

Evaluación de un sistema de riego por surcos tradicional. Estudio de caso

Evaluation of a furrow irrigation system. Case study

✉ Bárbara de la Caridad Mola Fines^{1*}, ✉ Camilo Bonet Pérez¹ y ✉ Dania Rodríguez Correa¹

¹Instituto de Investigaciones Ingeniería Agrícola (IAgric), Camagüey, Cuba.
 E-mail: camilobp51@gmail.com, daniarc1975@gmail.com

*Autora para correspondencia: Bárbara Mola Fines, e-mail: barbaramola35@gmail.com

RESUMEN: El riego superficial por surcos es una tecnología muy empleada entre pequeños productores de la provincia Camagüey, Generalmente poseen poco conocimiento técnico sobre el manejo de esta tecnología, lo cual puede contribuir a la degradación del suelo, afectando la productividad de los cultivos; para evitarlo es necesario aplicar caudales adecuados en correspondencia con las características del suelo, la pendiente y la longitud del surco. Con el objetivo de determinar la calidad del riego superficial por surcos se realiza en la finca “La Nueva Esperanza” perteneciente a la CCS “Renato Guitart” en el municipio Camagüey, una evaluación con empleo de vertedor trapezoidal; durante la evaluación se hicieron observaciones del caudal de circulación y la profundidad de humedecimiento en puntos situados al inicio, medio y final del surco, así como del tiempo de riego, a partir de lo cual se realizaron determinaciones de la uniformidad del riego y la norma de riego aplicada. Los resultados mostraron una uniformidad de aplicación del riego del 64%, en tanto la norma aplicada resultó el 26% superior en relación con la norma necesaria de acuerdo a las condiciones de suelo y cultivo. Los resultados permitieron determinar que una reducción del caudal en el surco permitiría alcanzar resultados superiores.

Palabras clave: ahorro, tecnología, humedad.

ABSTRACT: Surface furrow irrigation is a technology widely used among small producers in Camagüey province. Generally, they have little technical knowledge about managing this technology, which can contribute to soil degradation, affecting crop productivity. To prevent this, it is necessary to apply appropriate flow rates according to the soil characteristics, slope, and furrow length. With the aim of determining the quality of surface furrow irrigation conducted on the “La Nueva Esperanza” farm, belonging to the CCS “Renato Guitart” in the municipality of Camagüey, an evaluation was carried out using a trapezoidal weir. During the evaluation, observations were made of the flow rate and wetting depth at points located at the beginning, middle, and end of the furrow, as well as the irrigation time, based on which the irrigation uniformity and the irrigation standard applied were determined. The results showed an irrigation application uniformity of 64%, while the applied rate was 26% higher compared to the required rate according to soil and crop conditions. The results made it possible to determine that reducing the flow in the furrow would allow for better results

Keywords: Savings, Technology, Humidity.

INTRODUCCIÓN

El riego por superficie es el método de riego más antiguo. Es conocido que hace más de cuatro mil años agricultores de Egipto, China, India y varios países del medio Oriente regaban sus tierras mediante riego por superficie (Antúnez et al., 2015).

A veces denominado riego por inundación, el riego de superficie es un método para regar tierras de cultivo o jardines simplemente permitiendo que el agua fluya hacia el área. Utilizar la gravedad de manera eficiente es esencial para el proceso de cualquier proyecto de riego de superficie. Este medio particular de irrigar la tierra es el método más

antiguo conocido por la humanidad y sigue siendo uno de los más comunes (Pantoja y Muñoz, 2016).

Si bien existen diferentes métodos de riego se incluyen en la definición general de riego de superficie, todos los enfoques utilizarán algunos principios y estrategias comunes, esto es, el movimiento del agua se realiza sobre la superficie del terreno, estableciéndose diferencias en cuanto a la forma en que se produce el humedecimiento del suelo según el riego se realice por surcos, bandas o inundación (Marbello, 2005). Una vez que el área se riega a satisfacción del agricultor, se corta el suministro en el punto de entrada al campo y el agua se absorbe en el suelo (Monserrat, 1990).

