

Tendencias de la vegetación tras el abandono agrícola en zonas áridas

JOSE RAUL ROMO-LEON¹ Y SARA DENNIS-PACHECO²

RESUMEN

El rápido crecimiento poblacional ha tenido como consecuencia la expansión e intensificación de zonas agrícolas en todo el mundo, con lo cual se modifican los procesos ecológicos en grandes extensiones de tierra. Al respecto, es comúnmente sabido que algunas de las tierras más propensas a la degradación/desertificación y abandono después de actividades agrícolas son aquellas en donde el agua es un factor limitante. Es por esto que, a través de trabajos que se han realizado previamente, el presente manuscrito discute el caso de la Costa de Hermosillo, uno de los casos más simbólicos de abandono de tierras agrícolas en zonas áridas de México. Específicamente, se describe 1) cómo la literatura reporta la disminución drástica de tierras agrícolas entre el final del siglo pasado y el inicio del presente (más de 50,000 hectáreas abandonadas) y 2) cómo ha sido la evolución de la cubierta vegetal después de abandono en algunos de estos sitios.

Palabras clave: Abandono agrícola, legado ecológico, cubierta vegetal.

Dr. Recursos Naturales¹, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, jose.romo@unison.mx, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8946-9005>.

M. en C. Biociencias², Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, sara95dennis@gmail.com.

Autor de Correspondencia: José Raúl Romo León, jose.romo@unison.mx

Recibido: 27 / 09 / 2023

Aceptado: 12 / 09 / 2024

Publicado: a rellenar por la revista

Cómo citar este artículo:

Romo Leon, J. R., & Dennis Pacheco, S. (2024). Tendencias de la vegetación tras el abandono agrícola en zonas áridas. *EPISTEMUS*, 18(37), e3703325. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v18i37.325>

Vegetation trends after agricultural abandonment in arid lands

ABSTRACT

The rapid population growth has resulted in the expansion and intensification of agricultural areas worldwide, modifying ecological processes in large extensions of land. In this regard, it is commonly known that some of the most prone lands to degradation/desertification and abandonment after agricultural activities are those where water is a limiting factor. This is why, through previously conducted studies, the present manuscript discusses the case of the Costa de Hermosillo, one of the most symbolic cases of agricultural land abandonment in arid regions of Mexico. Specifically, we describe 1) how literature reports the drastic reduction of agricultural lands between the end of the past century and the beginning of the present one (more than 50,000 abandoned hectares) and 2) how vegetation cover has evolved after abandonment in some of these sites.

Key words: *Agricultural abandonment, ecological legacy, vegetation cover.*





Introducción

Como consecuencia del rápido crecimiento poblacional registrado en el último siglo, se ha observado un gran incremento en las demandas de alimento, fibras y materias primas en todo el mundo. Esto último ha dado como resultado la expansión de áreas destinadas a actividades agrícolas, en zonas con características ambientales muy diversas [1], [2]. Como consecuencia del incremento en las porciones de espacio que ocupa esta actividad, y la evolución de técnicas de cultivo enfocadas en la maximización de la producción, a menudo se pueden observar alteraciones en la estructura del suelo y otras características ecológicas en sitios agrícolas [1], [3], [4], [5]. Lo anterior es muy perceptible en zonas áridas, donde las condiciones naturales suelen dificultar la agricultura, y su intensificación frecuentemente resulta en prácticas insostenibles, ya que la inadecuada gestión de recursos como el agua, suelo y nutrientes generan graves problemas de degradación de suelos y desertificación [2], [5], [6], [7]. Como consecuencia, el abandono de grandes extensiones de terrenos agrícolas es común en estas zonas [8], [9].

Obviando el hecho de que la vegetación nativa es removida para llevar a cabo agricultura, y que esta actividad primaria persiste durante largos periodos de tiempo, se elaboran los siguientes cuestionamientos. 1) ¿Qué tan común es el abandono en zonas áridas y que extensión tienen estas áreas? 2) ¿Que sucede con los campos agrícolas y la vegetación en estas áreas después del abandono?

La evolución de la cubierta vegetal a través de un proceso de recuperación como la sucesión ecológica consiste en el cambio gradual y aparentemente direccional en la estructura de una comunidad a través del tiempo, lo cual la lleva a un estado de mayor complejidad y estabilidad [10], [11]. Sin embargo, en zonas áridas, la dinámica ecológica de sucesión ha sido muy discutida



al no observarse patrones tan predecibles [12]. Por un lado, las interacciones biológicas como la competencia y facilitación pueden llegar a tener gran influencia en la dinámica, especialmente bajo condiciones de estrés abiótico, muy comunes en zonas áridas [13], [14]. Además, los procesos mediante los cuales la vegetación se recupera en estos sitios resultan altamente dependientes de controladores ambientales tales como el clima (temperatura y precipitación), las especies vegetales presentes en el sitio (o adyacentes al mismo) y las condiciones iniciales del sitio después del cese de la actividad agrícola y abandono de los campos. Este último está directamente ligado a la historia de uso e impacto de las actividades antropogénicas que ocurrieron en el lugar, puesto que el ecosistema está respondiendo a cambios pasados y actuales.

