

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

Análisis del crecimiento de *Amaranthus hypochondriacus* L., en presencia de barreras vivas

Hugo Alejandro Álvarez

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3348>

Enviado en: 2021-12-11

Postado en: 2021-12-13 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

Growth analysis of *Amaranthus hypochondriacus* L., in presence of living fences

Análisis del crecimiento de *Amaranthus hypochondriacus* L., en presencia de barreras vivas

Hugo A. Álvarez ^{a, b, *}

a) Departamento de Agroecología, Instituto de Ciencias, BUAP, México

b) Departamento de Biología, Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Humanidades AC, México

*Autor de correspondencia: hugoalvarez01@gmail.com; hugoalvarez01@correo.ugr.es. Afiliación actual: Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España. ORCID: 0000-0001-6576-9425

Abstract

The fragmentation and destruction of natural habitats for agriculture along with indiscriminated pesticide use represent the principal cause of biodiversity loss worldwide. To counteract for this agroecology tries to rescue the endogenous potential of agroecosystems to reach resilience and strengthen its reproduction at the biological level. For this it is used sustainable management technics, such as planing or conserving living fences. However, their efficacy within re-valued crops is still poorly known, as in the case of Amaranth crop. Here it is assessed the vegetative growth of *Amaranthus hypochondriacus* L., based on the proximity to native living fences at a small holder scale. It was compared three different systems, a natural area, a crop area with living fence, and a crop area without living fence. The results showed that *A. hypochondriacus* crop plants responded positively to the presence of native living fences, i.e., *A. hypochondriacus* plants grew bigger in the section nearest to adjacent vegetation, especially the panicle, suggesting edge effects. Though, the present study recorded for the first time that Amaranth crop plants have the potential to respond to the presence of native living fences (ecotone) positively affecting the growth of such a re-valued crop.

Keywords: Agroecology; *Amaranthus*; morphometry; edge effects; crop protection

Resumen

El fraccionamiento y/o destrucción de los hábitats naturales para el uso agrícola, y el uso indiscriminado de plaguicidas y agroquímicos, representan las causas más importantes en la pérdida masiva de diversidad biológica a nivel mundial. Para contrarrestar esto, la agroecología trata de rescatar el potencial endógeno de los agroecosistemas locales, para alcanzar la autosuficiencia y fortalecer su reproducción a nivel biológico; haciendo uso de técnicas de manejo sostenible como las barreras vivas, las cuales suponen beneficios para la agricultura, sin embargo, la eficiencia de éstas hacia los cultivos es poco conocida sobre todo en cultivos revalorizados como el Amaranto. En el presente estudio se evaluó el crecimiento vegetativo de *Amaranthus hypochondriacus* L., en función de la proximidad a barreras vivas nativas, a nivel de pequeña parcela, comparando tres sistemas diferentes, zona natural, zona con barrera viva y zona sin barrera. Los resultados mostrarán patrones de respuesta positiva por parte de las plantas de *A. hypochondriacus* hacia la presencia de barreras vivas nativas. Las plantas de *A. hypochondriacus* tienden a crecer más, cerca de la barrera, y de manera importante la panícula; sugiriendo la existencia de efectos de borde positivos. Así el presente estudio establece por primera vez que las plantas de amaranto tienen el potencial de responder a la presencia de barreras vivas (ecotono) impactando positivamente en el crecimiento vegetativo de dicha especie cultivada.

Palabras clave: Agroecología; *Amaranthus*; morfometría; efectos de borde; protección vegetal

Introducción.

Los amarantos pertenecen a la familia Amaranthaceae en las Caryophyllales. Este tipo de plantas herbáceas se caracterizan por presentar flores rojas a púrpura en panículas terminales o axiales (Inflorescencias). Los amarantos se encuentran distribuidos ampliamente en todo el planeta, primariamente en zonas templadas (Juan *et al.*, 2007; Mapes-Sánchez y Espitia-Rangel, 2010; Das, 2012). De igual forma, los amarantos se caracterizan por mostrar una gran resistencia y crecimiento en áreas perturbadas (Mapes-Sánchez y Espitia-Rangel, 2010).