Recibido: 17/09/2025

Aceptado: 10/02/2026

Conflicto de intereses. Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Author contribution: Conceptualization: Bárbara Mola, Camilo Bonet. **Data curation:** Bárbara Mola, Camilo Bonet. **Formal analysis:** Bárbara Mola, Camilo Bonet. **Investigation:** Bárbara Mola, Camilo Bonet, Dania Rodríguez. **Methodology:** Bárbara Mola, Camilo Bonet. **Supervision:** Bárbara Mola, Camilo Bonet, Dania Rodríguez. **Writing original draft:** Bárbara Mola, Camilo Bonet. **Writing review and editing:** Bárbara Mola, Camilo Bonet, Dania Rodríguez.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



El riego por surcos es una técnica de riego superficial que implica la creación de zanjas poco profundas (surcos) entre las hileras de cultivos, que luego se llenan con agua. Estos surcos están diseñados para dirigir el flujo de agua hacia las zonas de las raíces de las plantas. A medida que el agua se desplaza por los surcos, se infiltra en el suelo y proporciona humedad a las raíces de las plantas. Este método de riego se utiliza habitualmente para cultivos como maíz, trigo, arroz y hortalizas, especialmente en zonas con terrenos relativamente planos. El riego por surcos ha sido un método de riego fiable durante siglos debido a su sencillez y rentabilidad. Requiere una infraestructura mínima en comparación con otros sistemas de riego, como el riego por goteo o por aspersión

Con todas las formas de riego de superficie, existe el peligro de anegar el campo, lo que puede provocar la pérdida de cultivos. Monitorear y ajustar el enfoque utilizado a menudo minimizará esta posibilidad, de ahí la necesidad de evaluar si el mismo está siendo o no eficiente para lograr hacer un uso adecuado del agua y la energía y por consiguiente proteger el suelo (Bonet et al., 2020).

En el riego superficial por surcos el agua es aplicada en pequeños canales o surcos situados paralelamente a la hilera de plantas a lo largo del surco, humedeciendo el perfil del suelo por el movimiento lateral y vertical del agua. Es un método de riego que se adapta a la mayoría de los cultivos, principalmente los cultivados en hileras (Mantovani et al., 2012, citado por Bonet, (2019).

En contraste con otros métodos, el riego por surcos no moja toda la superficie del suelo, normalmente moja del 30 al 80% de la superficie total; con eso, disminuyen las pérdidas por evaporación, reduciendo la formación de costras en la superficie de los suelos arcillosos y permitiendo cultivar el suelo o realizar cosechas después del riego, lo que no ocurre con otros métodos, excepto el riego localizado.

En la Agricultura Urbana del municipio Camagüey es común el empleo del riego superficial por surcos, actividad que generalmente se realiza de manera arbitraria sin considerar principios técnicos necesarios para el logro de resultados favorables, tanto desde el punto de vista productivo como de la conservación del suelo y el uso eficiente del agua y la energía.

El cuidado del suelo y el riego superficial están estrechamente relacionados, ya que un manejo adecuado del agua puede influir en la conservación y fertilidad del suelo. Un sistema de riego superficial bien diseñado reduce la erosión hídrica y ayuda a evitar la acumulación de sales en la superficie del suelo, lo que puede afectar la productividad agrícola (Pantoja y Muñoz, 2016).

El empleo de vertedores para conocer la cantidad de agua que se está entregando y compararla con las normas de consumo de un cultivo puede ayudar a los agricultores a minimizar los riesgos y maximizar los recursos (García et al., 1984).

En el presente estudio se realiza una evaluación de la operación del sistema de riego en una finca de la agricultura

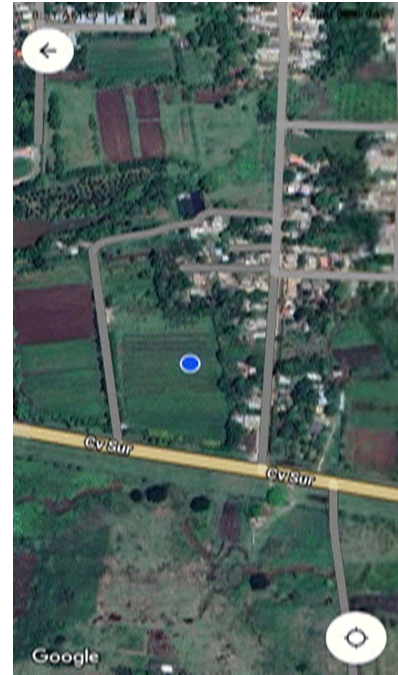


Figura 1. Imagen satelital del área de estudio.

