



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME DE SERVICIO SOCIAL (ACTIVIDADES RELACIONADAS
CON LA PROFESIÓN), PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Actividades de apoyo al proyecto de “Identificación de la expresión del transgén
CP4 en algodón mediante el uso del herbicida glifosato”**

QUE PRESENTA LA ALUMNA
Melissa Ríos López

Matrícula
2183028633

ASESORA INTERNA

Dra. Ana Karina Rodríguez Vicente
No. Económico 34395
Universidad Autónoma Metropolitana
Departamento El Hombre y su Ambiente

ASESORA EXTERNA

Dra. Ana Laura Wegier Brioulo
Jardín Botánico, Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

El glifosato es un herbicida ampliamente utilizado en la agricultura para controlar malezas, ingresando a través de las hojas de las plantas y afectando la biosíntesis de aminoácidos esenciales. Su baja toxicidad para mamíferos y su mínima actividad en el suelo lo convierten en una opción popular. Sin embargo, su uso excesivo en cultivos resistentes al glifosato plantea preocupaciones sobre la deriva hacia cultivos sensibles, afectando su rendimiento. A pesar de la larga historia de consumo de alimentos de plantas genéticamente modificadas (GM) sin evidencia de daño para la salud, persisten preocupaciones sobre alergénicos y transferencia de genes. Se están desarrollando pruebas rápidas para detectar la resistencia al glifosato en malezas, siendo esenciales para su manejo.

El proyecto tiene como objetivo general analizar los efectos del glifosato en hojas de algodón y su relación con la presencia del transgén CP4, con miras a estandarizar una prueba rápida para su detección. Los objetivos específicos incluyen el diseño de un protocolo de identificación de resistencia al glifosato en hojas de algodón, su aplicación en una muestra de plantas de algodón y la comparación de resultados con otras pruebas. Además, se busca establecer criterios para la sensibilidad de la prueba en la detección de plantas de algodón resistentes al glifosato.

El proyecto involucra actividades que abarcan desde el diseño experimental hasta el análisis de resultados y la creación de una base de datos, se lleva a cabo en el Jardín Botánico UNAM. Las muestras de tejido vegetal de plantas de algodón se someten a pruebas para identificar la expresión del transgén CP4 y su reacción al glifosato.

El proyecto aborda preocupaciones sobre el uso y los efectos del glifosato en cultivos de algodón, así como la necesidad de herramientas eficaces para detectar la resistencia al herbicida. Su alcance abarca desde la investigación molecular hasta la aplicación práctica en la agricultura, con el objetivo de mejorar la gestión de malezas y la producción de algodón.

Palabras clave: Algodón transgénico, glifosato, *Gossypium hirsutum*

Contenido

RESUMEN.....	2
1 MARCO INSTITUCIONAL.....	4
2 INTRODUCCIÓN.....	4
3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	5
Objetivos específicos	5
4 ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES	6
1 Elaboración del protocolo	7
2 Diseño experimental	8
3 trabajo de invernadero	9
4 procesamiento de resultados	11
5 trabajo de laboratorio.....	12
6 taller de Manejo Integral de Plagas en el Cultivo de Algodón Nativo.....	14
5 IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES	19
6 APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS.....	21
7 FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES.....	22
8 REFERENCIAS	24

1 MARCO INSTITUCIONAL

Las actividades de Servicio Social realizadas se llevaron a cabo dentro del proyecto: “Bases para el mejoramiento genético de algodón convencional en México: estrategias para recuperación de germoplasma y generación de una variedad convencional” que se desarrolla en las instalaciones del Laboratorio de genética de la conservación Jardín Botánico, Instituto de Biología perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México.

2 INTRODUCCIÓN

El glifosato es un herbicida no selectivo sistémico de acción foliar, que ingresa a la planta a través de las hojas para posteriormente migrar a otras partes del tejido vegetal donde será mínimamente metabolizado (Cortina, et al., 2017). En los últimos años ha sido utilizado por agricultores para erradicar plantas no deseadas y cultivos ilícitos en el área rural. Este herbicida actúa a través de la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos en las plantas (triptófano, fenilalanina y tirosina) mediante la inhibición de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato-sintetasa (EPSPS) (López, 2011). Otra de las características que hacen a este uno de los principales herbicidas en el mundo es su baja o casi nula actividad en el suelo, además de su baja toxicidad para mamíferos (Nandula et al., 2007; Duke y Powles, 2008). La resistencia de una planta a un herbicida es entendida como “la habilidad/aptitud heredable de una especie vegetal a sobrevivir y reproducirse después del tratamiento de un herbicida a dosis normalmente letales para la misma especie susceptible”

Con el aumento del uso del glifosato como herbicida en los sistemas de cultivo resistentes al glifosato (GR), la distribución del glifosato ha sido motivo de especial preocupación en los últimos años (Bellaloui et al, 2006.). Cuando se aplica glifosato a cultivos GR, su alcance hacia cultivos sensibles fuera del objetivo, como la soja no resistente al glifosato (no GR) y el algodón no GR, puede causar lesiones, una reducción significativa en el rendimiento, la calidad o incluso la mortalidad. Además de las principales preocupaciones de la producción y consumo de plantas genéticamente modificadas (GM), se relacionan con la posibilidad de aumento de alérgenos, toxinas u otros compuestos nocivos en los productos que se ingieren; así como en la transferencia horizontal de genes relacionados con la resistencia a antibióticos (FAO, 2000). Desde 1996 se han estado consumiendo alimentos provenientes de plantas GM y aún no se ha documentado ningún caso de daño a la salud humana o animal (Villalobos, 2008).

Por lo anterior, el uso de pruebas rápidas para detectar la tolerancia al glifosato es un proceso útil para determinar si una población de maleza es resistente o no a glifosato, además de ser sencillo y de suma importancia para el manejo de las poblaciones con este herbicida (Shaner, 2010). Se ha observado en general que el nivel de resistencia a glifosato en la mayoría de los casos es relativamente bajo y la diferencia entre las poblaciones resistentes y las susceptibles es de 3 a 15 veces (Heap, 2008).