Las semillas de amaranto contienen proteínas de alta calidad con contenido balanceado de aminoácidos (ricos en lisina y metionina), un contenido alto de fibras solubles, contenido alto de vitaminas y minerales (incluidos la riboflavina, niacina, ácido ascórbico, calcio, y magnesio), y tienen alto contenido de escualeno no saturado (revisado por Caselato-Sousa y Amaya-Farfán, 2012; Porra-Cota *et al.*, 2014). Tales características de las semillas del amaranto pueden traer consigo beneficios hacia el humano como la estimulación del sistema inmune, la reducción de los niveles de colesterol en plasma, reducción de los

niveles de glucosa en sangre, así como promover buenas condiciones para el combate a diversas enfermedades (Caselato-Sousa y Amaya-Farfán, 2012).

A la fecha el amaranto es un cultivo emergente revalorizado cultivado a nivel mundial, el cual muestra características interesantes; por ejemplo, el cultivo de amaranto es resistente a sequías y puede ser sembrado a diferentes alturas, desde el nivel del mar hasta los 3,100 metros sobre el nivel del mar (Aragón-García y Tapia-Rojas, 2009; Mapes-Sánchez y Espitia-Rangel, 2010). Por esto, puede resistir de manera considerable diferentes niveles de temperatura y climas extremos. El cultivo de amaranto crece mejor en climas cálidos a templados en donde otros cultivos no pueden ser plantados (Hernández y Herrerías, 1998; Aragón-García y Tapia, 2009). También, se ha sugerido que como cultivo el amaranto es una excelente alternativa para resolver los déficits y problemas alimentarios de los países emergentes (Mapes, 2001). Sin embargo, mientras que el amaranto se ha sembrado en algunos países como México por mucho tiempo, no existe información acerca de la eficiencia de éste cultivo en términos del manejo del paisaje y la conservación por medio de técnicas agroecológicas.

La teoría agroecológica sugiere que las barreras vivas proveen de alimento y refugio para los organismos silvestres y ayudan a controlar la erosión del suelo; y sumado a esto, dicha vegetación natural adyacente puede reforzar buenas condiciones microclimáticas en un campo de cultivo (Altieri *et al.*, 1983; Altieri, 1999, 2000). Se sabe que cualquier tipo de organismo responde de manera diferente a la presencia de un borde y esta respuesta es conducida por la forma del borde, la cual puede ser positiva o negativa (López-Barrera, 2004; Laurance, 2007; Broadbent *et al.*, 2008). En el presente estudio se desarrolló un análisis morfométrico para detectar cambios en el patrón de crecimiento vegetativo de plántulas de *Amaranthus hypochondriacus* L. en dos zonas de crecimiento a lo largo de dos periodos de tiempo.

Objetivos.

Objetivo general.

Evaluar el crecimiento vegetativo, de *Amaranthus hypochondriacus* L., en función de la proximidad a barreras vivas nativas localizadas al borde de selva baja caducifolia, a nivel de pequeña parcela (producción de pequeño propietario), en San Francisco Huilango, Tochimilco, Puebla.

Objetivos particulares.

- Caracterizar el crecimiento vegetativo de *Amaranthus hypochondriacus* L.

- Comparar el crecimiento de *A. hypochondriacus* L. entre zona agrícola con presencia de barreras vivas nativas y zona agrícola sin presencia de barreras vivas nativas.

Hipótesis.

El crecimiento vegetativo de *Amaranthus hypochondriacus* L. será mayor en zonas cercanas a barreras vivas nativas, en comparación con zonas sin barreras vivas nativas.

Materiales y métodos.

Zona de estudio.

El estudio se desarrolló en San Francisco Huilango, ésta localidad pertenece al municipio de Tochimilco en el estado de Puebla, México, a una altura de 1,860 metros sobre el nivel del mar. Tochimilco presenta clima templado subhúmedo con lluvias en verano en un 69 %, clima semi frío subhúmedo con lluvias en verano en un 24 %, clima frío en un 5 %, y clima semi cálido subhúmedo con lluvias en verano en un 2 %. También presenta niveles de precipitación de 800 a 1,300 mm (INEGI, 2009; INAFED, 2010). El uso de suelo en la región es de 44 % para agricultura, 43 % vegetación forestal, 4 % área sin vegetación, 3 % pastizal, 3 % selva baja caducifolia, y 3 % para urbanidad (INEGI, 2009).

En la localidad habitan 394 hombres y 455 mujeres. La relación mujeres/hombres es de 1.155. El porcentaje de analfabetismo entre los adultos es del 6.01% (3.3% en los hombres y 8.35% en las mujeres), el grado de escolaridad es de 5.70 (5.58 en hombres y 5.80 en mujeres (INAFED, 2010).

