

# Variación de riego en plántulas de *Pisum sativum* y *Lens culinaris*

Irrigation variation in *Pisum sativum* and *Lens culinaris* seedlings

Jenny Marcela Mahecha-Prada<sup>1</sup> y Yesid Alejandro Mariño Macana<sup>2</sup>

---

---

## Cómo citar:

Mahecha-Prada, J. M., & Mariño Macana, Y. A. (2021). Variación de riego en plántulas de *Pisum sativum* y *Lens culinaris*. *Ingeciencia*, 6, 33-46

<sup>1</sup> Estudiante de Biología de la Universidad Central. Correo: jmahechap2@ucentral.edu.co  
<sup>2</sup> Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad Central. Biólogo, magíster en Fisiología Vegetal y Ph. D. en Recursos Forestales. Correo: ymarinom@ucentral.edu.co

## Resumen

Con el fin de estudiar los requerimientos hídricos de especies agrícolas en etapa vegetativa, se buscó evaluar el efecto de la variación del riego en el crecimiento de plántulas de *Pisum sativum* (arvejas) y *Lens culinaris* (lentejas) en igualdad de condiciones de sustrato y luz. Se realizaron cinco tratamientos y tres réplicas para cada una. Se encontró que las lentejas presentaron diferencias significativas en relación con la altura y la producción de hojas, además de un valor subóptimo con menor cantidad de agua, donde alcanzaron su punto de marchitez permanente. En contraste, la arveja no presentó alteraciones en su crecimiento y producción de hojas. Los resultados muestran que la variación del riego en el crecimiento de estas plántulas tiene efectos en la producción de hojas, la altura y la longitud radicular de cada planta, lo cual contribuye a ampliar el conocimiento del riego para estrategias de siembra urbana.

**Palabras clave:** arveja, crecimiento, déficit hídrico, lenteja, siembra urbana

---

## Abstract

In order to study the water requirements of agricultural species in the vegetative stage, this study aimed to assess the effect and variation of irrigation on seedling growth of *Pisum sativum* and *Lens culinaris* in equal conditions of substrate and light. Five treatments and 3 replicates were performed for each of the species. It was found that the lentils presented significant differences in relation to height and leaf production, it was also obtained that presented a suboptimal value with the least amount of water reaching its permanent wilting point, compared to the pea, which did not present alterations in its growth and leaf production. The results show that the variation of irrigation have an effect on the growth of seedlings of *Pisum sativum* and *Lens culinaris* in equal conditions of substrate and light, which can be evidenced in the production of leaves, height, and root length in each plant, which leads to knowledge of irrigation, and thus be able to generate urban planting strategies.

**Key words:** growth, lentil, pea, urban planting, water deficit

## Introducción

El riego es una práctica clave para aprovechar mejor la capacidad productiva del cultivo e incrementar la rentabilidad del negocio agrícola; es de gran utilidad para la producción agrícola moderna, con efectos sobre la sostenibilidad ambiental y económica de la agricultura. Su manejo depende de características físicas de los suelos, como textura, estructura, propiedades como capacidad de campo (máxima retención de agua en el suelo después de ser saturado) y punto de marchitez permanente, característica que limita la sobrevivencia de las plantas. Cada cultivo tiene su propia capacidad para extraer el agua disponible del suelo. Esta capacidad depende de las dos propiedades señaladas (Muñoz-Carpena, 2004; Flores-Gallardo *et al.*, 2006; Wichelns & Oster, 2006; Silva *et al.*, 2017; Cohen-Manrique *et al.*, 2020; Bonet, 2021).

Los cultivos necesitan absorber agua del suelo para crecer y desarrollarse adecuadamente. Sin embargo, cuando el contenido de humedad del suelo es bajo, se dificulta la absorción, con lo cual se presentan menores tasas de crecimiento y rendimiento. Existen diferentes métodos de riego y cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular. Aunque existen diferencias en la eficiencia de aplicación del agua, la eficiencia del riego es la cantidad de agua que se dispone para el cultivo en el suelo en relación con el total del agua aplicada.

Con el riego se pueden presentar diversas situaciones. Una de ellas es el déficit hídrico, en donde las células de la planta permanecen más pequeñas y las hojas tienen menor desarrollo. Esto hace que se reduzca el área foliar fotosintéticamente activa y que disminuya el potencial hídrico. Por consiguiente, habrá menor crecimiento vegetativo y producción de biomasa, lo cual acelera la senescencia de hojas (Fernández *et al.*, 1999; Ismail, 2010; Liotta, 2012; Yugueros, 2017; Gallardo Barrera, 2018; Inzunza-Ibarra *et al.*, 2020).

