



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

“Formulación de nanoherbicidas a partir de D-Limoneno para su evaluación en malezas bajo invernadero”

QUE PRESENTAN:

**AMBAR ESTRELLA DANIEL GOMEZ
SAGRARIO NOEMI JIMENEZ ESTRADA**

ASESORA:

DRA. MARIA DE JESUS RAMIREZ RAMIREZ

REVISORES:

**MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO
MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERAS EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2024.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **14/Febrero/2024**

No. DE OFICIO: D.SA/345/2024
ASUNTO: Autorización de impresión definitiva y digitalización.

**C. AMBAR ESTRELLA DANIEL GOMEZ
C. SAGRARIO NOEMI JIMENEZ ESTRADA
PASANTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN
INNOVACIÓN AGRICOLA SUSTENTABLE
P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL: OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"Formulación de nanoherbicidas a partir de D-Limoneno para su evaluación en malezas bajo invernadero"** y determinó que dan cumplimiento con los requisitos establecidos, se les notifica que tienen la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educar para transformar

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL**



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario: -

MIBR/**VP**/RNP/VHPS/mjhc



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **09/Febrero/2024**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/126/2024
ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

MTI. VIOLETA HAIDE PLAZOLA SOLTERO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	AMBAR ESTRELLA DANIEL GOMEZ
NO. DE CONTROL:	19940240
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRICOLA SUSTENTABLE
NOMBRE DEL PROYECTO:	"Formulación de nanoherbicidas a partir de D-limoneno para su evaluación en malezas bajo invernadero"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

x

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educar para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro


ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



 DRA. MARIA DE JESUS RAMIREZ RAMIREZ Nombre y firma del asesor	 MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO Nombre y firma del revisor	 MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA Nombre y firma del revisor
--	--	--

C.c.p.- Expediente.
PYC/mjhc*



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **09/Febrero/2024**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/125/2024
 ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

MTI. VIOLETA HAIDE PLAZOLA SOLTERO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

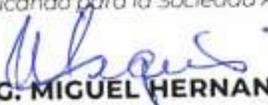
NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	SAGRARIO NOEMI JIMENEZ ESTRADA
NO. DE CONTROL:	19940234
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE
NOMBRE DEL PROYECTO:	"Formulación de nanoherbicidas a partir de D-limoneno para su evaluación en malezas bajo invernadero"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

x

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
 Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro


ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



 DRA. MARIA DE JESUS RAMIREZ RAMIREZ Nombre y firma del asesor	 MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO Nombre y firma del revisor	 MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA Nombre y firma del revisor
--	--	--

C.c.p.- Expediente.
 PYC/mjhc*



AGRADECIMIENTOS

En esta etapa que concluyo, quisiera agradecer primeramente a Dios porque su sabiduría ha sido mi guía para tomar buenas decisiones en mi vida.

Agradezco a mis padres, a mis hermanas Dalia, Montze, Daniela, Melanie y a mi hermano Guillermo, por todo su amor, paciencia y apoyo que me brindaron y me siguen brindando en cada etapa de mi vida.

A Gerardo Flores por ser un gran apoyo y motivación para seguir dando lo mejor.

A la Dra. María de Jesús Ramírez Ramírez por sus consejos, enseñanzas y por su confianza en mí para desarrollar este proyecto que me permitió crecer y madurar no solo como estudiante sino también como persona.

A mis amigos y compañeros de la carrera por su cariño, apoyo, consejos y comprensión, pero más que nada por su sincera amistad y por permitirme ser parte de su vida.

¡¡¡Muchas Gracias!!! – Ambar Estrella Daniel Gómez

A mi Dios que me ha bendecido con una familia maravillosa, con la inteligencia y capacidad de llegar hasta este momento tan importante en mi vida; y ha permitido que la compañía de la mayoría de las personas más importantes para mi sea un hecho hasta este momento.

A mis padres, no encuentro la forma ni las palabras de expresarles todos mis agradecimientos y amor, ya que sin ellos no habría realizado este sueño que hoy sigue un rumbo satisfactorio, pues con su amor, apoyo y comprensión me han otorgado la mejor de las herencias.

A mis hermanas, que me han enseñado, guiado y transmitido sabiduría a través de sus consejos que se encuentran repletos de amor y unidad.

A Isaac Arenas por apoyarme e impulsarme a ser mejor en mi trabajo y en mi vida personal, es quien ha contribuido en esta nueva etapa a generar más confianza en lo que hago y lo que se; además de siempre estar conmigo en momentos en los que pude haberme rendido.

A mis amigos que siempre y a pesar de todo han contribuido en mi formación profesional, alentándome a no rendirme y sobre todo a perseguir mis ambiciones más altas.

A mi mejor amigo Francisco, quien se quedó conmigo en mis peores momentos y me brindo su apoyo incondicional, pero sobre todo siempre encontró una forma de alentarme.

A mis profesores por otorgarme sus conocimientos, enseñanzas, prácticas y consejos para un buen desempeño académico.

A mi compañera Ambar Gómez por su entusiasmo y dedicación en este proyecto, ya que es una parte fundamental del mismo.

A mis asesores, ingenieros y amigos del Test plot de Tapalpa, ya que en ellos no solo he encontrado maravillosas personas y grandes amigos, sino que también han sido parte fundamental en mi aprendizaje, pues me han compartido de su gran conocimiento y un gran apoyo.

Sagrario Noemí Jiménez Estrada

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco, en el Laboratorio de Suelos y Aguas e invernadero. Con el objetivo de formular un nano herbicida a partir de extracto natural de D-Limoneno para su evaluación en malezas en invernadero. Para las formulaciones se utilizó el método propuesto por Somala et al. 2022, con modificaciones. La evaluación en invernadero se realizó bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, A los siete días de siembra, se evaluó el porcentaje de germinación. Cuando las plántulas median 20cm. de altura, se realizaron aplicaciones de tres dosis del nano herbicida formulado: T1(1.0 mL), T2(2.5 mL), T3(5 mL), además de los tratamientos T4(Glifosato) y Testigo(agua) en malezas de hoja ancha: *Ricinus communis*, *Amaranthus spp*, *Tithonia tubaeformis* y *Portulaca oleracea*. A las 72 hrs., después de la aplicación, se evaluó el efecto del nano herbicida en las variables: índice de clorofila (CI) e índice de severidad, comparados con el Testigo. Los resultados mostraron el mismo efecto sobre el porcentaje de germinación en todos los tratamientos, el cual fue de 70 %. En el caso de las variables índice de clorofila e índice de severidad, al realizar los análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas por efecto de los tratamientos del nano herbicida a un nivel de significancia del 99%, por lo que se rechaza la H_0 , ya que el T3 con una dosis de 5mL/100 mL de agua, las malezas presentaron una reducción en el CI de 11.92 en comparación con el Testigo de 42.59 unidades SPAD y para la variable índice de severidad, también fue el que presentó el mayor índice con un 7.75 en comparación con el Testigo de 1.00. Por lo que se concluye que, hay evidencia suficiente para decir que el nano herbicida a base de D-limoneno, tiene un efecto significativo en la reducción del índice de clorofila (CI) y en el incremento en el índice de severidad en la mortandad de malezas, aun mayor que el Glifosato.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. HIPOTESIS	17
3.1 Hipótesis nula (H_0)	17
3.2 Hipótesis alternativa (H_1)	17
4. REVISIÓN DE LITERATURA	18
4.1 Uso de glifosato, glufosinato y paraquat para el manejo de malezas en el cultivo de lechuga.....	18
4.2 “Efecto de diferentes dosis de glifosato en el combate de malezas en una plantación de palma aceitera en el caserío la merced de Neshuya, distrito de campo verde”	18
4.3 Herbicidas orgánicos alternativa al glifosato para el control de maleza en presiembra en el norte de Tamaulipas	19
4.4 Evaluación de bioherbicida formulado a partir de compuestos orgánicos sobre seis malezas.....	19
4.5 Caracterización de saponinas de <i>Agave durangensis</i> y <i>salmiana</i> , y su efecto en la pared y membrana celular de <i>Kluyveromyces marxianus</i> y <i>Saccharomyces cerevisia</i>	19