urbana del municipio de Camagüey. con el objetivo de evaluar la uniformidad y eficiencia del riego por surcos en la finca 'La Nueva Esperanza' y proponer recomendaciones para mejorar el uso del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Finca “La Nueva Esperanza” de la CCS F Renato Guitart, en el municipio Camagüey; ubicada en la circunvalación sur de la ciudad de Camagüey en los 21, 34° 69 '92 " N y -77, 91°,08'69 " W (Figura 1).

Condiciones del área

El suelo del área es Parado con carbonato, el cultivo presente al realizar la evaluación era el tomate con 45 días de sembrado. La pendiente longitudinal es de 1,25%. La longitud de los surcos y ancho entre surcos fue de 78 m y 1,50 m respectivamente.

Instrumentos utilizados (Figura 2)

Se emplearon los siguientes medios:

- Vertedor trapezoidal de 0,10 m de ancho de creta.
- Cinta métrica de 50 m de longitud.
- Equipo TDR portátil.
- Cronómetro de teléfono móvil.
- Nivel de burbuja.

Procedimiento para las evaluaciones:

- Se seleccionaron tres surcos consecutivos. los dos extremos como barrera para minimizar el movimiento lateral del agua, y el central para hacer las mediciones.

- Fueron señalados puntos situados a 10, 40 y 70 m del inicio del surco central.
- Se inició el riego en los tres surcos, iniciando por los dos laterales y una vez logrado el avance del agua de riego alrededor de 5,0 m se inició la aplicación en el surco central.
- Se colocó el vertedor con ayuda del nivel en el punto inicial del surco central, y una vez medida la altura del agua en el vertedor se trasladó consecutivamente al segundo y tercer punto previamente señalizados a lo largo del surco.
- Se midió el tiempo de riego en el surco.
- Se determinó mediante muestreos el comportamiento de la humedad en profundidad al inicio, puntos intermedios y final del surco, con un total de 18 observaciones.
- Se calculó el volumen de agua aplicado a partir del caudal y el tiempo de riego.
- Se determinaron los siguientes parámetros:
 - Caudal en el surco.
 - Norma de riego aplicada.
 - Uniformidad del riego.

La **Figura 3** muestra la disposición de los puntos de evaluación del caudal y la profundidad de humedecimiento Ecuaciones utilizadas:

$$q = 1860 b h^{1,5} \quad (1)$$

$$V = q \cdot t / 1000 \quad (2)$$

$$A = l \cdot a / 10\ 000 \quad (3)$$

$$NRa = V/A \quad (4)$$

$$CU = 100 \left[1 - \left(\frac{\sum |Xi - Xm|}{Xm \cdot n} \right) \right] \quad (5)$$

donde: q. Caudal en el surco (L/s); b. Ancho de cresta del vertedor (m); h. Lámina de agua sobre la creta del vertedor (m); NRa. Norma de riego aplicada (m³/ha); V. Volumen de agua aplicado al surco (m³); q. Caudal a la entrada del surco (L/s); t. Tiempo de riego en el surco (s); A. Área de riego del surco (ha); l. Longitud del surco (m); a. Ancho del surco (m); CU. Coeficiente de uniformidad (%); Xi. Observaciones de profundidad de humedecimiento (m); Xm. Profundidad media humedecida (m); n. Número de observaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caudales que circulan en canales pueden ser medidos con diversos métodos, entre estos los vertederos; considerando que los surcos pueden ser considerados como pequeños canales, el mismo principio puede ser

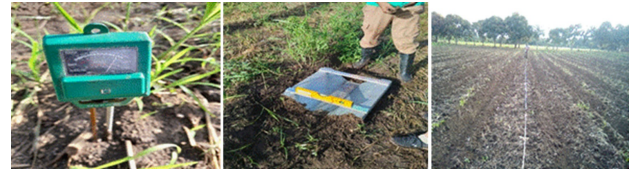


Figura 2. Instrumentos utilizados en la evaluación.