Desde la segunda mitad del siglo XX, las poblaciones humanas han dependido del desarrollo de la irrigación y esto ha permitido tener una agricultura con bases más seguras para la sociedad y cada uno de sus integrantes (Luque, 1981; Walker y Skogerboe, 1987; Avallone, 2013; Gutiérrez, 2020). Siendo así, el balance hídrico es importante para el buen manejo del riego en los cultivos; aquí es importante tener en cuenta el requerimiento de agua de cada especie, pues los procesos están ligados a la manifestación fisiológica, como lo es el crecimiento y desarrollo (Pereira *et al.*, 2010; Peña Camacho, 2018; Herrera *et al.*, 2019; Rodríguez Sánchez, 2020).

La arveja (*Pisum sativum*) se caracteriza por ser una planta con una altura promedio de 90 cm; se cultiva en gran variedad de suelos, desde arenosos hasta arcillosos y se desarrolla óptimamente en suelos francoarenosos o francoarcillosos bien drenados, con un buen contenido de materia orgánica. El riego del agua para el cultivo de arveja varía entre 300 y 400 mm a lo largo del ciclo vegetativo. El rango óptimo de temperatura de la planta oscila entre los 15 y 18 °C. Prospera mejor en zonas con humedad relativa por debajo de un 75% y requiere un brillo solar de 1824 horas anuales (Venegas, 2011; Viasus Triana, 2015; Pinantoja Pacheco, 2020; Sáenz Sicacha, 2020). En Colombia, esta especie se cultiva principalmente en los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Boyacá y Tolima (Ligarrero y Ospina, 2009; DANE, 2017).

La lenteja (*Lens culinaris*) se caracteriza por tener una altura promedio entre 30 y 50 cm; se cultiva en suelos arcillosos profundos —ricos en materia orgánica— y arenosos. Es una planta tolerante a la sequía, pero no a los suelos mal drenados, y se desarrolla en

precipitaciones anuales de 260 a 850 mm, el rango óptimo de temperatura oscila entre 6 a 28 °C. Esta planta es poco tolerante a la salinidad; en Colombia se cultiva principalmente en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca (Peñaloza & France, 2007; Travieso *et al.*, 2014; Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina, 2015; Sánchez *et al.*, 2018; Ruiz *et al.*, 2020).

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y desarrollo de plántulas de lenteja y arveja en condiciones contrastantes de irrigación, con el fin de analizar la variación del riego en diferentes cantidades, y así describir el riego óptimo para la producción de biomasa de cada una de las especies. De esta manera, el proyecto se ha constituido en una herramienta útil para conocer las condiciones que requieren los cultivos urbanos, pues formó parte de una de las iniciativas ciudadanas sostenibles en medio de la pandemia y crisis económica.

## Métodos

### Preparación de la siembra

Se pusieron a germinar 30 semillas de lenteja y arveja en vasos plásticos de 7 onzas, con algodón y agua siguiendo la metodología de Alcívar Mancillo (2022). Luego, se escogieron 15 plántulas de cada especie, con similar altura y número de hojas iniciales, para sembrarlas todas con la misma cantidad de tierra (como sustrato) y luminosidad. Finalmente se inició la implementación de los respectivos tratamientos con el fin de comparar los efectos del riego en el crecimiento y desarrollo de las especies.

### Tratamientos

Para analizar cómo la variación del riego afecta el crecimiento de *Pisum sativum* y *Lens culinaris* en igualdad de condiciones lumínicas y de sustrato, las plántulas escogidas fueron divididas en cinco tratamientos y tres réplicas. El primer tratamiento consistió en irrigar con 5,2 ml (10%) de agua; el segundo, con 13 ml (25%); el tercero, con 26 ml (50%); el cuarto, con 39 ml (75%); y el último, con 52 ml (100%), el cual corresponde al control experimental. Previamente se realizaron pruebas para conocer la capacidad de campo del suelo (Puebla, 2018).

### Análisis de resultados

Con los datos obtenidos, se realizó un análisis estadístico descriptivo por medio de una tabla general en la que se muestra el comportamiento de las variables evaluadas (altura, número de hojas y longitud final de la raíz) para cada uno de los diferentes tratamientos con cada una de sus réplicas. Luego, por medio del programa estadístico SPSS, se procedió a comparar el número de hojas y la altura en los cinco tratamientos de arveja (*Pisum sativum*) y lenteja (*Lens culinaris*) por medio de gráficas de *box plot* para comparar las diferencias de cada especie y entre especies.

Finalmente, para determinar el mejor rendimiento de las plántulas en cuanto a crecimiento, según los tratamientos de riego, se realizó un análisis inferencial para contrastar los resultados entre dos o más grupos, con el propósito de comparar las variaciones entre

los tratamientos. Para ello se realizó una prueba de normalidad (Shapiro Wilk) y de homocedasticidad (Levene) para conocer qué prueba estadística realizar (paramétrica o no paramétrica). En este caso, los datos fueron normales para ambas especies. Para cada una se realizó una prueba ANOVA para corroborar la existencia de diferencias significativas entre los grupos; y para terminar dependiendo del resultado de la prueba anterior, se aplicó una prueba comparativa de Tukey entre los tratamientos.