4.6 Desarrollo de nuevas formulaciones para incrementar la eficiencia y el uso racional de agroquímicos.....	20
4.7 Obtención de formulaciones del herbicida imazetapir en forma de concentrado soluble al 10%.....	20
4.8 Fraccionamiento al vacío de aceites esenciales: Separación D-limoneno.....	21
4.9 Actividad herbicida de tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses.....	21
4.10 Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de agave lechuguilla Torrey.....	22
4.11 “Evaluación de la extracción de saponinas de dos variedades de agave (<i>Sisalana perrine</i> , <i>Americana L.</i>).....	22
4.12 Evaluación de formulación de saponinas de agave y limoneno como bioherbicida.....	22
4.13 “Formulación y Evaluación de Bioherbicidas Orgánicos como alternativas al uso del Glifosato”.....	23
4.14 Optimización del proceso y estabilidad de nano emulsiones de D-limoneno en agua preparadas mediante emulsificación ultrasónica utilizando la metodología de superficie de respuesta.....	23
4.15 Proceso de formulación, estabilidad física y actividades herbicidas de la nano emulsión a base de aceite esencial de <i>Cymbopogon nardus</i>	23
4.16 Síntesis y Caracterización de Nanopartículas Magnéticas.....	24
4.17 Evaluación de los métodos de centrifugación y de tratamiento hidrotermal para la obtención de nanopartículas de fosfatos de calcio.....	24
4.18 Escala de fitotoxicidad (European Weed Research Council).....	24
4.19 Descripción botánica de las malezas.....	25
4.19.1 <i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	25

4.19.2 <i>Amaranthus spp.</i>	27
4.19.3 <i>Ricinus communis L.</i>	29
4.19.4 <i>Portulaca oleracea L.</i>	31
5. MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1 Ubicación del área de estudio	33
5.2 Obtención del material vegetal	33
5.3 Formulación de la mezcla base	34
5.4 Establecimiento del diseño experimental	34
5.4.1 Preparación del sustrato	35
5.4.2 Desinfección de macetas	36
5.4.3 Siembra de semillas	37
5.4.4 Mantenimiento de las malezas	38
5.4.5 Germinación de semillas	38
5.4.6 Preparación del nano herbicida	38
5.4.7 Aplicación de formulaciones en malezas	39
5.4.8 Variables a evaluar en post-emergencia, índice de Clorofila (CI) e Índice de Severidad	40
5.5 Análisis Estadístico	41
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	42
6.1 Germinación de malezas	42
6.2 Formulación del nano herbicida	42
6.3 Evaluación de unidades SPAD	44
6.4 Evaluación del índice de severidad en malezas EWRS	46
6.5 Índice de Severidad basado en la escala EWRS	52
7. CONCLUSIONES	55

8.Literatura citada	56
---------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes de cada tratamiento.....	39
Tabla 2 Tratamientos con diferentes concentraciones	40
Tabla 3 Clorofila	44
Tabla 4 Resultados basados visualmente con EWRS.....	47
Tabla 5 Severidad	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 EWRC	25
Figura 2 <i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.	26
Figura 3 <i>Amaranthus</i> spp	28
Figura 4 <i>Ricinus communis</i> L.	30
Figura 5 <i>Portulaca oleracea</i> L.....	31
Figura 6 Ubicación del área de estudio	33
Figura 7 Ultrasonido	Figura 8
Centrifugadora	34
Figura 9 Diseño experimental.....	35
Figura 10 Preparación del sustrato.....	36
Figura 11 Estufa SN 160	36
Figura 12 Desinfección de macetas	37
Figura 13 Siembra de Malezas.....	38
Figura 14 Aplicación de nano herbicidas en sus diferentes tratamientos ...	40
Figura 15 Germinación de malezas	42
Figura 16 Nano emulsiones.....	43
Figura 17 Tratamientos con el Nano herbicida	43
Figura 18 Clorofila respecto a tratamientos	45
Figura 19 Clorofila respecto a malezas	46
Figura 20 Severidad respecto a tratamientos	53
Figura 21 Severidad respecto a malezas	54

1. INTRODUCCIÓN

Los espacios agrícolas que tienen alta o baja productividad, presentan muchos problemas y uno de estos son las malezas que son aquellas que causan daño económico y social al agricultor, en este contexto los agroecológicos consideran que el uso de los herbicidas químicos que utilizan los productores ha originado cambios dañinos en la flora de las áreas agrícolas. Todo esto empezó por los problemas que venían provocando estas malas hierbas, por ejemplo: su fuerte competencia con los cultivos por los nutrientes, el agua, la luz y la liberación de sustancias a través de sus raíces y sus hojas que resultan ser tóxicas a los cultivos, creando un hábitat favorable para la proliferación de otras plagas (artrópodos, ácaros, patógenos y otros) al servir de hospederas, interfiriendo el proceso normal de cosecha y contaminando la producción obtenida. Por lo tanto, se hace uso de los herbicidas químicos que han sido útiles y poderosas herramientas para el control de las malezas, en los distintos sistemas agrícolas, como la utilización de fertilizantes químicos y de plaguicidas sintéticos, por lo que este modelo de producción agrícola es para muchos insostenible, debido al inmenso impacto que produce en el ambiente, por ejemplo: el glifosato ha sido relacionado con diferentes tipos de cáncer, autismo y Alzheimer. Junto a los efectos en la salud humana, se han reportado efectos negativos en el medio ambiente pues para tener buen cuidado en el cultivo se utilizan los herbicidas, para que estas malezas no interfieran con el agua, espacio, luz y los nutrientes necesarios para que la planta se desarrolle, ya que si se desarrollan estas malas hierbas junto al cultivo estas reducirán su productividad y calidad. En el 75% de la superficie del País se realizan aplicaciones de herbicidas que contaminan el medio ambiente. En 2019, se consumieron 56´000,000 de herbicidas y el uso del Glifosato fue de 25´000,000 de litros, de los cuales el 35% se usaron en maíz, 14% en cítricos, 12% en praderas, 11% en caña, 3% en Aguacate, 2% en Agave, 2% en Mango y en Café 3%.

Por lo tanto, para lograr eliminar las malezas, además del control sostenible de los productos y la seguridad ambiental, es crucial buscar sustitutos que puedan sustituir los herbicidas sintéticos. El desarrollo de herbicidas naturales utilizando metabolitos secundarios de plantas es promovido como una alternativa sostenible que puede preservar el medio ambiente y la salud de los agricultores. Los métodos de tratamiento con herbicidas de las plantas mediante el cual las plantas y hierbas que no se desean se eliminan mediante el uso de una formulación que sea altamente eficaz. Por lo que la invención de formulaciones de herbicidas “de eliminación inmediata” con el componente limoneno, el cual es una sustancia química natural que se encuentra en altas concentraciones en cítricos y especias. El limoneno, que se conoce, se produce naturalmente en diversos aceites etéreos, particularmente en aceites de limón, naranja, lima, pomelo, eneldo y bergamota, además tiene actividad herbicida. La forma d del limoneno es un líquido que tiene un punto de ebullición de 175.5-176 grados centígrados. Debido a lo anterior, se desarrollaron diferentes formulaciones a partir de D-limoneno, para el control de malezas de importancia agrícola, como una alternativa al uso de herbicidas sintéticos con especial atención al uso del Glifosato.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Formular y evaluar el efecto de un nano herbicida a partir de D-Limoneno para el control de cuatro malezas de importancia económica bajo condiciones de invernadero.

2.2 Objetivos específicos

Formular un nano herbicida orgánico a base de D-limoneno para el control de malezas de importancia económica

Evaluar la efectividad de diferentes dosis del nano herbicida en cuatro malezas y compararlo contra el testigo glifosato.

Determinar la mejor dosis de nano herbicida en función del índice de clorofila (CI) e índice de severidad en la mortandad de las malezas.

3. HIPOTESIS

3.1 Hipótesis nula (H_0)

El nano herbicida a base de D-limoneno no tiene efecto en el índice de clorofila (CI) y no incrementa el índice de severidad en la mortandad de malezas.