3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Instituto de biología, Jardín Botánico Universidad Nacional Autónoma de México
Cto. Zona Deportiva S/N, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, CDMX.

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Analizar los daños ocasionados por el herbicida glifosato en hojas de plantas de algodón y su relación con la presencia del transgén CP4 para estandarizar una prueba rápida para su detección.

Objetivos específicos

1. Diseñar un protocolo para identificar la resistencia a glifosato en hojas de plantas de algodón
2. Aplicar el protocolo en una muestra de plantas de algodón utilizadas en una investigación sobre la presencia de transgenes y comparar los resultados de la prueba con otras realizadas.
3. Establecer los criterios en los que la prueba podría proporcionar sensibilidad para la detección de plantas de algodón resistentes al glifosato.

4 ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

Se llevó a cabo diferentes actividades que forman parte del proceso de evaluación de procedimientos moleculares y de invernadero desarrollando el diseño experimental y experimentación para realizar la prueba rápida para la identificación de la expresión del transgén cp4 mediante el glifosato, así como el análisis de resultados que incluye la generación de una base de datos donde se registró procesamiento y orden de los datos.

Las muestras que se analizaron fueron de tejido vegetal de las plantas *Gossypium hirsutum* que se obtuvieron de distintos invernaderos que se encuentran en el Jardín botánico UNAM, de Ciudad Obregón Sonora y de Chihuahua.

En la tabla 1. se muestran las actividades realizadas durante este proyecto de servicio social.

Tabla 1. Descripción de las actividades realizadas.

ACTIVIDADES REALIZADAS		
Actividades	Descripción	Realizadas Si/No
Protocolo	Se estructuró el documento del protocolo de investigación, donde se plantearon los objetivos y metodología del proyecto	Sí
Diseño experimental	Elaboración del diseño experimental aplicando el protocolo en plantas de algodón nativas y aplicación de los diseños experimentales propuestos	Sí
Trabajo de invernadero	Riego y cuidado de las plantas nativas que se encuentran en los invernaderos de la Ciudad de México	Sí
Procesamiento resultados	Procesamiento de los resultados de los diseños experimentales	Si
Trabajo de laboratorio	Realización de pruebas moleculares Extracción de ADN y PCR de las plantas y a las que se les realizó la prueba con glifosato	Si
Taller de Manejo Integral de Plagas en el Cultivo de Algodón Nativo	Se realizaron distintas actividades de apoyo al Curso-Taller de Oaxaca donde se vieron temas sobre plaga del picudo en cultivos de algodón en la región	Actividad complementaria

1 Elaboración del protocolo

a. Investigación bibliográfica

Para abordar las actividades asignadas, se ha iniciado una búsqueda bibliográfica, con un enfoque particular en los efectos del glifosato. El objetivo primordial de esta búsqueda ha sido identificar investigaciones previas que analicen la exposición al glifosato en una variedad de cultivos, como el maíz, con el propósito de establecer un sólido diseño experimental. Esta etapa preliminar de investigación es fundamental para contextualizar las actividades siguientes, permitiendo una mejor comprensión de los métodos y resultados obtenidos en estudios previos. La información recopilada durante este proceso servirá como antecedente para el diseño experimental. Los criterios utilizados para esta búsqueda se han centrado en artículos científicos que aborden el uso del glifosato, especialmente aquellos que analicen tejidos vegetales de diferentes cultivos, como el maíz.

b. Definición de objetivos

Se establecieron el objetivo general y específicos del estudio, como analizar los efectos del glifosato en hojas de algodón y desarrollar una prueba rápida para detectar la resistencia al herbicida.

c. Diseño experimental

Se diseñó el protocolo experimental que incluía la selección de la variedad de algodón a estudiar, diseño de los tratamientos con glifosato, la forma de aplicación del herbicida y los métodos de recolección y análisis de datos.

d. Obtención de muestras

Se obtuvieron muestras de tejido vegetal de plantas de algodón, de una variedad nativa y de otras cultivadas en el invernadero del Jardín Botánico de la UNAM.

e. Realización del protocolo

Se llevó a cabo el protocolo experimental diseñado en las muestras de plantas de algodón, siguiendo los procedimientos establecidos para la aplicación del glifosato y la recolección de datos sobre los efectos en las hojas de algodón y la expresión del transgén CP4.

f. Análisis de resultados

Una vez obtenidos datos, estos se analizaron utilizando métodos estadísticos en el programa R studio para comparar los efectos del glifosato en las diferentes muestras de algodón y evaluar la eficacia de la prueba rápida para detectar la resistencia al herbicida comparando los resultados de la media de los píxeles verdes en las fotos de las hojas.

2 Diseño experimental

Material evaluado:

Se utilizaron hojas verdaderas de algodón (*Gossypium hirsutum*) de variedades nativas y domesticadas susceptibles al glifosato.

Experimento 1: Prueba de cantidad y forma del tejido foliar a diferentes concentraciones de glifosato.

Glifosato: se realizaron tres diluciones en agua destilada con diferente concentración de glifosato (Faena Fuerte con Transorb®). La primera con un concentrado soluble al 2.5%, la segunda al 5% y la tercera al 7.5%.

Del tejido foliar se usó una hoja real de cada planta en este caso.

Experimento 2: aplicar el protocolo estandarizado en el experimento 1 para analizar la sensibilidad de la prueba en plantas de variedades nativas y domesticadas de algodón.