## Resultados y discusión

Globalmente, desde hace mucho tiempo, las poblaciones humanas han dependido del desarrollo de la irrigación para tener una agricultura con bases más seguras para la sociedad y cada uno de sus integrantes (Walker y Skogerboe, 1987; Avallone, 2013; Gutiérrez, 2020). La aplicación del riego se realiza de acuerdo con el criterio o experiencia del agricultor y con el manejo que ofrece cada parcela, ya que la programación científica del riego se realiza aplicando los procedimientos de la FAO por la limitada información experimental generada localmente (Sifuentes-Ibarra *et al.*, 2003; Sánchez & Meza, 2015; Brucker Kelling *et al.*, 2017).

Con las plantas de lentejas homogéneas de 3 cm en promedio en la parte aérea y con la prueba de Shapiro Wilk (0,907), con la que se obtuvieron datos normales para las variables, se procedió a aplicar la prueba de ANOVA ( $p$ -valor = 0,013), y se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Luego, la prueba de HSD Tukey, utilizada para comparar tratamientos con 15 datos, mostró las diferencias entre el tratamiento 1 y 4 (tabla 1). Este resultado se explica debido a que en el tratamiento 1, correspondiente al riego de 5,2 ml, las plantas alcanzaron el punto de marchitez permanente, es decir, el punto donde el potencial hídrico del suelo es más negativo, en el cual las hojas de las plantas no recobran su turgencia.

Con base en lo anterior, diversos autores (Flores *et al.*, 2007; Fernández *et al.*, 2012; Díaz Méndez, 2015) indican que las condiciones controladas de riego en los invernaderos resguardan a las plantas o cultivos que están en su interior de daños por las variables ambientales y, a su vez, permiten un desarrollo óptimo de la planta según su requerimiento. En este caso, observamos que la planta de la lenteja resiste la sequía, por el resultado fisiológico obtenido al 10% de irrigación, el cual puede ser considerado un valor subóptimo para el desarrollo del cultivo. Por otra parte, la altura de la planta en el tratamiento 4 y 5 tuvo un aumento significativo del 38% ( $p$ -valor = 0,015), y 40% ( $p$ -valor = 0,029) en comparación con el tratamiento 1.

Asimismo, se observó que entre los tratamientos 2 y 3 no existen diferencias significativas en la altura del crecimiento de las plantas (figura 1). Sin embargo, se evidenció un mayor número de hojas en las plantas de lenteja (figura 2) que, en comparación con el tratamiento 4, tuvo valores atípicos, ya que en algunas plantas correspondientes al riego del 75% se obtuvo mayor producción de hojas (32), que superó el número de las obtenidas en la mayoría de plantas del tratamiento.

Para este caso tenemos que la lenteja se desarrolla en un cultivo de clima frío y requiere entre 350 a 500 mm durante el ciclo vegetativo. Esto significa que el volumen de agua debe ser poco, pues el exceso de humedad es dañino para el buen desarrollo de la planta (Ismail *et al.*, 1994; Barrios *et al.*, 2006; Rojas Sánchez, 2021). El momento crítico de

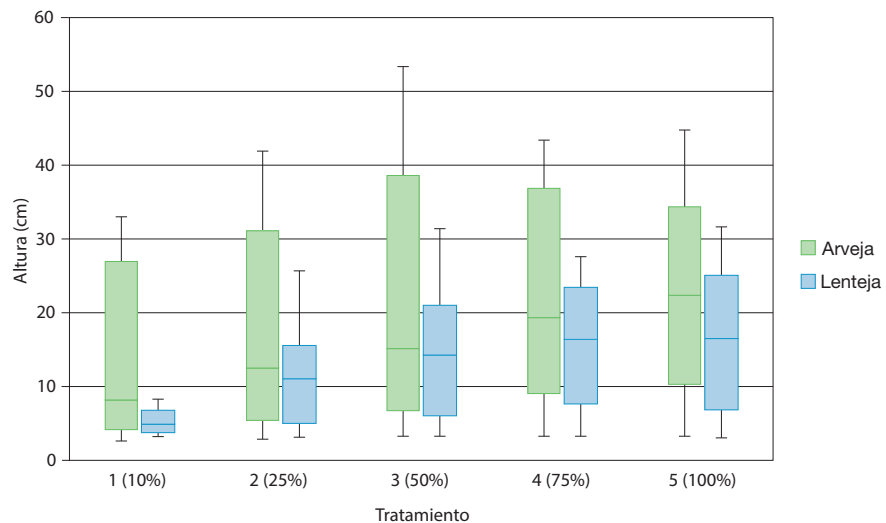
crecimiento más importante en la lenteja para las necesidades de agua es la floración; su retraso reduce la cosecha. Abdipur *et al.* (2011) y Martínez (2019) han demostrado que con los riegos las áreas foliares y la producción de materia seca aumentan; al respecto, se han obtenido respuestas positivas en el campo.