3.2 Hipótesis alternativa (H_1)

El nano herbicida a base de D-limoneno reduce el índice de clorofila (CI) e incrementa el índice de severidad en la mortandad de malezas.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Uso de glifosato, glufosinato y paraquat para el manejo de malezas en el cultivo de lechuga

La aplicación de los herbicidas glifosato, glufosinato y paraquat en diferentes concentraciones y llevando a cabo un conteo de plantas para determinar el nivel de severidad y control de malezas en el cultivo de lechuga, presenta una efectividad del 88% por parte del paraquat en los primeros 4 días de la aplicación a diferencia de glifosato el cual tuvo una efectividad de 78% a los 13 días de aplicación, a los 18 días de aplicación ambos controles redujeron dejando como el mejor tratamiento al paraquat con un 18% de reducción en segundo el glifosato con un 30% de reducción (Ramirez, 2023).

4.2 “Efecto de diferentes dosis de glifosato en el combate de malezas en una plantación de palma aceitera en el caserío la merced de Neshuya, distrito de campo verde”.

El efecto del glifosato en concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 L/ha malezas de 30, 60 y 90 cm, demuestra que el uso de una dosis de 1.5 L/ha tiene mayor eficiencia en el control de las malezas *Imperata contracta* (Kunth) Hitchc (*cashaucsha*) y *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (*shapumba*) que presentaban una altura de 30 centímetros (TANTAJULCA, 2020).

4.3 Herbicidas orgánicos alternativa al glifosato para el control de maleza en presiembra en el norte de Tamaulipas

La aplicación de glifosato como método pre-emergente de malezas en comparativa con dos herbicidas orgánicos establecen que ninguno de los herbicidas orgánicos supero el efecto del glifosato, presentando el porcentaje de severidad de 90.3 en *Amaranthus palmeri* y de *S. elaeagnifolium* 93.1 y 87.5%, con mejores resultados, en segundo la *Euphorbia serpens* y zacates con un intervalo de 69 a 88 % de eficiencia (Espinosa-Ramírez & Cisneros-López, 2022).

4.4 Evaluación de bioherbicida formulado a partir de compuestos orgánicos sobre seis malezas

El control de malezas de hoja ancha *Tagetes erecta*, *Helianthus annuus* y *Amaranthus*, y hoja angosta *Sorghum*, *Triticum* y *Zea mays*, poniendo como alternativa sustentable un bioherbicida a base de saponinas de agave y d-limoneno con efectividad de un 39.44% en las malezas de hoja ancha al mismo tiempo con un 33.33% efectividad en hoja angosta en comparación a *Sec Natural®* que presenta una efectividad de 36.04% en malezas de hoja ancha y un 30.08% en plantas de hoja angosta. Los productos tuvieron resultados similares en cuanto a malezas de hoja angosta, el producto a base de saponinas se considera más eficaz en el control de malezas de hoja ancha (Ramirez, 2023).

4.5 Caracterización de saponinas de *Agave durangensis* y *salmiana*, y su efecto en la pared y membrana celular de *Kluyveromyces marxianus* y *Saccharomyces cerevisia*

El efecto de las saponinas de los agaves *Duranguenses*, *Salamina ssp* y *Crassispina*, a diferentes concentraciones de extracto de saponinas en la pared y membrana celular de las levaduras *fermentativas Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus*. El *A. durangensis* fue el que afectó más a *Saccharomyces cerevisiae*, ya que por parte de *K. marxianus*, se observó una mayor resistencia por la actividad saponinasa (Valle, 2018).

4.6 Desarrollo de nuevas formulaciones para incrementar la eficiencia y el uso racional de agroquímicos

Aplicación de D-limoneno y Acido pelargonico como tratamiento inhibitorio en semillas de malezas de hoja ancha y hoja angosta mostrando una reacción inhibitoria muy baja por parte del d-limoneno en una concentración de 1%, exponiendo mayor eficacia el Ácido pelargonico con una concentración de 1% un 20% de semillas germinadas, una evaluación adicional expone que el uso conjunto de los productos tiene una mayor eficacia en la inhibición de germinación (Belgrano, 2020).

4.7 Obtención de formulaciones del herbicida imazetapir en forma de concentrado soluble al 10%

Manejo y control de características físico químicas de los herbicidas, así como proceso de formulación para generar la estabilidad de los productos durante su tiempo en estantería y uso; llevando a cabo medidas de pH, dosis de ingredientes y densidad del producto se obtuvieron 3 mezclas estables para comercialización en una concentración de 10% y dos mezclas que no cumplían los estándares establecidos (Davila, 2021) .

4.8 Fraccionamiento al vacío de aceites esenciales: Separación D-limoneno

La extracción d-limoneno utilizando métodos de aislamiento de aceite esencia y fraccionamiento al vacío para una carga de 3.9 kg de materia vegetal de naranja en un tiempo de 18 minutos para obtener un extracto rico en D-limoneno, analizando mediante el análisis GC-MS los resultados fueron para el D-limoneno que se encontraron más de 22 entre los más importantes aceites esenciales con 99.14% de compuesto terpenicos y D-limoneno con 92.64% (ESCOBEDO, 2019).

4.9 Actividad herbicida de tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses

El control de *Bidens pilosa*, *Amaranthus sp.*, *Echinochloa colona* y *Rottboellia cochinchinensis* mediante extractos naturales, d-limoneno al 55 %, extracto de pino al 15 % (*Pinus sp.*) y extracto de tomillo al 23 % (*Thymus vulgaris*) y en comparativa con el glufocinato de amonio 14 SL en donde se observó daño en las primeras dos horas en la aplicación de extractos naturales en especial en D-limoneno con daños mayores a 4.25 en todas las especies mientras que el extracto de pino causó mayores daños en *Amaranthus sp.*, *E. colona* y *R. cochinchinensis*, mientras que el extracto de tomillo en *Amaranthus sp* y *R. cochinchinensis*. A diferencia de los efectos de los herbicidas orgánicos el glufocinato no tubo daños significativos (Aguero Alvarado, 2021).

4.10 Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de agave lechuguilla Torrey

Agave lechuguilla *Torrey* para la extracción de saponinas de agave para esto llevaron a cabo el método de Hiai en donde varían el tipo de ácido y el tiempo de reacción. Los azúcares generados por la hidrólisis tienen relación con la cantidad de saponinas ya que existe una gran correlación con el índice de azúcares y cantidad de saponinas (HERNANDEZ, 2005).

4.11 “Evaluación de la extracción de saponinas de dos variedades de agave (*Sisalana perrine*, *Americana L.*)

Los agaves *Sisalana perrine*, *Americana* fueron utilizados en la extracción de saponinas para la elaboración de jabón líquido en la cual se utilizó la identificación de saponinas con una prueba de espuma en la cual mayor cantidad de espuma se produjo *Sisalana perrine* y metanol con un promedio de 10,1 cm de espuma seguido por el tratamiento agave *Sisalana perrine* y etanol con un promedio 9,8 cm, de espuma con un tiempo de 66 minutos (Anibal, 2015).

4.12 Evaluación de formulación de saponinas de agave y limoneno como bioherbicida

El efecto osmótico que se produce al implementar el uso de aceites esenciales d-limoneno y saponinas de agave en el control de malezas en el *Agave tequilana Weber Var. Azul*, demostró que al entrar en contacto con la planta el producto actúa como un desecante ocasionando la deshidratación de la planta, de esta manera la penetración de los compuestos hidrolizados permite que tenga mayor efectividad (Nuñez, 2023).

4.13 “Formulación y Evaluación de Bioherbicidas Orgánicos como alternativas al uso del Glifosato”

La evaluación de daño en la aplicación de emulsiones sobre las malezas *Sorghum* y *Cenchrus echinatus* demostró que su efecto se ve reflejado en las en las primeras 24 y 30 horas con la muerte total de la maleza a comparación de la rapidez de acción en las malezas *Tithonia diversifolia* y *Amaranthus spinosus* presentó que la muerte total es en las primeras 42 y 48 horas concluyendo que las emulsiones tienen una rapidez de acción mayor en malezas de hoja angosta (Barragan M. L., 2022).

