

Agave azul: motor de deforestación, transformación del patrón de cultivo y erosión del suelo

Valente Macias-López¹

Rubén Darío Guevara-Gutiérrez^{2,§}

José Luis Olguín-López²

Oscar Arturo Barreto-García³

José Manuel Ramírez-Romero²

Oscar Raúl Mancilla-Villa⁴

1 Universidad de Guadalajara, Av. Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

2 Departamento de Ecología y Recursos Naturales - Centro Universitario de la Costa Sur -Universidad de Guadalajara, Av. Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

3 Departamento de Producción Agrícola - Centro Universitario de la Costa Sur -Universidad de Guadalajara, Av. Independencia Nacional 151, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

4 Unidad Académica El Grullo - Tecnológico Nacional de México, México.

§Autor para correspondencia: ruben.guevara@academicos.udg.mx.

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar y analizar el efecto del crecimiento en superficie del cultivo de agave azul sobre la deforestación, cambio de patrón de cultivo y erosión del suelo en Autlán de Navarro, Jalisco. En los últimos 20 años, este cultivo se ha extendido de forma intensiva impulsado por la demanda de la industria tequilera y el aumento del precio del kilo de piña de agave (\$21.00 a \$30.00 pesos entre 2021 y 2024). Mediante censo del parcelado se compararon plantaciones de agave azul de empresas tequileras y agricultores, registrando cambios en el patrón de cultivo y deforestación, principalmente de selva baja caducifolia, presencia de arvenses, presencia de enfermedades e indicios de erosión del suelo (evaluación visual). Los resultados mostraron una tasa de deforestación del 39.7%, la conversión del patrón de cultivo representó 82%, 73% de las parcelas se aplicó herbicidas, 60% presentaron enfermedades tratadas con insecticidas como imidacloprid y 90% mostraron erosión moderada a severa. Se observaron diferencias significativas ($p=0.05$) en el manejo entre compañías y agricultores. Se concluye que la expansión del agave azul ha propiciado el cambio de patrón de cultivo (hortalizas, maíz y pastizales por agave azul) y deforestación, que responde a la volatilidad del mercado y falta de contratos para la venta de la plantación.

Palabras clave:

Agave tequilana Weber., consejo regulador de tequila, erosión del suelo.



Introducción

La deforestación es un proceso que implica convertir bosques en pastizales o agricultura (Gómez-Pompa y Burley, 1991 ; Camacho-Sanabria *et al.* , 2015 ; Aghsaei *et al.* , 2020), que provoca el aumento de la escorrentía superficial y producción de sedimentos (Demissie, 2022), la destrucción de hábitats y amenaza de especies endémicas (Aka *et al.* , 2022). A nivel internacional México lidera la deforestación de selvas y bosques de montaña (CONAFOR, 2020a ; CCMSS, 2024).

Siendo el estado de Jalisco un ejemplo donde se desmonta para agricultura convencional (CONAFOR, 2020b), en el caso específico de establecer plantaciones extensivas de agave azul desde 1996 (Vélez *et al.* , 1996) o para la búsqueda de nuevas superficies con diferentes climas para este fin (CRT, 2000). Esto transforma agroecosistemas y altera patrones de cultivo (Ruíz *et al.* , 2002 ; Valenzuela y Gaytán, 2009). Actividad que, para el estado de Jalisco, es potenciada por la denominación de origen del tequila (DOT), la certificación de las plantaciones, la demanda internacional del tequila y el establecimiento de nuevas empresas (CRT, 2000).

Para la región Sierra de Amula, Jalisco, el agave azul emergió como alternativa económica a inicios de 1990, con crecimiento acelerado de propietarios privados de parcelas y su arrendamiento (Gerritsen *et al.* , 2011). El arrendamiento fomenta el monocultivo y reduce prácticas sustentables (Herrera-Pérez *et al.* , 2018), contrastando con el sistema de manejo convencional (Herrera-Pérez *et al.* , 2017).

