



REPOSICIÓN HÍDRICA EN CULTIVO DE REMOLACHA, CON BASE EN LA DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO, MEDIDA MEDIANTE TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A

IRRIGATION SCHEDULING FOR BEET CROP BASED ON CROP EVAPOTRANSPIRATION DETERMINED USING A CLASS A EVAPORATION PAN

Ronald David Centurion^{1*} , Álvaro Manuel Huerta Maciel¹  y Oscar Luis Caballero Casuriaga¹ 

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: ronald_centu@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del experimento fue evaluar el efecto de diferentes niveles de reposición hídrica en el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris*), en función de la evapotranspiración del cultivo determinada mediante un tanque evaporímetro clase A. El estudio se llevó a cabo en el área de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción (FCA–UNC), durante los meses de junio a agosto del año 2021. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, totalizando 20 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en la reposición del 50%, 75%, 100% y 125% del agua evapotranspirada, determinada a partir del tanque evaporímetro clase A. Las variables evaluadas fueron: masa fresca de la parte aérea, masa fresca de raíces tuberosas, diámetro ecuatorial y polar de las raíces, contenido de sólidos solubles y rendimiento. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando la prueba F, y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los resultados indicaron que los diferentes niveles de reposición hídrica no generaron efectos significativos sobre ninguna de las variables evaluadas.

Palabras clave: *Beta vulgaris*, reposición hídrica, evapotranspiración, tanque evaporímetro Clase A.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the effect of different levels of water replacement in beet (*Beta vulgaris*) cultivation, based on crop evapotranspiration determined using a Class A evaporation pan. The study was conducted in the Horticulture Area of the Faculty of Agricultural Sciences at the National University of Concepción (FCA–UNC), from June to August 2021. A randomized complete block design (RCBD) was used, with four treatments and five replications, totaling 20 experimental units. The treatments consisted of water replacement at 50%, 75%, 100%, and 125% of the evapotranspired water, as determined by the Class A evaporation pan. The variables evaluated included: fresh shoot biomass, fresh tuberous root biomass, equatorial and polar diameter of the roots, soluble solids content, and yield. Data were analyzed through analysis of variance (ANOVA) using the F-test, and treatment means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. The results indicated that none of the applied water replacement levels produced significant effects on any of the variables evaluated.

Keywords: *Beta vulgaris*, water replacement, evapotranspiration, Class A evaporation pan.

INTRODUCCIÓN

La remolacha común (*Beta vulgaris*) se cultiva principalmente en la zona central de nuestro país (Paraguay), y de manera incipiente en otras regiones. Sin embargo, debido a la creciente preferencia de los consumidores, este cultivo presenta un gran potencial como alternativa de diversificación productiva, especialmente en la temporada otoño-invierno, cuando se favorece el desarrollo de sus raíces tuberosas (Silva et al., 2016).

La producción de alimentos y el uso de agua están relacionados de forma inseparable. El agua siempre ha sido el principal factor que limita la producción agrícola en gran parte del mundo, donde la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos (De la Torre, 2017). Con la competencia cada vez mayor por recursos hídricos no renovables en todo el mundo y la creciente demanda de productos agrícolas, nunca antes ha sido tan apremiante la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad del uso del agua para la producción de cultivos, a fin de garantizar la seguridad alimentaria en el futuro y enfrentar las incertidumbres asociadas con el cambio climático (Steduto et al., 2012).

Los cultivos requieren agua en todas las fases de su ciclo productivo, desde la germinación hasta la cosecha. Esta puede ser provista de forma natural o mediante riego suplementario, el cual debe aplicarse en función de la demanda hídrica y el estado fenológico del cultivo. El uso racional del agua es, por tanto, clave para lograr altos rendimientos sin comprometer la sostenibilidad de los recursos (Noya et al., 2020).

En el ámbito hortícola, las restricciones hídricas se hacen sentir con mayor intensidad debido a fenómenos extremos como lluvias irregulares o sequías prolongadas, que afectan negativamente los cultivos en fases críticas de desarrollo (Hayat et al., 2023). A esto se suma la limitada incorporación de tecnologías para el uso eficiente del agua, lo que agrava las pérdidas productivas y la vulnerabilidad de los agricultores.

