, J. J., & Chippendale, G. M. (1974). Migration of the monarch butterfly, *Danaus plexippus*: energy sources. *Journal of Insect Physiology*, 20(7), 1117-1130.

CCA (2024), Estado del conocimiento sobre conservación de las especies polinizadoras en América del Norte: prioridades compartidas para la región, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 62 pp.

Carranza del M. Consuelo (1999). ECOTURISMO EN MÉXICO: MARIPOSA MONARCA. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 3(12), 379-379.

Center for Biological Diversity, 2020. Salvando a la mariposa monarca. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de https://www.biologicaldiversity.org/espanol/especies/mariposa_monarca.html

Conabio. (2021). *La monarca | Biodiversidad Mexicana*. Biodiversidad Mexicana. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/espPrioritaria/monarca/la-monarca>

CONANP. (2010). *Monitoreo de las colonias de hibernación de la mariposa monarca (Danaus plexippus) en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Recuperado el 20 de noviembre de 2024, de <https://www.conanp.gob.mx/acciones/fichas/mariposa/info/info.pdf>

CONANP. (2024). *Mariposa Monarca*. Recuperado de <https://conanp.gob.mx/conanp/dominios/rbmonarca/caracteristicas.php#:~:text=La%20especie%20presenta%20dimorfismo%20sexual%3A%20los%20machos%20son,formada%20por%20escamas%20de%20androconia%20que%20producen%20feromonas>

Culbertson, K. A., Garland, M. S., Walton, R. K., Zemaitis, L., & Pocius, V. M. (2022). Long-term monitoring indicates shifting fall migration timing in monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Global Change Biology*, 28(3), 727-738.

Davis, A. K. (2015). Opinion: conservation of monarch butterflies (*Danaus plexippus*) could be enhanced with analyses and publication of citizen science tagging data. *Insect Conservation and Diversity*, 8(2), 103-106.

De la Maza Elvira, Roberto G (1995). La monarca del vuelo. *Ciencias*, 37, 4-18.

Fischer, A. (2022, 13 junio). ¿Cómo afecta el cambio climático a la población de mariposas monarca? National Geographic En Español. Recuperado 25 de noviembre de 2024, de <https://www.ngenespanol.com/animales/como-afecta-el-cambio-climatico-a-la-poblacion-de-mariposas-monarca/>

Fisher, K. E., Snyder, B. R., & Bradbury, S. P. (2023). Blooming Forbs Utilized by Breeding-Season *Danaus plexippus* in the USA North-Central Region. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 77(1), 29-42.

Fischer, A. (2022b, junio 13). ¿Cómo afecta el cambio climático a la población de mariposas monarca? National Geographic En Español. <https://www.ngenespanol.com/animales/como-afecta-el-cambio-climatico-a-la-poblacion-de-mariposas-monarca/>

Geoinnova. (2020, 4 junio). Maxent para modelos de distribución de especies. Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/maxent-para-modelos-de-distribucion-de-especies/>

Gobierno de México. (2018). Las mariposas monarca y su migración. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/polinizadores/es/articulos/las-mariposas-monarca-y-su-migracion?idiom=es>

Lepidópteros. (2024). Taxoteca. Recuperado 21 de noviembre de 2024, de <https://www.taxoteca.com/artropodos/hexapodos/insectos/lepidopteros/>

Londoño, J. P. R. (2024, 20 agosto). Parasitismo y Mortalidad en las Crisálidas de la Mariposa Monarca: Causas, Cuidados y Amenazas. Monarquía Monarca. <https://www.monarquiamonarca.com/post/parasitismo-y-mortalidad-en-las-cris%C3%A1lidas-de-la-mariposa-monarca-causas-cuidados-y-amenazas>

Los pesticidas son el sospechoso principal del declive de las mariposas. (2024, 21 junio). The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2024/06/21/espanol/mariposas-monarca-peligro-insecticidas.html>

Mariposa monarca. (2020). Center For Biological Diversity. Recuperado 25 de noviembre de 2024, de https://www.biologicaldiversity.org/espanol/especies/mariposa_monarca.html

Mariposasnet. (2020). *Ciclo de vida de la mariposa monarca*. Recuperado de <https://mariposas.net/monarca/ciclo-de-vida/index.htm#>

Miller, N. G., Wassenaar, L. I., Hobson, K. A., & Norris, D. R. (2012). Migratory connectivity of the monarch butterfly (*Danaus plexippus*): patterns of spring re-colonization in eastern North America. *PLoS One*, 7(3), e31891.

Monarchwatch. (2024). Monarch migration. <https://www.monarchwatch.org/>

Morris, G. M., Kline, C., & Morris, S. M. (2015). Status of *Danaus plexippus* population in Arizona. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 69(2), 91-107.

National Geographic. (2020). *Mariposa monarca*. <https://www.nationalgeographic.com/animales/2020/04/mariposa-monarca>

Naturalista, 2024. Mariposa Monarca *Danaus plexippus*.
<https://mexico.inaturalist.org/taxa/48662-Danaus-plexippus>.

Oberhauser, K. S., & Solensky, M. J. (Eds.). (2004). *The monarch butterfly: biology & conservation*. Cornell university press.

Palomar S., A. P. S. (2024). Mariposa monarca, la fascinante migración de una especie en peligro. NATIONAL GEOGRAPHIC España. Recuperado 28 de noviembre de 2024, de https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-animales/mariposa-monarca-fascinante-migracion-especie-peligro_20049

Pegram, K. V., & Melkonoff, N. A. (2020). Assessing preference and survival of *Danaus plexippus* on two western species of *Asclepias*. *Journal of Insect Conservation*, 24(2), 287-295.

Pleasants, J. M., & Oberhauser, K. S. (2012). Milkweed loss in agricultural fields because of herbicide use: effect on the monarch butterfly population. *Insect Conservation And Diversity*, 6(2), 135-144. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00196.x>

Profaua. (2024). Programa Correo Real. Correo Real. <https://www.correoreal.mx/>

Sandoval, A. (2024, 16 noviembre). ¿Por qué la mariposa monarca retrasó su paso por Nuevo León? MVS Noticias. <https://mvsnoticias.com/nuevo-leon/2024/11/16/por-que-la-mariposa-monarca-retraso-su-paso-por-nuevo-leon-665872.html>

SEMARNAT. (2016). *Santuario de la Mariposa Monarca*. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/santuario-de-la-mariposa-monarca>

US Forest Service. (2024). Monarch butterfly migration and overwintering. United States Department of Agriculture. https://www.fs.usda.gov/wildflowers/pollinators/Monarch_Butterfly/migration/index.shtml

Vidal, O., LÓPEZ-GARCÍA, J. O. S. É., & RENDÓN-SALINAS, E. D. U. A. R. D. O. (2014). Trends in deforestation and forest degradation after a decade of monitoring in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve in Mexico. *Conservation Biology*, 28(1), 177-186.

Walker, A., Oberhauser, K.S., Pelton, E.M. & Pleasants, J.M. (2022). *Danaus plexippus* (errata version published in 2022). *The IUCN Red List of Threatened Species 2022*: e.T159971A219149911. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T159971A219149911.en>. Accessed on 02 December 2024.

Wilcox, A. A., Flockhart, D. T., Newman, A. E., & Norris, D. R. (2019). An evaluation of studies on the potential threats contributing to the decline of eastern migratory North American monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 99.

Zhiminaicela Malla, D. K. (2023). La vida de la mariposa Monarca.