4.14 Optimización del proceso y estabilidad de nano emulsiones de D-limoneno en agua preparadas mediante emulsificación ultrasónica utilizando la metodología de superficie de respuesta

La emulsificación ultrasónica mediante el método de superficie de respuesta con una concentración de D-limoneno de 10% con una potencia de 10W durante 120s y con un pH específico en diferente temperatura basándose en la maduración Ostwald una estabilidad durante 8 semanas (Lim, 2011).

4.15 Proceso de formulación, estabilidad física y actividades herbicidas de la nano emulsión a base de aceite esencial de *Cymbopogon nardus*

El uso de surfactantes Tween 60 y Span 60 para mantener el equilibrio hidrofílico de las mezclas y mediante el método de microscopia electrónica de transmisión donde el estudio demostró que el tamaño de las partículas cambia de 58 a 140nm en diferentes temperaturas; las nano emulsiones probadas en *Echinochloa crus-galli* muestran que estos compuestos tienen efectos inhibitorios en sus semillas (Somala, 2024).

4.16 Síntesis y Caracterización de Nanopartículas Magnéticas

La reducción de partículas para la aplicación tecnológica y biomédicas mediante los métodos DRX y TEM puede generar una reducción de las mismas; llevándose a cabo el ciclo de histéresis, para probarlo se realizó una síntesis con hierro metálico y óxido de hierro donde las partículas obtenidas tenían un tamaño de 430 440 nm (Fernández., 2013).

4.17 Evaluación de los métodos de centrifugación y de tratamiento hidrotermal para la obtención de nanopartículas de fosfatos de calcio

La aplicación de métodos de centrifugación y tratamiento hidrotermal a partir de reacción de precipitación aplicada en fosfatos de calcio para la obtención de partículas de 44.98 y 82.21 nm y su estabilización en diferentes fases, arrojó que son métodos viables para la generación de nanopartículas y su uso de tecnologías médicas (Buitrago-Vásquez, 2024).

4.18 Escala de fitotoxicidad (European Weed Research Council)

La escala desarrollada por el European Weed Research Council es una escala logarítmica, en donde los niveles de actividad decrecen a medida que la efectividad crece, lo que permite una evaluación más detallada en el rango de actividad aceptable, el cual también se definió arbitrariamente entre 1 y 4 (Figura 1). La diferencia entre clases en el rango aceptable supone que el observador no puede apreciar diferencias menores a dos puntos porcentuales (Senasica, 2024).

Escala de fitotoxicidad (*European Weed Research Council*) EWRS

1	Ausencia de fitotoxicidad
2	Síntomas muy leves
3	Síntomas leves
4	Síntomas acusados (no repercuten en la productividad)
5	Síntomas con daño moderado (pérdida de productividad)
6	Síntomas con daño elevado
7	Síntomas muy elevados
8	Síntomas severos
9	Perjuicio total

Figura 1 EWRC

4.19 Descripción botánica de las malezas

4.19.1 *Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass.

Conocido como: Andan, tacote, gigantón, tasajo, con un aspecto físico presentado en la (Figura 2).



Figura 2 *Tithonia tubiformis* (Jacq.) Cass.

4.19.1.1 Características generales.

Es una maleza de ciclo anual, que se propaga principalmente por semillas. Se encuentra vegetando a fines de la primavera, caracterizándose por presentar diferentes pulsos de germinación hasta el final del verano. Florece y fructifica hacia fines de otoño y comienzo del invierno, tiñendo de amarillo dorado con sus características flores, las orillas de rutas y caminos. El tamaño es hasta 4 m de alto (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Tallo: Cilíndrico, finamente estriado, veloso-hirsuto en toda su extensión, aunque el indumento es más denso en los tallos jóvenes y en los pedúnculos de las cabezuelas, de tal modo que se ven blanquecinos, cuando no es así, son rojizos o verdosos, más o menos ramificado (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Hojas: Alternas con pecíolos de 1.5 a 11 cm de largo, láminas ovadas a triangular-ovadas (las superiores a menudo lanceoladas), hasta de 15 cm de largo y 17 cm de ancho, ápice acuminado, margen crenado-aserrado, base a menudo truncada o subcordada, pero decurrente sobre el pecíolo, hispido-pilosas y verdes oscuros en

el haz, mucho más densamente pubescentes y más pálidas en el envés, sobre todo en la juventud. Suaves al tacto, no ásperas, como en *Simsia* o *Helianthus* (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Inflorescencia: Cabezuelas solitarias o agrupadas por varias en el extremo de las ramas, sobre pedúnculos fistulosos, ensanchados y cubiertos por pubescencia larga y densa hacia su extremo, hasta de 45 cm de largo; involucro anchamente campanulado, sus brácteas 15 a 25, de largo subigual o algo desigual, oblongas a lanceoladas, de 1.5 a 3.5 cm de largo, hispido-pilosas; receptáculo convexo a hemisférico, paleas ovadas, de 10 a 18 mm de largo, cuspidadas o aristadas y a menudo oscuras en el ápice (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Cabezuelas/Flores: Flores liguladas de 11 a 20, sus corolas amarillas a anaranjadas, las láminas elípticas, hasta de 5 cm de largo; flores del disco (30) 60 a 200, sus corolas amarillas o anaranjadas, 5 a 7 mm de largo, el tubo de 0.5 mm de largo (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Frutos y semillas: Aquenio oblongo-cuneado, grueso, de 4 a 6 mm de largo, pálido, velutino, vilano de 2 aristas anchas, desiguales, hasta de 3.5 mm de largo, 12 a 14 escamas desiguales, lacerado-fimbriadas, de 0.3 a 1.2 mm de largo, a veces las aristas faltan (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

4.19.2 Amaranthus spp.

Conocido como: Quelite, Bledo y Amaranto. A continuación, se muestra su fotografía en la (Figura 3).



Figura 3 Amaranthus spp

4.19.2.1 Características generales

Estas especies poseen ciertas características asociadas al establecimiento de plántulas, la habilidad competitiva frente al cultivo y la dispersión de semillas, que les aseguran el éxito. En cuanto al establecimiento, producen gran cantidad de semillas pequeñas que germinan y emergen durante un extenso periodo de tiempo. Las semillas recién dispersadas poseen alto nivel de dormición, que luego disminuye con las bajas temperaturas del invierno. El tamaño es hasta 2 metros de alto, pero generalmente de 1 metro o menos. Los tallos son longitudinales y a veces rojizos con frecuencia muy ramificado (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Hojas: Láminas foliares ampliamente lanceoladas a ovadas u ovado-rómbicas, de 3 a 15 (30) cm de largo por 1 a 7 cm de ancho, ápice redondeado a agudo, mucronado, base atenuada o cuneada, a veces algo teñidas de rojo, prominentemente venosas en el envés; pecíolos delgados, hasta de 10 (15) cm de largo (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Inflorescencia: De numerosas flores dispuestas en verticilos muy cercanos entre sí, la inflorescencia terminal es erguida, de 4 a 12 cm de largo por 1 a 2.5 cm de ancho,

las laterales hasta de la mitad de esas dimensiones, erguidas o extendidas; brácteas ovadas a lanceoladas, hasta de 5 mm de largo, acuminadas y largamente aristadas en la punta, del doble o más del largo de los tépalos (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Flores: Por lo general pentámeras, pequeñas, de ± 0.2 mm de longitud, en conjuntos densos ligeramente espinoso que se encuentran en el extremo de las ramas y en las axilas de las hojas; tépalos en número de 5, oblongos a linear-oblongos, de 1.5 a 2 mm de largo, uninervados, agudos; estambres comúnmente 5; ramas del estigma 3 (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Frutos y semillas: utrículo subgloboso, igual o más corto que los tépalos, se abre transversalmente, de 0.15-0.18 cm de diámetro, con una sola semilla, pericarpio fuertemente rugoso; semillas de contorno circular a aovado de (0.9) 1.25 (1.5) mm de largo y (0.8) 1.0 (1.2) mm de ancho; comprimidas, de color brillante café-rojizo a negro (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Plántulas: Cotiledones lanceolados a elíptico u oblongos, de 4 a 10 mm de largo y 1.5 a 4.5 mm de ancho; sin pelos, de color púrpura rojizo en el envés; hojas alternas, ocasionalmente con apariencia de opuestas (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

4.19.3 *Ricinus communis* L.