**Tabla 1.** Comparación entre los tratamientos con la prueba estadística Tukey (datos obtenidos con el programa SPSS) para las plantas de lenteja

Tratamiento	1	2	3	4	5
1		0,560	0,173	0,015	0,029
2	0,560		0,945	0,418	0,563
3	0,173	0,945		0,858	0,941
4	0,015	0,418	0,858		0,999
5	0,029	0,563	0,941	0,999	

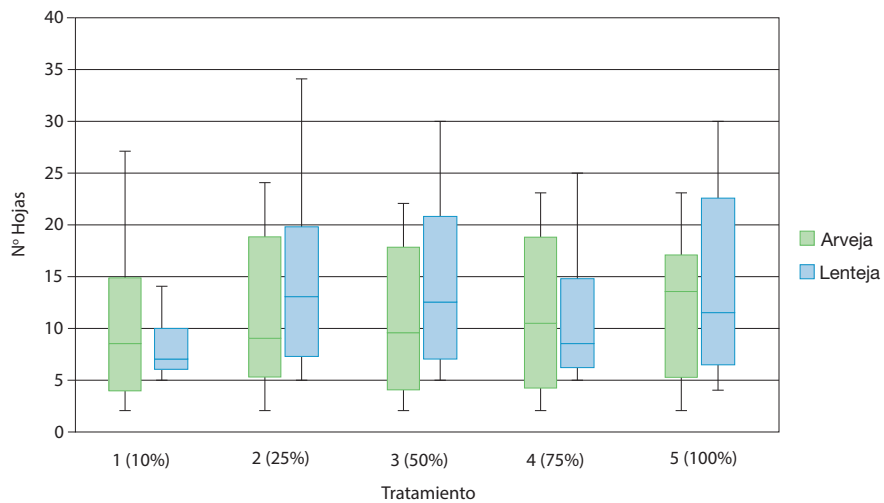
Fuente: elaboración propia.

Las plantas de arvejas tuvieron un tamaño inicial de 2,5 cm, obteniendo datos normales (Shapiro Wilk 0,911) sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA p-valor = 0,123). Se observa un buen crecimiento en el tratamiento 3 con el alcance de mayor altura (52 cm. Ver figura 1), y para los otros tratamientos oscila entre 32 y 45 cm. En cuanto al número de hojas, el tratamiento 5 (figura 2) con menor riego tuvo mayor producción de estas, mientras que en los otros tratamientos se presentó una alta variación [3-22] en el número de hojas.



**Figura 1.** Box plot de la comparación de la variación de la altura de *Lens culinaris* (lenteja) y *Pisum sativum* (arveja) en los tratamientos.

Fuente: elaboración propia.

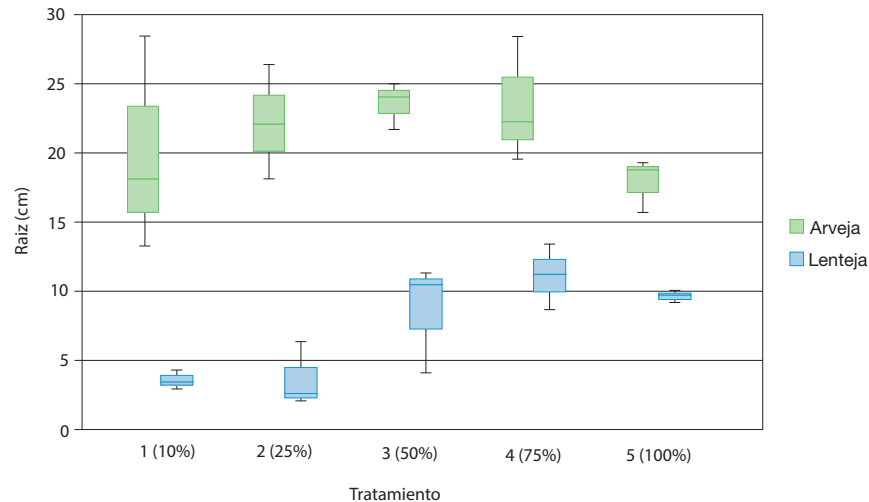


**Figura 2.** Box plot de la comparación del número de hojas de *Lens culinaris* (lenteja) y *Pisum sativum* (arveja) en los tratamientos.