1. Preparación de materiales necesarios

1. Preparar tres concentraciones de glifosato (Faena Fuerte con Transorb®) que van de 1:100, 2:100 y 3:100 para los tres tratamientos.
2. Faena Fuerte con Transorb®
3. Agua bidestilada.
4. Cajas petri (No. depende del número de muestras a analizar)
5. Marcador permanente.
6. Alcohol.
7. Perforadora.
8. Mesa.
9. Plantas de algodón (*Gossypium hirsutum*).
10. Hojas milimétricas.
11. Cinta adhesiva.
12. Bitácora.
13. Tijeras.
14. Cinta métrica.
15. Vaso de precipitado con graduación
16. 3 frascos de cristal para cada dilución.
17. Pinzas de acero inoxidable de 20 cm.
18. Guantes de nitrilo
19. Lentes de protección
20. Máscara de gas o cubrebocas
21. Caja para guardar muestras

Equipos necesarios

- Micropipetas 1-100 uL
- Puntas para micropipeta 100T
- Purificador de agua bidestilada
- Tripie (para colocar la cámara)
- Cámara (para tomar fotos de las muestras cada 24 horas)

Procedimiento:

De cada individuo, extraer discos foliares de 0.5 cm de diámetro de las hojas verdaderas y colocar las hojas en las cajas Petri, rotular la caja con el número de maceta del individuo del que se extrajo (clave), número de tratamiento y fecha del día de realización.

Preparar las cajas Petri de la siguiente manera:

Tratamiento

El procedimiento se desarrolló en un invernadero tipo capilla, ubicado en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se recolectaron un total de 113 hojas verdaderas de diferentes plantas de *Gossypium hirsutum*, divididas en 49 hojas negativas y 64 hojas positivas, que sirvieron como grupo de control en este experimento.

Cada hoja fue preparada para aumentar su exposición al glifosato mediante tres perforaciones de 0.5 cm de diámetro. Posteriormente, se colocó una hoja por caja Petri, cada una debidamente etiquetada con el número correspondiente de la maceta e individuo. A cada caja Petri se le añadieron 10 ml de una dilución de glifosato preparada con agua destilada, manteniendo una concentración de 3 partes de glifosato por cada 100 partes de agua.

Tras un período de 144 horas, se procedió a capturar fotografías de las hojas para su posterior análisis. Se recortó un área cuadrada de 200 x 200 píxeles alrededor de las perforaciones en cada hoja, utilizando Adobe Photoshop 2023. Esto permitió obtener la mediana del color verde a través del histograma generado en el software.

Precauciones

Durante la realización del procedimiento se debe evitar el contacto directo con la piel y los ojos o la ingestión del herbicida (glifosato). Se recomienda el uso de guantes durante la realización del ensayo y lavarse siempre las manos después de utilizar el herbicida o cualquier manipulación. Además de anotar su nombre completo y equipos usados en el registro del laboratorio. Por último, se debe dejar todo limpio.

Procesamiento de los datos: los datos se procesaron de la siguiente forma, primero, se recortaron las imágenes, luego se calculó la media del componente verde de los píxeles en cada foto utilizando Photoshop 2024. Posteriormente, estos resultados se analizaron en R Studio. Se llevaron a cabo diversas etapas de análisis, como la evaluación de la distribución de los datos mediante gráficos Q-Q y pruebas de normalidad. Además, se aplicaron métodos no paramétricos para el análisis de datos. Finalmente, se compararon los datos obtenidos a través de Photoshop, es decir, las medias de los píxeles en las fotos del experimento.

3 trabajo de invernadero

En el invernadero se realizaron actividades de cuidado de las plantas, el riego de las mismas cada dos o tres veces a la semana, fertilización de las plantas en caso de que lo necesitaran, así como fumigación para combatir plagas y enfermedades y se recogen los

frutos de las plantas.

Riego: El riego se llevó a cabo directamente en las macetas, dos o tres veces por semana dependiendo la temporada del año, para mantener un nivel óptimo de humedad en el sustrato.

Control de plagas:

En el caso del Piojo harinoso *Phenacoccus solenopsis* figura 1, esta plaga tuvo un impacto fuerte en el invernadero 4 dañando aproximadamente a un 80% de las plantas.



Figura 1. Presencia de piojo harinoso

Respecto a la Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), esta plaga tuvo un impacto importante ya que afectó a todas las plantas de ambos invernaderos (Figura 2), para su manejo se utilizó el mismo tratamiento para combatir el piojo harinoso.



Figura 2. Presencia de araña roja.

El tratamiento que se optó para combatir al piojo harinoso y la araña roja fue el siguiente:

Fumigación Biológica con Ajo al 70% para el Control de Plagas:

Durante el mes de agosto, se llevó a cabo un tratamiento de fumigación biológica con ajo al 70% con el objetivo de combatir las plagas que afectan a las plantas, como la araña roja y el piojo harinoso. Este método, basado en ingredientes naturales, demostró ser eficaz para el control de plagas sin comprometer la salud de las plantas ni del medio ambiente.

Ingredientes Utilizados:

Para la preparación de la solución de fumigación, se utilizaron los siguientes ingredientes:

- 45 gramos de tierra de diatomeas: un compuesto natural que actúa como desecante para eliminar insectos y ácaros.
- 45 mililitros de aceite de neem: un extracto vegetal con propiedades insecticidas y repelentes que interfiere con el desarrollo de las plagas.
- 15 mililitros de adyuvante (1 mililitro por litro de agua): utilizado para mejorar la adherencia y la eficacia de los productos aplicados en las hojas de las plantas.
- 30 mililitros de ajo al 70%: un extracto de ajo concentrado conocido por sus propiedades insecticidas y fungicidas.

Proceso de Aplicación:

El tratamiento se aplicó semanalmente durante cuatro semanas consecutivas. Se roció la solución sobre el haz y envés de las hojas de cada planta utilizando un rociador, asegurando una cobertura uniforme para garantizar la efectividad del tratamiento.

4 procesamiento de resultados

Los resultados del diseño experimental revelaron diferencias significativas en la respuesta de las hojas de *Gossypium hirsutum* al glifosato. Tras la aplicación del herbicida, se observaron cambios en la coloración de verde a blanco en las hojas, lo que sugiere posibles efectos sobre su salud de las plantas

El análisis de imágenes realizado con Adobe Photoshop 2023 mostró una variación en la mediana del color verde donde se tornaba más la decoloración alrededor de las perforaciones realizadas en las hojas. Esto indica una respuesta diferencial de las hojas tratadas con glifosato en comparación con el grupo de control.