¿Qué es el legado ecológico?

El legado ecológico se puede definir como el efecto que las actividades humanas han tenido a lo largo del tiempo sobre la estructura ecológica de un sitio, y las repercusiones de estas acciones en su futuro. De esta forma, las alteraciones o disturbios que determinado sitio haya experimentado en el pasado condicionarán el desarrollo de la cubierta vegetal, para tomar diferentes trayectorias futuras [15], [16], [17]. Para el caso de las trayectorias de campos agrícolas abandonados, el tiempo y forma de uso persisten como un legado en sus superficies. Estos legados pueden tener efectos evidentes, desde el cambio abrupto de la cubierta vegetal en comparación con sitios aledaños (vegetación natural), hasta modificaciones en los procesos más difíciles de observar o medir, como lo pueden ser cambios en ciclos de la vegetación (fenología), el ensamblaje de comunidades microbianas del suelo (número de especies y cantidad de individuos por especie), o los cambios en las condiciones fisicoquímicas del mismo [18], [19].





En lo que respecta a la evolución de la cubierta vegetal tras el abandono agrícola, los cambios paulatinos en la estructura, función y diversidad de plantas que es posible encontrar en estos lugares se ven influenciados por las características particulares de las especies que se encuentran en el sitio o cerca de este [5], [20]. Así mismo, las condiciones abióticas (suelo y clima), que modifican la disponibilidad de recursos como nutrientes y agua también influyen en el establecimiento, procesos y dinámica de la vegetación [21].

La Costa de Hermosillo como laboratorio

La Costa de Hermosillo se encuentra dentro de los límites del municipio de Hermosillo, Sonora. El área forma parte de la cuenca baja del Río Sonora, que desemboca sus aguas superficiales en el Golfo de California [22] (Figura 1). La temperatura media anual de la zona oscila entre los 18 y 22 °C, pero se llegan a presentar temperaturas menores a los 0 °C en invierno y superiores a los 45 °C en el verano [2]. La precipitación oscila en un rango entre los 100 y 300 milímetros anuales, y más del 80 % ocurre en verano [18]. De acuerdo con clasificaciones previas, existen dos tipos de vegetación (natural) dominantes en la zona: la costera y la de tipo planicie [23].

Desde mediados del siglo pasado, la Costa de Hermosillo ha constituido una importante región agrícola del noroeste de México. En la actualidad, aparte de parcelas activas cultivadas, también es posible observar un amplio y heterogéneo mosaico de parcelas abandonadas, con diferentes tamaños, estratos y etapas de sucesión de la vegetación [24]. Al estar en una zona árida, donde la lluvia es escasa y variable, la agricultura por irrigación mediante la perforación de pozos (que extraen agua del subsuelo) se ha convertido en la única fuente de agua para riego [25]. Lo anterior, aunado al uso inadecuado de los recursos hídricos, ha provocado intrusión de agua marina en el



acuífero (agua subterránea), disminución de la calidad del agua y finalmente la salinización de numerosos pozos y campos en la zona [22].