**Fuente:** elaboración propia.

Al comparar la variación de altura entre las especies, podemos observar que las arvejas crecieron más que las lentejas en el mismo periodo de tiempo (figura 1). Esto se da por los requerimientos hídricos específicos de cada una de las especies. Probablemente, bajo las condiciones ambientales de la ciudad, ambas especies se adaptaron fácilmente. En este caso, las arvejas tuvieron mayor crecimiento, pero menor número de hojas, caso contrario a las plantas de lentejas. Asimismo, ambas especies presentaron un crecimiento y número de hojas notable, con lo que podemos deducir que, bajo las condiciones adecuadas en un invernadero o regulando factores como el riego, en la ciudad se podrían cultivar estas plantas. El cultivo de arveja es afectado por numerosos problemas del clima, suelo y fitosanitarios en las etapas de desarrollo y producción (Valencia *et al.*, 2012; Rojas, 2017). La arveja requiere 250 a 400 mm de agua bien distribuidos durante el ciclo del cultivo, con mayor demanda durante la etapa de crecimiento y floración (Fenalce, 2006; Lirio Colonia, 2020) con alta iluminación y humedad. Existen pocos estudios con riego en esta especie; los principales se encuentran en productos como la papa, frijol, maíz, entre otros. Por lo tanto, podemos inferir que esta es una planta que se adapta fácilmente a las condiciones que le proporciona el ambiente para su buen crecimiento y desarrollo.

Por otra parte, en relación con la longitud de la raíz (figura 3) se observa que, a menor riego, la raíz de las plantas de arveja tiende a extenderse más, en busca de agua para su crecimiento: con una menor cantidad, la plántula tiende a translocar mayor cantidad de asimilados en las raíces (Gonçalves & Mello, 2004), mientras que, a mayor riego, las raíces de las plantas de lenteja no tienen la necesidad de extenderse a buscar este recurso.



**Figura 3.** Box plot de la comparación de la longitud de la raíz de *Lens culinaris* (lenteja) y *Pisum sativum* (arveja) en los tratamientos.

**Fuente:** elaboración propia.

La disponibilidad de agua es la principal limitante para la producción agrícola y para la apertura de nuevas áreas de cultivo, ya que, al incrementarse la población humana, la competencia por el agua se intensifica, siendo prioritarios su conservación, manejo y uso eficiente mediante el mejoramiento de los métodos y dispositivos para distribuir y aplicar el riego a nivel parcelario (Ojeda-Bustamante *et al.*, 2001; Yugueros, 2017; Gallardo Barrera, 2018).

Cuando el déficit hídrico se desarrolla lentamente, las plantas pueden presentar respuestas de aclimatación que tienen efectos sobre el crecimiento, como la disminución de la expansión foliar y el aumento del crecimiento radicular (Potters *et al.*, 2007; Shao *et al.*, 2008; Bielsa Pérez *et al.*, 2018; López Cuadra *et al.*, 2020). Otro mecanismo de resistencia a nivel de estrés fisiológico es el cierre de estomas, estructuras responsables de la mayor proporción de pérdida de agua en las plantas (Taiz y Zeiger, 2006; Otálora y Arias, 2020). Esta respuesta está mediada por la hormona ácido abscísico (ABA). El ABA está involucrado en el proceso de adaptación de la planta a diferentes tipos de estrés ambiental, y se ha comprobado que durante el estrés, los niveles de ABA se incrementan en los tejidos vegetativos (Zeevaart & Creelmen, 1988; Zhang & Outlaw, 2001; Sánchez, 2018).

El estrés por déficit hídrico o por sequía se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso en agua, en donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. Esto no solo ocurre cuando hay poca agua en el ambiente, sino también por bajas temperaturas y por una elevada salinidad del suelo. Estas condiciones, capaces de inducir una disminución del agua disponible del citoplasma de las células, también se conocen como estrés osmótico (Jiménez *et al.*, 2017). Las plantas experimentan, a lo largo de su desarrollo, algún grado de estrés por déficit hídrico.

En los sistemas naturales, un déficit de agua puede ser el resultado de bajas precipitaciones, baja capacidad de retención de agua del suelo, excesiva salinidad, temperaturas extremas frías o calientes, baja presión de vapor atmosférica o una combinación de estos factores (Jiménez *et al.*, 2017; Prado-Tarango *et al.*, 2017).



Con base en todo lo anterior, este estudio permite conocer con mayor detalle la fisiología de cada especie para aprovechar y optimizar su crecimiento y su potencial producción de biomasa, y así relacionar esto con sistemas eléctricos automatizados de riego por microaspersión mediante *softwares* que programen el tiempo del sistema, también con la mecánica de fluidos, a fin de contribuir a la gestión y a la rentabilidad para el agricultor representada en el ahorro de tiempo y de dinero, con lo cual también se evitan pérdidas de cosecha y posproducción de alimentos (Gutiérrez *et al.*, 2013; Guajiro-Rodríguez *et al.*, 2018; Orellana & Fabian, 2019).

## Conclusiones

Se obtuvieron diferencias significativas para las plantas de lenteja, en cuanto a su producción de hojas y altura en diversas condiciones de riego, mientras que para las plantas de arveja no se presentaron cambios en las variables evaluadas. La arveja y la lenteja son plantas que se adaptan fácilmente a las condiciones ambientales a las que están expuestas; en el presente estudio, en la ciudad de Bogotá. Sin embargo, la planta de lenteja presenta valores subóptimos con la menor cantidad de riego, hecho que afecta su crecimiento y producción.

