

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
COMPLEJO REGIONAL CENTRO
SEDE LOS REYES DE JUÁREZ

ADAPTACIÓN Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE GUSANO ROJO (*hypopta agavis*) DEL MAGUEY PULQUERO (*agave salmiana*) EN AMBIENTES CONTROLADOS

TESIS PROFESIONAL

**Para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**



**Presenta:
MAURICIO SILVA NORIA**

**Director de tesis:
DR. ALFREDO ALEJANDRO GUZMÁN BECERRA**

**Codirector de tesis:
DR. GILBERTO CASTILLO LUNA**

**Colaboradores:
MTRA. ALMA DELIA NEPONUCENO CRISÓSTOMO
DR. MARTÍN CARMONA VICTORIA
MTRO. JOSÉ MUÑOZ FLORES**

PUEBLA, PUE, MAYO 2024

AGRADECIMIENTOS

A mi dios por bendecirme con el don de vida y salud, por fortalecerme en los días que mis ideas no fueron claras, por guiarme en cada etapa que iniciaba, por poner en mi camino a personas que me ayudaron, por permitir que mis padres sigan festejando mis logros a mi lado y en especial por ser mi más fiel amigo.

A mis papás Juana y Rafael por apoyarme en mis sueños y metas, por estar ahí en cada momento que los necesito, por creer en mí y por amarme tanto.

A mis hermanos por el apoyo y motivación en todo momento.

A la benemérita universidad autónoma de puebla por darme la oportunidad de pertenecer a esta gran familia universitaria y conocer a grandes personas.

A mis maestros de la carrera por compartirme su conocimiento a lo largo de este tiempo, en especial al **Dr. Gilberto y Dra. Patricia** por su apoyo, paciencia y amabilidad cuando me resolvían dudas.

Al Cuerpo Académico del Complejo Regional Centro por darme la oportunidad de participar en este trabajo de investigación, por el apoyo y la confianza, así como su amistad brindada.

DEDICATORIAS

A mi dios

A mi padre y madre

A mis maestros

A mí mismo

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTO | i |
| DEDICATORIAS | iii |
| CONTENIDO | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| ÍNDICE DE CUADROS | vii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 3 |
| 2.1 Entomofagia | 3 |
| 2.1.1 Propiedades nutrimentales de insectos comestibles..... | 3 |
| 2.1.2 Entomofagia en México..... | 4 |
| 2.2 Maguey Pulquero (<i>Agave spp.</i>) en México..... | 5 |
| 2.3 Gusano rojo de maguey (<i>hypopta agavis</i>)..... | 6 |
| 2.3.1 Ciclo de vida..... | 7 |
| 2.3.2 Fecha y etapa de recolección..... | 8 |
| 2.3.3 Forma de recolección..... | 9 |
| 2.3.4 Comercialización..... | 9 |
| III. JUSTIFICACIÓN | 11 |

| | |
|--|----|
| IV. HIPÓTESIS | 12 |
| V. OBJETIVOS | 13 |
| 5.1 Objetivo general..... | 13 |
| 5.2 Objetivo específico..... | 13 |
| VI. MATERIALES Y MÉTODOS | 14 |
| 6.1 Área de estudio | 14 |
| 6.2 Características de la infraestructura y material biológico utilizado | 14 |
| 6.3 Metodología de la investigación y recolección de datos..... | 15 |
| 6.4 Análisis estadístico..... | 17 |
| VII. RESULTADOS | 18 |
| 7.1 Adaptación..... | 18 |
| 7.2 Peso final..... | 19 |
| 7.3 Ganancia de peso..... | 21 |
| 7.4 Longitud | 21 |
| VIII. DISCUSIÓN | 23 |
| IX. CONCLUSIONES | 25 |
| X. LITERATURA CITADA | 26 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ubicación vía satélite del plantío de maguey..... | 14 |
| Figura 2: Distribución de magueyes infestados..... | 16 |
| Figura 3: Porcentaje de adaptación del gusano de maguey y/o chinicuil en cada tratamiento..... | 18 |
| Figura 4: Peso promedio final de cada gusano producido en cada repetición..... | 20 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Comparación de las medias obtenidas de los pesos finales en conjunto producidos en cada repetición..... | 19 |
| Tabla 2: Comparación de las medias obtenidas de los pesos promedio finales que presentaba cada gusano producido en cada repetición..... | 20 |
| Tabla 3: Comparación de las medias obtenidas de la ganancia de peso obtenida en los gusanos después de la investigación..... | 21 |
| Tabla 4: Comparación de las medias obtenidas de la longitud que presentaban los chinicuiles en su momento más largo..... | 22 |

RESUMEN

El consumo de insectos y sus estados larvarios es habitual entre las personas y representa una parte importante en su alimentación. En México es muy conocido el gusano rojo de maguey y/o chinicuil (*Hypopta Agavis*) siendo este un estadio larvario de la palomilla "*comadia redtenbacheri*", este mismo es consumido en diferentes platillos y es recolectado en distintos estados de la república, sin embargo hasta la fecha existen muy pocas investigaciones que aborden su propagación y producción desencadenando malas prácticas en su recolección y poniendo en riesgo la supervivencia de esta especie. En esta investigación se realizaron infestaciones de 30 gusanos y/o chinicuiles (*hypopta agavis*) en tres grupos de magueyes (*Agave salmiana*, Var. Pua Larga) que presentaban diferentes alturas para identificar en cuál de estas se lograban obtener mejores niveles de adaptación, longitud y peso final así como la ganancia de peso que obtenían los gusanos. El mejor nivel de adaptación se obtuvo en el Grupo C que tenía magueyes con alturas de 60 cm hasta 1 m, en este grupo se encontró hasta un 83% de adaptación, el Grupo B con magueyes de 40 a 60cm de alturas reportó los mejores valores de longitud, peso final y ganancia de peso obtenida, sin embargo al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P > 0.05$) se observó que para la variable de peso final, no existía diferencia significativa entre los grupos A, B y C.