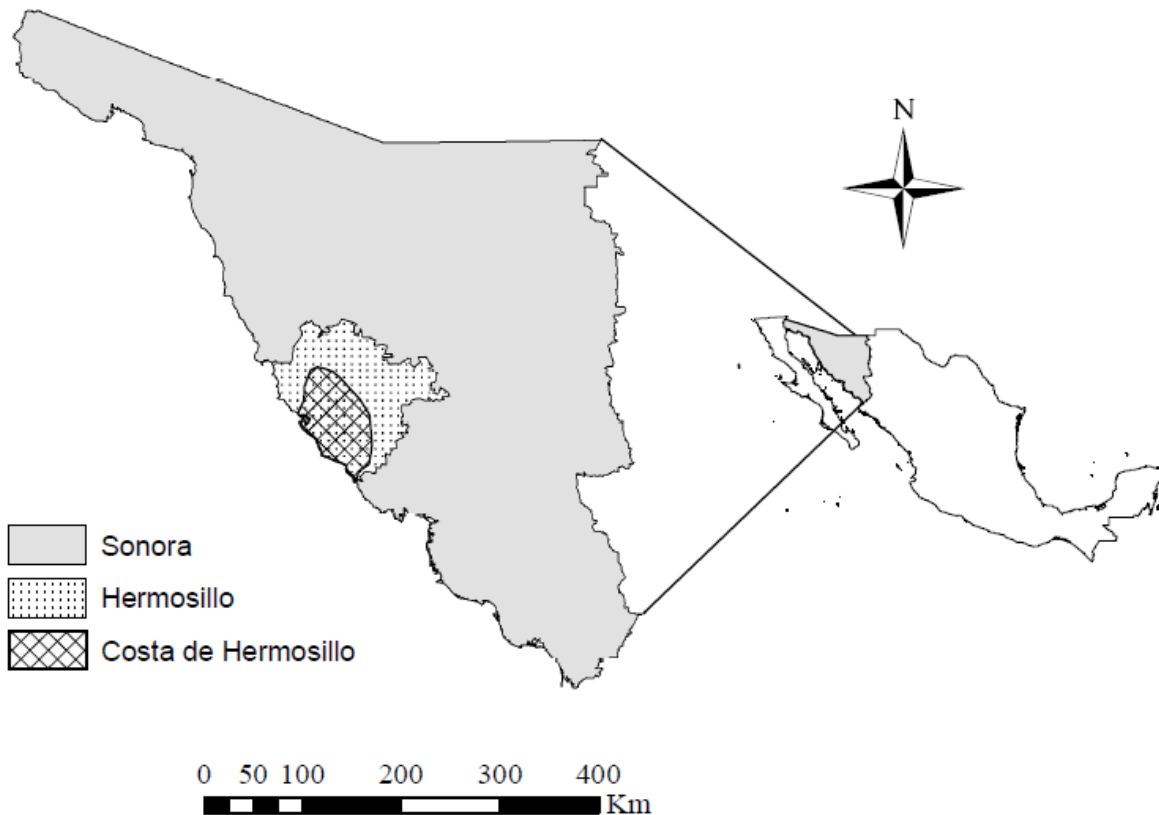


Figura 1. Localización de la Costa de Hermosillo.

Tomando en cuenta lo anterior, se discute cuáles son algunos de los cambios que se perciben en cuanto a la cubierta vegetal en diversos campos agrícolas abandonados de la Costa de Hermosillo, y cómo ha sido su trayectoria a partir del momento de abandono. Es importante mencionar que múltiples trabajos se han realizado intentando entender cómo la vegetación evoluciona en estos sitios. Por ello, lo que se pretende en las siguientes secciones es hacer una





pequeña reseña de algunos de éstos, en torno a la idea de tendencia y evolución de la vegetación después del abandono.

El fenómeno del abandono agrícola en la Costa de Hermosillo

Con el fin de comprender la importancia del fenómeno de abandono de campos agrícolas, es necesario observar la magnitud (área) y la rapidez (tiempo) con la que los cambios han ocurrido. Respecto a esto, algunos trabajos han denotado que el área de la Costa de Hermosillo ha tenido un cambio drástico en la superficie agrícola entre finales del siglo pasado e inicios del presente. Específicamente, se estima que entre 1988 y 2009, el área agrícola activa en la zona se redujo considerablemente: de más de 108,000 ha a menos de 56,000 ha en ese lapso [2]. Lo anterior representa un cambio donde más del 48 % de superficie agrícola activa ha cambiado a otros tipos de cobertura, como suelo desnudo, matorral desértico, mezquital, entre otros (Figura 2).