Según los resultados obtenidos, se recomienda replicar el experimento en condiciones de campo para poder brindar soluciones a los agricultores que no tienen acceso a invernaderos o condiciones controladas, así como experimentar en huertas urbanas la producción de estas plantas. Finalmente se pueden hacer estrategias conjuntas con los ingenieros para optimizar el riego con el objetivo de controlarlo con base en un modelo matemático, lo cual facilita y mejora la economía del agricultor, gracias al conocimiento y aprovechamiento de la fisiología de las plantas para la producción de alimentos en el campo y la ciudad.

## Agradecimientos

Agradezco al profesor Yesid Mariño por guiarme en el proceso formativo y educativo de la asignatura Fisiología Vegetal, así como también por sus aportes al proyecto. De igual forma, a la profesora Mayra Amparo Sáenz por su ayuda con la interpretación de los análisis estadísticos, ya que no fue fácil llevar a cabo el proyecto en época de contingencia y pandemia.

## Referencias

Abdipur, M., Vaezi B., Bavei V., & Heidarpur N. A. (2011). Evaluation of morpho-physiological selection indices to improve of drought tolerant lentil genotypes (*Lens culinaris* Medik.) under rainfed condition. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 11, 275-281.

- Alcívar Marcillo, A. G. (2022). *Respuestas de la imbibición de semillas de tres patrones de cítricos con diferentes concentraciones de Pectimorf en la germinación* [tesis]. Jipijapa. UNESUM.
- Avallone, G. (2013). El campo neoliberal y su crisis: agricultura, sociedad local y migraciones en la Europa del Sur. *Encrucijadas: Revista Crítica de Ciencias Sociales*, (6), 39-55.
- Barrios, A., Martín, A., García, A., Rodríguez, M. J., & Caminero, C. (2006). Estudios preliminares acerca de la tolerancia de la genética a heladas en lenteja (*Lens culinaris* Medik). En M. de los Mozos Pascual, M. J. Jiménez Alvéar, M. F. Rodríguez Conde, R. Sánchez Vioque (eds.), *Nuevos retos y oportunidades de las leguminosas en el sector agroalimentario español (segundas Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas)*. Consejería de Agricultura de Castilla (311-318 pp).
- Bonet, L. (2021). Herramientas para un riego eficiente en caqui. *Jornada técnica: El cultivo del caqui* (pp. 1-48).
- Bielsa Pérez, B., Hewitt, S., Reyes Chin Wo, S., Dhingra, A., & Rubio Cabetas, M. J. (2018). Cambios transcriptómicos en la raíz del híbrido almendro × melocotonero ‘Garnem’ bajo estrés hídrico revelan genes de respuesta y tolerancia a la sequía. En J. García, O. Pérez, J. Cos, L. Ruiz, E. Sánchez, *IX Congreso de Mejora Genética de Plantas: Murcia 2018*. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario
- Brucker Kelling, M., Machado Araujo, M., Benítez León, E., Carpenedo Aimi, S., & Turchetto, F. (2017). Regímenes de riego y dosis de polímero hidrotenedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 123-131.
- Cohen-Manrique, C. S., Burbano-Bustos, A. F., Salgado-Ordosgoitia, R. D., & Merlano-Porto, R. H. (2020). Control de riego en cultivos de ahuyama en Sincelejo, Sucre (Colombia) gestionados a través del Internet de las Cosas. *Información Tecnológica*, 31(5), 79-88.
- DANE (2017). *El cultivo de arveja en Colombia. Boletín mensual Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*. <https://bit.ly/3T3ne8L>
- Díaz Méndez, R. (2015). Criterios de selección de tecnologías sostenibles de generación de energía para el riego en invernaderos (Doctoral dissertation, Agronomos). Universidad Politécnica de Madrid. <https://bit.ly/co/GFUh>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina (2015). *Manual de buenas prácticas agrícolas (BPA) para legumbres*. <https://bit.ly/3UVwefr>.
- Fernández, G. R., Milla Milla, M., Ávila Alabarces, R., Herrera, J. B., Gavilán Zafra, P., & Oyonarte Gutiérrez, N. A. (1999). *Manual de riego para agricultores. Módulo 2. Riego por superficie Junta de Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Servicio de Formación Agroalimentaria. Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía, S. A.
- Fenalce (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas) (2006). *El cultivo de la arveja en Colombia*. Produmedios.