Conocido como: Higerilla, palmacristi, ricino, higuera del diablo (Figura 4).



Figura 4 Ricinus communis L.

4.19.3.1 Características generales

Hábito y forma de vida: Planta herbácea alta, a veces algo arbustiva, de color verde claro a azul-grisáceo, en ocasiones rojiza. El tamaño es hasta 6 metros de alto. El tallo es engrosado y ramificado.

Hojas: Lámina casi orbicular, de 10 a 60 cm de diámetro, profundamente palmatilobada, las divisiones ovado-oblongas a lanceoladas, agudas o acuminadas, borde irregularmente dentado-glanduloso; pecíolo tan largo o más largo que la lámina: glándulas entre la lámina y el pecíolo (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

Flores: Flores masculinas con un perianto de 6 a 12 mm de largo, el de las flores femeninas de 4 a 8 mm de largo, ovario densamente cubierto por largos tubérculos blandos, que parecen pelos gruesos.

Frutos y semillas: El fruto es una cápsula subglobosa, de 1.5 a 2.5 cm de largo, con espinas cortas y gruesas (equinado); semillas elipsoides, algo aplanadas, de 10 a

17 mm de largo, lisas, brillantes, frecuentemente jaspeadas de café y gris, conspicuamente carunculadas (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

4.19.4 *Portulaca oleracea* L.

Conocido como: Verdolaga, getozkia; como a continuación se presenta en la (Figura 5).



Figura 5 *Portulaca oleracea* L

4.19.4.1 *Características generales*

La verdolaga es una planta muy molesta en algunos cultivos hortícolas, pero a la vez es una planta comestible popular. Hay evidencia arqueológica de su presencia en América antes de Colón.

Hábito y forma de vida: Hierba carnosa, rastrera, a veces algo ascendente, con pocos pelos o sin ellos. El tamaño es de 5 a 40 cm de largo. El tallo es a veces rojizo, ramificado con las ramas extendidas radialmente.

Hojas: Alternas, obovado-cuneadas a espatuladas, de 0.5 a 3 (5) cm de largo, por 0.2 a 1.5 cm de ancho, ápice redondeado o truncado, base cuneada.

Flores: Flores sésiles, solitarias o agrupadas por pocas, rodeadas por escasos (a veces ningunos) pelos inconspicuos; sépalos ovados a orbiculares, de 2.5 a 4.5 mm de largo y de ancho, algo aquillados; pétalos amarillos, de 3 a 5 mm de largo; estambres 6 a 10, estilo 4 a 6-lobado.

Frutos y semillas: El fruto es una cápsula de 5 a 9 mm de largo, circuncísil cerca de la mitad; semillas circulares, rara vez triangulares, comprimidas, color café o negro, granular-tuberculadas, de casi 1 mm de ancho.

Plántulas: Hipocótilo cilíndrico, de 6 a 12 mm de longitud, sin pelos; cotiledones de lámina carnosa estrechamente elíptica, de 1.5 a 3.5 mm de largo y hasta 1 mm de ancho, sin pelos; sin epicótilo; hojas opuestas, de lámina elíptica, sin pelos (Vibrans, Malezas de Mexico, 2009).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó en un invernadero del Instituto Tecnológico de Tlajomulco y en el laboratorio de Suelos y Agua (Figura 6) ubicado en el Km.10 Carretera Tlajomulco – San Miguel Cuyutlán, RFC TNM140723GFA, Correo electrónico: DIR_TLAJOMULCO@TECNM.MX Tel: 3329021130.



Figura 6 Ubicación del área de estudio

5.2 Obtención del material vegetal

Las semillas de Higuierilla (*Ricinus communis*), Amaranto (*Amaranthus spp*), Tacote (*Tithonia tubaeformis*) y Verdolaga (*Portulaca oleracea*), se seleccionaron de macetas del invernadero del Instituto Tecnológico de Tlajomulco a partir de plantas adultas y con excelente arquitectura (altas, buen grosor de tallo, etc.). Para la selección se tuvo en cuenta que cada una de las plantas seleccionadas de las macetas estuvieran libres del ataque de cualquier tipo de insectos y plagas.

5.3 Formulación de la mezcla base

La formulación de la mezcla base del nano herbicida se llevó a cabo en el laboratorio de Suelos y Aguas, para lo cual se utilizó el método propuesto por Somala et al. 2022 con modificaciones. La fase alososa se mezcló con el Polisolbato 20, posteriormente se sometió 50°C durante 30 minutos. Por otro lado, se preparó una solución con agua y un cosolvente en proporciones de 0.5-1.0, se sometió a dos métodos: por medio de ultrasonido durante 10 minutos a 130 watts (Figura 7), y posteriormente al método de ultra centrifugación a 12,000 rpm durante 2 minutos de acuerdo con la Patente ES2459876T3 (Figura 8).



Figura 7 Ultrasonido



Figura 8 Centrifugadora

5.4 Establecimiento del diseño experimental

Para la evaluación del bioherbicida en el invernadero, se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos. Cada unidad experimental constó de 16 macetas. Se dejó 5.0 cm de distancia entre cada bloque (Figura 9). Para ello se llevó a cabo la preparación del



Figura 10 Preparación del sustrato



Figura 11 Estufa SN 160

5.4.2 Desinfección de macetas

Para la desinfección de macetas, se utilizaron dos tambos con capacidad de 200 litros de agua a la cual se agregó 20 mL de Hipoclorito de Sodio a una concentración

del 6% (Figura 12), ahí se introdujeron las macetas y se dejaron durante 48 horas, antes de adicionar el sustrato previamente esterilizado.



Figura 12 Desinfección de macetas

Una vez desinfectada la mezcla del sustrato y las macetas, se llevaron al invernadero donde se procedió a llenar cada maceta con la cantidad suficiente de la mezcla de sustrato, para posteriormente realizar el acomodo de las macetas por bloque, mismas que fueron regadas a capacidad de campo.

5.4.3 Siembra de semillas

La siembra de semillas de Higuera (*Ricinus communis*), Amarantho (*Amaranthus spp*), Tacote (*Tithonia tubaeformis*) y Verdolaga (*Portulaca oleracea*), seleccionadas para el experimento, se realizó de manera manual, colocando 10 semillas por maceta, las cuales se cubrieron con el mismo sustrato (Figura 13).



Figura 13 Siembra de Malezas

5.4.4 Mantenimiento de las malezas

Las macetas con las malezas, recibieron los cuidados necesarios durante el tiempo que duró el experimento.

5.4.5 Germinación de semillas

A los siete días de siembra de malezas, se realizó la evaluación del porcentaje de germinación, para determinar si se contaba con plántulas con el vigor suficiente, para llevar a cabo el experimento.

5.4.6 Preparación del nano herbicida

En el momento en que las malezas establecidas tenían una altura aproximada de 20cm, se llevó a cabo la preparación del nano herbicida en el laboratorio de Suelos y Aguas (Tabla 1).

Tabla 1 Componentes de cada tratamiento

# Tratamientos	Componentes
1	1 ml mezcla base + 98 ml agua destilada + 1 ml Breakthru
2	2.5 ml mezcla base + 96.5 ml agua destilada + 1 ml Breakthru
3	5 ml mezcla base + 94 ml agua destilada + 1 ml de Breakthru
4	5 ml Glifosato + 95 ml de agua destilada
Testigo	100 ml agua destilada

5.4.7 Aplicación de formulaciones en malezas

Una vez preparado el nano herbicida, se procedió a realizar las aplicaciones en post-emergencia dirigida (Figura 14) dentro del invernadero módulo tres, cuando las malezas tenían 20 cm. de altura aproximadamente y en cada bloque del diseño experimental ya establecido (Tabla 2).



