

Las mezclas de variedades: oportunidad para el cultivo del garbanzo en condiciones semiáridas

Variety mixtures: an opportunity for the chickpea crop in semi-arid conditions

M. Remedios Alarcón Vllora^{1,*}, Ana M. Sánchez Álvarez², Noelia Bona Rosales¹, Irene Hernando Pradíes², Andrés Bermejo Cuadrado¹ & Eva Hernández Plaza³

¹Departamento de Investigación Agroambiental, IMIDRA, Alcalá de Henares, España

²Área de Biodiversidad y Conservación ESCET, URJC, Móstoles, España

³Departamento de Protección Vegetal, CSIC-INIA, Madrid, España

(*E-mail: remedios.alarcon@madrid.org)

<https://doi.org/10.19084/rca.34849>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

La diversificación del cultivo mediante el uso de mezclas de variedades es una de las propuestas que se está planteando en el contexto de la agricultura ecológica. La mezcla de variedades busca el aumento de la diversidad funcional cultivada lo que redundará en una mayor resiliencia del cultivo frente a condiciones ambientales cambiantes y cada vez más limitantes y aumenta su competitividad frente a las especies arvenses. La diversificación del cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) mediante la mezcla de variedades podría mejorar su rendimiento y facilitar el control de la abundancia de las arvenses conservando su diversidad. Con el objetivo de evaluar esta hipótesis planteamos un ensayo de mezclas de variedades en una rotación trigo-garbanzo, con diseño en bloques al azar. En este trabajo presentamos los resultados correspondientes a la campaña 2023 de cultivo de garbanzo en la que se comparó el rendimiento, la abundancia y la diversidad de arvenses en mezclas de 2, 4 y 8 variedades frente al cultivo monovarietal. Las mezclas se realizaron mediante sorteo de un conjunto de 10 variedades entre las que había tipo *kabuli*, de semillas color crema y redondeadas, y tipo *desi*, con semillas pequeñas aristadas y de color marrón o negro, lo que nos permitiría disponer de un nivel aceptable de diversidad genética y funcional en la mezcla. Nuestros resultados mostraron que el aumento de la diversidad del cultivo puede mejorar su resiliencia frente a la presencia de arvenses.

Palabras clave: diversificación de cultivos, secano, leguminosas, comunidad arvense, rendimiento.

ABSTRACT

Crop diversification using mixtures of varieties is one of the proposals being put forward in the context of organic agriculture. The mixture of varieties seeks to increase the functional diversity of the crop, which results in greater crop resilience in the face of changing and increasingly limiting environmental conditions and increases its competitive ability to weed species. Diversification of the chickpea (*Cicer arietinum* L.) by mixing varieties could improve its yield and facilitate the control of weeds while conserving its diversity. In order to evaluate this hypothesis, we proposed a trial of variety mixtures in a wheat-chickpea rotation, with a randomized block design. In this work, we present the results corresponding to the 2023 season of chickpea cultivation in which we compared the yield and weed abundance and diversity in mixtures of 2, 4 and 8 varieties to single variety cultivation. The mixtures were made by drawing lots from a set of 10 varieties among which there were *kabuli* type varieties, cream-colored and rounded seeds, and *desi* type, with small aristate seeds and brown or black color, which would allow us to have an acceptable level of genetic and functional diversity in the mixture. Our results showed that increasing the diversity of the crop can improve its resilience to the presence of weeds.

Keywords: crop diversification, rainfed crops, legumes, weed communities, crop yield.

INTRODUCCIÓN

La diversificación de los cultivos que, entre otras estrategias, incluye las mezclas de variedades se plantea con el objetivo de incrementar la diversidad funcional del cultivo favoreciendo mecanismos de complementariedad entre plantas en el uso de los recursos disponibles, como señalaron Barot *et al.* (2017). En este sentido, un uso más amplio de los recursos por parte del cultivo podría mejorar su competitividad con las arvenses y su rendimiento en condiciones cambiantes e impredecibles, redundando en la sostenibilidad del sistema. Esta posibilidad sería especialmente pertinente en los cultivos de leguminosas en el Mediterráneo, donde su superficie cultivada ha caído drásticamente en las últimas décadas motivada por algunas limitaciones agronómicas asociadas a este grupo de cultivo como señalan Zander *et al.* (2016), siendo el control de las “malas hierbas” una de ellas. Por otra parte, en el momento actual son múltiples las causas que justifican la búsqueda de viabilidad para estos cultivos. Su conocida capacidad para la fijación de nitrógeno atmosférico puede ser clave en la recuperación de los suelos agrícolas fuertemente empobrecidos en el continente europeo como se evidencia en el trabajo de Banerjee *et al.* (2024), y para la reducción del uso de fertilizantes de síntesis en un contexto crítico de crisis de materias primas (Peoples *et al.*, 2019). Su cultivo es estratégico también, y así lo reconoce la nueva PAC, como cultivo de proximidad para la provisión de proteína vegetal en el mercado europeo, claves para racionalizar el consumo de carne, reducir los costes ambientales de importación y la dependencia europea de otros mercados como detallan Ferreira *et al.* (2021). Además, su reincorporación a las rotaciones contribuiría de manera significativa al incremento de la heterogeneidad espacial y temporal, y por tanto a la renaturalización de nuestros agrosistemas y a la provisión de múltiples servicios ecosistémicos (Marteau-Baouni *et al.*, 2024). En este trabajo evaluamos los efectos de la mezcla de variedades de garbanzo sobre el rendimiento y sobre la estructura de las comunidades arvenses que lo acompañan en condiciones mediterráneas.