Presenta suelos predominantes, Regosol (30%), Phaeozem (24%), Andosol (19%), Cambisol (12%), Durisol (5%), Leptosol (4%) y Fluvisol (3%) (Figura 2) (INEGI, 2009). Y usos de suelo, Agricultura (44%) y zona urbana (3%) y vegetación Bosque (43%), área sin vegetación aparente (4%), pastizal (3%) y selva (3%) (INEGI, 2009).

Diseño Experimental.

En la localidad se buscó un área de cultivo que estuviera ubicada al borde de un sistema natural, y presentara áreas en forma de barreras vivas nativas o ecotonos, en los bordes. El área escogida que presentó dichas características se encuentra al borde de una zona de selva baja caducifolia. Esta área de cultivo tiene aproximadamente 2,500 m² de superficie, y sobre el borde sureste presenta un ecotono que es adyacente a la zona natural. Dicha barrera viva se encuentra formada predominantemente por *Ricinus*

communis L. (Euphobiaceae) y plantas herbáceas, el resto del área de cultivo no cuenta con barreras vivas en los bordes.

Se desarrolló un experimento en donde se manejó al cultivo de manera moderada, para controlar y medir el crecimiento foliar. Primero, se sembró *A. hypochondriacus* en febrero de 2015, después de que se barbechó y aró la tierra. Un deshierbe manual moderado se realizó en el mes de abril. No se usó ningún tipo de fertilizante o plaguicida. Segundo, se colocaron seis transectos lineales de 20 m de longitud cada uno, dentro del área cerca de la barrera viva (zona con barrera) se colocaron tres transectos (separados 5 m cada uno en paralelo) de forma perpendicular a la barrera viva; los otros tres transectos (separados 5 m cada uno en paralelo) se colocaron en el área que no presentaba barreras vivas (zona sin barrera). Se midieron 10 plantas de *A. hypochondriacus* aleatoriamente por cada sección distal de cada transecto, sección sur (sección A) y sección norte (sección B); en dos periodos de tiempo, (1) después de dos meses de la siembra, y (2) después de cuatro meses de la siembra; lo que hace una $n= 60$ en cada zona de muestreo, con un total de $n= 240$ en los dos tiempos.

Análisis Morfométrico.

Para visualizar el crecimiento y ser comparado entre zonas, se realizó un análisis morfométrico. Las variables morfométricas que se midieron en las plantas de *A. hypochondriacus* fueron: **Altura**, medido de la base del tallo al punto apical de la panícula. **Ancho del tallo**, medido transversalmente en el punto medio del tallo. Ancho de la hoja, medido transversalmente en el punto más **ancho de la hoja**. **Longitud de la panícula**, medido de la base de la panícula hasta el punto distal.

Análisis Estadístico.

Las variables medidas en las plantas de *A. hypochondriacus* mostraron una distribución alejada de la normalidad (Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk: tallo $W = 0.877$, $p = 0.001$; hoja $W = 0.942$, $p = 0.001$; panícula $W = 0.829$, $p = 0.001$; altura $W = 0.909$, $p = 0.001$). Por tanto, se examinó la estructura de correlación entre todas las variables morfométricas por medio del cálculo por pares de los coeficientes de correlación momento-producto de Pearson para identificar que variable no están en relación con el crecimiento general. Las pruebas de normalidad y el análisis de correlación se llevo a cabo con la ayuda del programa estadístico R, versión 3.2.3 (R Developmental Core Team, 2015). Después, se desarrolló un modelo lineal generalizado (generalized linear model: GLM / GZLM) semejando un análisis de varianza (ANOVA) multi factor, para cada variable medida, y así poder comparar los diferentes tratamientos dentro de cada factor (tiempo, zona, sección) y buscar interacciones entre los diferentes factores. Los modelos lineales generalizados (GLM), a comparación de los modelos lineales generales o modelos lineales

clasiscos (LM), tienen la ventaja de permitir que el modelo lineal sea relacionado con la variable de respuesta por la vía de una función de enlace y por medio de permitir que la magnitud de la varianza de cada medida sea una función de su valor predicho; comúnmente por medio de un análisis de máxima verosimilitud. Lo que permite analizar variables que tienen distribuciones que difieren de la normalidad. Los análisis se realizaron con la ayuda del programa estadístico SPSS, versión 19 (SPSS Inc.).

Resultados.

