

Efecto de la cobertura del suelo para el control de malezas sobre el desarrollo del maíz.

The effects of soil cover used for weed control on corn development.

Laura Edith Granados Pérez¹, Jesús Pérez Lazaro¹, Ambe Andarani González Orosco¹, Alfonso Francisco Delgado Ramírez¹, Jazmin Rodriguez Gutierrez ¹, Karina Yesenia Tirado Pérez¹, Manuel Darío Salas-Araiza², Rafael Guzmán-Mendoza^{2*}

¹Estudiantes de la Licenciatura en Agronomía de la Universidad de Guanajuato, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca. Ex-hacienda El Copal, km 9 carretera Irapuato-Silao

²Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato.
rgzmz@yahoo.com.mx^{2*}

Resumen

EL maíz es uno de los cultivos más importantes en México y el mundo, para su producción se hace uso de insumos agroquímicos como los herbicidas, pues las malezas son capaces de disminuir sensiblemente la producción. Desafortunadamente, estos insumos de control tienen efectos dañinos sobre la salud humana y el ambiente y son ampliamente usados en zonas agrícolas importantes como el Bajío Guanajuatense. Se estableció un experimento con distintos tratamientos para el control de malezas, con el fin de evaluar el desarrollo vegetativo y productivo de un cultivo de maíz de temporal. Los tratamientos mostraron diferencias significativas, las plantas bajo cobertura de paja crecieron más que el resto de los tratamientos. No hubo diferencias significativas en las variables de producción (peso en gr de mazorca y grano). Al no haber diferencias en los rendimientos y un mayor crecimiento vegetativo en las plantas de maíz en condiciones de cobertura de paja, este tratamiento tiene el potencial de ser usado para el control de malezas sin afectar el rendimiento, considerando, además, los beneficios a la salud, al ambiente y a los gastos por la compra y aplicación de herbicidas.

Palabras clave: Cobertura de paja; manejo integrado de maleza, agroecología, agrobiodiversidad.

Introducción

El maíz es un cultivo de importancia, económica, cultural e histórica que permitió el desarrollo de las civilizaciones mesoamericanas (Gouttefanjat, 2020), de acuerdo con la FAO se registran nuevos máximos históricos en este 2024 con un incremento del 0.3% con respecto al 2023 reportándose una producción de más de 2 mil millones de toneladas (FAO 2024), la mayor parte para consumo humano, lo que resalta la importancia alimentaria del cultivo, desde el punto de vista económico las ganancias son fluctuantes dado que, dependen del nivel tecnológico. No obstante, en México se suman a este cultivo cualidades históricas y culturales, que han enriquecido el patrimonio biocultural del país, donde los maíces nativos o criollos forman parte de ceremonias religiosas y de una exuberante gastronomía (Mijangos *et al.*, 2023). En Guanajuato se han llegado a producir más de 300 mil toneladas lo que ha derivado en la autosuficiencia. Sin embargo, uno de los problemas que enfrenta esta producción es la presencia de malezas que reducen significativamente: ganancias y rendimiento por hectárea, llegando a reportar más del 90% de pérdidas (CIMMYT, 2022).

El control de malezas en maíz se basa en la aplicación de herbicidas que ocasionan problemas a la salud humana y ambiental (Plenge-Tellechea *et al.*, 2007). Además, este control influye sobre los procesos adaptativos de las malezas generando tolerancia y resistencia. No obstante, el uso de herbicidas ha sido recomendado como parte del proceso productivo, justificando evitar la pérdida de los rendimientos que van del 60 al 90% sin un manejo adecuado de malezas (Fonteyne *et al.*, 2022). Por tal razón el uso de herbicidas sigue siendo tema de investigación. Aguilar-Carpio *et al.* (2021), a través de un experimento con distintas combinaciones de herbicidas post emergentes selectivos como Nicosulfurón: + 2,4D; + Atrazina, +Dicamba; y Rimsulfurón: + 2,4D; + Atrazina, +Dicamba; encontraron que la última serie de combinaciones fueron las más convenientes por rentabilidad. Sin embargo, son herbicidas con efectos negativos sobre la salud y el ambiente al contaminar los cuerpos de agua afectando a la fauna acuática silvestre y de importancia alimentaria, además de causar efectos deletéreos sobre los microorganismos del suelo y generar potenciales

daños a la salud de los aplicadores y al público en general expuesto a estas sustancias de manera recurrente (CIBIOGEM, 2024; Pérez-Olvera *et al.*, 2017).