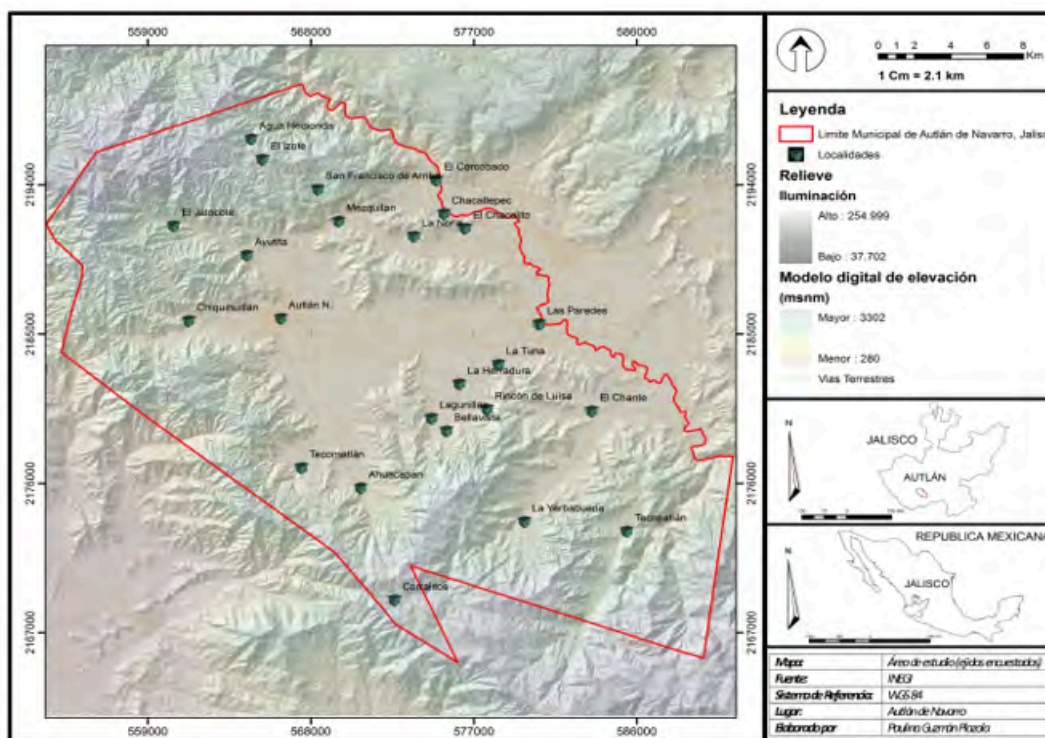
El objetivo es cuantificar y analizar el impacto del crecimiento de la superficie de agave azul proyectadas en el manejo del parcelado por empresas y agricultores, motor de la deforestación, cambio de patrón de cultivo y degradación del suelo.

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco, ubicado en la región Sierra de Amula entre las coordenadas 19° 34' 30" a 19° 53' 45" norte y 104° 07' 00" a 104° 27' 35" oeste (Figura 1), tiene una superficie de 962.90 km² y rango altitudinal sobre el nivel del mar de 900 a 2 700 m.



Figura 1. Ubicación del municipio de Autlán de Navarro, Jalisco.



Materiales y métodos

La identificación de la superficie de agave azul en el municipio de Autlán de Navarro fue mediante el muestreo georreferenciado de cada parcela durante 2023 y complementado con registros históricos del SIAP-SADER, consejo regulador del tequila (CRT) y municipales.

Proyectado sobre los Sistemas de Información Geográfica (SIG); a través, de la sobreposición del parcelado en la clasificación supervisada de las imágenes de uso del suelo serie VI (INEGI, 2017) para identificar el cambio de patrón de cultivo, deforestación y rangos de pendientes mediante la creación de modelos digitales de elevación a partir de coberturas con formato vectorial Shape, apoyado de programas Excel, Arc-View v.3.1 y digitalizados en Arc-Info v.3.1 e Idrisi v.3.2. para Windows y Surfer v.8 (Eastman, 1992) resolución de 20 m x 20 m.

La identificación del tipo de suelo se basó en la carta edafológica (INEGI, 1976). Para estimar el cambio de patrón de cultivo y deforestación se utilizó la relación:

$$T = \frac{\ln B - \ln A}{n - \text{años}} \times 100.$$

T= tasa de cambio de patrón de cultivo y deforestación (%); lnA= superficie del año actual (ha); lnB= superficie del año anterior (ha); n= diferencia de años entre A y B.

Durante el censo del parcelado de agave azul se identificó y comparó de forma visual aquellas manejadas por empresas tequileras y agricultores, en consideración al nivel de erosión en las categorías: leve (no manifiesta), moderada (erosión laminar, acumulación de sedimento en partes bajas) y severa (formación de cárcavas).

Se identificó la presencia o ausencia de arvenses y mediante el muestreo aleatorio (Arista-Carmona *et al.* , 2023) las enfermedades (daño), plagas (detección de adultos, larvas, galerías

activas, exudados o daño fresco en la base o el cogollo. Además de las prácticas culturales (eliminación de arvenses y desahije) y uso de maquinaria. Se aplicó una chi-cuadrado y separaciones de medias de Tukey con $\alpha = 0.05$, empleando el programa SAS v.9.4.