La tabla 1 resume los estadísticos de cada variable morfométrica con base en el diseño experimental y el GLM realizado. La tabla 2 resume los coeficientes de correlación momento-producto de Pearson.

Acorde con los análisis, las variables mostraron ser diferentes en cada factor. En general, las variables fueron más grandes en el tiempo dos, a excepción de la hoja que mostró un decrecimiento en el tiempo dos. La zona con barrera mostró mayores tamaños en las variables que la zona sin barrera. De igual forma, la sección A mostró mayores tamaños en las variables que la sección B.

También, los datos muestran que existe interacción en todas las variables, entre los factores tiempo y tipo, y entre los factores tipo y sección. Interesantemente, la interacción entre los factores tiempo y sección la mostró solo la panícula. En éste caso la panícula es siempre grande en la sección A, sin embargo, es más grande en el tiempo dos, creciendo exponencialmente y duplicando su tamaño (Tabla 1.1). El análisis de interacción tipo-sección mostró que la zona con barrera sección A presenta tamaños grandes. Contrariamente el resto de las secciones muestran tamaños más pequeños los cuales son similares entre ellos. De manera interesante, éste patrón es más fuerte en la panícula y la altura (Figura 1.1).

Tabla 1.1. Estadísticos de *Amaranthus hypochondriacus*. Se muestran los estadísticos descriptivos media y desviación estándar de las variables morfométricas (las medidas están dadas en milímetros), y los estadísticos de F y los valores de *p* acorde con cada uno de los resultados de cada GLM. El primer grupo de datos muestra la comparación de tratamientos en cada uno de los factores: tiempo, zona, y sección. El segundo grupo de datos muestra la interacción entre factores.

	<i>n</i>	Tallo				Hoja				Panicula				Altura			
		Media	DS	<i>F</i>	<i>p</i>	Media	DS	<i>F</i>	<i>p</i>	Media	DS	<i>F</i>	<i>p</i>	Media	DS	<i>F</i>	<i>p</i>
TIEMPO																	
1	120	4.344	1.709	21.89	0.001	28.110	9.733	5.46	0.019	114.858	121.013	32.82	0.001	312.367	186.201	35.84	0.001
2	120	5.513	2.391			25.188	12.184			201.704	124.018			454.008	224.822		
ZONA																	
Con Barrera	120	5.656	2.322	33.05	0.001	31.085	11.869	46.15	0.001	195.475	156.461	24.50	0.001	464.042	257.538	45.74	0.001
Sin Barrera	120	4.201	1.694			22.213	8.182			121.088	80.979			302.333	125.728		
SECCIÓN																	
A	120	5.348	2.377	11.54	0.001	29.498	12.680	20.12	0.001	183.521	136.485	11.59	0.001	450.875	250.208	32.94	0.001
B	120	4.508	1.823			23.800	8.387			133.042	117.960			315.500	153.256		
TIEMPO/ZONA																	
1/Con Barrera	60	4.807	1.757	5.04	0.025	30.676	11.258	10.06	0.002	130.917	156.778	8.93	0.003	353.217	231.337	14.46	0.001
1/Sin Barrera	60	3.881	1.539			25.545	7.138			98.800	66.580			271.517	114.100		
2/Con Barrera	60	6.504	2.514	18.881	7.842	31.494	12.532	143.375	88.221	574.867	235.113	333.150	130.231				
2/Sin Barrera	60	4.522	1.792			18.881	7.842							143.375	88.221	333.150	130.231
TIEMPO/SECCIÓN																	
1/A	60	4.848	2.009	0.51	0.472	30.677	11.214	0.23	0.628	120.367	108.663	7.8	0.005	370.917	218.152	0.77	0.378
1/B	60	3.840	1.158			25.544	7.207			109.350	132.919			253.817	123.964		
2/A	60	5.849	2.618	22.056	9.152	28.319	13.990	156.733	96.207	246.675	132.863	377.183	155.779				
2/B	60	5.177	2.109			22.056	9.152							156.733	96.207	377.183	155.779
ZONA/SECCIÓN																	
Con Barrera/A	60	6.547	2.388	15.75	0.001	36.685	12.222	21.27	0.001	236.550	150.560	5.05	0.025	592.433	255.202	32.08	0.001
Con Barrera/B	60	4.764	1.885			25.485	8.424			154.400	152.562			335.650	187.404		
Sin Barrera/A	60	4.150	1.664	22.115	8.072	22.311	8.357	111.683	62.144	130.492	95.836	295.350	106.896				
Sin Barrera/B	60	4.253	1.736			22.115	8.072							111.683	62.144	295.350	106.896

Tabla 1.2. Estadísticos del cálculo por pares de los coeficientes de correlación momento-producto de Pearson. Se muestra debajo de la diagonal los coeficientes de correlación, y por arriba de la diagonal los valores de *p*, de cada variable morfométrica de acuerdo al tiempo y la zona.