Palabras clave: Entomofagia, maguey, chinicuil, sustentable

ABSTRACT

The consumption of insects and their larval stages is common among people and represents an important part of their diet. In Mexico, the red maguey and/or chinicuil worm (*Hypopta Agavis*) is well known, being this a larval stage of the "comadia redtenbacheri" moth, it is consumed in different dishes and is collected in different states of the republic, however To date, there are very few investigations that address its propagation and production, triggering bad practices in its collection and putting the survival of this species at risk. In this investigation, infestations of 30 worms and/or chinicuiles (*hypopta agavis*) were carried out in three groups of magueyes (*Agave salmiana*, var. Pua Larga) that presented different heights to identify in which of these it was possible to obtain better levels of adaptation, length and final weight as well as the weight gain obtained by the worms. The best level of adaptation was obtained in Group C that had magueyes with heights from 60 cm to 1 m, in this group up to 83% adaptation was found, Group B with magueyes from 40 to 60 cm in height reported the best values. Of length, final weight and weight gain obtained, however when performing the comparison of means using the Tukey test ($P>0.05$) it was observed that for the variable of final weight, there was no significant difference between groups A, B and c.

Keywords: Entomophagy, maguey, chinicuil, sustainable

I. INTRODUCCIÓN

En México son consumidas dos especies de larvas que se presentan como plaga en el cultivo de maguey, estos se diferencian por su color. Encontramos a los gusanos blancos de maguey o mejor conocidos como escamoles y los gusanos rojos de maguey conocidos también con el nombre de chinicuiles. Estas larvas tiene mucha demanda en este país ya que es un plato tradicional, y por su gusto refinado y exquisito, peculiar y difícil de caracterizar (Contreras, 2013).

El gusano rojo de maguey (chinicuil), (*hypoptaagavis*) se alimenta de los tejidos subterráneos, principalmente de magueyes pulqueros y es consumido en su estado larvario por habitantes de diferentes regiones del centro y occidente del país. El periodo en el que se pueden ver físicamente las infestaciones de estos gusanos es en los meses de julio – septiembre (Contreras, 2013), mientras que Miranda, Quintero, Ramos y Olguín (2011) refiere que a partir de la segunda semana de agosto los chinicuiles son más grandes y adquieren coloraciones rojo intenso y un olor característico, lo cual ayuda a los recolectores a ubicar los magueyes infestados.

Ramos (2013) nos dice que “En general los magueyes que albergan este gusano son plantas jóvenes de aproximadamente 50 a 70 cm de alto”. Después de localizar los magueyes infestados, los productores y recolectores buscan la manera de sacar los gusanos evitando una lesión en el maguey que impida su crecimiento. Miranda et al. (2011) indica que “una vez localizado el maguey se procede a inclinar al maguey y sacarlo completamente, de esta manera las raíces del maguey, quedan expuestas al aire, y con ayuda de un machete se corta la base y tronco de la planta permitiendo la salida de los insectos. Luego, con la ayuda de un gancho de metal o con la punta de una penca de maguey se extraen los gusanos. Terminada la extracción de los gusanos, el maguey se vuelve a

colocar en el lugar de donde se sacó para evitar que muera”. Sin embargo Ramos (2013) refiere que solo en algunas ocasiones, unos cuantos vuelven a retoñar dependiendo la altura del corte que se realizó para sacar los chinicules.

El siguiente estudio se llevó a cabo para determinar cuál es el tamaño optimo en que los magueyes pueden soportar una carga larvaria determinada de chinicules, consiguiendo con esto un adecuado crecimiento del chinicuil y garantizando una mejor ganancia de peso en dichos gusanos, todo esto cuidando la integridad del maguey para que este siga con su crecimiento y posterior producción de aguamiel en el caso de magueyes pulqueros.

II. ANTECEDENTES

2.1 Entomofagia

A lo largo de la historia de la humanidad los insectos y sus fases larvarias han formado parte fundamental de su gastronomía, se sabe que los primates, orden de los mamíferos de donde procede el hombre y sus parientes más cercanos, descienden evolutivamente de mamíferos insectívoros (Miranda et al., 2011)

A esta actividad donde el hombre consume diferentes especies de insectos y sus fases larvarias se le conoce con el término “entomofagia” y se tienen registros que respaldan que esta forma de alimentación se ha llevado a cabo desde tiempos ancestrales, Fleta (2018) menciona que en la Biblia y en el Corán se citan a los insectos como parte de la alimentación humana y Aristóteles ya recomendaba alguna receta elaborada con cigarras en su fase de ninfa.

Con el paso del tiempo la alimentación ha ido teniendo cambios, principalmente después de la domesticación de animales silvestres, sin embargo se han ido mantenido platillos y recetas a base de insectos o de sus diferentes fases larvarias por las propiedades nutricionales que estas aportan. La FAO en el 2013 explica como la ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2.000 millones de personas, y se trata de un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos.

2.1.1 Propiedades nutrimentales de insectos comestibles

El consumo de insectos se lleva a cabo por diferentes razones, existen personas que realizan esta práctica debido al sabor tan exótico que derivan los

platillos realizados con dichos animales, algunas otras personas lo hacen por atracción turística e incluso existen ocasiones que estos son consumidos solo por curiosidad. Sin embargo comunidades donde los alimentos son extremadamente escasos utilizan la entomofagia para cubrir sus necesidades alimenticias. Contreras (2013) afirma que “los insectos constituyen una excelente fuente alimenticia ya que poseen una gran riqueza proteínica y vitamínica, tienen buenas cantidades de minerales como sodio y potasio, fósforo y calcio y en algunos casos son ricos en grasa como el gusano de maguey.

Es tal la riqueza de esta fuente de alimento que los insectos son el grupo de animales más abundante en el planeta; tres cuartas partes de todas las especies animales a nivel mundial son insectos (Viesca & Romero, 2009)

La FAO (2013) en el artículo “*La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*” indica que el contenido nutricional de los insectos depende de su etapa de vida (etapa metamórfica), su hábitat y su dieta. No obstante, se acepta ampliamente que:

- Los insectos proporcionan proteínas y nutrientes de alta calidad en comparación con la carne y el pescado. Los insectos son especialmente importantes como complemento alimenticio para los niños desnutridos porque la mayor parte de las especies de insectos contienen niveles elevados de ácidos grasos (comparables con el pescado). También son ricos en fibra y micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y cinc.