La evidencia experimental sugiere que la efectividad de las estrategias de control de malezas está en función del tiempo después de la germinación. Martínez *et al.* (2021) encontraron que un control efectivo de malezas en maíz ocurre partir del décimo día, lo que es considerado como una estrategia ideal para obtener buenos rendimientos cuando estos se comparan con cultivos sin malezas dado el control químico.

En Guanajuato el control de malezas se realiza con herbicidas que son potencialmente dañinos a la salud (Guzmán-Mendoza *et al.*, 2022), con efectos en cascada sobre el ambiente dada la residualidad por mínima que sean las aplicaciones. Entre las alternativas de control, se encuentran estrategias que involucran rotación de cultivos, barbechos, calendarización de controles mecánicos y biológicos como las coberturas y la asociación de cultivos; estos últimos tipos de control han sido poco explorados desde un enfoque agroecológico en la región del Bajío Guanajuatense, por ello es necesario evaluar el efecto de estas alternativas de control de malezas sobre los rendimientos del cultivo.

Materiales y métodos.

Parcela experimental: El trabajo se realizó en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Agroecología del Departamento de Agronomía, División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, ubicado en la comunidad de El Copal Irapuato, Guanajuato. Suelo es Xerosol con materia orgánica, clima cálido semi húmedo con lluvias en verano, temperatura promedio de 17.4 °C y precipitación anual 680 mm. Con las coordenadas 20.7420944, -101.3304844; a una altitud de 1755 m snm. La parcela experimental contó con una superficie de 1600 m². En los ciclos anteriores 2022-2023, se sembró maíz de temporal de punta de riego a una densidad de 8 plantas por metro lineal, mismas condiciones establecidas para el ciclo 2024 cuando se desarrolló el experimento. El manejo agronómico fue el usado por los agricultores de temporal en cuanto a fertilización, riego de auxilio, insecticidas y aplicación de herbicidas.

Experimento: Dentro de la parcela fueron trazados cuatro tratamientos en cuadrantes de 10x10 m por tratamiento con cuatro repeticiones: Herbicida, Cobertura con paja de maíz, Calabaza comercial y Maleza de hoja ancha. Al comienzo de la siembra hasta los 20 días el desmalezado se realizó en toda la parcela de manera manual, posteriormente se aplicaron los tratamientos, en el caso del herbicida el componente activo fue atrazina postemergente, la capa de cobertura de paja fue de 10 cm y en el tratamiento de malezas, el deshierbe fue selectivo dejando plantas de hoja ancha. A lo largo del desarrollo del cultivo se tomaron al azar datos de crecimiento vegetal de 20 plantas centrales por tratamiento y repetición. Al final del ciclo 10 mazorcas por tratamiento y repetición fueron tomadas al azar con el fin de obtener datos de rendimiento: peso en gramos de la mazorca y de 20 granos por mazorca.

Análisis de datos: los datos obtenidos fueron evaluados para saber si su distribución era normal o no. Al no encontrar una distribución normal los datos fueron analizados con estadística no paramétrica usando el programa Minitab ver. 17.0. Además, de los datos estadísticos no paramétricos descriptivos se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar entre tratamientos: el crecimiento vegetal y las variables de producción: pesos de la mazorca y peso de granos. En caso de diferencias significativas en la prueba de Kruskal-Wallis se realizó la prueba de comparación de Dunn.

Resultados.

Crecimiento vegetal: De acuerdo con los resultados, las plantas de maíz mostraron diferencias significativas en el tamaño de la planta ($H = 55.96$, $p < 0.05$). Las Plantas más desarrolladas se observaron en tres de los cuatro tratamientos, destacando el tratamiento Herbicida y Cobertura con paja. Las plantas con menor desarrollo se encontraron en el tratamiento con malezas; además las plantas con crecimiento más homogéneo se encontraron en el tratamiento Maleza y las de mayor variabilidad en la altura fueron aquellas que crecieron en el tratamiento Herbicida (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores descriptivos no paramétricos de la altura para plantas de maíz sujeto a distintos tratamientos de control de malezas

Tratamiento	Mediana (cm)	IQR (cm)
Herbicida	253.4 A	110.7
Cobertura	270.9 A	106.8
Calabaza	247.2 A	96.0
Maleza	235.6 B	75.7

*IQR diferencia intercuartil Q3-Q1

Peso de mazorca (gr): Para el caso de los valores del peso de las mazorcas no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, es posible apreciar que en el tratamiento con Herbicida las plantas de maíz dieron las mazorcas con el menor peso (Mediana = 98.7 gr) comparado con las mazorcas de las plantas de maíz que crecieron con la Cobertura de paja (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores descriptivos no paramétricos para el peso de la mazorca (gr) de las plantas de maíz.