Posteriormente cuando los datos de la mediana se analizaron en R studio se encontró que los datos no seguían una distribución normal, por lo que se optó por realizar un análisis no paramétrico. La prueba de Mann-Whitney U permitió comparar las medianas de los píxeles entre los grupos tratados y de control. Lo que indicó diferencias significativas en la coloración verde de las hojas entre ambos grupos, sugiriendo un efecto del glifosato en la pigmentación foliar.

Además, al evaluar la presencia de transgenes, se encontró que los individuos limpios de transgenes mostraron una decoloración más pronunciada después de la aplicación de glifosato, como se identificó visualmente pasadas las 144 horas posteriores al inicio del experimento.

El p-valor obtenido ($<2.2e-16$) en la comparación entre individuos con y sin transgenes indica una diferencia significativa en la respuesta al glifosato. Estos resultados respaldan la hipótesis de que la presencia de transgenes afecta la tolerancia de las plantas de algodón al herbicida, y esto podría ayudar a tener pruebas más rápidas y efectivas al alcance de las personas que cultivan algodón para determinar si sus cultivos tienen o no presencia de transgénicos figura 3.

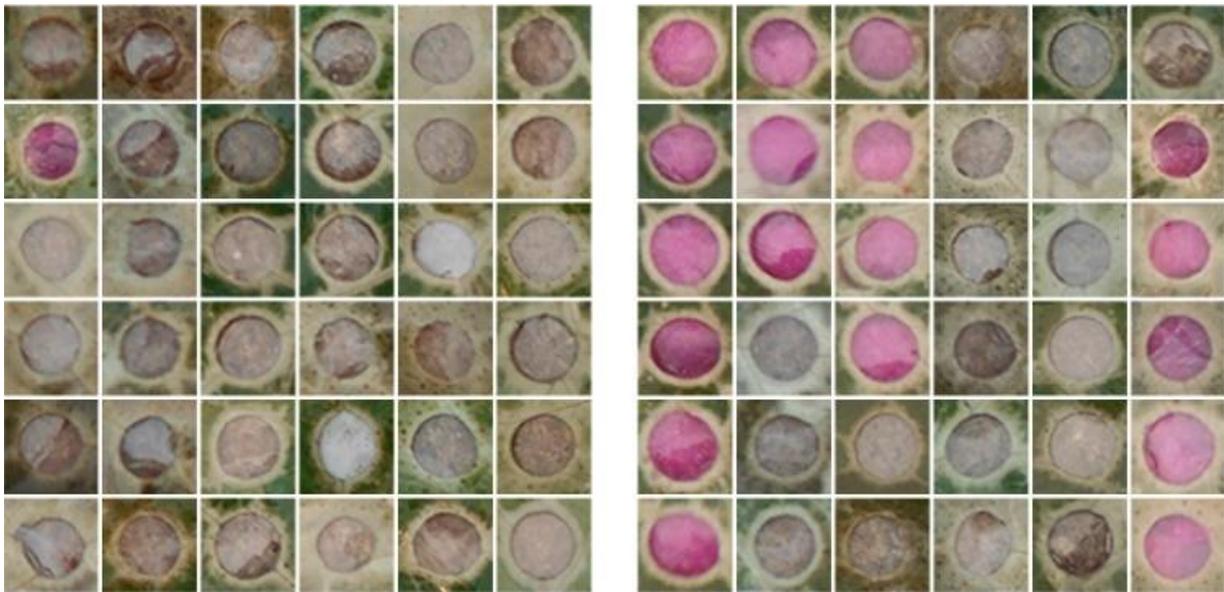


Figura 3. A la izquierda, individuos negativos; a la derecha, individuos positivos determinados por otros análisis moleculares.

5 trabajo de laboratorio

En el laboratorio se realizaron las pruebas moleculares a las hojas de algodón, se hicieron las extracciones de ADN y prueba de PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa), estos procedimientos siguen un proceso sistemático y meticoloso:

- **Preparación de muestras:** Se recolectaron muestras de hojas de algodón de las plantas seleccionadas y se transportaron al laboratorio en condiciones adecuadas para preservar la integridad del material genético.
- **Extracción de ADN:** Se realizó la extracción de ADN a partir de las muestras de hojas de algodón, con el protocolo de la extracción fenol-cloroformo. Este proceso implica la ruptura de las células vegetales para liberar el ADN y su purificación para eliminar contaminantes. (Vega et al, 2023)
- **Cuantificación y evaluación de la calidad del ADN:** Se cuantificó el ADN extraído para determinar su concentración y pureza utilizando métodos espectrofotométricos.
- **PCR:** El ADN extraído de las muestras de hojas de algodón como plantilla. El PCR se realiza en un termociclador, donde se llevan a cabo ciclos de desnaturalización, apareamiento de cebadores y extensión de la cadena de ADN para amplificar la región del gen CP4.
- **Electroforesis en gel agarosa:** Después de hacer el PCR, se analizaron los productos de amplificación mediante electroforesis en gel agarosa. Los productos de PCR se cargan en un gel agarosa y se separan por tamaño utilizando una corriente eléctrica. Luego, se visualizan los fragmentos de ADN amplificados mediante tinción con un agente fluorescente y se fotografían para su análisis.
- **Análisis de resultados:** Se analizaron los resultados del PCR y la electroforesis para determinar la presencia o ausencia del gen CP4 en las muestras de hojas de algodón. Se comparan los patrones de bandas obtenidos con los controles positivos y negativos para validar los resultados de la PCR.