Resultados y discusión

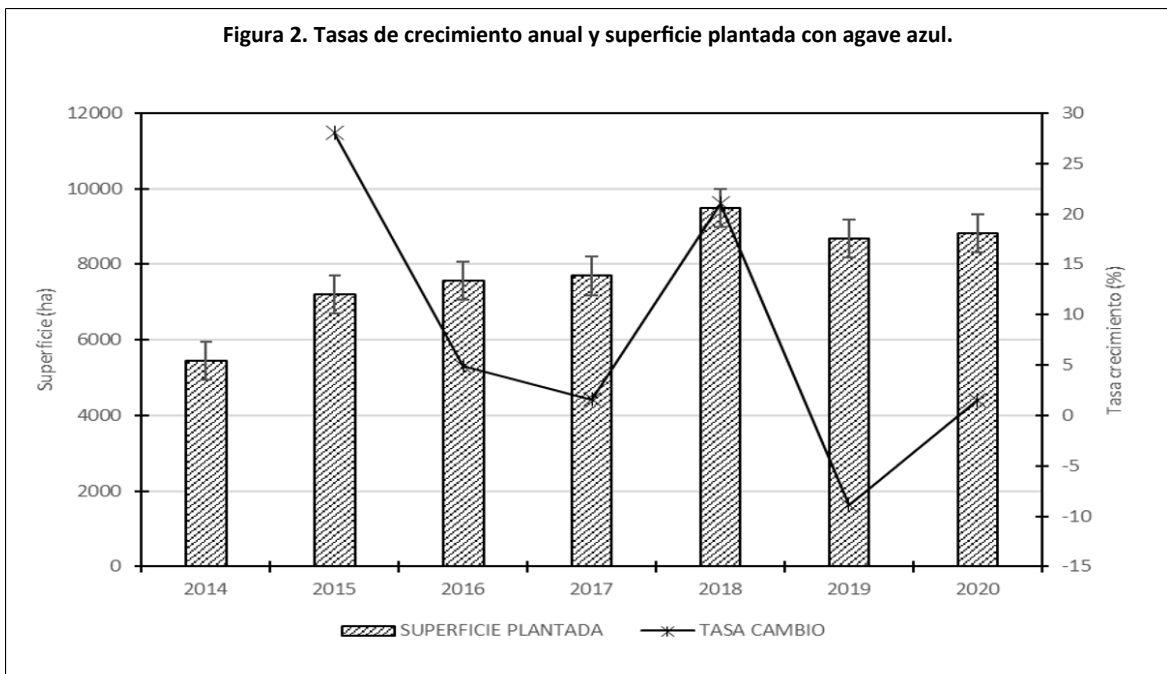
Extensión del cultivo de agave azul

De los registros del SIAP-SADER y el CRT en el 2021 la superficie registrada de agave azul en la región de DOT fue de 210 000 ha (73% en Jalisco) incrementándose para el 2023 a 413 870 ha.

Para la región Sierra de Amula en donde se ubica el municipio de Autlán de Navarro, el incremento de las plantaciones de agave azul desde 1996 obedeció al pago ofrecido por kilo de la piña de agave de \$17.00 pesos, que incentivó a los agricultores a plantar extensivamente de forma independiente, pero con desconocimiento del manejo agronómico (Guevara *et al.*, 2024) o arrendar sus parcelas para tal fin. Herrera-Pérez *et al.* (2018) identifican que el arrendamiento fomenta monocultivos con prácticas no sustentables, condición de manejo que Moreno-Hernández *et al.* (2011) identificaron para la región Sierra de Amula. Con base a los datos históricos del SIAP-SADER se estimó el crecimiento de la superficie plantada a una tasa promedio 18%.

Cambio de patrón de cultivo y deforestación

La superficie de agave azul reportada por el SIAP-SADER (2020) en la región Sierra de Amula, superó las 40 000 ha en 2019. El precio de compra de piña fluctuó entre el año 2021 a 2024 en \$30.00 pesos kg^{-1} , hasta verse reducido entre \$3.00 y \$5.00 pesos a finales de 2024. Basados en datos históricos del SIAP-SADER se identifica que el agave azul en Autlán de Navarro es uno de los cinco cultivos base del desarrollo económico, con tasas de crecimiento hasta 48% según el precio industrial (Figura 2).



Debido a la ausencia de contratos de compra-venta de la producción de agave azul por los agricultores o su registro ante el CRT, propició que la superficie plantada por ellos no fuera considerada en los registros oficiales ante el Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER-SADER), a diferencia de aquellas manejadas por las compañías.

Situación que puede generar discrepancias con la superficie reportada en la presente investigación con relación a los datos oficiales. Debido al establecimiento extensivo de las plantaciones de agave azul en Autlán de Navarro, se reconoce ausencia de planeación para su establecimiento (Guevara *et al* ., 2024).