La evapotranspiración, definida como la pérdida de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas, representa una medida clave para estimar las necesidades hídricas de los cultivos (Allen et al., 2006). Esta puede variar según el clima, el manejo del cultivo y las condiciones del suelo. Una de las herramientas más prácticas y accesibles para su determinación es el tanque evaporímetro Clase A, ampliamente utilizado en programas de riego

debido a su eficacia y simplicidad (Ortiz y Tamayo, 2018).

En este contexto, la presente investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de niveles de reposición hídrica en el cultivo de remolacha, en base a determinación de la evapotranspiración del cultivo, medida mediante tanque evaporímetro clase A.

MATERIALES Y METODOS

El experimento fue llevado a cabo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, localizado a 2 km de la ciudad de Concepción sobre la Ruta Py05. General Bernardino Caballero, circundrita en las 23° 40' 13" Sur 57° 41' 85" Oeste, elevado a 160 metros sobre el nivel del mar. El periodo del experimento fue comprendido entre los meses de mayo a agosto del 2021.

Las condiciones generales del clima del distrito de Concepción son las siguientes; la temperatura media anual es de 25°C, la humedad relativa del aire presenta una media anual de 80% y la precipitación media anual está en torno a los 1300 milímetros. Durante el desarrollo del trabajo las temperaturas medias tuvieron una mínima de 18,2°C y las máximas alcanzaron los 32°C. La precipitación media alcanzó 77,2 mm (Fecoclima, 2021)

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, en la tabla 1 se puede observar la descripción de los tratamientos. Cada unidad experimental (UE) tuvo una superficie de 2 m² (1 m x 2 m) con un total de 20 unidades experimentales.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados.

Tratamientos	Descripción
T1	Reposición del 50% de agua evapotranspirada
T2	Reposición del 75% de agua evapotranspirada
T3	Reposición del 100% de agua evapotranspirada
T4	Reposición del 125% de agua evapotranspirada

El terreno fue preparado con herramientas manuales, levantando tablones de 0,2 m de altura, incorporando en su interior 2 kg de estiércol vacuno por m², de manera uniforme para todos los tratamientos. La siembra se realizó en forma directa en los tablones, depositando 2 semillas por hoyo con un

distanciamiento de 0,3 m entre hileras y 0,2 m entre plantas, en el momento que las plántulas alcanzaron 10 cm de altura se procedió al raleo de modo a mantener 20 plantas por cada UE. La emergencia se observó alrededor de los 12 días después de la siembra.

Los primeros 20 días desde la siembra el riego fue realizado de forma uniforme según el requerimiento hídrico de cada planta por m^2 . Conforme avanzaron los días se fueron tomando los datos midiendo la evapotranspiración del cultivo para la obtención del promedio expresado en milímetros por día por metro cuadrado ($mm/día/m^2$), el riego se realizó mediante regadera de 12 L de capacidad, en dos ocasiones en forma diaria, a tempranas horas de la mañana y a últimas horas de la tarde; el volumen de riego aplicado durante estos días, fue de 12 litros por m^2 , determinado en base a las necesidades hídricas de la remolacha (Red agrícola, 2016).

Durante este tiempo, se determinó la evaporación y se promediaron las lecturas obtenidas, ajustando los valores registrados mediante el tanque evaporímetro clase A (milímetro por día), de acuerdo a la metodología sugerida en el manual “Serie FAO Riego y drenaje No. 24”; de este modo se obtuvo evapotranspiración del cultivo ($mm/día$), que fueron los niveles utilizados como referencia, para la reposición hídrica, en forma de riego.

A partir del día 21 después de la siembra, la determinación de la evapotranspiración del cultivo, en forma diaria y expresada en $mm/día/m^2$, fue la referencia para los volúmenes de riego que fueron aplicados según los diversos tratamientos.

El riego continuó realizándose bajo el mismo régimen: 2 riegos diarios, mañana y tarde mediante regadera de 12 L de capacidad, dividiendo los niveles calculados (milímetro por día, por metro cuadrado), para la frecuencia de riego. La medición fue realizada mediante la regla de escritura geométrica para posterior reposición de agua evapotranspirada.