2.1.2 Entomofagia en México

La diversidad biológica con la que cuenta nuestro país hace posible la interacción con un gran número de especies vegetales y animales que son utilizadas para nuestra alimentación. Entre los animales utilizados podemos encontrar especies domesticas como porcinos, bovinos, ovinos, aves, entre otros. Sin embargo México también es reconocido a nivel mundial por su destacada

variedad culinaria en platillos exóticos, entre los que destacan aquellos hechos con insectos. Esta costumbre de consumir insectos se ha registrado desde antes de la llegada de los conquistadores, con el sabio aprovechamiento que los nativos hacían de estas especies animales. (Viesca & Romero. 2009).

Ramos – Elourdy (2009) afirma que “todas las etnias de México han consumido insectos y los consumen hoy en día, aunque las especies varían, según el ecosistema en que se asienten” y en su artículo “¿Los insectos se comen?” menciona lo siguiente:

Los insectos que más se consumen son los denominados sociales (abejas, avispas, hormigas y termitas), los que presentan algún tipo de gregarismo (mariposa monarca, chapulines), o incluso las chinches y algunas especies de insectos acuáticos; o bien aquellos que se desarrollan en conjunto porque los padres ahí dejaron los huevecillos, y los de tamaño conspicuo (gusano de los palos, gusano del nopal, del maguey, los pescaditos), e incluso especies que se constituyen en plagas (gusanos del maíz, chapulines).

De los insectos consumidos el 83% es de origen terrestre, en tanto que el 17% proviene de ecosistemas acuáticos continentales. Asimismo, se menciona que el 55,8% de las especies se consumen en etapas inmaduras (huevos, larvas, pupas y ninfas), y el 44,2% restante en estado adulto (Miranda et al. 2011)

De las entidades estatales que componen el país, los estados de México, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Campeche, Puebla, Tlaxcala y Hidalgo es donde más se practica la entomofagia o consumo de insectos (Hernández, Villa, & Álvarez.2022). Estos mis autores mencionan que estos dos últimos estados cuentan con una gran diversidad de insectos comestibles entre los que destacan los xamues, saltamontes, jumiles, chicatanas, cuetlas, escamoles o huevo de hormiga, gusano rojo y blanco de maguey.

2.2 Maguey Pulquero (*Agave spp.*) en México

Metl era el nombre genérico náhuatl que recibían los agaves, a los que los españoles denominaron maguey, esta planta ha sido utilizada desde tiempos muy antiguos como fuente de alimento, bebida, vestido, uso religioso, ornato, muebles, herramientas, medicina y construcción, entre otros (Narváez et al. 2016)

El maguey pulquero (*Agave salmiana*) es originario de México, se produce principalmente en los estados de *Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México y Puebla*, llega a medir hasta 3 metros de altura con 10 metros de circunferencia.(SIAP, 2018)

Entre las variedades del cultivo de maguey pulquero que se encuentran distribuidas a lo largo del país, podemos encontrar las variedades que popularmente se conocen como maguey Manso, maguey Verde, maguey Ayoteco, maguey Carrizo, maguey púa larga (García et al., 2020)

Los productos de mayor valor comercial, que se pueden obtener en primera instancia sin el uso de tecnología moderna son: aguamiel, pulque, gusano rojo, blanco y las pencas que se utilizan en la elaboración de barbacoa (Narváez et al., 2016)

Los agaves (magueyes) son un recurso que en algunas regiones se utiliza para detener el efecto erosivo que presentan los suelos, siendo además, una alternativa de producción sustentable, si se planifica su uso y su manejo(Vargas et al., 2019)

2.3 Gusano rojo de maguey (*hypopta agavis*)

Los gusanos rojos de maguey, mejor conocidos como chinicuiles son gusanos de aproximadamente 3 cm de longitud que presentan una coloración roja y que viven en la raíz de los magueyes.

Miranda et al (2011) menciona que algunas personas dedicadas a la extracción de los gusanos reconocen que los magueyes que contienen las plagas del gusanos, se pintan las puntas de la penca de color rojo con tonos anaranjados, además que las pencas de dicho maguey no crecen completamente derechas si no que adquieren una curvatura desde la mitad de la penca y hasta la punta.

2.3.1 Ciclo de vida

Almanza (2007) indica que el ciclo de vida completo de *C.redtenbacherise* lleva a cabo en un tiempo de 10 meses, tiempo en el cual pasa de huevo a larva, en el periodo de larva pasa por tres instares denominados: primer instar, segundo instar y tercer instar, posteriormente las larvas se convierten en pupas y finalmente estas se transforman en palomillas que posteriormente ovipositaran masas de huevos para iniciar nuevamente el ciclo. Este mismo autor describe las siguientes características que presenta en cada etapa:

- Huevo: Presenta un corion de textura rugosa, ornamentado con polígonos en formas de celdas de panal y mide 1x1.3mm. Su periodo de incubación se lleva en aproximadamente 33 días a una temperatura de 20 a 22°C.
- Larvas de primer instar: Son larvas recién emergidas, de color blanco, con cutícula transparente a través de la cual se puede observar un tubo digestivo; presentan una longitud de 2 a tres milímetros y un peso promedio de 0.63 mg. Estas migran en grupo en busca de alimento cuando el número de larvas emergidas es suficiente para construir túneles de seda en los que se protejan. La duración de este instar es de entre 1 a 1.5 meses.
- Larvas de segundo instar: Son de color blanquecino con cutícula opaca, presentan una longitud de 4 a 5 milímetros y un peso promedio de 2.3 mg.
- Larvas de tercer instar: En esta etapa las larvas se alimentan de la base de las pencas muertas húmedas y de la epidermis del cuello del rizoma, comenzando a perforar hacia los tejidos internos del tallo y las raíces, en donde se alimentaran los restantes instares de su desarrollo, hasta

completar su madurez. A medida que aumentan de tamaño, las larvas adquieren un color rojo brillante. El peso de la larva completamente desarrollada varia de 600 mg a poco más de 1 gr y puede medir a poco más de 4.5 cm.

- Pupas: Son capullos de forma oval, llegan a medir 2.5 cm de largo por 1 cm de ancho en promedio. Permanece un promedio de 40 días en este estado.
- Adultos: Son palomillas de cuerpo robusto y de color pardo en diversas tonalidades. las hembras se caracterizan por ser más grandes que los machos, miden en promedio 2.1 cm de longitud, 0.5 cm de ancho y 3.8 cm de expansión alar, presentan antenas finamente aserradas. El macho adulto mide 1.5 cm de largo por 0.4 de ancho y 2.6 de expansión alar con antenas bipectinadas. Las hembras depositan masas de 15 a 120 huevos.