De la base de datos generada, se reconoce que las plantaciones de agave azul en el municipio fue establecido sobre diversos tipos de suelos principalmente Feozem (63.4%), Vertisoles (21%) y Regosoles (11.34%), y en condiciones topográficas heterogéneas (planicies o laderas), más del 50% del parcelado combina dos o más rangos de pendiente, principalmente 0 a 5% (correspondiente a zonas abiertas) y que se traduce en cambio de patrón de cultivo de hortalizas, maíz o pastizales por agave azul (Figura 3) el restante se establece en pendientes >10% (Cuadro 1) información que al ser sobrepuesta sobre imágenes de uso de suelo y coberturas refleja la deforestación de SBC principalmente.

Figura 3. Deforestación de SBC y cambio de uso del suelo para agave azul.



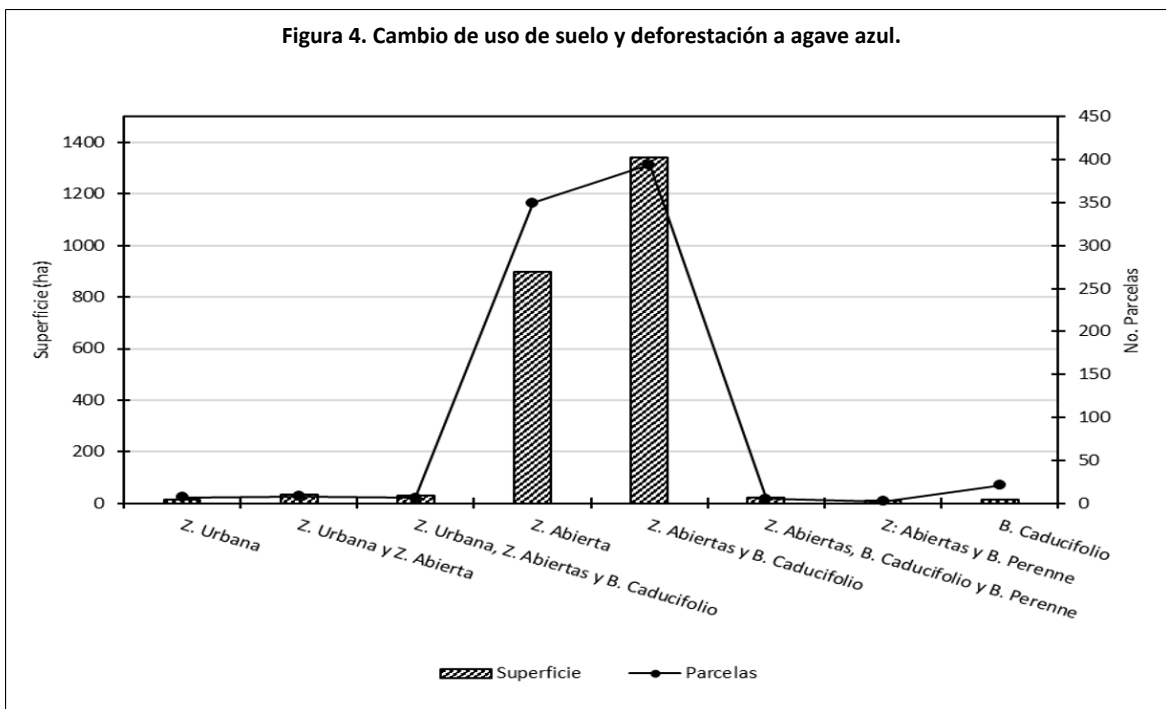
Cuadro 1. Clasificación de parcelas por rangos de pendiente.

Núm. rangos	Pendiente (%)	Núm. parcelas	Superficie (ha)
1	0 -5	155	314.47
1	5 -15	50	55.63
1	15-30	6	0.76
1	30-45	11	2.73
2	0-5, 5-15	330	1 134.05
2	5-15, 15-30	2	3.88
2	5-15, 30-45	44	95.77
2	15-30, 30-45	12	11.93
2	45-60, >60	1	0.26
3	0-5, 5-15, 15-30	5	19.44
3	0-5, 5-15, 30-45	104	460.9
3	5-15, 15-30, 30-45	20	41.34

Núm. rangos	Pendiente (%)	Núm. parcelas	Superficie (ha)
3	15-30, 30-45, 45-60	3	4.94
3	15-30, 45-60, >60	2	1.84
4	0-5, 5-15, 15-30, 30-45	21	116.65
4	0-5, 5-15, 15-30, 45-60	1	0.82
4	0-5, 5-15, 30-45, 45-60	1	0.44
4	5-15, 15-30, 30-45, 45-60	7	32.76
4	15-30, 30-45, 45-60, >60	3	6.14
5	0-5, 5-15, 15-30, 30-45, 45-60	5	26.53
5	0-5, 15-30, 30-45, 45-60, >60	1	0.81
5	5-15, 15-30, 30-45, 45-60, >60	2	6.22
6	0-5, 5-15, 15-30, 30-45, 45-60, >60	7	24.83
Total		793	2 363.14