Figura 14 Aplicación de nano herbicidas en sus diferentes tratamientos

Tabla 2 Tratamientos con diferentes concentraciones

Tratamientos				
1	2	3	4	Testigo –
1 ml	2.5 ml	5 ml	5 ml Glifosato	100 mL agua
			Testigo +	

5.4.8 Variables a evaluar en post-emergencia, índice de Clorofila (Cl) e Índice de Severidad

Las variables evaluadas fueron, índice de clorofila en unidades SPAD mediante un equipo marca Minolta e índice de severidad, para el control de malezas mediante la escala de fitotoxicidad propuesta por la EWRS (European Weed Research Society).

5.5 Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó en el software SAS (Statistical Analysis System). Ver. 9.8, en el cual se procesaron los datos y se obtuvo el Análisis de Varianza y la prueba de media de Tukey.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Germinación de malezas

A los siete días de la siembra de malezas, se evaluó el porcentaje de germinación, obteniendo porcentajes del 70% en cada tratamiento (Figura 15). La planta alcanzó la altura de 20 cm., momento en el que se realizaron las aplicaciones.



Figura 15 Germinación de malezas

6.2 Formulación del nano herbicida

Después de la aplicación de la metodología establecida por Somala, et al. 2022 y de pruebas exhaustivas realizadas (Figura 16), se logró formular la mezcla base para el nanoherbicida.



Figura 16 Nano emulsiones

Una vez que se contaba con la mezcla base, se procedió a la preparación de los tratamientos del nano herbicida, para su aplicación (Figura 17).



Figura 17 Tratamientos con el Nano herbicida

6.3 Evaluación de unidades SPAD

A las 72 hrs. después de la aplicación, se realizó la evaluación de contenido de clorofila de las hojas de las malezas, lo que nos permitió determinar cuál de los tratamientos presentó el menor índice en unidades SPAD (Tabla 3). En el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos en el índice de clorofila (CI), con un coeficiente de variación del 26.05 y una significancia al 99%.

Análisis estadístico ANOVA

Variable dependiente: CLOR

Tabla 3 Clorofila

Origen	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado de media	de la Valor F	Pr > F
Modelo	19	39877.09487	2098.79447	28.21	<.0001
Error	180	13392.11109	74.40062		
Total, corregido	199	53269.20596			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de CLOR
0.748596	26.05557	8.625579	33.10455

C.V. = 26.05 y al 0.01 de probabilidad

Al realizar la separación de las medias mediante la prueba de Tukey, se observa que el tratamiento T3, con dosis 5mL/100mL y al 10% en concentración de D-limoneno, es el que presentó el menor índice de clorofila en malezas de 11.92, superando al tratamiento T4 (Glifosato) con 34.70, en comparación con el Testigo absoluto de 42.59 (Figura 18). Nuestros resultados difieren con los presentados por (Barragan M. L., 2022) quién encontró índices de clorofila de 20.24 en la mejor concentración de 35%.

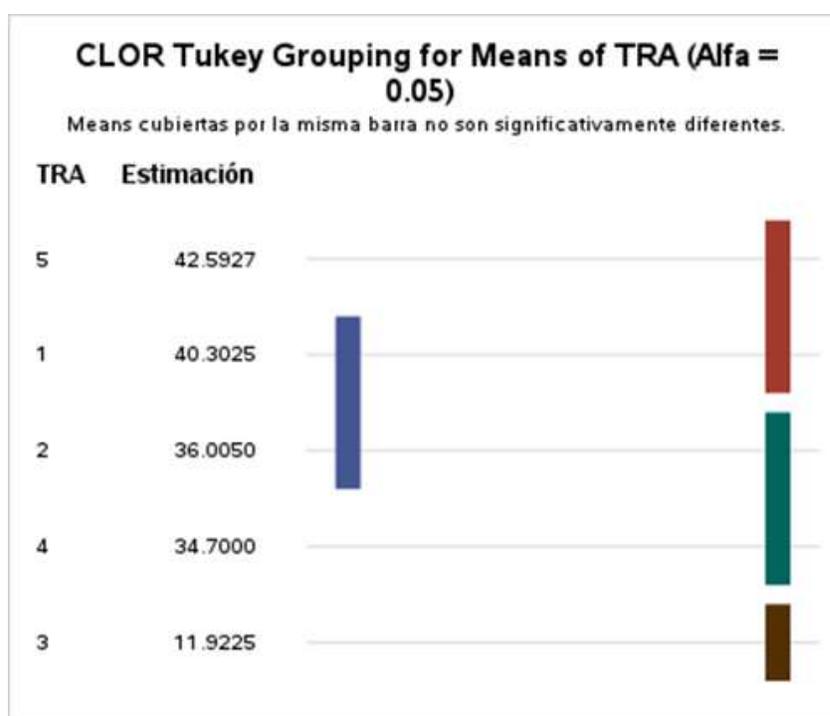


Figura 18 Clorofila respecto a tratamientos

En relación a las malezas que presentaron menor índice de clorofila, fueron Amaranto (*Amaranthus spp*), y Verdolaga (*Portulaca oleracea*) (Figura 19), con valores de 29.00 y 27.63 respectivamente y con mayor contenido Higuierilla (*Ricinus communis*), y Tacote (*Tithonia tubaeformis*) con valores de 39.29 y 36.48.

Resultados semejantes fueron presentados por (Barragan M. L., 2022) en la maleza de Tacote con un índice de clorofila de 33.77.

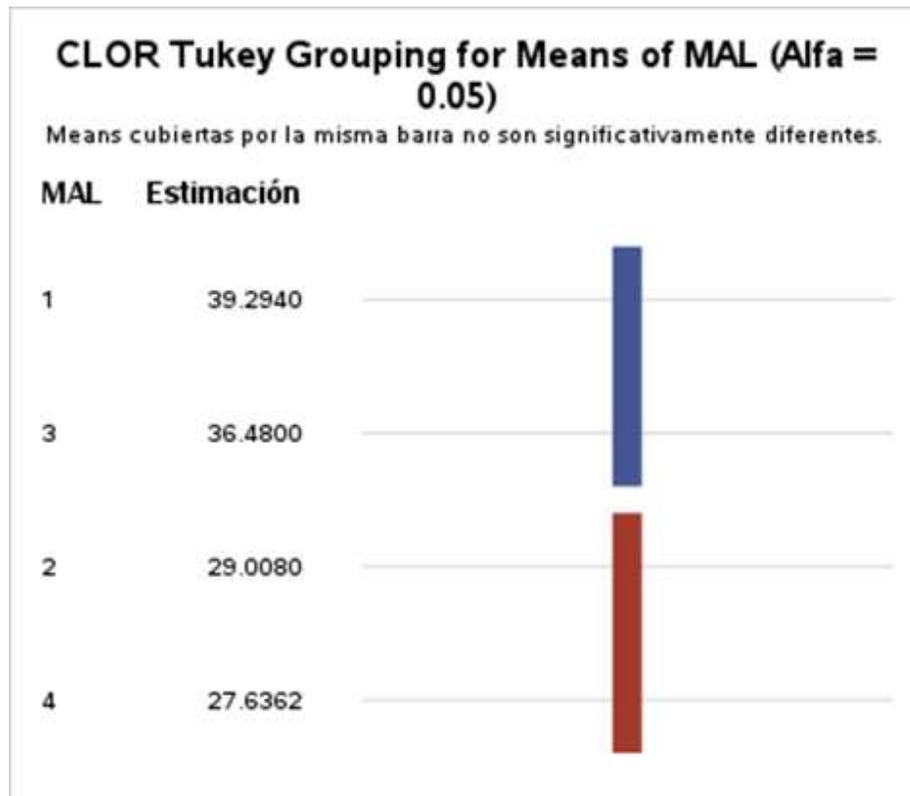
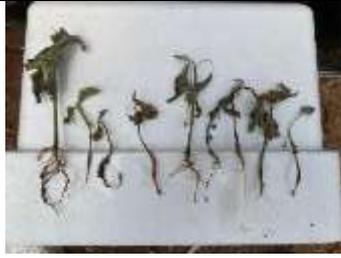


Figura 19 Clorofila respecto a malezas

6.4 Evaluación del índice de severidad en malezas EWRS

Los resultados de los tratamientos al realizar la evaluación de la severidad, en la escala visual del Sistema Europeo, los tratamientos que presentaron mayor daño fueron los T3 y T4 en las cuatro malezas evaluadas con valores muy similares (Tabla 4).