2.3.2 Fecha y etapa de recolección

La etapa cuando es mejor recolectar a esta especie es cuando no rebasan los 2 cm de largo, su color es durazno y su olor no es tan fuerte. A partir de la segunda semana de agosto los chinicuiles son más grandes y adquieren coloraciones rojo intenso. En esta etapa su olor es tan potente que algunos recolectores aseguran que gracias a su aroma es fácil localizar el maguey que los contiene en gran proporción (Miranda et al., 2011). Estos mismos autores hacen referencia a que los lugareños indican que “a mediados del mes de agosto, al iniciar las lluvias, los chinicuiles salen por cuenta propia de la raíz del maguey y se pueden recolectar sin dañar a la planta”.

El número de días usados en la recolección de gusano rojo y blanco oscila entre los 30 y 60 días durante los meses de julio a agosto.(De Luna et al., 2013)

La colecta de los insectos se realiza a mano, principalmente en el mes de septiembre. Los adultos permanecen con vida solamente de 3 a 5 días, por tener un aparato bucal no evolucionado no le permite alimentarse fuera de la planta. (Vargas et al., 2019)

2.3.3 Forma de recolección.

En su artículo Miranda et al. (2011) describen que una vez localizado el maguey se procede a inclinar al maguey y sacarlo completamente de esta manera las raíces del maguey, quedan expuestas al aire, y con ayuda de un machete se corta la base y tronco de la planta permitiendo la salida de los insectos. Luego, con la ayuda de un gancho de metal o con la punta de una penca de maguey se extraen los gusanos y se colocan en un recipiente. Terminada la extracción de los gusanos, el maguey se vuelve a colocar en el lugar de donde se sacó para evitar que muera

2.3.4 Comercialización.

El precio de los gusanos en estado fresco es de \$500 pesos mexicanos por kilo en su temporada y de \$700 en los meses en los que su producción es escasa. Se suelen vender preparados en salsa, en forma de sal de gusano, vivos o dorados para taco. Existen establecimientos en donde una salsa de 100 g de gusano rojo de maguey puede llegar a costar de entre \$20 y \$25 pesos mexicanos. (Miranda et al., 2011)

De Luna et al.(2013) nos menciona que el precio promedio por kg de gusano blanco es de \$335.00 y el de gusano rojo, que es el que se cotiza a mejor precio, es de hasta \$600.00, y constituye el insecto comestible con las mejores ganancias en México.

En un página de información turística del estado de Hidalgo mencionan que el precio de los Chinicuiles suele variar mucho dependiendo del lugar, la época, la calidad o cantidad ofrecida por restaurantes y distribuidores. Por ejemplo: Un litro (que es la medida que se ha adoptado para la venta) de Chinicuiles tiene un precio aproximado de \$1000 a \$2000 pesos mexicanos y un solo ejemplar el de \$2.00 pesos mexicanos (siempre tomando en cuenta diversas variaciones del lugar). En algunos restaurantes tienen el costo de \$200 a \$300. Incluso se suele enlatar en recipientes de sardinas o latas de atún al mismo precio anterior. Incluso en

restaurantes más prestigiosos puede llegar a presentar el precio de 700 a 800 pesos conteniendo solo de 30 a 50 ejemplares.

Es importante realizar un manejo sustentable del maguey, debido a la desaparición gradual de esta planta está causando un desequilibrio ecológico afectando directamente a los insectos asociados ya que es su principal alimento, esto ya se puede observar en los Estados de Hidalgo, Puebla, México y Tlaxcala.(Vargas et al., 2019)

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente no se cuenta un método o sistema definido en la producción sustentable del gusano de maguey y/o chinicuil que permita evitar la extinción de la planta de maguey en el que habita (la cual generalmente es destruida para extraer la larva). La producción controlada permitirá aumentar el cultivo y fomentar la reproducción del organismo, creando una ventaja ecológica tanto para la planta de maguey como para las especies en la región. Al llevar a cabo una producción sustentable del gusano de maguey y/o chinicuil en ambientes controlados permitirá la producción sustentable evitando la erosión cultural de la planta, así mismo la importancia de este tipo de investigación es debido a la alta demanda de consumo del gusano, los derivados del maguey además de los servicios ambientales que presta, por lo que los habitantes puedan obtener ingresos económicos, mejorando la calidad de vida, como resultado fomentar una cultura del cuidado de la planta y aportando al cuidado del medio ambiente.

IV. HIPÓTESIS

Los magueyes con alturas mayores a los 80 cm pueden soportar de mejor manera las infestaciones de gusano rojo de maguey y/o chinicuil (*hyopta agavis*) sin poner en riesgo la integridad del mismo maguey, ya que a esta altura la planta cuenta con un sistema radicular bien desarrollado y esto al mismo tiempo ayuda a obtener gusanos de mayor peso y longitud después de la infestación.

V. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Generar una propuesta de producción del gusano de maguey pulquero y/o chinicuil (*hypopta agavis*) en ambientes controlados que permita una producción sustentable evitando la erosión cultural de la planta.

3.2 Objetivo específico:

- Conocer el tamaño óptimo del maguey para producción de chinicuil.
- Analizar las características que el maguey presenta conforme avanza la infestación del chinicuil.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

La investigación se realizó en un plantío de maguey que se encuentra entre las coordenadas 19°28' 58" LAT N, 98°33' 41" LONG O (Figura 1) en el municipio de Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala, ubicado en el Altiplano central mexicano entre 2 600 y 3 300 msnm, el rango de temperatura ronda entre 12 – 14°C con un rango de precipitación de 700 – 800 mm y un clima predominante templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad. Este municipio colinda al norte con el municipio de Calpulalpan; al este con los municipios de Calpulalpan, Sanctórum de Lázaro Cárdenas y Españita; al sur con el municipio de Sanctórum de Lázaro Cárdenas y el estado de Puebla; al oeste con el estado de Puebla y el municipio de Calpulalpan. (INEGI, 2009)