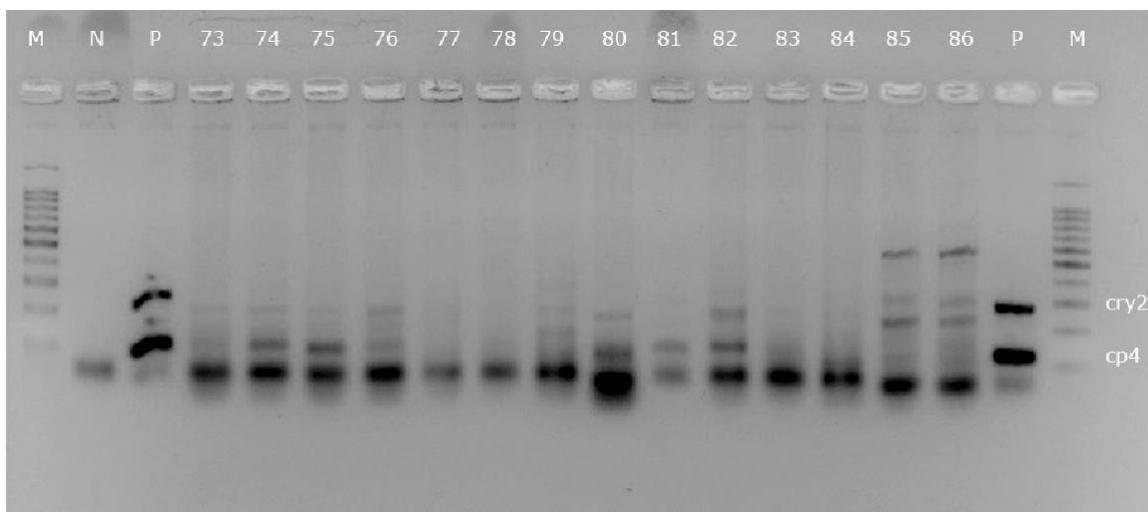


Figura 4. Ejemplo de los resultados de prueba PCR La fila "M" sirve como referencia para confirmar el correcto funcionamiento de la prueba, un resultado positivo en la prueba de PCR muestra bandas en filas numeradas, indicando la presencia del gen en la muestra. Un resultado negativo carece de bandas en las filas, lo que indica la ausencia del gen CP4.

6 taller de Manejo Integral de Plagas en el Cultivo de Algodón Nativo

En el taller de control y manejo de plagas, llevado a cabo con los productores de algodón nativo en el estado de Oaxaca, desempeñé un papel crucial en la facilitación de actividades de apoyo. Este evento, meticulosamente diseñado por la Dra. Ana Wegier en colaboración con un estudiante de doctorado, se centró en abordar el desafío de los curculiónidos, también conocidos como picudos, que representan una amenaza significativa para el cultivo del algodón, con consecuencias devastadoras.

Durante el taller, se profundizó en la historia extensa de esta plaga y se destacaron las considerables pérdidas que genera. Se exploró detalladamente las características biológicas del curculiónido y su impacto en el agroecosistema, así como las posibles causas de su proliferación. Además, se discutieron estrategias de evaluación y prevención.

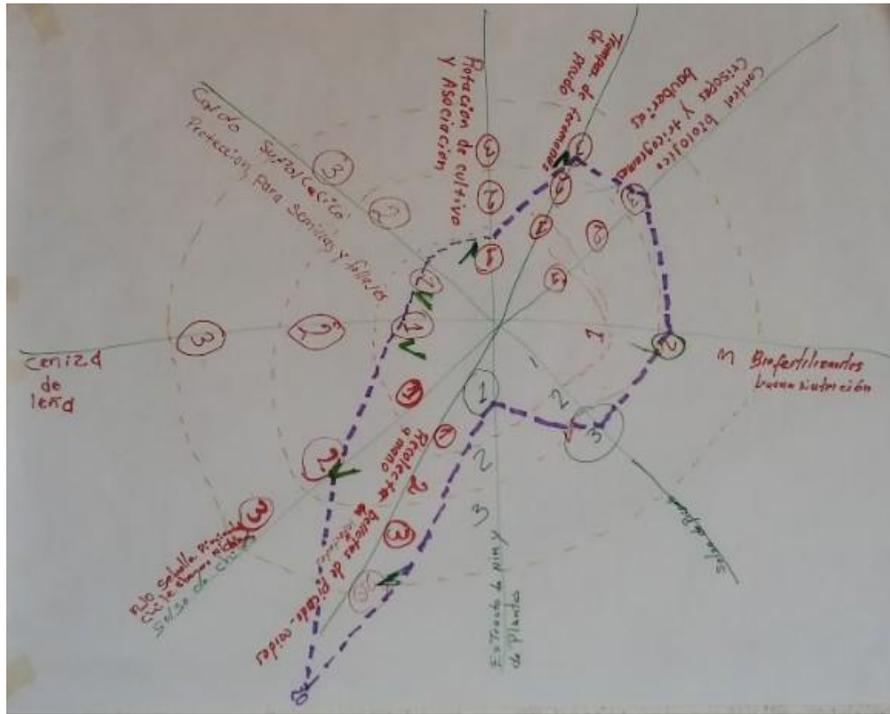
Mi función durante el taller se centró en tomar evidencia a través de fotografías y en la elaboración de un informe detallado que documentará cada aspecto del evento. También brindé apoyo directo a los productores de algodón, facilitando actividades didácticas diseñadas para fomentar un intercambio de estrategias comunitarias. Nuestro objetivo común era mejorar la producción de fibra de algodón mediante un control efectivo de las plagas, al mismo tiempo que explorábamos los intereses compartidos en relación con la presencia de transgenes en las variedades nativas.