- Fernández, M. D., Thompson, R. B., Bonachela, S., Gallardo, M., & Granados, M. R. (2012). Uso del agua de riego en los cultivos de invernadero. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, 3, 115-138.
- Flores-Gallardo, H., Ojeda-Bustamante, W., & Sifuentes-Ibarra, E. (2006). Estudio retrospectivo de la sequía en el norte de Sinaloa. *multi-CIENCIA*, 1, 15-20.
- Flores, J., Ojeda-Bustamante, W., López, I., Rojano, A. y Salazar, I. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*, 25(2), 127-134.
- Gallardo Barrera, C. A. (2018). Requerimientos de agua y cálculo del balance hídrico en girasol. *Agrosavia*, 16590, 57-64.
- Gonçalves, J. L. M., & Mello, S. L. M. (2004) The root system of trees. En Gonçalves, J. L. M, Benedetti V. (eds.). *Forest Nutrition and Fertilization*. Piracicaba, IPEF (pp. 223-267).
- Guijarro-Rodríguez, A. A., Torres, L. J. C., Preciado-Maila, D. K., & Manzur, B. N. Z. (2018). Sistema de riego automatizado con arduino. *Revista Espacios*, 39(37), 27.
- Gutiérrez, L., Rodríguez, L. F., & Bermúdez, L. T. (2013). Factibilidad de una comercializadora hortícola de economía solidaria en el Distrito de Riego del Alto Chicamocha. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 62-74.
- Gutiérrez, D. D. (2020). El capital humano como principal impulsor del desarrollo local en la innovación tecnológica en la agricultura en Cuba. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 13(37), 1.
- Herrera-Puebla, J., Hervis-Granda, G., González-Robaina, F., & Duarte-Díaz, C. (2019). Estudio sobre el balance hídrico del arroz en Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(3).
- Ismail, A. M., Mohamed, A. A., Hamdi, A., & Rabie, E. M. (1994). Genetic variability and heritability for agronomic traits in segregating populations of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Annals of Agricultural Science*, 32, 1107-1118.
- Ismail S. M. (2010). Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annum* L.). *Meteor. Environ. Arid Land Agric. Sci.* 21, 29-43.
- Inzunza-Ibarra, M. A., Villa-Castorena, M. M., Catalán-Valencia, E. A., López-López, R., & Sifuentes-Ibarra, E. (2018). Rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(3), 283-290.
- Jiménez Arias, D., Borges, A. A., Boto, A., Valdés, F., Pérez Pérez, J. A., & Luis Jorge, J. C. (2017). Uso de aminoácidos cíclicos no prolínicos para aumentar la tolerancia de plantas a condiciones de estrés osmótico. *Patentscope*. <https://bityl.co/GFUt>
- Lirio Colonia, F. A. (2020). Evaluación de bioestimulantes en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) Cultivar inia-usui en San Miguel de Aco, provincia de Carhuaz-Ancash 2018. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. <https://bityl.co/GFUv>

- Ligarreto, G., & Ospina, A. (2009). Análisis de parámetros heredables asociados el rendimiento y precocidad en arveja voluble (*Pisum sativum* L.), tipo Santa Isabel. *Agronomía Colombiana*, 27(3), 333-339
- Liotta, M. A. (2012). *Conceptos de eficiencia de uso del agua para riego agrícola*. INTA EEA San Juan.
- López Cuadra, Y. M., Cunias Rodríguez, M. Y., & Carrasco Vega, Y. L. (2020). El cacao peruano y su impacto en la economía nacional. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 344-352.
- Luque, J. A. (1981). La informática en el desarrollo, la agricultura y el riego.
- Martínez, M. E. (2019). Contenido de hierro, calcio y magnesio durante el proceso de producción de germinados de lentejas (*Lens culinaris*) bajo cultivo aeropónico. Universidad Nacional de Cuyo. <https://bityl.co/GFV0>
- Muehlbauer, F. J. y Tullu, A. (1997). *Lens culinaris* Medik. NewCROP FactSHEET. <https://bityl.co/GFV4>
- Muñoz-Carpena, R. (2004). Field Devices for Monitoring Soil Water Content. IFAS extension. <http://edis.ifas.ufl.edu/ae266>.
- Rodríguez Sánchez, Y. Y. (2020). Determinación de fechas de siembra mediante el balance hídrico para los cultivos de haba, maíz y papa para Rumipamba [tesis de pregrado]. Quito: UCE.
- Ojeda-Bustamante, W., Carrillo, M. G., & Ángeles, M. V. (2001). *El riego por pivote central*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Orellana, A. y Fabián, D. (2019). Diseño e implementación de sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y arduino para las áreas verdes y plantas ornamentales [tesis de pregrado].
- Otárola, J. C. V., Arias, D. (2020). Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. *Colombia forestal*, 23(1), 20-34.
- Potters, G., Pasternak, T. P., Guisez, Y., Palme, K. J., & Jansen, M. A. K. (2007). Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *Trends Plant Sci.* 12(3), 99-105.
- Peñaloza, E., Tay, J., & France, A. (2007). Calpún-INIA, Cultivar de lenteja (*Lens culinaris* Medik.) de grano grande y resistente a Roya. *Agricultura Técnica*, 67(1), 68-71.
- Peña Camacho, J. D. J. (2018). *El balance hídrico: una herramienta para el uso eficiente del agua*. Agrosavia.
- Pereira, L. S., De Juan, J. A., Picornell, M. R. , & Tarjuelo, J. M. (2010). *El riego y sus tecnologías*. Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla La Mancha, 296.
- Pinanjota Pacheco, D. C. (2020). Determinación de las fechas de siembra al temporal para arveja, maíz y papa en la Estación Experimental Santa Catalina [tesis de pregrado]. UCE.
- Prado-Tarango, D. E., Melgoza-Castillo, A., Mata-González, R., & Villarreal-Guerrero, F. (2017). Estrés osmótico y germinación de *Yucca elata* y *Menodora scabra*,