Propiciando suelos erosionados al modificar sus propiedades hidráulicas (Tena *et al.* , 2019 ; Aghsaei *et al.* , 2020), además de fragmentar los hábitats (Bogaert *et al.* , 2008). La estimación de las tasas de cambio patrón de cultivo a plantaciones de agave azul fue de 42.4% considerando las zonas abiertas con rango de pendiente de 0 a 5%, deforestación de SBC 39.7% y 1.4% zonas urbanas (Figura 4).

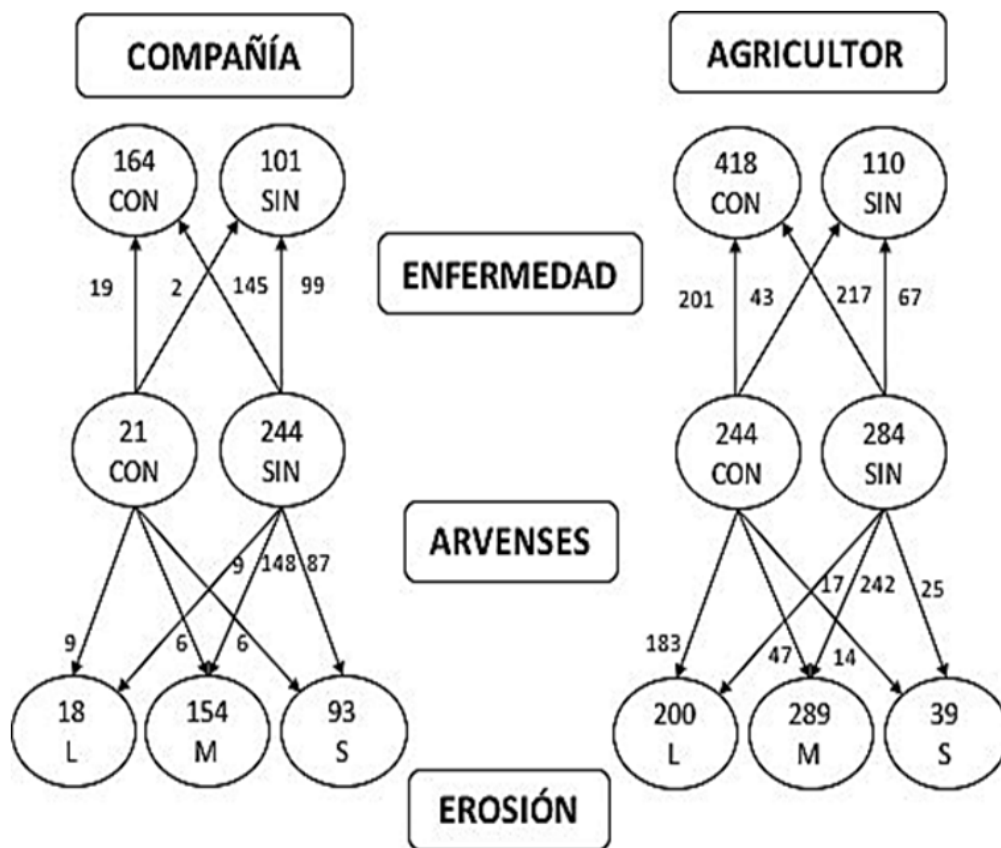
Figura 4. Cambio de uso de suelo y deforestación a agave azul.



Erosión del suelo, manejo de arvenses y condiciones fitosanitarias

De 793 parcelas muestreadas, 265 fueron manejadas por compañías, caracterizadas por la ausencia de arvenses en 93.5%, condición que incrementó la erodabilidad del suelo, registrando 18 parcelas con erosión leve (68.33 ha), 154 moderada (653.53 ha) y 93 fuerte (356.08 ha), estas últimas en etapa de jima. De 528 parcelas manejadas por agricultores, 54% no presentaron arvenses lo que representó mayor uso de herbicidas, 200 presentaron erosión leve (479.5 ha), 289 moderada (664.97 ha) y 39 fuerte (140.73 ha) (Figura 5).

Figura 5. Diagnóstico de plantaciones de agave azul, incidencia de enfermedades, presencia de arvenses y erosión del suelo.



Con base a Guevara *et al.* (2024) ; García-Montoya *et al.* (2021) reconocen que el proceso de deforestación y cambio de patrón de cultivo favorece el incremento de la escorrentía superficial y pérdida de suelo.