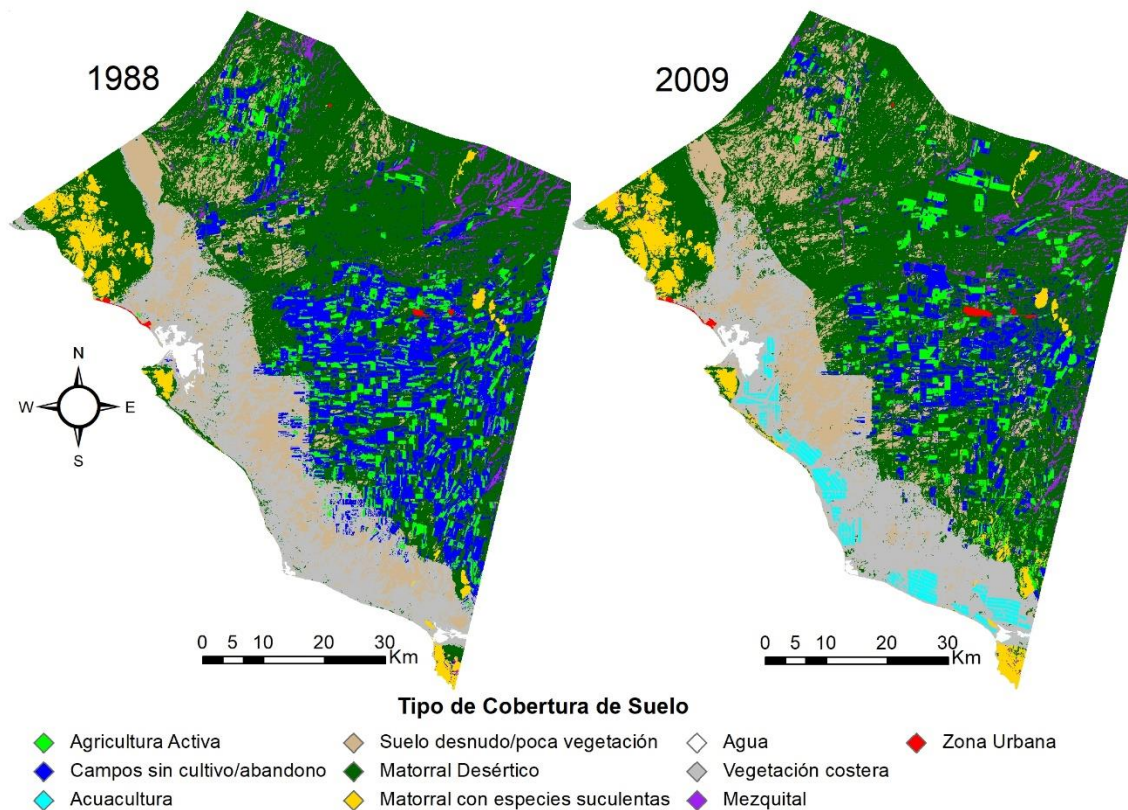


Figura 2. Clasificaciones de usos o coberturas de suelo en la Costa de Hermosillo, usando metodologías de percepción remota con imágenes del sensor Thematic Mapper (LANDSAT 4 y 5). A la izquierda se muestra la clasificación para el año 1988 y a la derecha para el año 2009.

Como era de esperarse por lo explicado anteriormente, las tendencias de sucesión en la vegetación han sido muy diversas en la zona. En numerosas ocasiones, los campos que han sido abandonados se han comenzado a repoblar de especies nativas que se encontraban en sitios aledaños. En otros casos, la introducción o propagación de especies exóticas como el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) ha generado dinámicas alternativas de sucesión vegetal. Sin embargo, la velocidad con la que estos fenómenos ocurren puede ser muy variable, pues depende en gran medida de las condiciones iniciales del suelo inmediatamente después del abandono. Estas





condiciones son determinadas predominantemente por el legado ecológico, pues variables tales como el tiempo de uso, los cultivos plantados y el manejo agronómico (ej. fertilización, uso de pesticidas, rotación de cultivos, etc.) tienen efectos directos sobre la capacidad de recuperación de los terrenos abandonados.

Tomando en cuenta lo anterior, es necesario entender cómo se construyen las diferentes comunidades vegetales una vez ocurrido el abandono en los campos agrícolas. Para este propósito, resulta muy útil la conducción de estudios que evalúen la diversidad y riqueza de especies. Aunque muestrear el universo de posibilidades de sucesión es muy complicado, existen estudios que intentan ver los posibles cambios/escenarios que la evolución de la vegetación ha tomado en estas áreas.

Efectos del abandono en la diversidad y riqueza de las especies

Como se mencionó anteriormente, existen diversas trayectorias de recuperación de la vegetación después del abandono agrícola. Al respecto, algunos estudios han reportado hallazgos importantes en cuanto a la progresión en el tiempo de variables como la riqueza, diversidad, abundancia y cobertura de especies vegetales en los campos abandonados. Hablando específicamente de la Costa de Hermosillo, Dennis-Pacheco [26], muestreó campos en cuatro diferentes intervalos de tiempo desde que ocurrió el abandono (de 0 a 9, 10 a 19, 20 a 29, y 30 a 34+ años de abandono), con el fin de poder ver la dinámica y evolución de la vegetación. En dichos campos se realizaron muestreos utilizando el método de cuadrantes por relevamiento o relevé; se muestrearon en cada sitio 3 cuadrantes de 400 metros cuadrados cada uno (20 x 20 metros), a una distancia aproximada de 100 metros entre cuadrantes. A continuación, se presentan algunos de los hallazgos de este estudio.



Cobertura, abundancia y dominancia de especies

La cobertura, en este caso, indica el porcentaje de suelo cubierto por los diferentes estratos de vegetación. Por su parte, la abundancia y dominancia de especies hacen referencia, la primera, a la cantidad de individuos de una especie presentes en un área determinada y, la segunda, su grado de influencia sobre la composición de la vegetación. Respecto a estas variables, cuando se observaron las diferentes etapas de abandono, se percibió que:

- Para los campos recién abandonados (0 a 9 años de abandono), existen escasos individuos de árboles y arbustos, y relativamente baja cobertura de plantas herbáceas. La cobertura global de la vegetación se estimó entre el 10 % y el 20 %.
- Para los campos entre 10 y 19 años de abandono, el estrato herbáceo sigue siendo dominante; sin embargo, los arbustos comienzan a tener mayor presencia. La cobertura vegetal en estos sitios puede llegar a ser mayor al 50 % (Figura 3).



Figura 3. Campo agrícola con un tiempo de abandono entre 10 y 19 años. Se observa mayor presencia de arbustos que en campos con menor tiempo de abandono.





- No es hasta los intervalos de entre 20 y 29 años, y de 30 años de abandono en adelante, que el estrato arbóreo se desarrolla de manera considerable. En estas etapas, ya es posible observar la presencia de plantas características del desierto sonorense, como algunas especies de Mezquite (*Neltuma* spp.) y de Palo Verde (*Parkinsonia* spp.). La cobertura vegetal en estos campos varía desde el 25 % hasta el 85 %, y tanto el estrato herbáceo como el arbustivo y arbóreo contribuyen a la estructura de la cubierta vegetal en proporciones más equitativas (figura 4 y 5).