El control de malezas se realizó en forma manual en los tablones, con frecuencia semanal. En vista a la aparición de hongos se aplicó mancozeb (fungicida) en una dosis de 50 g por tanque de 20 L de agua, aplicando inmediatamente al registrar los primeros síntomas, se realizó en 4 oportunidades durante 30 días. Tras la aparición de insectos se procedió a la aplicación de cipermetrina (insecticida) en una dosis de 20 ml por tanque de 20 L de agua durante 21 días en 3 ocasiones.

La primera cosecha se realizó el 9 de agosto

del año 2021, cuando el cultivo ya presentaba la madurez necesaria para la recolección. La segunda cosecha se realizó el día 16 de agosto, siete días después de la primera.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

Masa fresca de la parte aérea de la planta (g): las plantas fuera de la raíz tuberosa de cada unidad experimental UE, fueron pesadas mediante balanza electrónica de precisión y promediadas.

Masa fresca de raíces tuberosas (g): Las raíces recogidas de cada UE, Fueron pesadas mediante balanza electrónica de precisión y promediadas, luego sometidas a estufa, a 65°C durante 72 h (hasta peso constante), y de nuevo pesadas y promediadas.

Diámetro ecuatorial de la raíz tuberosa (cm): esta determinación se realizó mediante un calibrador Vernier graduado en centímetros, se colocó en la parte media de la cabeza. Los datos fueron expresados en centímetros.

Diámetro polar de raíces (cm): Para realizar dicha medición se utilizó un calibrador Vernier, desde la base inferior de la raíz hasta la parte superior, expresando los datos en centímetros.

Sólidos solubles (°Brix): Se determinó mediante un refractómetro, y se seleccionaron 10 raíces por UE.

Rendimiento ($kg\ ha^{-1}$): Las raíces fueron pesadas y promediadas y se estimó el rendimiento, expresándolo en $kg\ ha^{-1}$, aplicando la siguiente fórmula: $R = PFP \times NP$.

Dónde:

R = Rendimiento,

PFP = Peso de los frutos por planta ($kg\ planta^{-1}$),

NP = Número de plantas por hectárea.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) aplicando el test de Fisher, y las medias que presentaron diferencias significativas fueron comparadas por el test de Tukey al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Masa fresca de la parte área de la planta

En la tabla 2 se presentan los efectos de diferentes porcentajes de reposición de agua evapotranspirada sobre la masa fresca de la parte aérea de la planta de remolacha. Si bien no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), se evidencia una tendencia en la cual el tratamiento T3 (reposición del 100% del agua evapotranspirada) presentó la mayor masa

fresca promedio (55,37 g), superando a los demás niveles evaluados.

Al respecto, Bhattacharya (2021) señala que el estado hídrico de las plantas influye directamente en sus procesos fisiológicos y metabólicos, por lo que tanto el déficit como el exceso de agua pueden generar estrés y afectar negativamente el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos. En este estudio, la ausencia de diferencias significativas podría indicar que los niveles de agua aplicados estuvieron dentro de un rango fisiológicamente aceptable para la remolacha, evitando condiciones de estrés hídrico.

Tabla 2. Efecto de reposición de agua evapotranspirada sobre la masa fresca parte aérea de la planta de remolacha.

Trat.	Descripción	Masa fresca parte aérea (g) ^(NS)
T1	Reposición del 50%	46,25
T2	Reposición del 75%	47,87
T3	Reposición del 100%	55,37
T4	Reposición del 125%	49,20
Media general:		49,67
CV (%):		20,23

NS: Diferencia estadística no significativa.

CV: Coeficiente de variación.

Sin embargo, estos resultados contrastan con los hallazgos de Deaquiz et al. (2014), quienes, al evaluar distintas láminas de riego en el cultivo de fresa, encontraron diferencias significativas en la masa fresca de la planta.

Masa fresca de raíces tuberosas

Los valores de masa fresca de las raíces tuberosas de remolacha se presentan en la tabla 3; según el análisis de varianza, no se verificaron efectos significativos entre los diferentes porcentajes de reposición de agua evapotranspirada.

No obstante, desde punto de vista agronómico, el tratamiento que consistió en la reposición del 75% de agua evapotranspirada, obtuvo las medias de mayor cuantía, con 74,28 g de masa fresca de las raíces tuberosas.