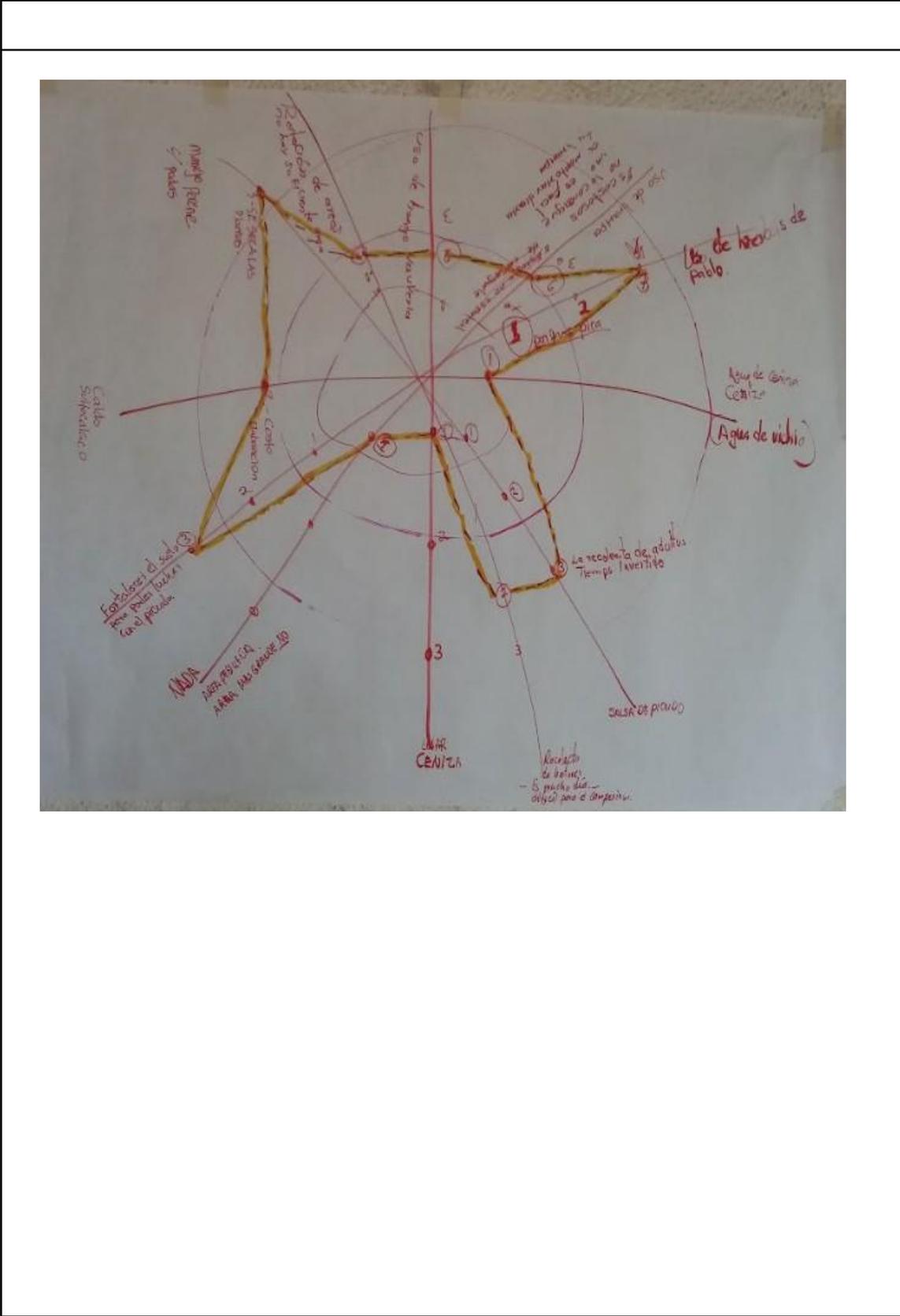
La metodología del taller fue especialmente diseñada para promover la colaboración en

grupos, donde se compartieron conocimientos ancestrales y experiencias locales. Utilizamos métodos visuales, como el diagrama de telaraña, para visualizar y discutir las estrategias de manejo de plagas. Cada grupo de productores dividido por regiones presentó alternativas de control, considerando aspectos como la facilidad de implementación, el tiempo requerido y la eficacia de las propuestas, abarcando tanto soluciones químicas como biológicas, culturales y tradicionales.

El enfoque participativo del taller permitió que cada miembro aportará desde su experiencia y conocimiento local, enriqueciendo así la comprensión colectiva de las estrategias de manejo de plagas. Además, se estableció una red de apoyo y colaboración entre los participantes, que creemos perdurará más allá del evento, fortaleciendo así la comunidad de productores de algodón.

Este proceso de análisis permitió identificar los métodos más efectivos para combatir la plaga de curculiónidos y promovió la colaboración y el aprendizaje mutuo entre los productores, contribuyendo significativamente a la mejora de la producción de algodón en la región. Las figuras 4, 5, 6 y 7 en el informe documentan este proceso y resaltan la importancia de nuestras actividades de apoyo durante el taller.





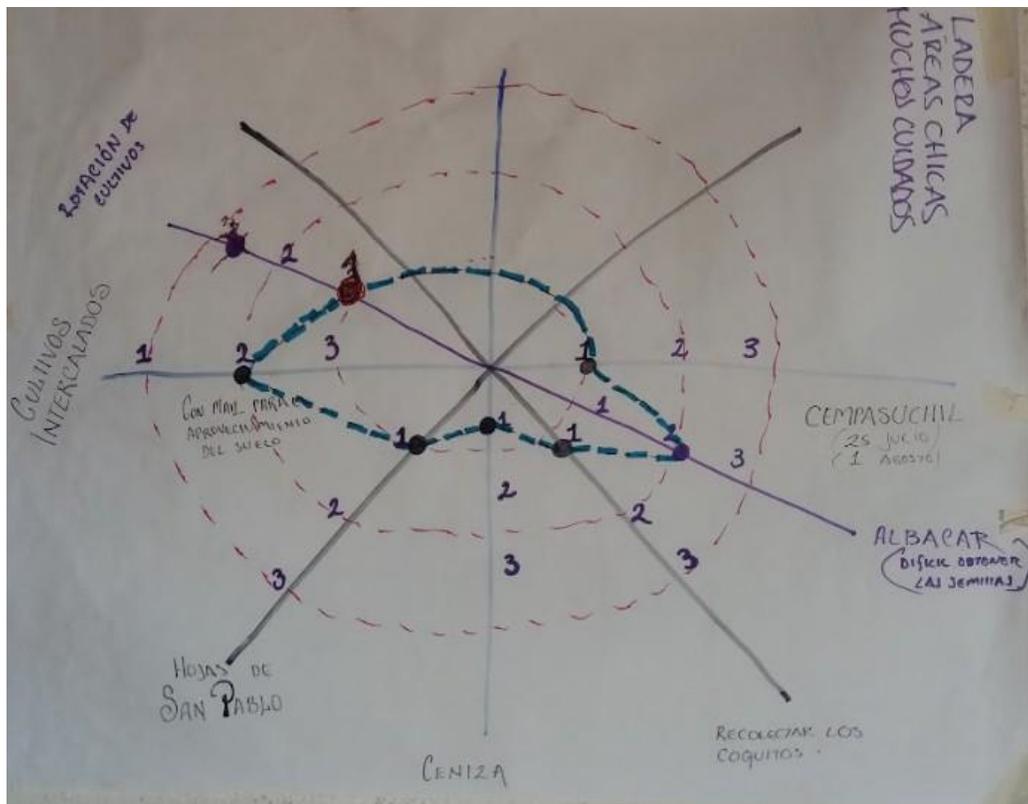


Figura 5,6 y 7. Diagrama de telaraña diseñado por cada grupo de productores de algodón según la región donde se encuentran sus cultivos.