Figura 4. Campo agrícola tras más de 30 años de abandono. La trayectoria de la vegetación está determinada por la sucesión/colonización por especies nativas. Se observa el desarrollo de comunidades vegetales más complejas que en campos con menor tiempo de abandono.



Figura 5. Campo agrícola tras más de 30 años de abandono. La trayectoria de la vegetación está influenciada por la sucesión/colonización de especies nativas, pero también de especies exóticas como el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*). Se observa el desarrollo de comunidades vegetales más complejas que en campos con menor tiempo de abandono.

En general, se observa un aumento en la cobertura vegetal conforme más años de abandono presentan los campos. Por otro lado, la diversidad de especies que se puede percibir es muy variable. La diversidad nos indica cómo está distribuida la abundancia de individuos entre las especies, y determina su dominancia en el ecosistema o sitio estudiado [27].

Para los cuatro intervalos de edad de abandono en los campos muestreados, los autores observaron que la mayor diversidad y equitatividad ocurren en los campos con menor (0 a 9 años) y mayor tiempo de abandono (más de 30 años). Mientras tanto, los campos en los intervalos de abandono intermedios presentan los valores de diversidad más bajos (Figura 6). Esto último se puede deber a que la dominancia de especies anuales disminuye rápidamente después de los



primeros años de abandono. Por otro lado, mientras mayor es el tiempo de abandono, las especies perennes comienzan el establecimiento paulatino de comunidades vegetales más complejas, (desarrollo de los estratos arbóreos, arbustivo y herbáceo) (Figura 7).

Años de abandono	Índice de Simpson (λ) (Dominancia)	Índice de Simpson ($1 - \lambda$) (Diversidad)	Índice de Shannon-Wiener (H') y Pielou (J') (Equitatividad)
0 a 9	0.232	0.768	$H': 1.843$ $H'_{\text{max}}: 2.397$ $J' = H'/H'_{\text{max}}: 0.768$
10 a 19	0.318	0.682	$H': 1.614$ $H'_{\text{max}}: 2.302$ $J' = H'/H'_{\text{max}}: 0.701$
20 o más	0.251	0.749	$H': 1.714$ $H'_{\text{max}}: 2.639$ $J' = H'/H'_{\text{max}}: 0.649$

Figura 6. Índices de diversidad para diferentes tiempos de abandono en campos muestreados durante temporada de lluvias.

	Especie	Edad de abandono (años)					
		0 a 9		10 a 19		20 +	
Estrato herbáceo	<i>Abutilon palmeri</i>					1	0.00
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	5	0.07				
	<i>Aristida laxa</i>	10	0.14				
	<i>Bebbia juncea</i>			4	0.08		
	<i>Boerhavia erecta</i>			3	0.06		
	<i>Cenchrus ciliaris</i>					33	0.16
	<i>Chenopodium album</i>	31	0.42				
	<i>Euphorbia pediculifera</i>			2	0.04		
	<i>Euphorbia polycarpa</i>	5	0.07				
	<i>Euphorbia prostrata</i>	8	0.11			2	0.01
	<i>Pectis papposa</i>	7	0.10	1	0.02	38	0.19
	<i>Salsola kali</i>	1	0.01			1	0.00
	<i>Trianthema portulacastrum</i>	2	0.03	8	0.15	2	0.01

Estrato arbustivo	<i>Atriplex canescens</i>					1	0.00
	<i>Baccharis sarothroides</i>	2	0.03			2	0.01
	<i>Condalia globosa</i>					2	0.01
	<i>Encelia farinosa</i>			3	0.06	85	0.42
	<i>Larrea tridentata</i>			1	0.02	24	0.12
	<i>Lycium andersonii</i>			2	0.04		
Estrato arbóreo	<i>Parkinsonia praecox</i>					4	0.02
	<i>Neltuma glandulosa</i>	1	0.01	28	0.53	8	0.04
	<i>Neltuma velutina</i>						
	<i>Vachellia constricta</i>	1	0.01	1	0.02	1	0.00
	Total	73	1	53	1	204	1

Figura 7. Abundancia (lado izquierdo del recuadro sombreado) y abundancia relativa (lado derecho del recuadro sombreado) por especie y edad de abandono para los campos muestreados durante la temporada de lluvias.

Riqueza de especies:

La riqueza de especies hace referencia al total de especies que podemos encontrar en un área determinada [28]. Con el fin de observar cómo se comportó la riqueza de especies en los campos abandonados, se muestrearon sitios por cada intervalo de edad de abandono. Además, se determinaron las proporciones entre las especies perennes (árboles, arbustos y algunas herbáceas) y anuales (herbáceas).





Figura 8. Riqueza de especies para los campos muestreados durante la temporada de lluvias.