Las condiciones fitosanitarias del parcelado manifiestan mancha foliar (*Botryodiplodia* sp. Theiss. y H. Syd), pudrición de raíz (*Fusarium oxysporum* Schltdl) y mancha negra (*Rhizoctonia solani* Kühn) en 62% de parcelas de compañías y 79% de agricultores. La densidad del picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) no superó 15% por parcela.

Análisis del manejo entre compañías y agricultores

Los resultados indican que las plantaciones presentan condiciones heterogéneas de manejo (Cuadro 2) reflejando ausencia de criterios unificados de sustentabilidad como el establecimiento de surcos al contorno, pese a la certificación reconocida a nivel internacional del cultivo agave azul y por el CRT, emblema agrícola, cultural y económico más importante de México.



Cuadro 2. Análisis de varianza para el rendimiento de agave según tipo de productor.

Fuente	DF	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	692.986234	692.986234	64.52	< 0.0001
Error	791	8496.451345	10.741405		
Total corregido	792	9189.437579			
R-cuadrado	Coficiente de variación	Raíz MSE	Rendimiento medio		
0.075411	49.71279	3.277408	6.592686		
Fuente	DF	Tipo I SS	CM	F-Valor	Pr> F
Trat.	1	692.9862341	692.9862341	64.52	<0.0001

Con relación al uso de herbicidas entre parcelas manejadas por las empresas y los agricultores se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$). Las parcelas de agricultores presentan una distribución balanceada (54% si emplean herbicidas y 46% no), a diferencia de las compañías que muestran marcada preferencia por el uso de herbicidas con 94%.

La prueba Chi-cuadrado confirmó diferencia ($\chi^2 = 115.4$, $gl = 1$, $p < 0.001$). No obstante, existe similitud en degradación y problemas fitosanitarios entre grupos, sin considerar límites ejidales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la presencia de arvenses, enfermedad y nivel de erosión sobre. Se muestran medianas y resultados de pruebas estadísticas.

Comparación	Diferencia de medianas	q	p-valor ajustado	Significativo ($\alpha = 0.05$)
Moderada vs Leve	100	5.056	0.012	Sí
Fuerte vs Leve	4	3.528	0.089	-
Moderada vs Fuerte	6	2.45	0.21	No

La prueba post-hoc (Tukey) mostró diferencias significativas solo entre erosión moderada y leve (diferencia de medianas= 10; $p = 0.012$). No se encontraron diferencias significativas entre fuerte vs leve ($p = 0.089$) ni entre moderada vs fuerte ($p = 0.21$) (Cuadro 3).

Por otro lado, la prueba de Chi-cuadrado indicó una asociación significativa entre el tipo de productor y el nivel de erosión ($\chi^2 = 78.21$; $gl = 2$; $p < 0.001$). Chuma *et al.* (2021) señalan que los cambios en el patrón de cultivo impactan linealmente en elevadas tasas de erosión del suelo.

En este sentido, el uso de herbicidas (glifosato, paraquat, hexazinona y diurón) mostraron una fuerte asociación con la degradación del suelo ($\chi^2 = 210.34$; $gl = 2$; $p < 0.001$), particularmente en parcelas sin maleza y con erosión moderada, lo que evidencia que eliminar la cobertura vegetal es un factor determinante en el proceso.

Desarrollo e implicaciones productivas

El 60% de la superficie muestreada (617 parcelas, equivalente a 1 720.79 ha) presentó un rango de edad del cultivo de 3 a 4 años. Este dato subraya la necesidad de planificar la renovación de plantaciones para reducir los picos de oferta y demanda, como medida de estabilización del mercado, con base en principios de economía agrícola (FAO, 2018).

Esta condición es particularmente crítica para los agricultores independientes, ya que el 88% de sus parcelas se concentra en dicho rango, que reportan dificultades de comercialización por ausencia de contratos de compraventa o falta de precios de garantía, lo que ha derivado en el abandono de sus parcelas. Esta tendencia sugiere que las plantaciones de los agricultores fueron establecidas por una necesidad económica y por imitación de los modelos productivos de las compañías

Esta problemática observada en Autlán de Navarro es consistente con lo reportado por Quesada-Román y Díaz-Bolaños (2019) , quienes reconocen que la modificación del paisaje por actividades agrícolas, sumada a la mala gestión de políticas ambientales, fomenta elevadas tasas de deforestación. Dicha situación, ante la expansión desordenada del agave azul en la región de DOT sin planeación territorial ni consideración de la capacidad de uso del suelo, ha generado impactos ambientales que comprometen la sustentabilidad de la industria tequilera (Guevara-Gutiérrez *et al* ., 2024).