Figura 8. Realización de los diagramas entre los productores y exposición de los diagramas frente a todo el grupo de productores.

5 IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES

Participar en distintas actividades contribuyó tanto a la generación de información, como al desarrollo de diversas actividades de apoyo, de trabajo en laboratorio molecular, base de datos etc.

En primer lugar, la elaboración del protocolo para investigar el efecto del glifosato en plantas con y sin transgenes y el desarrollo de una prueba rápida para detectar resistencia al herbicida tiene un impacto en varios puntos:

La elaboración del protocolo y del diseño experimental de la prueba rápida da una formación académica y profesional y una oportunidad invaluable para el aprendizaje, los estudiantes involucrados en este proyecto tienen la oportunidad de adquirir experiencia en la planificación y ejecución de estudios científicos, así como en análisis de datos y la interpretación de los mismos, que ayudará a una generación de información mucho más grande y beneficiosa para futuras investigaciones agrícolas y ambientales.

El trabajo en el invernadero es crucial para impulsar el desarrollo y el progreso de una investigación de mayor magnitud que se lleva a cabo en el Laboratorio Genética de la Conservación. Este proyecto titulado “Bases para el Mejoramiento Genético del Algodón Convencional en México: Estrategias para la Recuperación de Germoplasma y Generación de una Variedad Convencional “, requiere asegurar la salud y el bienestar de las plantas de algodón. El invernadero proporciona el ambiente controlado necesario para cultivar y mantener las plantas en condiciones óptimas, lo que garantiza que la investigación pueda avanzar. La salud de las plantas es un componente crítico para el éxito continuo de este proyecto de investigación, ya que permite realizar observaciones precisas y recopilar datos.

El procesamiento de los datos tuvo un impacto significativo en la generación de nuevos conocimientos en programas estadísticos y de fotografía. Esto permitió una comparación precisa de los resultados obtenidos tanto en el laboratorio como en el programa Photoshop. Al utilizar programas de estadística, pudimos analizar los datos de manera sistemática y extraer conclusiones sobre la eficacia de los tratamientos aplicados. Además, el procesamiento de imágenes en Photoshop nos permitió visualizar y cuantificar los efectos de los tratamientos en las plantas de algodón. Este enfoque integrado de análisis de datos nos brindó una comprensión más completa de los resultados de la investigación, facilitando la interpretación y la comunicación de los resultados obtenidos.

El trabajo en el laboratorio donde se procesaron las pruebas moleculares fue altamente beneficioso para nuestra investigación. Los resultados moleculares de las plantas de algodón nos permitieron establecer un control riguroso de las pruebas. Al conocer la presencia del gen Cp4 en cada planta, pudimos comparar estos resultados con la prueba rápida de glifosato, facilitando así la interpretación y análisis de los datos obtenidos.

Por último, en la actividad complementaria del taller de Manejo Integral de Plagas en el Cultivo de Algodón Nativo tuvo un impacto significativo en varios aspectos. En primer lugar, proporcionó a los productores de algodón herramientas y conocimientos necesarios para enfrentar el desafío de los curculiónidos, mejorando así la producción de algodón en la región de Oaxaca. Además, fomentó la colaboración y el intercambio de estrategias comunitarias, fortaleciendo la red de apoyo entre los participantes. Este enfoque participativo no sólo enriqueció la comprensión colectiva de las estrategias de manejo de plagas, sino que también promovió la preservación de conocimientos ancestrales y la valoración de prácticas culturales locales. En última instancia, este taller contribuyó al empoderamiento de los productores, quienes ahora están mejor equipados para enfrentar los desafíos futuros en la producción de algodón, consolidando así la sostenibilidad y el desarrollo de la agricultura en la región.

6 APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS

Durante el servicio social, se reforzaron conocimientos sobre métodos y herramientas de investigación, lo que se refleja en la elaboración de un informe y un protocolo de investigación. Este protocolo incluye todos los aprendizajes y habilidades obtenidos durante la licenciatura y que fueron útiles en este proyecto de servicio social, destacando habilidades en el diseño experimental, el manejo seguro de materiales y equipos de laboratorio, el procesamiento y análisis de datos, así como la comunicación efectiva de resultados.

Estas experiencias han fortalecido mi capacidad para planificar y ejecutar investigaciones rigurosas, así como para colaborar de manera efectiva en equipos multidisciplinarios. Además, he desarrollado una mayor conciencia sobre la importancia de la seguridad y la ética en el trabajo científico, así como habilidades en la presentación clara y concisa de resultados. En resumen, el servicio social ha sido una experiencia enriquecedora que ha contribuido significativamente a mi desarrollo profesional y académico en el campo de la investigación científica.

Diseño experimental proporcionó muchos aprendizajes, por ejemplo, el diseño de un protocolo completo, considerando variables como la selección de materiales, la preparación de los tratamientos y la planificación de procedimientos, esto desarrolla habilidades de organización y la realización de la investigación. Además del manejo de materiales y equipos, a través de preparar los materiales necesarios y utilizar equipos especializados, tales como el manejo de herramientas de laboratorio y equipos de medición, esto incluye el uso de micropipetas, balanzas, termocicladores, centrifugas etc.