	Tiempo 1								Tiempo 2							
	Zona con barrera				Zona sin barrera				Zona con barrera				Zona sin barrera			
	T	H	P	A	T	H	P	A	T	H	P	A	T	H	P	A
Tallo		0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001		0.001	0.001	0.001
Hoja	0.88		0.001	0.001	0.46		0.001	0.001	0.65		0.001	0.001	0.72		0.001	0.001
Panicula	0.48	0.42		0.001	0.48	0.78		0.001	0.53	0.46		0.001	0.44	0.62		0.001
Altura	0.77	0.77	0.52		0.51	0.83	0.93		0.63	0.68	0.87		0.65	0.71	0.80	

Los análisis mostraron que todas las variables se encuentran positivamente correlacionadas, sin embargo, la variable que tiene los mayores valores en los coeficientes de correlación con todas las variables es altura (Tabla 1.2). Así, la altura y la panícula en general muestran los mayores coeficientes de correlación, con una tendencia positiva (con excepción en la zona con barrera tiempo 1). Contrariamente, la variable que mostró los menores valores en los coeficientes de correlación es el tallo.

Discusión.

Los resultados sugieren que las plantas de *Amaranthus hypochondriacus* cultivadas cerca de una barrera viva nativa crecen de forma diferente comparadas con plantas cultivadas en zonas donde no hay presencia de barreras vivas. Es de esperar que después de cierto periodo de tiempo las plantas crezcan más si existen buenas condiciones en el campo de cultivo (Hopkins y Hüner, 1995). Sin embargo, se encontró un patrón en los resultados del experimento, el crecimiento de los caracteres medidos en *A. hypochondriacus* es similar en las zonas-secciones donde no existe presencia de barreras vivas nativas, incluyendo la sección B de la zona con barrera (sección norte). De diferente manera, únicamente los caracteres medidos en las plantas de la sección A (sección sur) de la zona con barrera, la cual es la sección más cercana a la barrera viva, crecieron más; especialmente la panícula y la altura. Este patrón es consistente en los dos periodos de tiempo en los que se midieron los caracteres (Figura 1.1). Conforme al desarrollo del experimento, este patrón de crecimiento pudiera percibirse como un efecto de borde positivo.

Los efectos de borde han sido definidos como cambios que ocurren en la transición entre hábitats adyacentes, en variables bióticas o físicas (Murcia, 1995; Lopez-Barrera *et al.*, 2007). Así, los efectos de borde se han diferenciado en el contexto de la respuesta de los organismos hacia la proximidad del borde (Laurance, 2007; López-Barrera *et al.*, 2007; Broadbent *et al.*, 2008). Bajo este contexto se ha mostrado que las plantas son realmente sensibles a los efectos de borde (Laurance, 2007; Broadbent *et al.*, 2008). En

este estudio, el campo de cultivo en sí mismo es una matriz diferente (propiedades de borde duro, Duelli *et al.*, 1990), sin embargo, se puede percibir un aparente efecto de borde positivo en el crecimiento de las plantas. Se puede explicar esto dentro del contexto de un marco de referencia de competencia por el recurso (Sun *et al.*, 2015) y/o de un modelo de distribución del recurso (Ries y Sisk, 2004; Macreadie *et al.*, 2010); basados en el hecho que *A. hypochondriacus* es una especie nativa de las zonas de Mesoamérica y la cual ha sido cultivada por siglos en dicha región (Mapes-Sánchez y Espitia-Rangel, 2010).

Recientes contribuciones sugieren que en ciertos escenarios los ensamblajes de plantas con alta diversidad tienen bajos efectos negativos sobre invasores nativos (plantas) cuando se compara con invasores no nativos, esto se debe a la historia biogeográfica de las especies (plantas, Sun *et al.*, 2015). Más aún, cuando existe fragmentación de los hábitats naturales, los recursos son explotados de mejor manera alrededor de los bordes por especies oportunistas y/o invasoras nativas, resultando en efectos de borde positivos (Ries y Sisk, 2004; Macreadie *et al.*, 2010).