El garbanzo se caracteriza por su elevado polimorfismo en diferentes rasgos morfológicos lo que ha dado lugar a que se distingan dos grandes grupos. Dentro del grupo *kabuli* se agrupan aquellas

variedades con semillas de color crema, más o menos redondeadas, mientras que las variedades con semillas de menor tamaño y angulosas se encuadran en el tipo *desi*. Por otra parte, a pesar de ser un cultivo adaptado a condiciones de escasez de recursos y tratarse de una leguminosa con elevado contenido en proteína, en España se cultivan casi en exclusiva los de tipo *kabuli*, en una superficie inferior a las 50000 ha y rendimientos que no superan los 900 kg ha⁻¹ en seco (MAPA, 2022). Por tanto, en el contexto actual, con la industria agroalimentaria explorando nuevas formas de producción de proteína vegetal, la introducción de garbanzos de tipo *desi* en cultivos de mezclas podría resultar una opción ventajosa, que permitiese aprovechar la mejor adaptación de estos garbanzos a las condiciones de sequía como señalaron Farooq *et al.* (2018) y facilitar la gestión de las arvenses.

MATERIALES Y MÉTODOS

En octubre de 2021, en la finca experimental El Encín (40°57.31'N; 3°17'W, 610 m en Alcalá de Henares, Madrid, España) se inició un ensayo de una rotación trigo-garbanzo con el objetivo de evaluar el efecto de diversificar el cultivo mediante mezclas de variedades sobre el rendimiento y la comunidad arvense. Dicho ensayo consta de 100 parcelas de 80 m² dispuestas en 4 bloques al azar. El tratamiento es el nivel de diversificación, establecido a modo de gradiente con mezclas de 2, 4 y 8 variedades frente a parcelas monovarietales. En este trabajo presentamos los resultados del cultivo de garbanzo sembrado en febrero de 2023 en el ensayo descrito. La precipitación durante el período del cultivo se presenta en la Figura 1.

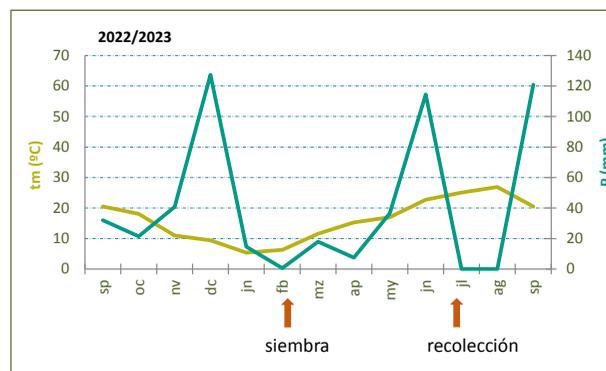


Figura 1 - Diagrama ombrotérmico de la campaña agrícola 2022/2023.

Las mezclas se generaron al azar a partir de un conjunto de 10 variedades. Este conjunto incluye variedades del grupo *kabuli*, representados los ecotipos pedrosillano, castellano y blanco lechoso y tipo *desi* con dos ecotipos (negro y marrón). La dosis de siembra fue de 56 semillas m⁻² con una distancia de líneas de siembra de 13 cm. No se realizó ninguna aplicación de fertilizante. La recolección fue manual en los marcos de muestreo el 6 de julio de 2023.

En cada parcela, de forma no destructiva se muestrearon 2 marcos de 1 m² durante la floración del cultivo. Concretamente, de las arvenses se tomaron datos para calcular su densidad (Wab en plantas m⁻²) y su cobertura (Wcob en cm²) y del cultivo se midió la altura (Ch en cm) y la cobertura (Ccob en cm²). Con los datos de abundancia de arvenses se ha calculado el índice de diversidad exponencial Shannon. El rendimiento (Cy) se ha calculado a partir del grano m⁻², obtenido en los marcos de muestreo.