Tabla 4 Resultados basados visualmente con EWRS

Tratamiento 1.		
Planta		
	Higuierilla (<i>Ricinus communis</i>)	5
	Amaranto (<i>Amaranthus spp</i>)	6
	Tacote (<i>Tithonia tubaeformis</i>)	7
	Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	5

Tratamiento 2		
Planta		
	Higuierilla (<i>Ricinus communis</i>)	5
	Amaranto (<i>Amaranthus spp</i>)	6
	Tacote (<i>Tithonia tubaeformis</i>)	6
	Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	5

Tratamiento 3		
Planta		
	Higuera (<i>Ricinus communis</i>)	8
	Amaranto (<i>Amaranthus spp</i>)	8
	Tacote (<i>Tithonia tubaeformis</i>)	8
	Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	7

Tratamiento 4		
Planta		
	Higuera (<i>Ricinus communis</i>)	7
	Amaranto (<i>Amaranthus spp</i>)	8
	Tacote (<i>Tithonia tubaeformis</i>)	8
	Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	7

Tratamiento 5		
Planta		
	Higuerilla (<i>Ricinus communis</i>)	1
	Amaranto (<i>Amaranthus spp</i>)	1
	Tacote (<i>Tithonia tubaeformis</i>)	1
	Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	1

6.5 Índice de Severidad basado en la escala EWRS

Al realizar el análisis de varianza se encontró una diferencia altamente significativa con un coeficiente de variación de 5.96 por efecto de los tratamientos, en el índice de severidad (Tabla 5).

Tabla 5 Severidad

Origen	DF	Suma de Cuadrados	de Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	7	1934.400000	276.342857	2566.04	<.0001
Error	312	33.600000	0.107692		
Total, corregido	319	1968.000000			

R-cuadrado	Var Coef.	Raíz MSE	Media de SEV
0.982927	5.966637	0.328165	5.500000

C.V.= 5.96 al 0.01 de probabilidad

Al realizar la separación de las medias mediante la prueba de Tukey, se observa que el tratamiento T3, con dosis 5mL/100mL y al 10% en concentración de D-limoneno, es el que presentó el mayor índice de severidad de 7.75, le sigue el tratamiento T4 (Glifosato) ligeramente menor con 7.50 en comparación con el Testigo absoluto 1.00 (Figura 20). Los efectos del nano herbicida a partir de nano emulsiones presentan un tamaño de partícula más pequeña, lo que le da mayor estabilidad y al entrar en contacto con la planta, actúa como un desecante

ocasionando la deshidratación y por con siguiente, un índice de severidad mayor. Núñez y colaboradores en el 2023, probaron diferentes dosis de un bioherbicida, encontrando que la mejor dosis fue de 10mL/100 mL y con una concentración de D-limoneno de 25%, con los que obtuvieron porcentajes de mortandad en malezas de 76% en promedio.

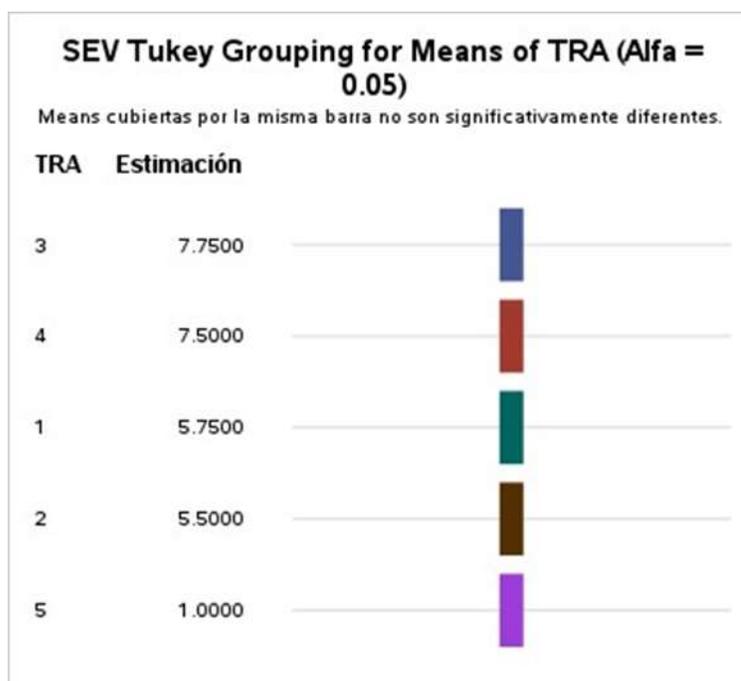


Figura 20 Severidad respecto a tratamientos

La separación de medias a través de la prueba de Tukey, nos permitió determinar cuál de las malezas de hoja ancha, presentó mayor índice de severidad, encontrándose que Tacote (*Tithonia tubaeformis*,) presentó un índice de 6.0 y la maleza con menor severidad fue Verdolaga (*Portulaca oleracea*) con un índice de 5.0 (Figura 21). Estos resultados concuerdan con los de (Belgrano, 2020), ya que demostró que, aplicando D-limoneno como tratamiento inhibitorio en malezas de hoja ancha y hoja angosta, tienen una mayor eficiencia y además con esto se disminuye el uso de agroquímicos.

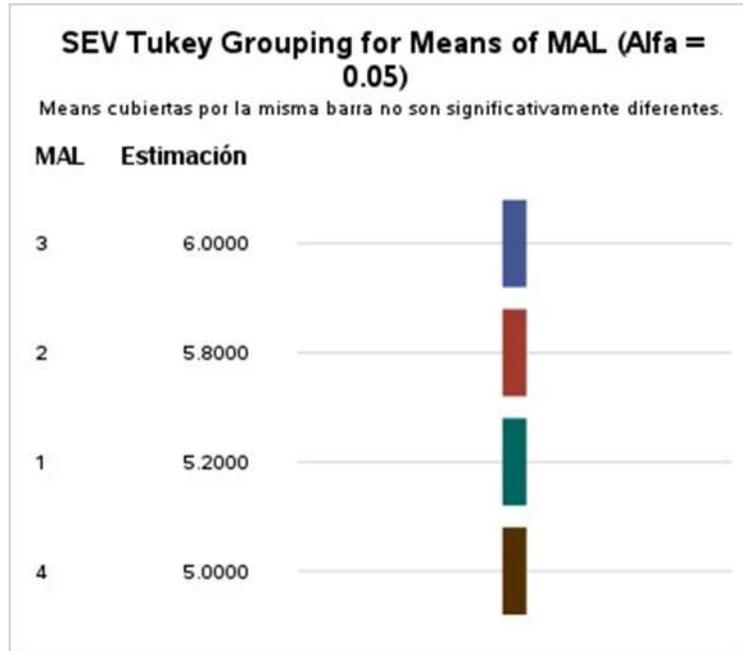


Figura 21 Severidad respecto a malezas

7. CONCLUSIONES

El método de ultrasonido junto con el método de centrifugación, mejoró el efecto del nano herbicida, ya que da como resultado una disminución en el tamaño de partícula lo que le da mayor estabilidad al producto y al entrar en contacto con la planta, actúa como un desecante, ocasionando la deshidratación y por consiguiente, un índice de severidad mayor.

En relación al índice de clorofila (CI), el T3 tuvo el mejor resultado, al disminuir el índice de clorofila de las cuatro malezas de hoja ancha evaluadas, lo que nos indica que la mejor dosis del nano herbicida fue de 5mL/100mL y a una concentración de D-limoneno de 10%.

Las malezas con menor índice de clorofila fueron Amarantho (*Amaranthus spp*), y Verdolaga (*Portulaca oleracea*) con valores de 29.00 y 27.63 respectivamente.

En la escala de severidad, el tratamiento T3, fue el que presentó mayor índice de severidad con un valor de 7.75, a diferencia del T4 (Glifosato), quien presentó un valor ligeramente menor de 7.50. Encontrándose mayor índice de severidad, por parte del nano herbicida evaluado.