Tratamiento	Mediana (gr)	IQR (gr)
Herbicida	98.7	40.15
Cobertura	117.0	48.92
Calabaza	109.0	67.15
Maleza	104.6	76.0

Peso de grano (gr): En el tratamiento Herbicida el 50% de los pesos de 20 granos fue de 4.05 gr, ligeramente mayor al resto de los tratamientos, pero no suficiente para generar diferencias significativas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores descriptivos no paramétricos para el peso del grano (gr) de las plantas de maíz.

Tratamiento	Mediana (gr)	IQR (gr)
Herbicida	4.05	1.05
Cobertura	3.80	1.05
Calabaza	3.80	1.10
Maleza	3.70	0.85

Discusión.

Los resultados muestran que las plantas de maíz con mejor desarrollo medido a través de la altura fueron aquellas que no estuvieron en contacto con las malezas y aunque son estadísticamente igual en los tratamientos Herbicida, Cobertura con paja y Calabaza, es en Cobertura donde se observan los datos mayores en altura. Algunos estudios han reportado que las coberturas del suelo incentivan la actividad microbiana con el potencial de disminuir los costos de fertilización (Álvarez-Solís *et al.*, 2010).

Las coberturas de paja se han aplicado para el control de malezas, pero se ha observado que estas tienen efecto sobre el desarrollo de los cultivos. En un experimento llevado a cabo por Najul y Anzalone (2006) encontraron rendimientos significativamente mayores en cultivo de frijol bajo tratamientos de paja composteada en comparación con el control con herbicidas. Resultados similares han sido reportados en jitomate, donde la paja de arroz junto con el salvado de arroz favoreció el incremento de rendimientos (Rodríguez, 2007). Incluso el uso de coberturas vegetales en cultivos se ha reportado como benéfica para la protección del suelo contra la erosión (Huerta-Olague *et al.*, 2018).

Hay suficiente evidencia para sugerir que las coberturas además de mejorar el control de las malezas también influyen positivamente en el progreso de los cultivos, disminuyendo o minimizando los efectos deletéreos de la competencia, que se pueden ver reflejados en el desarrollo. Por ejemplo, Santacruz y Salas (2013) encontraron que el efecto de la competitividad de las malezas es observado en el crecimiento y la productividad de las plantas cultivadas. Los resultados de este estudio muestran que la competencia disminuye a tal grado que no hay diferencias significativas en las características productivas de peso de mazorca y peso de grano. En este sentido el efecto de la competencia se observó parcialmente en el tratamiento con desmalezado selectivo, donde las plantas de maíz fueron más pequeñas estadísticamente hablando, pero en las variables productivas este efecto no fue notorio pues no se observaron diferencias tanto en peso de 20 granos como en mazorca.

A pesar de que no hubo diferencias en el peso de mazorcas y granos entre todos los tratamientos evaluados, es importante resaltar el uso de Cobertura con paja, aunque no hubo diferencias significativas en las variables rendimiento, se tuvieron las plantas más altas que el resto de los tratamientos, que pueden aportar mayor biomasa para uso de ensilado; las ventajas del uso de paja como cobertura del suelo para mitigar la presencia de malezas, no solamente están en la disminución de los costos económicos por la compra de herbicidas que pueden afectar sensiblemente los ingresos por conceptos de compra y mano de obra de la aplicación (Aguilar-Carpio *et al.*, 2021), sino también, disminuyen los costos sobre la salud y el ambiente, que son factores importantes para el desarrollo de programas alternativos de manejo de malezas (Mellaned 2010).

Conclusiones.

Los efectos de las estrategias de control de malezas sobre el desarrollo del cultivo de maíz dieron diferencias significativas en la altura de las plantas, siendo ligeramente más altas en el tratamiento con Cobertura con paja, pero no significativas con los tratamientos Herbicidas y Calabaza, las plantas de maíz más pequeñas se observaron con el tratamiento de la tolerancia a malezas con deshierbes selectivos, posiblemente por competencia por luz. En cuanto a las variables productivas no hubo diferencias significativas, por lo que se atribuye un efecto nulo de la competencia bajo las circunstancias de un manejo con Cobertura y un Deshierbe selectivo, además de promover sotocultivos como la calabaza, comparando estos resultados con el tratamiento aplicando deshierbes a través del uso de herbicidas.

