

Resumen ejecutivo (pregunta 11)

Desarrollo de un insumo botánico con potencial herbicida utilizando residuos de *Agave sp.* y extractos de la arvense “xicólotl” (*Argemone mexicana L.*) y bioremediación de suelos con glifosato por el uso de un consorcio de bacterias PGPR

Objetivo:

Contribuir al desarrollo de insumos agrícolas con potencial efecto herbicida para eliminar el uso de glifosato utilizando residuos de *Agave sp.* y la arvense xicólotl (*Argemone mexicana L.*), y la bioremediación de suelo contaminado por glifosato por la aplicación de un consorcio de bacterias PGPR.

Antecedentes

El glifosato es el herbicida de mayor uso en el mundo, en más de 150 cultivos. En México se utilizó por lo menos 918,800 toneladas de glifosato importadas en el 2020, de acuerdo con los datos gubernamentales (SIAVI Fracción arancelaria 2931.90.19). El uso intensivo y repetido de glifosato ha provocado la resistencia en 22 especies de “malezas” en 27 países (Arellano-Aguilar y Montero-Montoya 2016). Está catalogado como altamente peligroso porque pueden tener repercusiones a la salud y ambientales en los ecosistemas. Por tal motivo la FAO-OMS han recomendado a los gobiernos se ponga énfasis en promover las alternativas agroecológicas al uso de plaguicidas altamente peligrosos. Alineado a esta iniciativa el gobierno de México decretó el 31 de diciembre de 2020, en el Diario Oficial de la Federación (DOF), las acciones para sustituir gradualmente el uso del glifosato mediante alternativas de producción agrícola sostenible y culturalmente adecuada, congruentes con las tradiciones agrícolas de México, que use prácticas e insumos agroecológicos seguros para la salud humana, con el objetivo de alcanzar la autosuficiencia y la soberanía alimentaria.

Por tal motivo, este proyecto conjuntó tres estrategias para articular la investigación:

- 1) Obtención de compuestos bioactivos de extractos de las hojas de *Agave sp.* (hojas que son residuos) y de la arvense xicólotl (*Argemone mexicana*), y evaluar su efecto-dosis de potencial herbicida.
- 2) Desarrollo de una formulación de insumo botánico con potencial herbicida evaluada in vitro, en suelo en invernadero y campo.
- 3) Bioremediar el suelo utilizando un consorcio de bacterias remediadoras y promotoras del crecimiento de plantas (Solicitud de patente MX/a/2019/014821).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS/PRODUCTOS /RESULTADOS RELEVANTES

Objetivo específico	Producto(s) / Entregable(s)	Logrado/ resultados relevante
1) Optimizar la obtención de extractos de residuos de <i>Agave</i> sp. y la arvense xicólotl (<i>Argemone mexicana</i> L), a nivel laboratorio.	E1-Protocolo de producción de extractos de saponinas y de la arvense xicólotl.	100% Protocolo no sofisticado para la obtención de extractos de agave y de xicólotl.
	E2-Ingeniería básica del proceso a nivel laboratorio establecido con balance de masa y energía.	100% Ingeniería básica de los procesos, y estimación del costo de una planta de proceso.
2) Realizar pruebas in vitro de los extractos de prueba para demostrar el efecto herbicida evaluando diferentes dosis de aplicación y sus combinaciones.	E3-Reporte de las pruebas in vitro con diferentes plantas y dosis de aplicación.	100% Mejor dosis para tener efecto herbicida en semillas de <i>Amaranthus</i> sp. y <i>Panicum maximum</i> de 10 ppm.
3) Desarrollar y estabilizar una formulación a base de extractos de residuos de <i>Agave</i> sp. y la arvense xicólotl (<i>Argemone mexicana</i> L), con potencial efecto herbicida con las dosis con mejores resultados en pruebas <i>in vitro</i> .	E4-Protocolo de formulación con potencial efecto herbicida.	100% Formulación estable con extractos de agave conteniendo saponinas y extracto de <i>Argemone mexicana</i> a una concentración de 1000 ppm para diluir en 100 L agua.
4) Realizar un estudio de toxicidad aguda con (<i>Daphnia magna</i>) para demostrar la no toxicidad en cuerpos de agua de la formulación.	E5-Reporte de la evaluación de toxicidad aguda con <i>Daphnia magna</i> de la formulación en las dosis de prueba.	100% detección de la toxicidad de la formulación elegida y determinación de su CL50.
5) Demostrar el efecto herbicida de la formulación en un cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) evaluando 3 dosis de aplicación bajo condiciones de invernadero.	E6-Reporte que contenga los resultados de la evaluación a nivel invernadero.	100% Comprobación de efectividad de la formulación elegida y dosis de aplicación para campo (100 ppm)
6) Evaluar la vida de anaquel en una prueba acelerada de la formulación y con la dosis seleccionada.	E7-Reporte de la vida de anaquel en una prueba de almacenamiento acelerado.	100% Determinación de que la formulación final tiene una vida de anaquel de 2 años para el compuesto de saponinas, pero para berberina 1 mes.
7) Evaluar el efecto herbicida de la formulación en una parcela demostrativa en un cultivo de lechuga y de una solanácea (jitomate o chile) con productores en campo.	E8-Informe técnico de la evaluación en campo en una parcela demostrativa.	100% Resultados preliminares de la efectividad de la formulación como potencial herbicida al observarse una disminución de la cantidad de arvenses. Sin embargo se requiere validar en más cultivos.