Al comparar estos resultados con los reportados por Zegarra (2019), quien evaluó el cultivo de remolacha bajo riego por goteo, se observan valores significativamente superiores en la masa fresca de raíz, con promedios de 232 y 202 g. Estas diferencias sustanciales pueden atribuirse a diversos factores como las condiciones edafoclimáticas, el manejo

agronómico, la variedad utilizada, la densidad de siembra o el sistema de riego empleado.

Tabla 3. Efecto de reposición de agua evapotranspirada sobre la masa fresca de raíces tuberosas de la planta de remolacha.

Trat.	Descripción	Masa fresca de raíces tuberosas (g) ^(NS)
T1	Reposición del 50%	69,44
T2	Reposición del 75%	74,28
T3	Reposición del 100%	58,56
T4	Reposición del 125%	68,86
Media general:		66,28
CV (%):		13,37

NS: Diferencia estadística no significativa.

CV: Coeficiente de variación.

Diámetro ecuatorial de la raíz tuberosa

Tal como puede ser visto en la tabla 4, para el diámetro ecuatorial de raíces tuberosas de remolacha, cultivada con diferentes regímenes de reposición de agua evapotraspirada; no son detectadas diferencias significativas entre los tratamientos.

El tratamiento con la reposición del 50% de agua evapotraspirada, obtiene mínimas ventajas desde el punto de vista agronómico, con una media de 4,6 cm. En ese sentido el autor de referencia señala que la distribución de fotoasimilados a las raíces es más eficiente cuando el contenido hídrico es óptimo; por lo que un déficit hídrico afecta la producción de fotoasimilados y su distribución; lo cual permite suponer que, en el presente trabajo, aun en el caso de reposición del 50%, las plantas no sufrieron stress por déficit hídrico.

Tabla 4. Efecto de reposición de agua evapotranspirada sobre el diámetro ecuatorial de las raíces tuberosas de remolacha.

Trat.	Descripción	Diámetro ecuatorial (cm) ^(NS)
T1	Reposición del 50%	4,66
T2	Reposición del 75%	4,46
T3	Reposición del 100%	4,06
T4	Reposición del 125%	4,06
Media general:		4,31
CV (%):		12,90

NS: Diferencia estadística no significativa.

CV: Coeficiente de variación.

Coinciendo con la presente investigación, Cargua (2013), evaluando respuesta de la cebolla a láminas de riego, no obtuvo

diferencias significativas para diámetro ecuatorial de bulbos.

Sin embargo, según un estudio realizado por Souza et al. (2015), aumentar la lámina de riego tiene un efecto directo en las características físicas poscosecha del cultivar de remolacha 'Wonder', lo que se traduce en un aumento significativo del diámetro radical. El mismo autor, que utilizó láminas de riego del 50 %, 75 %, 100 %, 125 % y 150 % de ETc, obtuvo el diámetro promedio más alto, al 150 % de ETc, con una diferencia del 85 % respecto a su tratamiento más bajo, al 75 % de ETc.

Diámetro polar de la raíz tuberosa

En la tabla 5, observamos la comparación de medias (Tukey 5%). para la determinación diámetro polar, en remolacha producida bajo regímenes de reposición de agua evapotranspirada. Según el mismo, no son detectadas diferencias estadísticas para los tratamientos evaluados.

Tabla 5. Efecto de reposición de agua evapotranspirada sobre el diámetro polar de las raíces tuberosas de remolacha.

Trat.	Descripción	Diámetro polar (cm) (NS)
T1	Reposición del 50%	4,28
T2	Reposición del 75%	3,92
T3	Reposición del 100%	4,20
T4	Reposición del 125%	4,38
Media general		4,19
Coeficiente de varianza (%)		11,52

NS: Diferencia estadística no significativa.

CV: Coeficiente de variación.

La reposición del 125% de agua evapotranspirada (4,28 cm), obtiene valores muy levemente superiores a los demás porcentajes evaluados, con una diferencia de solamente el 10,5%, en relación al tratamiento que consistió en la reposición del 75% (3,92 cm), que para este caso fue el que obtuvo los valores más bajos.