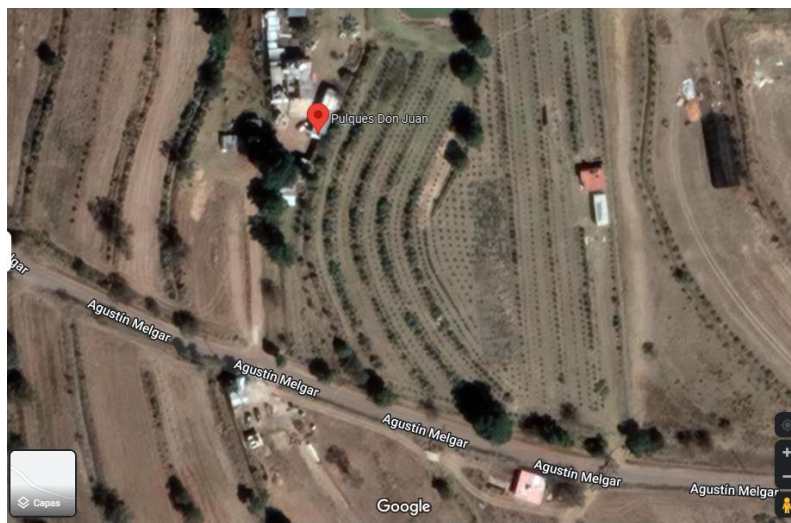


Figura 1:Ubicación vía satélite del plantío de maguey

6.2 Características de la infraestructura y material biológico utilizado

En el plantío se encontraban magueyes de diferentes tamaños, edades y especies, para llevar a cabo la investigación se seleccionó un espacio que permitiera la construcción de un mariposario. Este mismo quedó con las dimensiones de 8 metros de ancho por 22 metros de largo y una altura de 2.5 metros, su estructura se realizó con tubos galvanizados y fue cubierto con malla antiafidos.

Dentro del mariposario se encontraban plantados 33 magueyes de la variedad Pua Larga (*agave salmiana* var. *salmiana*), con alturas que iban desde los 20 centímetros hasta 1 metro aproximadamente, así mismo presentaban características como pencas secas, hijuelos y presencia de caracoles. Los magueyes están ubicados en 3 hileras con una separación de 2 metros y plantados a una distancia de 1.5 metros entre cada maguey.

6.3 Metodología de la investigación y recolección de datos

Una vez construido el mariposario, los magueyes que estaban dentro, fueron clasificados en tres grupos que funcionarían como tratamiento para esta investigación, a los magueyes que presentaban una altura menor a los 40 cm se denominó Grupo A, magueyes con alturas mayores a 40 cm y hasta 60 cm formaron el Grupo B y finalmente el Grupo C estaba compuesto por magueyes que presentaban alturas mayores a 60 cm hasta 1 m de altura.

El día 24 de julio fueron extraídos un total 300 chinicuiles de magueyes previamente retirados del suelo que presentaban síntomas de infestación, esta práctica se llevó a cabo con la ayuda de navajas, cutter y algunas otras herramientas que facilitaran la disección de raíces y parte inferior de la piña del maguey, sitio donde se encontraban los chinicuiles, además se utilizaron ganchos de tejer para la extracción. Posteriormente se homogenizaron grupos de 30 gusanos que en conjunto presentaban un peso promedio de 6.18 gr.

La inoculación de chinicuales en magueyes sanos se llevó a cabo el día 25 de julio en las primeras horas del día, para esto se seleccionaron al azar 4 magueyes del Grupo A, 3 magueyes del Grupo B y 3 magueyes pertenecientes al Grupo C (Figura 2). A estos magueyes seleccionados se les removió un poco de suelo que estaba cerca de la piña y posteriormente con la ayuda de un taladro y una broca se le hizo una perforación de aproximadamente 3 a 4 cm de profundidad, donde inmediatamente fueron introducidos 30 chinicuales. Finalmente se recubrió nuevamente la parte perforada de la piña con la misma tierra antes removida.

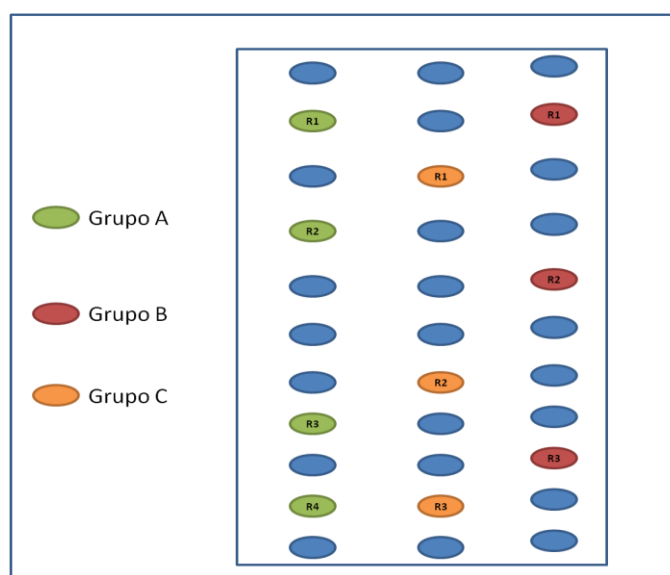


Figura 2: Distribución de magueyes infestados

Durante la investigación los magueyes fueron monitoreados de forma quincenal para realizar la identificación de síntomas que pudieran aparecer con la infestación realizada, así mismo además cabe resaltar que no se realizaron riegos mecánicos dado que hubo unas cuantas lluvias durante este periodo que ayudaron a la conservación de humedad en el suelo.

Transcurridos 68 días después de la inoculación, el día 01 de octubre se realizó la extracción de los chinicuales, proceso en el cual primero se aflojó el suelo donde se encontraban plantados los magueyes infestados, posteriormente con la ayuda de un pico y una barreta fueron retirados completamente los magueyes de su lugar. En seguida con la ayuda de una pala derecha, navaja y ganchos se

realizó la extracción cuidadosa de los chinicuiles, al mismo tiempo se registró el número de gusanos recuperados por maguey, y fueron depositados en frascos identificados con el grupo al que pertenecía el maguey y el número de repetición para que posteriormente se recolectaran los demás datos de las variables a evaluar. Finalmente a los magueyes que presentaban características para ser plantados nuevamente les fueron cortadas las pencas superiores, dejando así solo 3 pencas junto al meyolote.

Para la toma de datos de las variables a evaluar los gusanos fueron pesados en una báscula gramera, se registraron los pesos (en gramos) que tenía cada conjunto de gusanos recuperados en cada maguey, así mismo se eligieron 10 gusanos de cada repetición y se registraron las longitudes (cm) que presentaban, esta práctica se realizó con la ayuda de dos reglas y se registró la longitud que el gusano presentaba en el momento en que más lograba estirarse.