8) Determinar el rendimiento del cultivo de lechuga y la solanácea seleccionada del experimento en campo.		No se logró determinar el rendimiento del cultivo en campo, ya que el cultivo estaba en final de cosecha.
9) Aplicar un consorcio de bacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR siglas en inglés) para la bioremediación de suelo contaminado con glifosato antes y después de la aplicación de la formulación con efecto herbicida.	E9-Reporte de las concentraciones de glifosato encontradas en suelo antes, y después de la aplicación del consorcio de bacterias PGPR en el experimento de campo.	100% Se logró implementar un método para detectar niveles muy bajos de glifosato y AMPA en suelo. Determinando que después de la bioremediación hubo una disminución en la cantidad de glifosato en el suelo de hasta 62%
	9.2) Memoria fotográfica de taller realizado con los productores usuarios del proyecto para mostrar resultados y explicar cómo hacer el herbicida botánico.	0%, debido al desfase del proyecto, el recurso planteado para hacer un taller con productores ya no se pudo ejercer, por lo que se grabará un webinar (conferencia) para difundir los resultados entre productores. Y en la página de CIATEJ.
10) Realizar un estudio de residualidad en suelo de los principales ingredientes activos del extracto de la arvense xocólotl después de la aplicación en suelo.	E11-Informe técnico del análisis de residualidad en suelo de berberina y sanguinaria.	100% Se logró implementar un método para determinar berberina y sanguinaria en suelo. Determinando que no hay residualidad de la formulación en el suelo.
11) Realizar un estudio de factibilidad y sustentabilidad del proceso de obtención de los 2 insumos: a) herbicida botánico (Agave-Argemone) y b) del consorcio de bacterias PGPR bioremediadoras.	Informe del análisis de factibilidad y sustentabilidad técnica y económica del proceso de obtención del herbicida botánico y de la aplicación del consorcio de bacterias PGPR bioremediadoras.	0% El desfase del proyecto, las vacaciones decembrinas y el regreso escalonado por la 4ta ola de covid, retrasó la obtención de datos de dosis efectivas en invernadero y campo, por lo que no fue posible terminar el estudio de factibilidad para la fecha de entrega del informe. Sin embargo, este entregable se seguirá trabajando para tenerlo listo en breve, aunque el proyecto cierre.
	E13-Informe final del proyecto.	100% Se entregó en tiempo y forma el informe técnico final.

Fortalezas del grupo de trabajo

Participante (nivel SNI)	Institución (sede) /especialidad
Dra. Elba Monserrat Alcázar Valle (SNI candidato)	CIATEJ (Zapopan) Tecnología Alimentaria/ Extracción de compuestos bioactivos
Dra. Eugenia del Carmen Cervantes Lugo (SNI II)	CIATEJ (Zapopan) Tecnología Alimentaria/ Obtención de proyectos bioactivos
Dra. Silvia Maribel Contreras Ramos (SNI Nivel II)	CIATEJ (Guadalajara) Tecnología Ambiental/ Bioremediación de suelos, desarrollo de biofertilizantes
Dra. Alba Adriana Vallejo Cardona (SNI I)	CIATEJ Biotecnología Médica y Farmacéutica (Guadalajara)- Diseño de estructuras bio-funcionales
M. en C. Leonel Hernández Mena	CIATEJ (Guadalajara) Tecnología Ambiental/ Análisis de toxicidad
Dr. José Juvencio Castañeda Nava (SNI C)	CIATEJ (Zapopan) Biotecnología Vegetal/ Manejo de recursos naturales y agrícolas
Dr. Jesús Bernardino Velázquez Fernández (SNI I)	CIATEJ (Guadalajara) Tecnología Ambiental/ Bioremediación y enzimas de biotransformación
Dr. Jacobo Rodríguez Campos (SNI I)	CIATEJ (Guadalajara)-Servicios Analíticos y Metrológicos/ Análisis de compuestos químicos por cromatografía
Ing. Marco Antonio Godoy Zaragoza	CIATEJ (Guadalajara) Vinculación y Transferencia de tecnología/ Escalamiento de procesos, análisis de factibilidad técnica y económica
M. en C. Juan Gallardo Valdez	CIATEJ (Guadalajara) Tecnología ambiental/ Impacto ambiental y denominaciones de origen

Vías de aplicación del conocimiento generado

Directamente en campo y con los productores de cultivos. Ya que se les puede enseñar a hacer su propia formulación de herbicida y que la apliquen en sus cultivos.