Si aceptamos que las especies de plantas nativas tienen mejores oportunidades para establecerse cuando se encuentran invadiendo un nuevo territorio, como son las matrices agrícolas, entonces dichas especies estarían beneficiándose por estar cerca de una barrera viva nativa (borde). Este podría ser el caso de *A. hypochondriacus*. Pero, tales argumentos necesitarían ser investigados más a fondo, porque los resultados aquí presentados sólo muestran el caso específico de la zona de estudio. Una investigación a escala paisajística en diferentes tipos de clima es necesario para ver si esta respuesta a la proximidad a barreras vivas nativas es una tendencia general en el cultivo de amaranto.

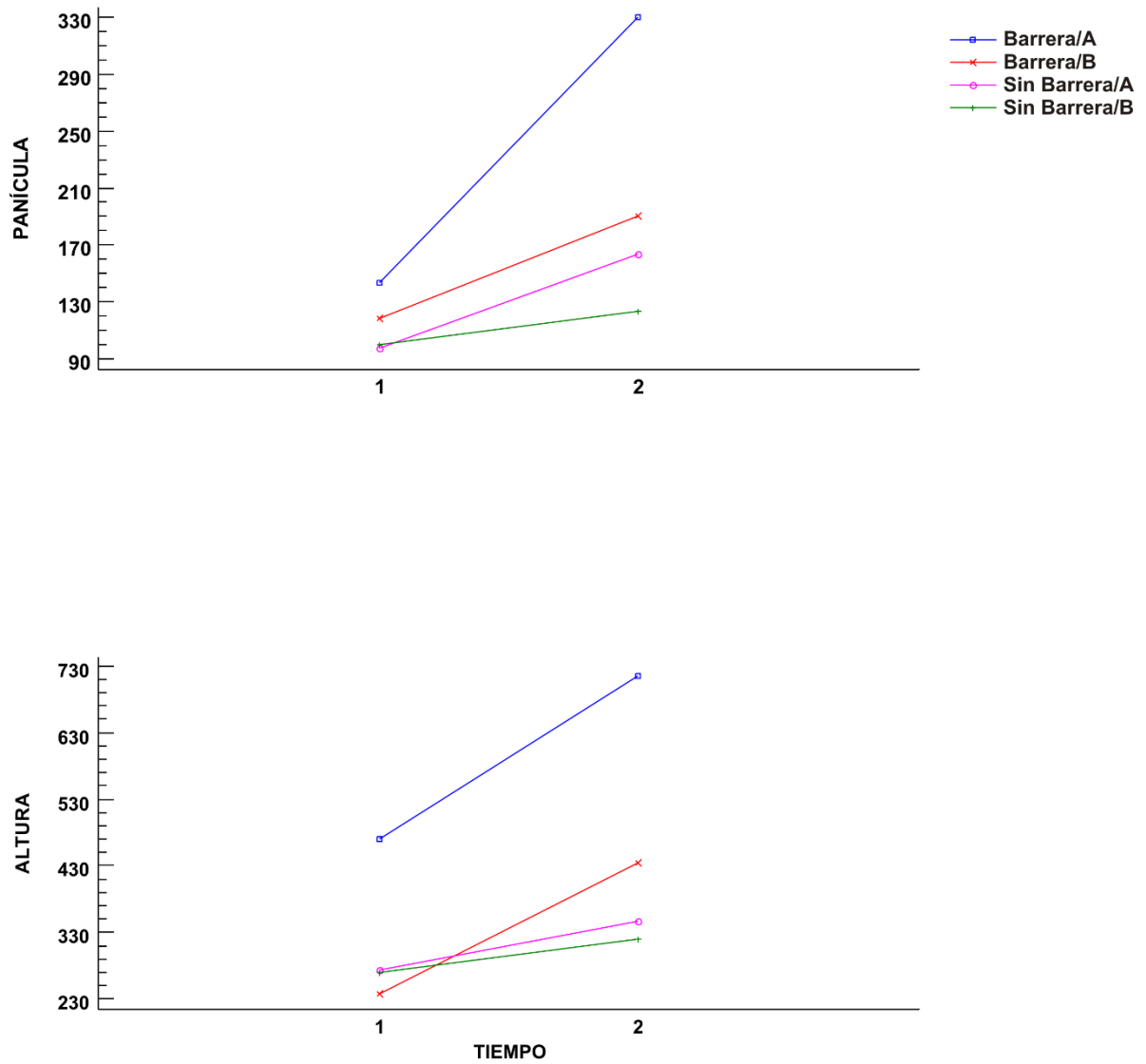