6.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la investigación se analizaron con el software estadístico "Info Stat" versión 2008, con un diseño completamente aleatorizado, mediante un análisis de varianza (ANAVA) y una prueba de tukey tomando el valor de $p > 0.05$ para declarar si existía o no alguna diferencia significativa.

VII. RESULTADOS

7.1 Adaptación del chinicuales

Al momento de hacer la extracción de los gusanos de cada maguey infestado, se hizo el conteo de gusanos vivos encontrados en cada repetición, los datos obtenidos fueron transformados a porcentaje de adaptación, tomando a los 30 gusanos inoculados inicialmente como el 100% de adaptación. En la figura 3 se puede observar el comportamiento de adaptación que se obtuvo en cada repetición de los tratamientos ocupados en la investigación. En esta ocasión el Grupo C obtuvo mejores niveles de adaptación de los gusanos, presentado hasta un 83% lo cual represento encontrar 25 gusanos de 30 inoculados inicialmente. En los Grupos A y B se presentaron porcentajes de adaptación similares que oscilaban entre 40 y 65%, obteniéndose así el menor porcentaje en el Grupo B, con tan solo 13 gusanos vivos encontrados. Por otro lado en el grupo A se presentó un evento inesperado, ya que se encontró un número de gusanos vivos mayor al que inicialmente se había inoculado.

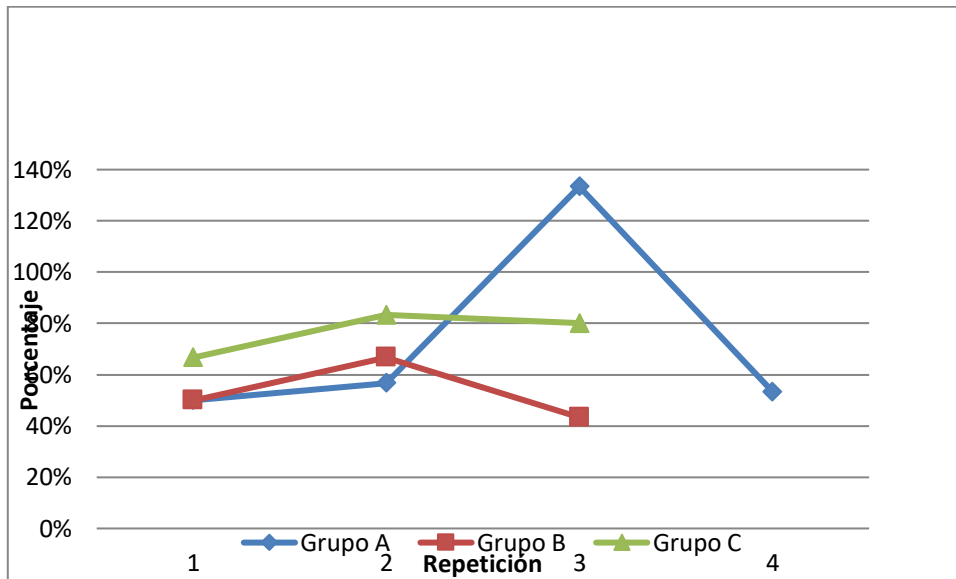


Figura 3: Porcentaje de adaptación del gusano de maguey y/o chinicuil en cada tratamiento.

7.2 Peso final

Para la determinación del peso final (g), se tomó en cuenta el peso que presentaban en conjunto los gusanos extraídos de un solo maguey así mismo se calculó el peso promedio que presentaba cada gusano con base a el número de gusanos extraídos. Los pesos más altos en conjunto se registraron en el Grupo B, teniendo valores de 10.26 gr como el máximo y un mínimo de 8.79 gr, por otro lado en el Grupo A se registraron valores por debajo de los 9 gr dejando a este grupo con los menores pesos producidos por maguey. Sin embargo al realizar el análisis de varianza (Tabla 1) no se demostró que hubiera alguna diferencia significativa entre las medias que presentaba los pesos de cada tratamiento utilizando $P > 0.05$.

Tabla 1: Comparación de las medias obtenidas de los pesos finales en conjunto producidos en cada repetición.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| Grupo B | 9.77 | 3 | 1.24 | A |
| Grupo C | 8.26 | 3 | 1.24 | A |
| Grupo A | 6.97 | 4 | 1.07 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la figura 4 se muestra los pesos en promedio que presentaba cada gusano al final de la investigación, podemos observar en el Grupo B se encuentra gusanos con pesos más altos, teniendo gusanos que pueden llegar a pesar más de 0.79 gr, por otro lado en el Grupo C se encuentran gusanos con pesos más uniformes que oscilan entre los 30 y 45 gr. Sin embargo igual que como ha pasado con los pesos

en conjunto al realizar el análisis de varianza y una prueba de comparación de Tukey utilizando $P > 0.05$ no se ha encontrado alguna diferencia significativa entre los resultados de los tratamientos.

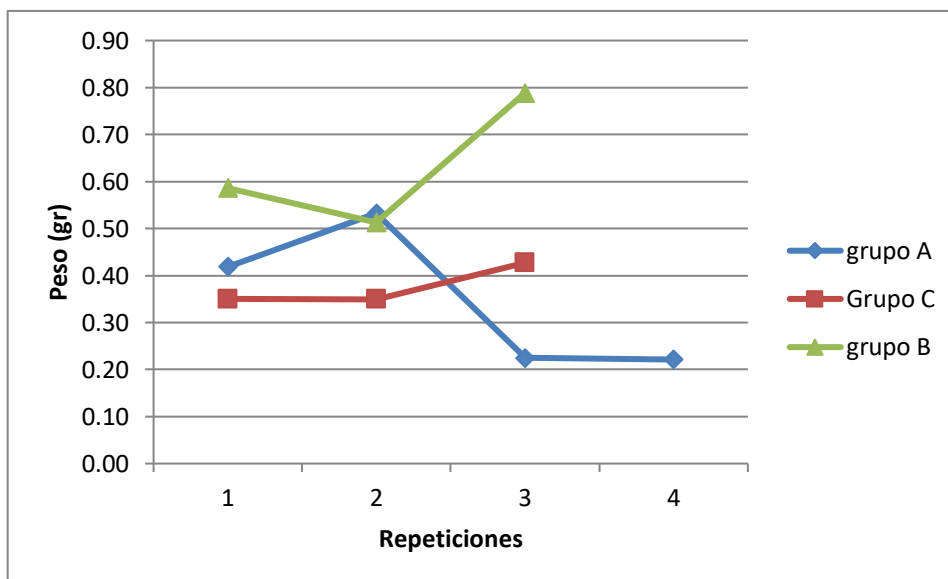


Figura 4: Peso promedio final de cada gusano producido en cada repetición.