- dos especies de plantas nativas del desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 16(1), 39-44.
- Puebla, J. H. (2018). Respuesta del sorgo (*Sorghum vulgare* L. Monech) al riego y la fertilización nitrogenada en dos épocas de siembra. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(3), 3-10.
- Rojas Huacoto, C. A. (2017). Producción de arveja verde “quantum” (*Pisum sativum* L.) con aplicaciones de humus de lombriz, guano de islas y biol en condiciones agroclimáticas de Tiabaya-Arequipa. [Trabajo de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Unas.
- Rojas Sánchez, F. (2021). Evaluación de Eichornia Crassipes, Lemna Minor y Azolaanabaena para la fitorremediación de las aguas contaminadas del río Bogotá para su posterior uso como agua de riego en la producción de hortalizas. Universidad de Manizales.
- Ruiz, L. K., Gradstein S. R., & Bernal, R. (2020). *Lens culinaris* Medik. En R. Bernal, S.R. Gradstein y M. Celis (eds.), *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sáenz Sicacha, S. (2020). Implementación de 1.300 m<sup>2</sup> de arveja *Pisum sativum* L., como alternativa productiva para el municipio de Guavatá, Santander.
- Sánchez, C. (2018). Estudios fisiológicos y genéticos de la interacción ABA/SA en respuesta a estrés hídrico en Panicum virgatum L. *Semirárida*, 28(1).
- Sánchez, A. J. S., Nieto, J. E. R., Gómez, D. S., Ruiz, J. H., Gonzales, J. U. S., & Arriaga, A. I. M. (2018). Evaluación de actividad antioxidante en germinados de lenteja (*Lens culinaris*) producidos bajo luz artificial en distintos rangos nanométricos. *Jóvenes en la Ciencia*, 4(1), 12-17.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C.R. Biol.* 331, 215-225.
- Sifuentes-Ibarra, E., Ojeda-Bustamante, W. Vázquez-Ruiz, P., & Gutiérrez-Hernández, A. (2003). Manejo del agua en módulos de riego bajo condiciones de escasez de agua: aplicación al distrito de riego 075. Fundación Produce Sinaloa, A. C.
- Silva, M., Rubilar, R., Espinoza, J., Yáñez, M., Emhart, V., & Quiroga, J. J. (2017). Respuesta en parámetros de intercambio gaseoso y supervivencia en plantas jóvenes de genotipos comerciales de Eucalyptus spp sometidas a déficit hídrico. *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 79-87.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology*. 4th ed. Sinauer Associates.
- Travieso, R. M. C., Pérez, R. H. O., Miranda, O. R., Carlos, F., & Piedra, A. L. (2014). Comportamiento agronómico de la lenteja (*Lens culinaris* Medik) en la localidad de Tapaste, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 92-99.
- Valencia, A., Timaná, Y., & Checa, O. (2012). Evaluación de 20 líneas de arveja (*Pisum sativum*, L.) y su reacción al complejo de Ascochyta. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2).
- Venegas, P. (2011). Evaluación de dos bioles a partir de dos fuentes orgánicas (bovino y cobayo) a cuatro dosis de aplicación en dos variedades del cultivo de arveja (*Pisum sativum*) en la comunidad de planchaloma toacaso latacunga

2011. Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/777/1/T-UTC-0599.pdf>
- Viasus Triana, C. (2015). Evaluación de la especificidad entre plantas e inóculos comerciales de micorrizas para el desarrollo y producción de arveja (*Pisum sativum* L.). Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Walker, W. R., & Skogerboe, G. V. (1987). *Surface irrigation: theory and practice*". Prentice Hall, p. 386.
- Wichelns, D., & Oster, J. D. (2006) Sustainable irrigation is necessary and achievable, but direct costs and environmental impacts can be substantial. *Agricultural Water Management*, 86, 114-127.
- Yugueros, R. M. (2017). *Riego en cultivos: fundamentos y manejo*. Mundi-Prensa Libros.
- Zeevaart, J.A.D., & Creelmen, R. A. (1988). Metabolism and physiology of abscisic acid. *Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39, 439-473.
- Zhang, S. Q., & Outlaw, W. H. (2001). Abscisic acid introduced into the transpiration stream accumulates in the guard cell apoplast and causes stomatal closure. *Plant Cell Environ*, 24, 1045-1054.