8.Literatura citada

- Aguero Alvarado, &. P. (2021). *Bioherbicida con compuestos organicos* .
Michoacan.
- ALVARADO REYES BEATRIZ HELENA. (2014). *ÁCIDOS CARBOXÍLICOS Y SUS
DERIVADOS*. Obtenido de
[https://www.ieciudaddeasis.edu.co/ova/ova/acidoscarboxilicos/dos/index.ht
ml](https://www.ieciudaddeasis.edu.co/ova/ova/acidoscarboxilicos/dos/index.html)
- Amable, C. Q., & Aníbal, Y. V. (agosto de 2015). Obtenido de UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI: [file:///C:/Users/52332/Downloads/T-UTC-
00183.pdf](file:///C:/Users/52332/Downloads/T-UTC-00183.pdf)
- Anibal, A. y. (2015). *Evaluación de la extracción de saponinas de dos variedades de
agave* .
- Antonio Ribeiro da Cunha^{1*}, I. K. (2015). Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo
de plantas de lisianthus en función de diferentes dosis de nitrógeno en
ambiente protegido. Chile: IDESIA.
- Barragan, M. L. (19 de Septiembre de 2022). Obtenido de Instituto Tecnológico de
Tlajomulco:
[https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5702/1/MARIA%20LORETO%
20SOZA%20BARRAGAN.pdf](https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5702/1/MARIA%20LORETO%20SOZA%20BARRAGAN.pdf)
- Barragan, M. L. (2022). *Formulación y Evaluación de Bioherbicidas Orgánicos como
alternativas al uso del Glifosato*".
- Belgrano, M. J. (2020). *Desarrollo de nuevas formulaciones para incrementar la
eficiencia y el uso racional de agroquímicos*.
- Buitrago-Vásquez, M. (2024). *dialnet*.

- BuitragoVásquez, M., GonzálezOcampo, J. I., & Orozco, C. P. (2017). Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6007049>
- Davila, G. &. (2021). *Obtención de formulaciones del herbicida imazetapir en forma de concentrado soluble al 10%* .
- Domínguez, D. M. (2014). *Formulación y caracterización de nano-emulsiones de* . Monterrey.
- ESCOBEDO, M. J. (2019). *Fraccionamiento al vacío de aceites esenciales: Separación D-limoneno*. Peru.
- Espinosa-Ramírez, M., & Cisneros-López, M. E. (2022). Herbicidas orgánicos alternativa al. En *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 26,. Redalic.
- Fernández, K. C. (Enero de 2013). Obtenido de Centro de investigaciones en Optica, A.C.: <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/559/1/15611.pdf>
- Fernández., I. K. (2013). *Síntesis y Caracterización de Nanopartículas* .
- Guevara, J. (s.f.). Bioherbicida a partir de extracto fenólico obtenido de residuos de almazaras. En J. Gutiérrez.
- Hammerl, M. (12 de Diciembre de 2017). *Global Nature Found*. Obtenido de Red Living Lakes.
- Hasenbein, S., Peralta, P., Lawler, S., & Connon, R. (2017). Las concentraciones ambientalmente relevantes de herbicidas impactan en especies no objetivo en múltiples puntos finales subletales. . *Ciencia del Medio Ambiente*, 607–608: 733–743.
- HERNANDEZ, R. (2005). *EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN INDIRECTA DE LAS SAPONINAS*.
- Kimitec. (viernes 27 de septiembre de 2020). *kimitec* . Obtenido de <https://kimitec.com/experimento-bioherbicida-sustituto-glifosato/>

- Lawrence, S., Varghese, S., Varghese, E., Asok, A., & Jisha, M. (2019). Derivados de quinolina que producen *Pseudomonas aeruginosa* H6 como un bioherbicida eficiente para el manejo de malezas. *Biocatálisis y Biotecnología Agrícola*.
- Li, P.-H. (23 de Julio de 2011). Obtenido de ELSEVIER: <file:///C:/Users/52332/Downloads/LIMONENO%20NANOEMULSION.pdf>
- Lim. (2011). *Extracción de Limoneno, Optimización del proceso y estabilidad de nano emulsiones de D-limoneno en agua preparadas mediante emulsificación ultrasónica utilizando la metodología de superficie de respuesta.*
- Lutz, M. I., Agüero Alvarado, R., & Portuguez García, M. P. (Oct de 2021). Obtenido de [file:///C:/Users/52332/Downloads/Dialnet-ActividadHerbicidaDeTresProductosNaturalesSobreCua-8064063%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/52332/Downloads/Dialnet-ActividadHerbicidaDeTresProductosNaturalesSobreCua-8064063%20(5).pdf)
- Masí, M., Fredda, F., Sangermano, F., Calabro, V., Cimino, A., Cristóforo, M., & Meyer, S. (2019). *Radixinina, una fitotoxina fúngica como bioherbicida específico para el control del pasto buffel invasivo (Cenchrus ciliaris).*
- Nuñez. (2023). *Evaluación de formulación de saponinas de agave y limoneno como bioherbicida.*
- Nuñez, R. I. (3 de Mayo de 2023). Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/5770/1/TESIS%20ROCIO%20ITZAYANA%20LOPEZ%20NU%C3%91EZ.pdf>
- Pamela, M. (12 de julio de 2019). herbicida natural.
- Pinilla. (2010). *componentes basicos de las formulaciones.* Obtenido de https://issuu.com/veroivo/docs/formulaciones_de_herbicidas_libro_impresio
n#:~:text=COMPONENTES%20B%C3%81SICOS%20DE%20LAS%20FOR

MULACIONES%20la%20formulaci%C3%B3n%20de%20un%20herbicida, a
ctivo%2C%20material%20transportador%20y%20coadyuvante

productos, I. m. (2021). *Que Es Un Producto Sistemico?* Obtenido de
<https://sustentables.org/producto/que-es-un-producto-sistemico-mejor-solucion.html>

Ramirez, M. D. (17 de MAYO de 2023). Obtenido de REVISTA TECNOLOGICA
CEA N°18, TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO EN ROQUE:
file:///C:/Users/52332/Downloads/ARTICULO%20INDIZADA%20EVALUACI
%C3%93N%20DE%20BIOHERBICIDA%20(1).pdf

Ramos, M. (s.f.). *hsnstore*. Obtenido de ¿que son las saponinas?:
<https://www.hsnstore.com/blog/nutricion/alimentos-funcionales/saponinas/>

Rica, U. d. (s.f.). Saponinas esteroidales de la planta *Agave brittoniana* (Agavaceae)
con actividad contra el parásito *Trichomona vaginalis*. *Revista de Biología
Tropical*, 1645-1652.

S, R. H., C, E. C., Díaz, L., & Villanueva, S. (24 de Maezo de 2015). Obtenido de e-
Gnosis: <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000311.pdf>

Senasica. (2024). *Escala de Fitotoxicidad (European Weed Research Council)
EWRS*.

Somala. (2024). *Nanoemulsiones con metabolitos secundarios*.

Somala, N. (13 de Febrero de 2024). Obtenido de Springer:
file:///C:/Users/52332/Downloads/Articulo%20formulaciones.pdf

TANTAJULCA, J. L. (2020). "EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE GLIFOSATO
EN EL . Perú, PUCALLPA.

Valle, M. C. (2018). *Caracterización de saponinas de Agave durangensis y .*

Valle, M. C. (2018). *Caracterización de saponinas de Agave durangensis y .*

- Venini, L. (2022). *el abc rural*. Obtenido de <https://elabcrural.com/pasto-cubano-como-controlar-esta-maleza-que-extrae-nutrientes-y-empobrece-el-suelo/#:~:text=La%20Tithonia%20tubaeformis%2C%20com%C3%BAment e%20conocida,y%20el%20comienzo%20del%20invierno>
- Vibrans, H. (14 de Julio de 2009). Obtenido de Malezas de Mexico: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tithonia-tubiformis/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H. (16 de Agosto de 2009). Obtenido de Malezas de Mexico: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/amaranthaceae/amaranthus-hybridus/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H. (20 de Julio de 2009). Obtenido de Malezas de Mexico: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.htm>
- Vibrans, H. (14 de Julio de 2009). Obtenido de Malezas de Mexico: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/melampodium-repens/fichas/ficha.htm>