Tabla 2: Comparación de las medias obtenidas de los pesos promedio finales que presentaba cada gusano producido en cada repetición.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| Grupo B | 0.63 | 3 | 0.07 | A |
| Grupo C | 0.38 | 3 | 0.07 | A |
| Grupo A | 0.35 | 4 | 0.06 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

7.3 Ganancia de peso

En la Tabla 3 se muestra como hubo una diferencia significativa ($p > 0.05$) entre la ganancia de peso que obtuvieron los gusanos pertenecientes al Grupo B con respecto a los pertenecientes al Grupo C, dicho esto en el Grupo B se registraron ganancias de peso por arriba de los 40gr y hasta de 62gr en los 68 días que duró la investigación. Por otro lado se obtuvieron valores mínimos de hasta 0.03gr de ganancia en el Grupo A. De igual manera se reporta que no se encontró diferencia significativa entre los Grupos B-A y A-C respectivamente.

Tabla 3: Comparación de las medias obtenidas de la ganancia de peso obtenida en los gusanos después de la investigación.

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | | |
|--------------|--------|---|------|---|---|
| Grupo B | 0.44 | 3 | 0.08 | A | |
| Grupo A | 0.15 | 4 | 0.07 | A | B |
| Grupo C | 0.13 | 3 | 0.08 | | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

7.4 Longitud

Los valores obtenidos en las longitudes (cm) fueron sometidos a una comparación de medias con la prueba de Tukey considerando $P > 0.05$ (Tabla 4), los resultados indican que entre el Grupo B y C no se encontró diferencia significativa dado que en el Grupo B se presentaban longitudes en promedio de 3.25 cm, mientras que los chemicules del Grupo C tenían longitudes en promedio de 3.07cm. En cuanto al Grupo A este si presento diferencias significativas con respecto a los otros dos grupos teniendo chemicules con apenas 2.45 cm en promedio de longitud.

Tabla 4: Comparación de las medias obtenidas de la longitud que presentaban los chinicuiles en su momento más largo.

| <u>Tratamiento</u> | <u>Medias</u> | <u>n</u> | <u>E.E.</u> | |
|--------------------|---------------|-----------|-------------|----------|
| Grupo B | 3.25 | 30 | 0.10 | A |
| Grupo C | 3.07 | 30 | 0.10 | A |
| <u>Grupo A</u> | <u>2.45</u> | <u>40</u> | <u>0.09</u> | <u>B</u> |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

VIII. DISCUSIÓN

Para la producción de gusano de maguey (chinicuil) Llanderal et al (2009) aconsejan tener magueyes con un mínimo de seis meses de establecimiento si estos han sido extraídos del campo, con la finalidad de evitar deficiencias en la absorción de agua por la destrucción de raíces. En esta investigación los magueyes utilizados presentaban aproximadamente más de un año de establecimiento, y por lo menos en los magueyes con alturas inferiores a los 40 cm presentaron producciones bajas y mayores daños a la integridad del maguey, esto pudo haber sido causado por el desarrollo que presenta la raíz y la piña en estas alturas mencionadas.

Espinosa (2018) observó una relación inversa de la altura de las plantas con el porcentaje de daño en el tallo subterráneo, cuando la altura de los magueyes rondaba entre los 30 y 40 cm el porcentaje de plantas dañadas era de 45% aproximadamente y este mismo porcentaje disminuía cuando la altura de los magueyes aumentaba, encontrando así cerca de un 10% de plantas dañadas cuando la altura superaba los 60 cm. en esta investigación se observaron efectos semejantes puesto que el mayor daño se registró en magueyes con alturas menores a los 40 cm, mientras que con alturas mayores a 60cm las plantas no presentaban daños al utilizar una densidad de 30 gusanos por planta.

En los magueyes con alturas de 80 centímetros a un metro se notó que el suelo lograba retener mayor humedad, lo cual pudo beneficiar en la adaptación de los gusanos (chinicuil) y así lograr obtener mayores ganancias de peso, todo esto concuerda con Llanderal et al (2009) que indican que para obtener una buena cantidad de larvas con peso aceptable, es indispensable definir el nivel óptimo de humedad, tomando en cuenta también el tamaño del maguey y la madurez de su sistema radical.

Espinosa (2018) después de su investigación deduce que la movilidad de las larvas es intensa y no puede ser controlada fácilmente. Lo cual a la vez concuerda con Llanderal et al (2007) quienes observaron como las larvas colocadas en el suelo tuvieron una alta movilidad a pesar del uso de láminas para delimitar bloques. Todo esto puede explicar el acontecimiento que se presentó en los magueyes con alturas menores a los 40 cm (Grupo A), donde en uno de los magueyes se encontró un número de larvas mayor al que inicialmente fue introducido, lo cual nos indica que los gusanos suelen cambiar de maguey cuando las condiciones son desfavorables para sobrevivir.

IX. CONCLUSIONES

Al término de este estudio los resultados nos indican que al inocular gusanos y/o chinicuiles en magueyes con alturas de entre 60cm y un metro se puede obtener un mayor nivel de adaptación, recuperando así un mayor número de gusanos vivos para su posterior comercialización y consumo, sin embargo estos mismo gusanos presentarían longitudes y pesos finales medianos. Estos resultados pueden tener mayores beneficios cuando el propósito de la producción sea la venta individual de los gusanos. Cuando el propósito de la producción sea obtener un mayor volumen ya sea en peso o tamaño del chinicuil, este estudio recomienda utilizar magueyes con alturas de 40 a 60 cm.

La producción sustentable del gusano de maguey y/o chinicuil se puede llevar a cabo en cualquiera de los dos grupos antes mencionados y esta misma producción no llega a perjudicar la integridad posterior de los magueyes, ya que si se utilizan alturas inferiores a los 40 cm, se corre el riesgo de que la infestación termine con la vida del maguey tal como sucedió en el presente estudio.