El análisis estadístico se realizó mediante modelos lineales generalizados mixtos (*glmm*) y los efectos se han estimado mediante un Anova utilizando el paquete lme4 (Bates *et al.*, 2015) en el entorno de R Core Team (2023). En los modelos se incluyeron como factores aleatorios la parcela y el bloque. Como factores fijos se evaluaron los efectos sobre el rendimiento y sobre las arvenses del nivel de diversificación, la altura y cobertura del cultivo, y su interacción. Además, se evaluaron los efectos de la abundancia de arvenses sobre el rendimiento del cultivo considerando su interacción con el nivel de diversificación. En todos los modelos se han calculado los coeficientes de determinación marginal (R_{2m}) y condicional (R_{2c}); que representan el porcentaje de varianza de la variable respuesta explicada por los factores fijos y el modelo completo, respectivamente (Nakagawa & Shielzeth, 2013).

Tabla 1 - Efectos de la diversificación (Cdiv), la altura (Ch) y la cobertura (Ccob) del cultivo sobre el rendimiento (Cy) y sobre la abundancia de arvenses (Wab). Resultados del test Anova de los factores fijos de los modelos lineales generalizados mixtos. Los coeficientes de determinación marginal (R_{2m}) y condicional (R_{2c}) representan la varianza explicada por los factores fijos y el modelo completo respectivamente. ns= no significativo. (. p<0.1, ***P < 0,001)

MODELO	Cdiv	Ch	Ccob	Cdiv*Ch	Cdiv*Ccob
Cy~Cdiv+Cdiv*Ch+Cdiv*Ccob R _{2m} =0.40, R _{2c} =0.71	ns	ns	***	ns	.
Wab~Cdiv+Cdiv*Ch+Cdiv*Ccob R _{2m} =0.21, R _{2c} =0.58	ns	.	ns	ns	ns

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados no observamos un efecto directo de la diversificación del cultivo sobre el rendimiento del mismo ni sobre la abundancia de arvenses (Tabla 1). En cambio, se detectó una interacción marginalmente significativa (p=0,078) entre el nivel de diversificación y la cobertura del cultivo. Concretamente, se observó que en condiciones de reducida cobertura del cultivo el rendimiento es mayor en todos los niveles de diversidad frente a los del monocultivo (Figura 2). Además, se observó que el rendimiento de las parcelas en las que se cultivaron mezclas de ocho variedades fue el más estable frente a las variaciones de la cobertura. Esto puede ser relevante en condiciones de secano donde la escasez de agua y nutrientes obligan a utilizar densidades de siembra bajas que redundan en bajas coberturas del cultivo.

En cuanto al efecto del nivel de diversificación y la vegetación arvense sobre el rendimiento del cultivo, queda claro que la abundancia de las arvenses

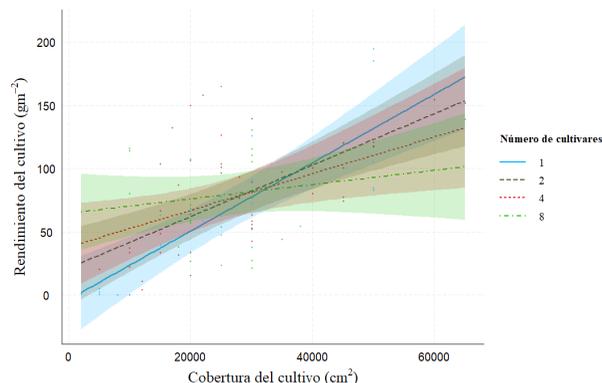


Figura 2 - Efectos de la interacción entre la diversificación y la cobertura del cultivo sobre el rendimiento. Resultados de los modelos lineales generalizados mixtos.

Tabla 2 - Efectos de la diversificación del cultivo (Cdiv), la abundancia (Wab) y la diversidad arvense (Wdiv) sobre el rendimiento del cultivo (Cy). Resultados del test Anova de los factores fijos de los modelos lineales generalizados mixtos. Los coeficientes de determinación marginal (R_{2m}) y condicional (R_{2c}) representan la varianza explicada por los factores fijos y el modelo completo respectivamente. ns= no significativo. (** $p < 0.05$, *** $p < 0,001$).

MODELO	Cdiv	Wab	Wdiv	Cdiv*Wab	Cdiv*Wdiv
$Cy \sim Cdiv + Cdiv*Wab + Cdiv*Wdiv$ $R_{2m}=0.41, R_{2c}=0.70$	ns	***	ns	**	ns

afecta directamente al rendimiento, siendo la reducción de cosecha mayor en condiciones de monocultivo y encontrándose la respuesta de mayor resiliencia a la reducción de cosecha por la presencia de arvenses en mezclas de cuatro variedades (Tabla 2, Figura 3).