Además, la ausencia de una regulación efectiva por parte de los gobiernos y la falta de correspondencia entre la certificación, el CRT y la ausencia de prácticas sustentables perpetúan este modelo extensivo y degradante.

Conclusiones

La expansión del agave azul en Autlán de Navarro se asoció con un cambio de patrón de cultivo y deforestación de selva baja caducifolia.

Se encontraron diferencias en el manejo entre compañías y agricultores. Las compañías priorizan el control químico, lo que se asocia con mayores niveles de erosión del suelo. Los agricultores presentan un uso más moderado de herbicidas y una mayor proporción de parcelas con erosión leve.

La eliminación de la cobertura vegetal (arvenses) mediante herbicidas mostró asociación con la degradación del suelo, particularmente en parcelas con erosión moderada.

Con base en estos resultados, se recomienda que futuros estudios evalúen la relación entre prácticas de manejo, erosión y deforestación, así como el diseño de estrategias diferenciadas según tipo de productor.

Bibliografía

- 1 Aghsaee, H.; Mobarghaee, D. N.; Moridi, A.; Asadolahi, Z.; Delavar, M.; Fohrer, N. and Wagner, P. D. 2020. Effects of dynamic land use/land cover change on water resources and sediment yield in the Anzali wetland catchment, Gilan, Iran. Países Bajos. Science of the Total Environment. 712:136449. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136449>.
- 2 Aka, K. S. R.; Dibi, H. N.; Koffi, J. N. and Bohoussou, C. N. 2022. Land cover dynamics and assessment of the impacts of agricultural pressures on wetlands based on earth observation data: case of the Azagny Ramsar site in Southern Côte d'Ivoire. Estados Unidos de América. Journal of Geoscience and Environment Protection. 10(5):43-61. <https://doi.org/10.4236/gep.2022.105004>.
- 3 Arista-Carmona, E.; González-Hernández, H.; Rodríguez-de la O, J. L. y Cibrián-Tovar, J. 2023. Incidencia, fluctuación poblacional y porcentaje de severidad de *Scyphophorus acupunctatus* en maguey pulquero en el noreste del Estado de México. Revista Fitotecnia Mexicana. 46(2):157-166. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.157>.
- 4 Bogaert, J.; Bamba, I.; Koffi, K. J.; Sibomana, S.; Djibu, J. K.; Champluvier, D. and Visser, M. N. 2008. Fragmentation of forest landscapes in Central Africa: causes, consequences and management. In: patterns and processes in forest landscapes: multiple use and sustainable management. Laforzezza, R.; Sanesi, G.; Chen, J. and Thomas, R. (Eds.). Estados Unidos de América. Springer. 67-68 pp.
- 5 Camacho-Sanabria, J. M.; Juan, P. J. I.; Pineda-Jaimes N. B.; Cadena, V. E. G.; Bravo, P. L. C. y Sánchez, L. M. 2015. Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. México. Madera y Bosques. 21(1):93-112.
- 6 CCMSS. 2024. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. Los bosques y selvas en México: retos y perspectivas actuales del manejo forestal