Figura 1.1. Diferencias en el crecimiento de las plantas de *Amaranthus hypochondriacus*. Se muestran las tendencias de las cuatro variables morfométricas. Nótese que es un gráfico de interacción, se muestran los valores de media de cada zona-sección; las medidas se muestran en milímetros. Los gráficos fueron dibujados con la ayuda del programa estadístico Statgraphics, versión 16.1.02.

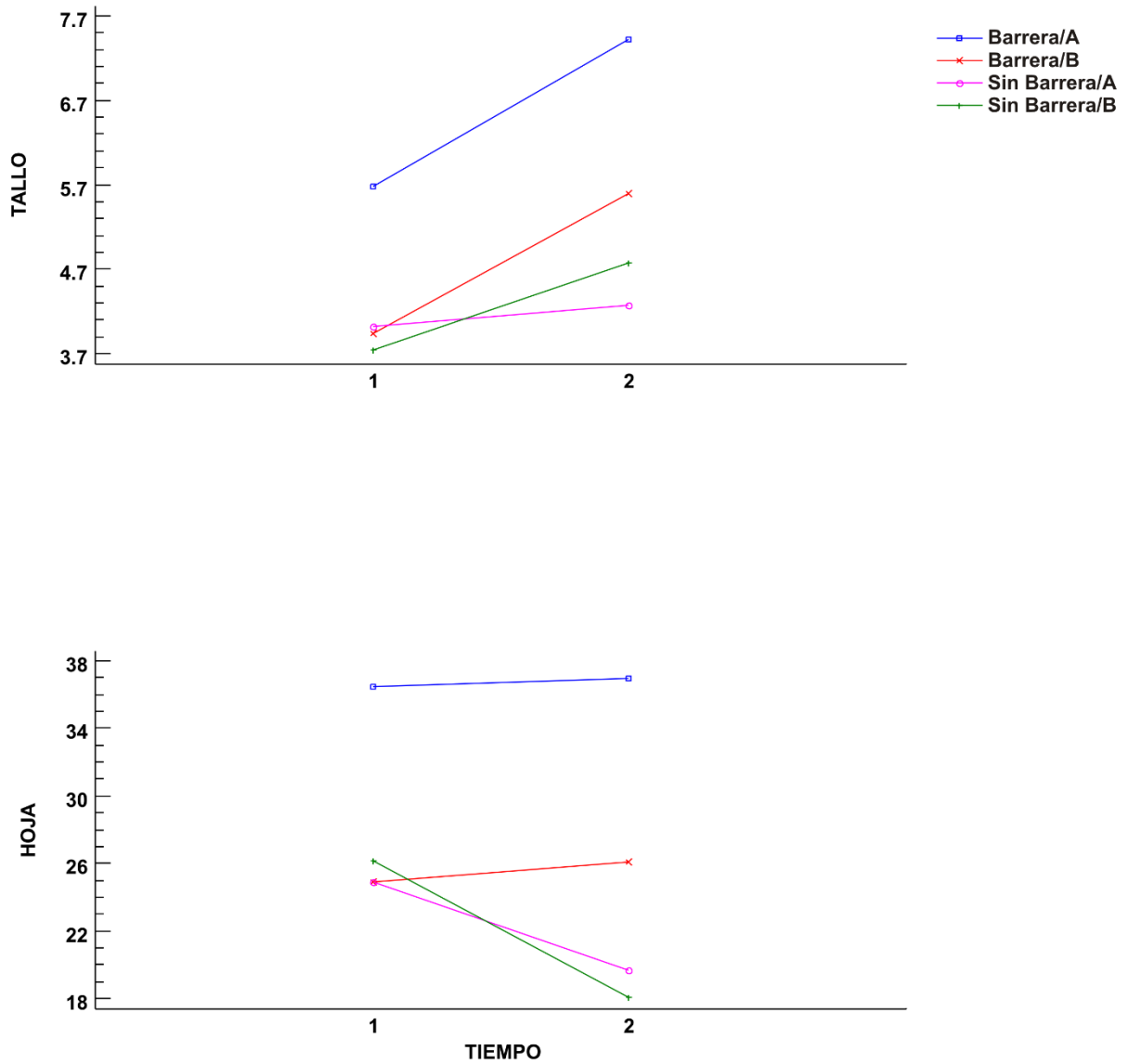


Figura 1.1 (continuación). Diferencias en el crecimiento de las plantas de *Amaranthus hypochondriacus*. Se muestran las tendencias de las cuatro variables morfométricas. Nótese que es un gráfico de interacción, se muestran los valores de media de cada zona-sección; las medidas se muestran en milímetros. Los gráficos fueron dibujados con la ayuda del programa estadístico Statgraphics, versión 16.1.02.