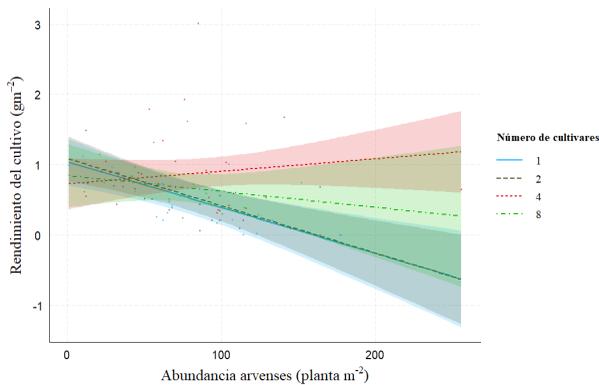


Figura 3 - Efectos de la interacción entre la diversificación y la cobertura del cultivo sobre el rendimiento. Resultados de los modelos lineales generalizados mixtos.

CONCLUSIONES

Los resultados que se presentan corresponden a una sola campaña de cultivo en la que las precipitaciones primaverales no fueron el factor limitante para este cultivo de primavera y, por lo tanto, tienen un carácter preliminar. Sin embargo, consideramos que se evidencian indicios sobre la potencialidad de diversificar mediante mezclas de variedades que podrían ser útiles para mejorar la sostenibilidad en la producción de leguminosas de consumo humano demandadas por la industria agroalimentaria. En este sentido, el ensayo se mantendrá con vocación de media-larga duración con el objetivo de que los resultados recojan la variabilidad de condiciones climáticas propias del centro peninsular. En dicho análisis, también serán cruciales los datos reales de diversidad funcional de cultivo en cada mezcla, el estudio funcional de cada variedad en distintos escenarios de cultivo y el análisis conjunto de los dos cultivos de la rotación. Análisis que en estos momentos están en proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banerjee, S.; Zhao, C.; Garland, G.; Edlinger, A.; García-Palacios, P.; Romdhane, S.; Degrune, F.; Pescador, D.S.; Herzog, C.; Camuy-Velez, L.A.; Bascompte, J.; Hallin, S.; Philippot, L.; Maestre, F.T.; Rillig M.C. & van der Heijden, M.G.A. (2024) - Biotic homogenization, lower soil fungal diversity and fewer rare taxa in arable soils across Europe. *Nature Communications*, vol. 15, art. 327. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44073-6>
- Barot, S.; Allard, V.; Cantarel, A.; Enjalbert, J.; Gauffreteau, A.; Goldringer, I.; Lata, J.-C.; Le Roux, S.; Niboyet, A. & Porcher, E. (2017) - Designing mixtures of varieties for multifunctional agriculture with the help of ecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 37, art.13. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0418-x>
- Bates, D.; Mächler, M.; Bolker, B.; Walker, S. (2015) - Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, vol. 67, p. 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Farooq, M.; Ullah, A.; Lee, J.; Alghamdi, S.S. & Siddique, K.H.M. (2018) - *Desi* chickpea genotypes tolerate drought stress better than kabuli types by modulating germination metabolism, trehalose accumulation, and carbon assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 126, p. 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.020>
- Ferreira, H.; Pinto, E. & Vasconcelos, M.W. (2021) - Legumes as a cornerstone of the transition toward more sustainable Agri-Food Systems and Diets in Europe. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 5, art. 694121. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.694121>
- MAPA (2022) - *Anuario de estadística*. [cit.2024.02.11] https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2022/GLOBAL%202022/AE_2022.pdf
- Marteau-Bazouni, M.; Jeuffroy, M.-H. & Guilpart, N. (2024) - Grain legume response to future climate and adaptation strategies in Europe: A review of simulation studies. *European Journal of Agronomy*, vol. 153, art.127056. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.127056>
- Nakagawa, S. & Shielzeth, H. (2013) - A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 4, n. 2, p. 133-142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>
- Peoples, M.B.; Hauggaard-Nielsen, H.; Huguenin-Elie, O.; Jensen E.S.; Justes, E. & Williams, M. (2019) - The contributions of legumes to reducing the environmental risk of agricultural production. In: Lemaire, G.; De Faccio Carvalho, P.C.; Kronberg, S. & Recous, S. (Eds.) - *Agroecosystem Diversity*, Academic Press, p. 123-143. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00008-X>
- R Core Team (2023) - *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>
- Zander, P.; Amjath-Babu, T.S.; Preissel, S.; Reckling, M.; Bues, A.; Schläfke, N.; Kuhlman, T.; Bachinger, J.; Uthes, S.; Stoddard, F.; Murphy-Bokern, D. & Watson, C. (2016) - Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 36, art. 26. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0365-y>