- comunitario. CCMSS. <https://ccmss.org.mx/wp-content/uploads/Informe-Los-bosques-y-selvas-mexico-CLUA-CCMSS-fn.pdf>.
- 7 Chuma, G. B.; Mondo, J. M.; Ndeko, A. B.; Mugumaarhahama, B. E. M.; Blaise, M.; Valérie, M.; Jacques, K.; Karume, K. and Mushagalusa, G. N. 2021. Forest cover affects gully expansion at the tropical watershed scale: case study of Luzinzi in Eastern DR Congo. *Países Bajos. Trees, Forests and People*. 4:100083. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100083>.
- 8 CONAFOR. 2002. Comisión Nacional Forestal. Evaluación del programa nacional de reforestación (PRONARE, 2002). Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 53 p.
- 9 CONAFOR. 2020a. Comisión Nacional Forestal. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. <https://snmf.cnf.gob.mx/principaleindicadoresforestalesciclo-2015-2020/>.
- 10 CONAFOR. 2020b. Comisión Nacional Forestal. Estimación de la tasa de deforestación en México para el periodo 2001-2018 mediante el método de muestreo. Documento Técnico. Jalisco, México.
- 11 CRT. 2000. Consejo Regulador del Tequila. Anuario estadístico de producción del sistema agave-tequila. Guadalajara, Jalisco, México. CRT. 70 p.
- 12 Demissie, T. A. 2022. Land use and land cover change dynamics and its impact on watershed hydrological parameters: the case of Awetu watershed Ethiopia. Suiza. *Journal of Sedimentary Environments*. 7:79-94. <https://doi.org/10.1007/s43217-021-00084-1>.
- 13 Eastman, J. R. 1992. IDRISI. Worcester, MA, USA. Clark University. 213 p.
- 14 García-Montoya, J. P.; Giraldez-Cervera, J. V. and Vanwallegghem, T. 2021. Climate and land use change effects on sediment production in a dry tropical forest catchment. Suiza. *Water*. 13(16):2233-2244. <https://doi.org/10.3390/w13162233>.
- 15 Gerritsen, P. R. W.; Rosales, A. J. J.; Moreno, H. A. y Martínez, R. L. M. 2011. Agave azul y el desarrollo sustentable en la cuenca baja del río Ayuquila, Costa Sur de Jalisco (1994-2004). *México. Región y Sociedad*. 23(51):161-192.
- 16 Gómez-Pompa, A. and Burley, F. W. 1991. The management of natural tropical forests. In: rain forest regeneration and management. *Man and the Biosphere Series*. Vol. 6. UNESCO. The Parthenon Publishing Group. 3-10 pp.
- 17 Guevara, G. R. D.; Olguín, L. J. L.; Mancilla, V. O. R.; Rosales, A. M. P.; Barreto, G. O. A.; Palomera, C. y Avelar, R. J. U. 2024a. Prácticas sustentables, alternativas para la conservación del suelo en *Agave tequilana* Weber. México. *Nova Scientia*. 16(32):1-15. <https://doi.org/10.21640/ns.v16i32.3450>.
- 18 Guevara-Gutiérrez, R. D.; Palomera-García, C.; Olguin-López, J. L.; Mancilla-Villa, O. R.; Rosales-Almendra, M. P. and Barreto-García, O. A. 2024b. Effect of blue agave (*Agave tequilana* Weber.) management on soil erosion. *Estados Unidos de América. Air, Soil and Water Research*. 17:1-10. <https://doi.org/10.1177/11786221241236632>.
- 19 Herrera-Pérez, L.; Valtierra-Pacheco, E.; Ocampo-Fletes, I.; Tornero-Campante, M. A.; Hernández-Plascencia, J. A. y Rodríguez-Macías, R. 2017. Prácticas agroecológicas en *Agave tequilana* Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 18(esp):3711-3724.
- 20 Herrera-Pérez, L.; Valtierra-Pacheco, E.; Ocampo-Fletes, I.; Tornero-Campante, M. A.; Hernández-Plascencia, J. A. y Rodríguez-Macías, R. 2018. Esquemas de contratos agrícolas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la región de Tequila, Jalisco. México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 15(4):619-637.
- 21 Moreno-Hernández, A.; Estrella-Chulim, N.; Escobedo-Garrido, S.; Bustamante-González, A. y Gerritsen, P. W. 2011. Prácticas de manejo agronómico para la sustentabilidad: características y medición en *Agave tequilana* Weber en la región Sierra de Amula, Jalisco. México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15(4):159-169.

- 22 OECD/FAO. 2018. OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/agr-outlook-2018-en>.
- 23 Quesada-Román, A. y Díaz-Bolaños, R. 2019. Impactos ambientales de la colonización agrícola en Coto Brus, Costa Rica (1940-2018). *Revista Geográfica de América Central*, 63(2):171-203. <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.8>.
- 24 Ruíz, J. A.; Macías, A. y García, J. 2002. Expansión del agave tequilero en Jalisco, México y sus efectos en los recursos naturales. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Guadalajara, Jalisco, México. Libro técnico núm. 1. 142 p.
- 25 Tena, T. M.; Mwaanga, P. and Nguvulu, A. 2019. Impact of land use/land cover changes on hydrological components in Chongwe River Catchment. *Suiza. Sustainability*. 11(22):6415-6428. <https://doi.org/10.3390/su11226415>.
- 26 Valenzuela, A. G. y Gaytán, M. A. 2009. La expansión del cultivo del agave tequilero y su impacto en la estructura agraria regional. México. *Revista de Geografía Agrícola*. (42-43):129-142.
- 27 Vélez, G. C.; Álvarez, de la C. A. P. y Rodríguez, G. B. 1996. Aislamiento de *Erwinia* del grupo Carotovora como patógeno del Agave Tequilana. In: *Resúmenes del XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Guadalajara, Jalisco, México. 84 p.



Agave azul: motor de deforestación, transformación del patrón de cultivo y erosión del suelo

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 June 2026
Date accepted: 01 August 2026
Publication date: 01 August 2026
Volume: 17
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e4205
DOI: 10.29312/remexca.v17i5.4205

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Agave tequilana Weber.
consejo regulador de tequila
erosión del suelo

Counts

Figures: 5
Tables: 3
Equations: 1
References: 27