Lo importante de este estudio está en que no hubo diferencias significativas en las variables productivas, por lo que las coberturas son una tecnología con potencial de ser utilizado para el control de malezas, cuyos beneficios se encuentran en los temas de la salud humana y ambiental al minimizar o neutralizar el uso de herbicidas. Además, otros fenómenos ecológicos pueden estar ocurriendo bajo las coberturas como la activación de microorganismos que benefician el desarrollo de los cultivos. Es necesario realizar experimentos puntuales con el fin de evaluar claramente cómo el uso de coberturas del suelo tiene un efecto sinérgico sobre el desarrollo y desempeño productivo de las plantas cultivadas.

Bibliografía/Referencias

- Aguilar-Carpio, C., Aguilar-Mariscal, I., Aguilar-Carpio, A. & Aguilar-Carpio I. 2010. Eficiencia y rentabilidad del control químico de malezas en el cultivo de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24; 95.
- Álvarez-Solís, J. D., Díaz-Pérez, E., León-Martínez, N. S. & Guillén-Velásquez, J. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana* 28(3), 239-245.
- CIBIOGEM. 2024 Efectos nocivos del herbicida 2,4D <https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/documentos-y-actividades-en-bioseguridad/24-repositorios/997-efectos-nocivos-del-herbicida-2-4-d-2?pag=1>. Fecha de Consulta: 11-jul- 2024.

- CIMMYT. 2022. Malezas, labranza y rendimiento de maíz. <https://idp.cimmyt.org/malezas-labranza-y-rendimiento-de-maiz/>. Fecha de consulta 16-jul-2024.
- FAO. 2024. Situación alimentaria mundial. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Fecha de consulta 15-jul-2024.
- Fonteyne, S., Leal G., A.J., Osorio A., L., Villa A., J., Santos R., C., Núñez P., O., Ovando G., J.R., Gopal S., R. & Verhulst, N. 2022. Weed management and tillage effect on rainfed maize production in three agro-ecologies in Mexico. *Weed Research* 62(3): 224-239, <https://doi.org/10.1111/wre.12530>.
- Gouttefanjat, F. 2020. El maíz como fuerza productiva civilizatoria: ecología y comunidad en Mesoamérica. *Revista de Estudios Contemporáneos do Sul Global* 3: 51-63, <https://doi.org/10.46652/pacha.v1i3.43/>
- Guzmán-Mendoza, R., Hernández-Hernandez, V., Salas-Araiza, M.D. & Núñez-Palenius, H.G. 2022. Diversidad de especies de plantas arvenses en tres monocultivos del Bajío, México. *Polibotánica* (53), 69-85, <https://doi.org/10.18387/polibotanica.53.5>.
- Huerta-Olague, J. de J., Oropeza M., J.L., Guevera G., R.D., Ríos B., J.D., Martínez M., M. R., Barreto G., O.A., Olguín L., J.L. & Mancilla V., O.R. 2018. Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia (Arica)*, 36(2): 153-162, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000701>.
- Martínez C., T.F., Zúñiga R., B.G., Martínez P., J.E., Cantos S., E.A. & Muñoz C., J.J. 2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 5(6), https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1364 p 13890.
- Mellaned, F.D. 2010. Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología* 5: 73-78.
- Mijangos M., M.I., Martínez M., M., Graillet J., E.M., Ruíz S., K.Y. & Vázquez L., D. 2023. El maíz y su importancia en la cultura Popoluca de San Fernando en Soteapan Veracruz. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 11 (2): 96-108, doi.org/10.47808/revistabioagro.v11i2.510
- Najul, C. & Anzalone, A. 2006. Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro* 18(2), 75-82.
- Pérez-Olvera, Ma.A., Navarro-Garza, H., Flores-Sánchez, D., Ortega-García, N. & Tristán-Martínez, E. 2017. Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en el Bajío de Guanajuato. In: Bejarano G., F. (Coord. y Ed.). *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México*, A. C. Texcoco, México. pp 221-246.
- Plenge-Tellechea, F., Sierra-Fonseca, J.A. & Castillo-Sosa, Y.A. 2007. Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas. *Tecnociencia Chihuahua* 3: 4-6, DOI <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v1i3.55>.
- Rodríguez R., G. 2007. Efecto de la cobertura del suelo con cascarilla de arroz en el crecimiento y rendimiento del tomate de ramillete. *Ciencia e Investigación Agraria* 34(3), 225-230. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000300006>.
- Santacruz Estigarribia, O.R & Salas Pino, P. 2013. Efecto de la competencia de malezas y la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) Var. Coodetec 405. *Investigación Agraria*, 10(2), 21–28.