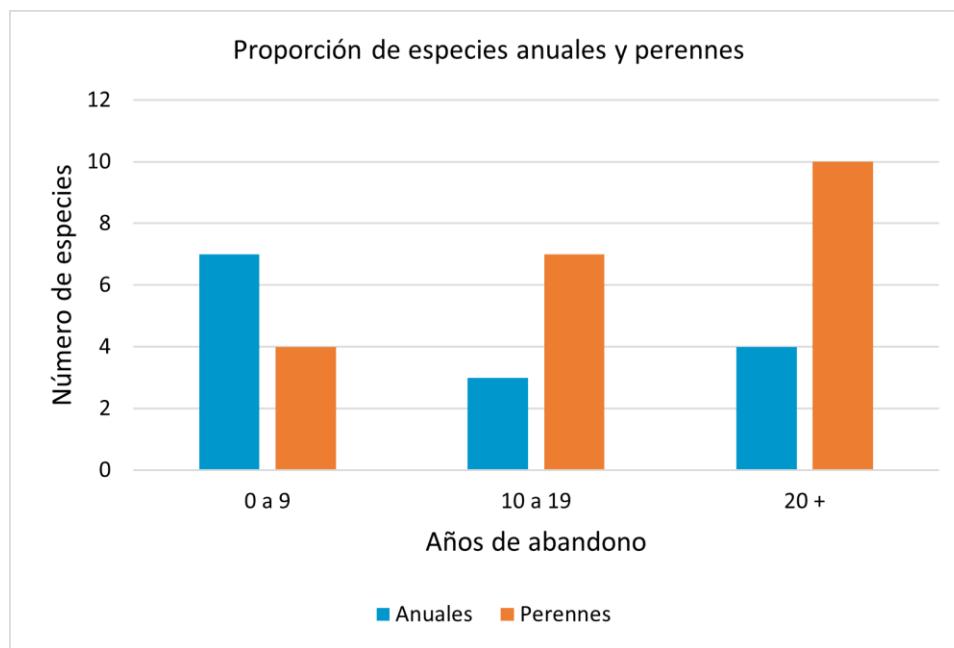


Figura 9. Proporción de especies anuales y perennes para los campos muestreados durante la temporada de lluvias.



En general, se puede observar que mientras mayor es el tiempo de abandono, mayor riqueza de especies podemos encontrar (Figura 8). Esto es de esperarse, pues especies que se encuentran en sitios adyacentes a los campos abandonados, comienzan a colonizar estas áreas. También es importante notar que, para los campos muestreados, mientras mayor es el tiempo de abandono (20 años o más), se puede observar un mayor número de especies perennes (Figura 9).

¿Existe tendencia general en la recuperación de campos abandonados?

Analizando los resultados de los estudios mencionados anteriormente, podemos aseverar que el abandono de grandes extensiones de terreno agrícola en zonas áridas del noroeste de México obedece a múltiples factores. Algunos de estos persisten en el legado ecológico de la región, como consecuencia de la inadecuada gestión en el manejo de los recursos naturales y las problemáticas desarrolladas dados los retos ambientales que ocurren en estas zonas (ej. salinización y degradación de suelos derivada de sobreexplotación de agua subterránea para riego agrícola), lo cual ha desembocado en diferentes trayectorias y tendencias de sucesión en la vegetación. También es importante señalar la magnitud del abandono desde el punto de vista de tiempo y de espacio, ya que en un lapso de 21 años (1988 a 2019), se observa el abandono de más del 50 % de la superficie agrícola, solo en la Costa de Hermosillo. Al visitar estos campos, se puede observar que la recuperación de la vegetación nativa no ocurre inmediatamente o de manera progresiva, y, por lo tanto, no hay un patrón claro de sucesión. Algunas especies arbustivas y arbóreas características del desierto sonorense (*Vachellia constricta*, *Neltuma glandulosa*) están presentes en todas las categorías de tiempo de abandono establecidas para el estudio, cumpliendo con un patrón conocido como autosucesión [29]. Además, la presencia de





zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*), una especie introducida, en campos con edades de abandono superiores a 20 años, indica un potencial disclimax en el ecosistema, puesto que implica una modificación al proceso de sucesión con especies nativas. No obstante, aun con la presencia de esta especie, la diversidad fue mayor que en campos con menos tiempo de abandono.

A pesar de detectar estas dinámicas alternativas a las esperadas para un fenómeno clásico de sucesión secundaria, fue posible observar un reemplazo de especies. Sin embargo, no es esencialmente la presencia o ausencia de especies lo que cambia, sino la abundancia relativa de cada una. Lo anterior sucede siguiendo una estrategia de adquisición rápida de recursos y de conservación de estos, en los sitios con menor y mayor tiempo de abandono, respectivamente. En los primeros años de abandono predominan pocas (pero dominantes) especies anuales y herbáceas que rápidamente dan paso a algunas especies características del desierto sonorense, situación que se va acentuando conforme transcurre el tiempo. No obstante, hay una coexistencia de especies anuales y bianuales con plantas perennes desde las primeras etapas de abandono. La influencia de interacciones biológicas como la facilitación puede promover que aquellas especies arbóreas y arbustivas presentes poco tiempo después del abandono de los campos, mejoren las condiciones ambientales a nivel de microclima (reducción de radiación y temperatura, deposición de materia orgánica), lo que expande las posibilidades de que especies menos tolerantes al estrés ocupen un nicho en la comunidad [13].