Cargua (2013), investigando con densidades de siembra y láminas de riego en el cultivo de cebolla, no halló diferencias estadísticas para láminas de riego, evaluando diámetro polar de bulbos, lo cual resulta coincidente con la presente investigación. No obstante, Simões et al. (2016); Ferreira et al. (2021), evaluaron el desarrollo de cultivares de remolacha bajo diferentes láminas de riego, observaron que a medida que aumentaban las láminas de riego hubo un aumento de lineal positivo para el diámetro de la raíz.

Sólidos solubles

La comparación de medias realizada mediante el test de Tukey (5%) para sólidos solubles (°Brix), en la producción de remolacha con porcentajes de reposición de agua evapotranspirada, tal como podemos ver en la tabla 6, no detecta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Aunque no se observa diferencia significativa en los sólidos solubles, el tratamiento 3, reposición del 100% de agua evapotranspirada, con 16,40°Brix, presenta ligeras ventajas agronómicas en relación a los demás tratamientos; los cuales respectivamente presentan los siguientes valores: T2 (75% de reposición), 16,00°Brix; T1 (50% de reposición), 15,40°Brix; T4 (125% de reposición), 15,20°Brix.

Tabla 6. Efecto de reposición de agua evapotranspirada sobre sólidos solubles (°Brix) de las raíces tuberosas de remolacha.

Trat.	Descripción	Sólidos solubles (°Brix) (NS)
T1	Reposición del 50%	15,40
T2	Reposición del 75%	16,00
T3	Reposición del 100%	16,40
T4	Reposición del 125%	15,20
Media general		15,75
CV (%)		9,64

NS: Diferencia estadística no significativa.

CV: Coeficiente de variación.

Steduto et al. (2012), mencionan que el suministro de agua no limitado cerca de la época de cosecha tiende a reducir la concentración de azúcar en la raíz de la remolacha, a pesar que aumenta el peso fresco de raíces. Y, por el contrario, déficits hídricos moderados, hacia el final del periodo de crecimiento, reducen el desarrollo de la raíz, pero elevan la concentración de sacarosa. En general, ninguna de las dos situaciones ha podido ser verificada en la presente investigación, probablemente como consecuencia de que las condiciones ambientales y los tratamientos aplicados, no determinaron ni exceso de humedad, ni déficit hídrico en el cultivo.

Rendimiento de raíces tuberosas

En la tabla, se observa la comparación de medias realizada para el rendimiento, en el cultivo de remolacha producida con porcentajes de reposición de agua evapotranspirada. De acuerdo al test de Fisher, no son observadas

diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

Con relación al rendimiento del cultivo, las diferencias de productividad en función a los tratamientos aplicados, llegan a valores agronómicamente importantes sobre todo para cultivos proyectados a gran escala. En cuanto a ello, la reposición del 75% de agua evapotranspirada, permite obtener los rendimientos más elevados, superando a la reposición del 50% en 9304,80 kg ha⁻¹; al 125% de reposición en 8424,20 kg ha⁻¹ y a la reposición del 100% de agua evapotranspirada, en 7872,60 kg ha⁻¹.

Tabla 7. Efecto de reposición de agua evapotranspirada sobre el rendimiento de las raíces tuberosas de remolacha.

Trat.	Descripción	Rendimiento (kg ha ⁻¹) (NS)
T1	Reposición del 50%	9304,80
T2	Reposición del 75%	9996,40
T3	Reposición del 100%	7872,60
T4	Reposición del 125%	8424,20
Media general		15,75
CV (%)		9,64

NS: Diferencia estadística no significativa.

CV: Coeficiente de variación.

Maldonado et al. (2006), investigando sobre programación de riego en remolacha 23 azucarera, mediante la determinación de la evapotranspiración del cultivo por dos métodos: evaporación de bandeja y Penman-Monteith, coincidiendo con el presente trabajo, no hallaron diferencias significativas a nivel estadístico. Por otra parte, García y Benito (1996), evaluando sistemas de riego, por aspersión y goteo, en el cultivo de remolacha, obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para rendimiento, difiriendo con los resultados alcanzados en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