El trabajo en el invernadero proporcionó una serie de aprendizajes significativos sobre el manejo integrado de plagas y el cuidado de las plantas. En primer lugar, se comprendió la importancia de mantener un ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas, incluyendo el riego regular para mantener la humedad del sustrato. Además, se aprendió sobre la identificación y el control de plagas comunes, como el piojo harinoso y la araña

roja, que pueden afectar la salud de las plantas y reducir su producción. El trabajo en el invernadero proporciona una experiencia práctica valiosa en el manejo y cuidado de las plantas. El uso de métodos de control biológico, como la fumigación con ajo al 70%, proporcionó una alternativa eficaz y respetuosa con el medio ambiente para combatir las plagas, sin dañar la salud de las plantas ni contaminar el entorno. Este enfoque resalta la importancia de la sostenibilidad en la agricultura y la necesidad de buscar soluciones que minimicen el impacto ambiental.

Posteriormente en la actividad del taller se destacan varios aprendizajes y habilidades obtenidas. Se adquirió conocimiento sobre el manejo integral de plagas en el cultivo de algodón, comprendiendo tanto los aspectos biológicos de las plagas como las estrategias de prevención y control. Se desarrollaron habilidades de facilitación y colaboración en grupos, permitiendo un intercambio de conocimientos y experiencias entre los productores. Además, se fortalecieron habilidades de comunicación al elaborar informes detallados y documentar el evento a través de fotografías. Se fomentó el pensamiento crítico al analizar y evaluar diferentes alternativas de control de plagas, considerando sus ventajas y desventajas.

7 FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES

De acuerdo con el plan de estudios de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Xochimilco, la misión institucional es la promoción de la investigación y la formación académica con un enfoque en la sustentabilidad, la equidad y la responsabilidad social. Mi participación en proyectos como la detección de transgenes en plantas de algodón refleja el compromiso de la UAM Xochimilco con la formación integral de sus estudiantes, la generación de conocimiento relevante y la contribución al desarrollo de la sociedad y el medio ambiente en su área de influencia.

El vínculo de actividades de mi servicio social en la detección de transgenes en plantas de algodón implica primeramente mi participación en un proyecto de investigación con enfoque biotecnológico y agrícola. La tarea principal consistió en llevar a cabo pruebas y análisis genéticos para identificar la presencia de transgenes, que son segmentos de ADN que han sido introducidos deliberadamente en las plantas para conferirles ciertas características deseables, como resistencia a plagas o herbicidas.

Los objetivos de esta vinculación de actividades de servicio social están alineados con la formación académica y profesional de la licenciatura de biología:

Aplicación Práctica del Conocimiento: En el proyecto se tiene la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la licenciatura de Biología en un contexto real, además de realizar técnicas de laboratorio análisis de datos etc.

Desarrollo de Habilidades Específicas: Se adquieren habilidades técnicas en biología molecular, manipulación de ADN, y técnicas de detección. Estas habilidades son valiosas para futuros trabajos en investigación y desarrollo biotecnológico.

Formación Ética y Responsable: La detección de transgenes plantea cuestiones éticas y ambientales. En el proyecto se aprende a considerar los aspectos éticos de la ingeniería genética y su impacto en la biodiversidad y la seguridad alimentaria.

Colaboración Interdisciplinaria: La investigación biotecnológica y agrícola involucra diferentes disciplinas. En el laboratorio se trabaja en equipos multidisciplinarios, aprendiendo a comunicarse

Contribución Social y Ambiental: El proyecto está relacionado con la agricultura sostenible. Se contribuye al conocimiento científico y a la toma de decisiones informadas en el ámbito agrícola.

Beneficio a la sociedad: Este proyecto puede servir como una fuente de conocimiento y buenas prácticas agrícolas que se comparte con agricultores y comunidades locales. Al hacerlo, se mejora la capacidad de las personas para administrar sus tierras de manera sostenible, promoviendo así la conservación del medio ambiente y la biodiversidad. Además, al colaborar juntos se trabaja en la eliminación progresiva de los transgénicos en los cultivos de algodón nativo mexicano, preservando así la pureza genética de estas variedades y fomentando un enfoque más consciente y responsable hacia la agricultura.

8 REFERENCIAS

Cortina, C. C., Fonnegra, L. M. F., Pineda, K. M., Muñoz, M. P., Fonnegra, J. R., & Díaz, J. P. Z. (2017). Efectos de la intoxicación por glifosato en la población agrícola: revisión de tema. *Revista CES Salud Pública*, 8(1), 121-133.

Bellaloui, N., Reddy, K.N., Zablotowicz, R.M. and Mengistu, A. (2006) Simulated glyphosate drift influences nitrite assimilation and nitrogen fixation in glyphosate-resistant soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 3357-3364.

DUKE, S.O.; POWLES, S.B. 2008. Glyphosate: a once in a century herbicide. *Pest Manag. Sci.*, v. 64, p. 319-325.

HEAP, I. (2008). Survey of herbicide resistant weeds. En: [www. Weedscience.com](http://www.Weedscience.com)

López, N. J. S., & Madrid, M. L. A. (2011). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 23-28.

NANDULA, V.K.; REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S.O.; POSTON, D.H. 2007. Glyphosateresistant and susceptible soybean (*Glycine max*) and canola (*Brassica napus*) dose response and metabolism relationships with glyphosate. *J. Agric. Food Chem.*, v. 55, p. 3540–3545.

Organización Mundial de la Salud. (2000). Aspectos de seguridad de los alimentos genéticamente modificados de origen vegetal: informe de una consulta conjunta de expertos de la FAO y la OMS sobre alimentos derivados de la biotecnología.

Shaner, D. L. (2010). "Testing Methods for Glyphosate resistance," in *Glyphosate Resistance in crops and weeds*, ed. V. K. Nandula (Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, Inc.).

Urzúa Gutiérrez, J. A. (2012). *Prueba rápida para la detección de plantas de maíz resistentes al herbicida glifosato* (Master's thesis).

Vega, M. (2023). Extracción de ADN de tejido foliar de *Gossypium hirsutum*. Laboratorio de Genética de la Conservación Jardín Botánico Instituto de Biología, UNAM.

Villalobos Arámbula, Víctor Manuel (2008), *Los transgénicos: oportunidades y amenazas*, Ediciones Mundi-Prensa (ISBN 9788484763482).