Contribución de los autores

No aplica.

Declaración de intereses.

El autor declara que no existe conflicto de intereses.

Literatura citada.

- Altieri MA, Letourneau DK, Davis JR. 1983. Developing sustainable agroecosystems. *BioScience*, 33: 45 – 49.
- Altieri MA. 1999. Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad.
- Altieri MA. 2000. Multifunctional dimensions of ecologically-based agriculture in Latin America. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 7: 62 – 75.
- Aragón-García A, Tapia-Rojas AM. 2009. Amaranto orgánico. BUAP, Alternativas. Puebla.
- Broadbent EN, Asner GP, Keller M, Knapp DE, Oliveira PJ, Silva JN. 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 141: 1745 – 1757.
- Caselato-Sousa VM, Amaya-Farfán J. 2012. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77: 93 – 104.
- Das S. 2012. Systematics and taxonomic delimitation of vegetable, grain and weed amaranths: a morphological and biochemical approach. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59: 289 – 303.
- Duelli P, Studer M, Marchand I, Jakob S. 1990. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation*, 54: 193 – 207.
- Hernández-Garciadiego R, Herrerías-Guerra G. 1998. Amaranto: Historia y Promesa. *Horizonte del Tiempo*, 1: 529.
- Hopkins WG, Hüner NP. 1995. Introduction to plant physiology. New York: Wiley.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, 21188.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2010. Enciclopedia de los Municipios. http://www.elocal.gob.mx/wb/ELOCAL/ELOC_Enciclopedia.

- Juan R, Pastor J, Alaiz M, Vioque J. 2007. Electrophoretic characterization of *Amaranthus* L. seed proteins and its systematic implications. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 155: 57 – 63.
- Laurance WF. 2007. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: implications for conservation. *En Stability of Tropical Rainforest Margins* (pp. 9-35). Springer Berlin Heidelberg.
- López-Barrera F. 2004. Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas*, 13: 1.
- López-Barrera F, Armesto JJ, Williams-Linera G, Smith-Ramírez C, Manson RH. 2007. Fragmentation and edge effects on plant-animal interactions, ecological processes and biodiversity (pp. 69-101). *En Biodiversity loss and conservation in fragmented forest landscapes. The forests of montane Mexico and temperate South America*. CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- Macreadie PI, Hindell JS, Keough MJ, Jenkins GP, Connolly RM. 2010. Resource distribution influences positive edge effects in a seagrass fish. *Ecology*, 91, 2013 – 2021.
- Mapes C. 2001. Asignación de biomasa en tres colectas de amaranto (*Amaranthus* spp.) con diferente grado de manejo. *Plantas, Cultura y Sociedad*, 159 – 188.
- Mapes-Sánchez EC, Espitia-Rangel E. 2010. Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Amaranthus* cultivadas y de sus posibles parientes silvestres en México. CONABIO.
- Murcia C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 10: 58 – 62.
- Porra-Cota FI, Peña-Cabriales JJ, de los Santos-Villalobos S, Martínez-Gallardo NA, Délano-Frier JP. 2014. *Burkholderia ambifaria* and *B. caribensis* promote growth and increase yield in grain amaranth (*Amaranthus cruentus* and *A. hypochondriacus*) by improving plant nitrogen uptake. *PloS one*, 9: e88094.
- R Development Core Team. 2015. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Available at: <http://www.rproject.org/>
- Ries L, Sisk TD. 2004. A predictive model of edge effects. *Ecology*, 85, 2917 – 2926.
- Sun Y, Müller-Schärer H, Maron JL, Schaffner U. 2015. Origin matters: diversity affects the performance of alien invasive species but not of native species. *The American Naturalist*, 185: 725 – 736.

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores aceptan que si el manuscrito es aceptado y publicado en el servidor SciELO Preprints, será retirado tras su retractación.