Aunado a este cúmulo de fenómenos antes descritos, se debe considerar la influencia del legado ecológico en cada uno de estos terrenos, derivado de la historia de uso que se les ha dado por parte del humano. Por lo tanto, el predecir cómo evolucionará la cobertura de la vegetación después de que ocurre el abandono es complicado, pues cada uno de los terrenos analizados ha



estado expuesto a condiciones particulares en su uso, y por ende presenta características ecológicas específicas al momento de cesar la actividad agrícola. Sin embargo, se puede decir que mientras más tiempo transcurre desde el abandono, es posible observar comunidades vegetales más complejas en estos sitios. La estructura de estas comunidades es variable, pues además del legado ecológico que tiene cada sitio, los controladores naturales (ej. variabilidad de la precipitación) y las actividades antropogénicas (ej. restauración) que ocurren en estos afectan la rapidez y la forma con la que la cubierta vegetal evoluciona. Finalmente, se considera importante mencionar que el entendimiento de la ecología y las tendencias de evolución de la cubierta vegetal postabandono son de suma importancia para la aplicación de medidas de mitigación, restauración y uso de terrenos degradados. Estudios como los que se presentan aquí intentan contribuir a ese entendimiento; sin embargo, una aproximación multidisciplinaria a estos retos ambientales es necesaria.

Referencias

- [1] E.F. Lambin, H. Geist y R.R. Rindfuss, Ed., "Introduction: Local Processes with Global Impacts", in *Land-Use and Land-Cover Change. Global Change - The IGBP Series*. Berlin, Heidelberg: Springer Ltd, 2006, pp. 1-8. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_1
- [2] J.R. Romo-León, W. van Leeuwen y A. Castellanos-Villegas, "Using remote sensing tools to assess land use transitions in unsustainable arid agro-ecosystems", *J. Arid Environ.*, vol. 106, pp. 27–35, julio de 2014. DOI: [10.1016/j.jaridenv.2014.03.002](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.03.002)





- [3] N.B. Villoria, “Technology Spillovers and Land Use Change: Empirical Evidence from Global Agriculture”. *Am. J. Agric. Econ.*, vol. 101, no. 3, pp. 870-893, enero de 2019. <https://doi.org/10.1093/ajae/aay088>
- [4] P.A. Matson, W.J. Parton, A.G. Power y M.J. Swift, “Agricultural Intensification and Ecosystem Properties”, *Science*, vol. 277, no. 5325, pp. 504–509, julio de 1997. DOI:10.1126/science.277.5325.504
- [5] A. E. Castellanos, J. M. Martínez, J.M. Llano, W.L. Halvorson, M. Espiricueta y I. Espejel, “Successional trends in Sonoran Desert abandoned agricultural fields in northern Mexico”, *J. Arid Environ*, vol. 60, no. 3, pp. 437–455, febrero de 2005. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2004.06.004
- [6] S. Jasechko y D. Perrone, “Global groundwater wells at risk of running dry”, *Science*, vol. 372, no. 6540, pp. 418-421, abril de 2021. DOI: [10.1126/science.abc2755](https://doi.org/10.1126/science.abc2755)
- [7] J. Rey-Benayas, A. Martins, J. Nicolau y J. Schulz, “Abandonment of agricultural land: an overview of drivers”, *CAB Rev.: Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.*, vol. 2, no. 57, pp.1-14, septiembre de 2007. DOI:[10.1079/PAVSNNR20072057](https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20072057)
- [8] W.L. Halvorson, A.E. Castellanos y J. Murrieta, “Sustainable land use requires attention to ecological signals”, *Environ. Manage.*, vol. 32, no. 5, pp. 551–558, noviembre de 2003. DOI:10.1007/s00267-003-2889-6
- [9] J.L. Moreno-Vázquez, “Conocimiento y estudios sobre el agua subterránea en la Costa de Hermosillo”, *Reg. soc.*, vol. 12, no. 20, pp. 75-110, julio de 2000. DOI:10.22198/rys.2000.20.a745