Con todo lo anterior mencionado se puede inferir que el tamaño adecuado de los magueyes para la producción sustentable del chinicuil estará enfocado en el propósito principal de venta y/o consumo. Por otro lado sería de suma importancia realizar más estudios con cargas larvarias mayores a la utilizada, para medir el efecto que estas causen en la planta del maguey.

X. LITERATURA CITADA

- Almanza E. 2007. ESTABLECIMIENTO DE LARVAS DE *Comadia redtenbacheri* HAMM. EN PLANTAS DE MAGUEY EN INVERNADERO. Colegio de Postgraduados.
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1277/Almanza_Valenzuela_EI_MC_Entomologia_y_Acarologia_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cárdenas M. 2018. CRÍA DEL ESTADO LARVAL Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE *Comadia redtenbacheri*. Colegio de Postgraduados.
http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4255/1/Cardenas%20Aquino%20MR%20DC%20F_Entomologia_Acarologia_2018.pdf
- Contreras C. 2013. Los efectos de la denotación de factores y ventajas absolutas en el comercio internacional. Potencial de exportación del gusano de maguey en México. *Tesis: Instituto Politécnico Nacional*.
- De Luna, V. B., Macías J., Esparza G., Tarango L., & Méndez S. (2013). Insectos comestibles en pinos Zacatecas. *Agro productividad*
- Delgado I., Llandera C., Miranda K., De los Santos H. 2017. PUPACIÓN, EMERGENCIA DE ADULTOS Y OVIPOSICIÓN DE *Comadia redtenbacheri* (LEPIDOPTERA: COSSIDAE) EN VIVERO PUPATION. *AGROCIENCIA*.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n4/1405-3195-agro-51-04-00447.pdf>
- Espinosa E. 2005. Insectos para comer y ganar. *Diario El Universal*.
- Espinosa N. 2018. CULTIVO DEL INSECTO COMESTIBLE *Comadia redtenbacheri* *Hammerschmidt* EN PLANTAS DE MAGUEY. Colegio de Postgraduados,
http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4245/1/Espinosa_Garcia_N_DC_F_Entomologia_Acarologia_2018.pdf
- FAO. 2013. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente.
<https://www.fao.org/documents/card/ef/c/43148c54-4ac9-5510-84a1-79dba6fb6fef>
- Fleta J. 2018. Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional?. *Sanidad Militar*. <https://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000100008>

- García R., Galán M., Cuevas J. & Álvarez R. 2020. Identificación y caracterización morfológica de agaves en sistemas agroforestales con metepantle en tierras campesinas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2468/4253#info>
- Hernández E., Villa M. & Álvarez J. 2022. LOS INSECTOS COMESTIBLES DEL ESTADO DE HIDALGO: UN POTENCIAL ALIMENTARIO POCO VALORADO Universidad Politécnica de Pachuca. <https://www.upp.edu.mx/inmenioplus/pdfs/INMENIOplusHR01b.pdf>
- INEGI 2009 Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos "Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala" Consultado en https://nanacamilpa.ayuntamientodigital.gob.mx/transparencia/nanacamilpa/ayuntamiento_64_I.FV.200324135722_29021-prontuario.pdf
- LLANDERAL-CÁZARES, Celina, SANTOS POSADAS, Héctor M. DE LOS, ALMANZA-VALENZUELA, Iván, NIETO-HERNÁNDEZ, Ramón, & CASTILLEJOS CRUZ, Carlos. (2010). Establecimiento del gusano rojo en plantas de maguey en invernadero. *Acta zoológica mexicana*, 26(1), 25-31. Recuperado en 13 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000100003&lng=es&tlng=es.
- Miranda Román, Guillermo, & Quintero Salazar, Baciliza, & Ramos Rostro, Beverly, & Olguín-Arredondo, Héctor Armando (2011). La recolección de insectos con fines alimentarios en la zona turística de Otumba y Teotihuacán, Estado de México. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 9 (1), 81-100. [fecha de Consulta 19 de Octubre de 2022]. ISSN: 1695-7121. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88116214008>
- Narváez A., Jiménez M., Martínez T. & Cruz B. 2016. PULQUE MAGUEY (Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck): AN OPTION FOR RURAL DEVELOPMENT. *Revista Agroproductividad*. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320616.pdf>
- Narváez A., Martínez T. & Jiménez M. 2016. El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Revista de Geografía Agrícola*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75749287005>
- Ramírez A., & Llanderal C. 2015. Morfología del sistema reproductor de la hembra de *Comadia redtenbacheri* (Hammerschmidt) (Lepidoptera: Cossidae). *Acta zoológica mexicana*. Recuperado de:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S006517372015000300008&lng=es&tlng=es

2022 Turística Hidalgo El Chinicuil De Hidalgo

<http://www.turistichidalgo.com/item/54-el-chinicuil-de-hidalgo.html>

Ramos-Elorduy J. 2009. ¿Los insectos se comen?. *Universidad Nacional Autónoma de México* Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C. P. 04510, México, Distrito Federal.
https://www.dgdc.unam.mx/assets/cienciaboletto/cb_09.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Maguey pulquero
[https://www.gob.mx/siap/articulos/magueypulquero?idiom=es#:~:text=El%20maguey%20pulquero%20\(Agave%20salmiana,con%2010%20metros%20de%20circunferencia](https://www.gob.mx/siap/articulos/magueypulquero?idiom=es#:~:text=El%20maguey%20pulquero%20(Agave%20salmiana,con%2010%20metros%20de%20circunferencia).

Turística Hidalgo. 2022. El Chinicuil De Hidalgo
<http://www.turistichidalgo.com/item/54-el-chinicuil-de-hidalgo.html>

Vargas L., Rodríguez A., Rodríguez T., Callejas J. & Ventura A. 2019. CONOCIMIENTOS BÁSICOS DEL CICLO BIOLÓGICO DE *Acentrocneme hesperiaris* (Lepidoptera: Megathymidae). Universidad Politécnica de Francisco I. Madero <https://upfim.edu.mx/wp-content/investigacion/libros/hesperiaris.pdf?t=1660850656>.

Viesca F. & Romero A. 2009. La Entomofagia en México. Algunos aspectos culturales *El Periplo Sustentable*. Consultado en <https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/5039>