En las variables evaluadas de masa fresca de la parte aérea, masa fresca de raíces tuberosas, diámetros ecuatorial y polar de las raíces, sólidos solubles y rendimiento, no se detectaron efectos significativos a los diferentes porcentajes de reposición del agua evapotranspirada aplicados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/4/x0490s/x0490s00.htm>
- Bhattacharya, A. (2021). Efecto del déficit hídrico del suelo en el crecimiento y desarrollo de las plantas: Una revisión. En *Déficit hídrico del suelo y problemas fisiológicos en plantas* (pp. 393–488). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-33-6276-5_5
- Cargua, C. Y. M. (2013). *Respuesta de la cebolla perla (Allium cepa L.) a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego*. Ascázubi, Pichincha [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/2500/1100>
- Carrara, A. (2018). *Cambio climático y consecuencias en la agricultura mediterránea*. <https://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2018/03/cambio-climatico-carrara-vd.pdf>
- De la Torre, F. B. (2017). Los recursos hídricos en el mundo: Cuantificación y distribución. *Cuadernos de Estrategia*, (186), 21–70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115629>
- Deaquiz, Y. A., Álvarez-Herrera, J. G., & Pinzón-Gómez, L. P. (2014). Efecto de diferentes láminas de riego sobre la producción y calidad de fresa (*Fragaria* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 192–205. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732014000200003&script=sci_arttext
- Fecoclima. (2021). *Estaciones de meteorologías de FECOPROD*. <https://fecoclima.fecoprod.com.py/clima/#/estaciones>
- Ferreira, L. A., Tormen, G. P., Silva, S., Silva, S., Gonçalves, L. D., & Campos, D. S. (2021). Efeito de lâminas de irrigação no rendimento de beterraba cultivada no Alto São Francisco, Minas Gerais. *Research, Society and Development*, 10(8), e18010817228. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17228>

- García, T. M. A., & de Benito, M. A. (1996). Comparación de dos sistemas de riego: aspersión y goteo, en remolacha azucarera. *Ingeniería del Agua*, 3(4), 37–44.
<https://iwaponline.com/IA/article-abstract/3/4/37/68202>
- Hayat, F., Khanum, F., Li, J., Iqbal, S., Khan, U., Javed, H. U., & Chen, J. (2023). Nanoparticles and their potential role in plant adaptation to abiotic stress in horticultural crops: A review. *Scientia Horticulturae*, 321, 112285.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423823004569>
- Maldonado, I., Quezada, C., León, L., & Márquez, L. (2006). Programación de riego en remolacha azucarera mediante el método de evaporación de bandeja y el modelo de Penman-Monteith. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33(3), 237–246.
<https://www.academia.edu/download/107915489/271.pdf>
- Noya, S. M., Mendoza Rodas, J. L., & Tapia Palma, M. (2020). Eficiencia del agua en producción de remolacha bajo métodos de riego por capilaridad y goteo. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 18(21), 65–101.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2225-87872020000100004&script=sci_arttext
- Ortiz, R., & Tamayo, C. (2018). Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el valle de Tumbaco. *Siembra*, 5(1), 16–25.
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2477-88502018000100016
- Red Agrícola. (2016). *La remolacha hacia su máximo potencial*.
<https://www.redagricola.com/cl/riego-nutricion-automatizacion-la-remolacha-hacia-maximo-potencial/>
- Silva, P. N., Lanna, N. B., & Cardoso, A. I. (2016). Produção de beterraba em função de doses de torta de mamona em cobertura. *Horticultura Brasileira*, 34, 416–421.
<https://www.scielo.br/j/hb/a/rnygZ4YZQCJqTHxpqtwK6FG/>
- Simões, W. L., de Souza, M. A., Yuri, J. E., Guimarães, M. M., & Gomes, V. H. F. (2016). Desempenho de cultivares de beterrabas submetidas a diferentes lâminas de irrigação no Submédio São Francisco. *Water Resources and Irrigation Management*, 5(2), 51–57.
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1079237>
- Souza, M. A., Simões, W. L., Yuri, J. E., Guimarães, M. J. M., Santos, J. E., & Araujo, E. F. J. (2015). Características físicas da pós-colheita da beterraba em função de cinco lâminas de irrigação. En *XXV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (CONIRD)* (pp. 869–873).
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1031078>
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). *Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
<https://openknowledge.fao.org/items/43bf2436-d7b9-49aa-8896-1cc1cee73649>
- Zegarra, P. M. M. (2019). *Demanda hídrica del cultivo de beterraga (*Beta vulgaris L.*) con riego por goteo en el Centro Agronómico K'ayra* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC.
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3898>