- [10] F. E. Clements, "Nature and Structure of the Climax". *The Journal of Ecology*, vol. 24, no. 1, pp. 252-284, 1936. DOI:10.2307/2256278
- [11] P. Würtz y A. Annala, "Ecological succession as an energy dispersal process", *Biosystems*, vol. 100, no. 1, pp. 70-78. DOI: 10.1016/j.biosystems.2010.01.004
- [12] P. A. Knapp, "Secondary plant succession and vegetation recovery in two western Great Basin Desert ghost towns", *Biological Conservation*, vol. 60, no. 2: 81-89. DOI: 10.1016/0006-3207(92)91158-o
- [13] A. Valiente-Banuet y Verdú, M, "Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities", *Ecology Letters*, vol. 10, no. 11, 1029-1036. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01100.x
- [14] M. Verdú, P. J. Rey, J. M. Alcántara, G. Siles y A. Valiente-Banuet, "Phylogenetic signatures of facilitation and competition in successional communities", *Journal of Ecology*, vol. 97 no. 6, 1171-1180. DOI:10.1111/j.1365-2745.2009.01565.x
- [15] C.N.H. McMichael, "Ecological legacies of past human activities in Amazonian forests", *New Phytol.*, vol. 229, pp. 2492-2496, Agosto de 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16888>
- [16] S.M. Dunham-Cheatham, S.M. Freund, S.M. Uselman, E.A. Leger y B.W. Sullivan, "Persistent Agricultural Legacy in Soil Influences Plant Restoration Success in a Great Basin Salt Desert Ecosystem", *Ecol. Restor.*, vol. 38, no. 1, pp. 42-53, marzo de 2020. DOI: 10.3368/er.38.1.42





- [17] E.L. Webb, A.I. Lalogafu'afu'a, M. van de Bult, W.K. Lee, S. Fa'aumu, M. Izuddin, M. A. MacDonald, R. Meyer, R. Rui Ying Oh, A.P. Tagarino, R.C. Webb y A.C. Miles, "Post-agriculture rain forest succession on a tropical Pacific island", *J. Veg. Sci.*, vol. 32, pp. 1-19, julio de 2021. <https://doi.org/10.1111/jvs.13064>
- [18] J.R. Romo-León, W. van Leeuwen y A. Castellanos-Villegas, "Land Use and Environmental Variability Impacts on the Phenology of Arid Agro-Ecosystems", *Environ. Manage.*, vol. 57, no. 2, pp. 283-297, septiembre de 2016. DOI:10.1007/s00267-015-0617-7
- [19] A. Barros-Rodríguez, P. Rangseekaew, K. Lasudee, W. Pathom-aree y M. Manzanera, "Impacts of Agriculture on the Environment and Soil Microbial Biodiversity", *Plants*, vol. 10, no. 11, pp. 2325, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10112325>
- [20] C. Chen, W. Yabo, H. Baohui, Y. Yuwei, H. Xuejiao, S. Tianxu y L. Xinghui, "Environmental factors driving the succession and differentiation of ecological strategy spectrum in tropical lowland rain forest", *Ecol. Indic.*, vol. 147, pp. 1-7, marzo de 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110002>
- [21] C. Ferré, M. Caccianiga, M. Zanzottera, and R. Comolli, "Soil-plant interactions in a pasture of the Italian Alps", *J. Plant Interact.*, vol. 15, no. 1, pp. 39-49, enero de 2020. DOI: 10.1080/17429145.2020.1738570
- [22] M. Rangel-Medina, R. Monreal-Saavedra, M. Morales-Montaña y J. Castillo-Gurrola, "Vulnerabilidad a la Intrusión Marina de Acuíferos Costeros en el Pacífico Norte



- Mexicano; un caso, el Acuífero Costa de Hermosillo, Sonora, México”, *Revista Latinoamericana de Hidrogeología*, no. 2, pp. 31-51, enero de 2002.
- [23] F. Shreve y I. L. Wiggins. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert. Vol. 1*. Stanford: Stanford University Press, 1964.
- [24] M. J. Martínez-Contreras, “Sucesión en campos de cultivo abandonados en la región agrícola de la Costa de Hermosillo: fisiología ecológica de las especies vegetales dominantes durante la sucesión e implicaciones para la restauración”, tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México, 1998.
- [25] E.L. Flores-Márquez, J. O. Campos-Enríquez, R. E. Chávez-Segura y J. A. Castro-García “Saltwater intrusion of the Costa de Hermosillo acuífero, Sonora, Mexico: A numerical simulation”, *Geofís. Int.*, vol. 37, no. 3, pp. 133-151, julio de 1998.
<https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1998.37.3.392>
- [26] S. Dennis-Pacheco, “Análisis de la dinámica de la vegetación y propiedades físico-químicas del suelo en campos agrícolas abandonados de la Costa de Hermosillo, Sonora”, B.S. thesis, Universidad de Sonora, Sonora, México, 2020.
- [27] M.L. Avolio, E.J. Forrestel, C.C. Chang, K.J. La Pierre, K.T. Burghardt y M.D. Smith, “Demystifying dominant species”, *New Phytol.*, vol. 223, num. 3, pp. 1106-1126, marzo de 2019. <https://doi.org/10.1111/nph.15789>
- [28] C.E. Moreno, *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA, 2001.





- [29] T. L. Hanes “Succession after Fire in the Chaparral of Southern California”, *Ecological Monographs*, vol. 41, no. 1, pp. 27-52. DOI:10.2307/1942434

Cómo citar este artículo:

Romo Leon, J. R., & Dennis Pacheco, S. (2024). *Tendencias de la vegetación tras el abandono agrícola en zonas áridas*. *EPISTEMUS*, 18(37), e3703325. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v18i37.325>