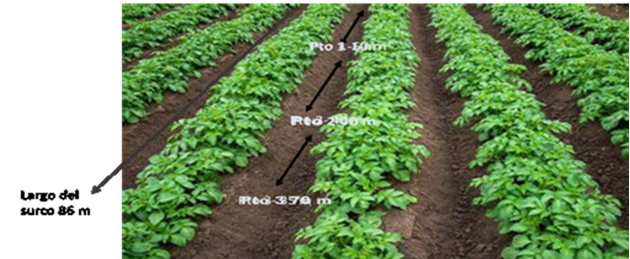


Figura 3. Diagrama de la evaluación.



Figura 4. Medición del caudal en el surco con empleo de vertedor.

aplicado para conocer el caudal que circula por los mismos; en este caso debe utilizarse un material que permita la fácil manipulación y traslado dentro del campo (Moreno y Bonet, 2019).

La **Figura 4** indica el proceso de medición de la altura del agua sobre la cresta del vertedero, a partir de la cual se determinó el caudal de circulación (ecuación 1).

Los resultados del caudal medido en los puntos previamente seleccionados se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Caudal de circulación en diferentes posiciones del surco.

Punto	Caudal (L/s)
1	2,08
2	1,49
3	1,16

Pantoja y Muñoz (2016) recomiendan rangos de gasto en el surco de 0,3 a 3,0 L/s en surcos abiertos (lo óptimo es entre 0,2 a 1,0 L/s).

El caudal máximo permitido debe ser aquel que no cause erosión; existe un concepto de caudal máximo no erosivo en función de la pendiente del terreno y la erodabilidad del suelo (Bonet, 2019).

Se observa que en esta evaluación el caudal en el surco alcanza valores relativamente altos, sobre todo considerando la pendiente en el sentido de la siembra y el tipo de suelo presente, esto provoca velocidades erosivas, cuya evidencia se manifiesta en algunos puntos del campo.

Recomienda Pérez et al. (2010) para el riego por surcos abiertos utilizar pendientes en el rango entre 0,5% y 1,5%, lo cual se corresponde con las condiciones del campo evaluado.

En este caso se asume que el caudal medido en el punto 1 (10 m del inicio) corresponde al caudal de entrada al surco, valor que se utiliza para el cálculo del volumen de agua aplicado al surco.

La longitud del surco ya estaba pre determinada por las dimensiones del campo, teóricamente la longitud debe ser tal que proporcione la mayor eficiencia de riego y operacional, debiendo variar en función del tamaño del área, pendiente, tipo de suelo, caudal, cultivo, o sea, debe existir una estrecha relación entre todos estos factores (Poiree y Ollier, 1965).

La Tabla 2 presenta valores de longitud de surcos posibles a alcanzar en condiciones de surcos abiertos, evidentemente una mayor longitud se reflejará en mayor productividad del trabajo, pero su determinación estará influida por los factores ya mencionados (Bonet, 2019).

Tabla 2. Longitud del surco posible a alcanzar en surcos abiertos en función de la textura del suelo.

Suelo	Longitud del surco (m)
Arcilloso a arcillo arenoso	150 - 250
Arcillo arenoso a limoso	135 - 210
Limoso a limo arenoso	100 - 150
Arena fina limosa a arenosa	60 - 120

Fuente: Malin (1974).

Estos valores no son característicos de nuestros sistemas de riego, en los cuales la ausencia de nivelación impide el manejo del agua en campos de grandes dimensiones.

La velocidad de avance del agua en los surcos de riego es función de los siguientes factores: caudal aplicado, capacidad de infiltración del suelo, pendiente, rugosidad y longitud del surco. El tiempo de riego en el surco resultó de 1200 s, con lo cual se determinó el volumen de agua aplicado (ecuación 2); el área de riego del surco se determinó mediante la ecuación 3, y con ambos resultados se calculó la norma de riego aplicada (ecuación 4).

Los resultados obtenidos fueron de:

- V. 2,496 m³
- A. 0,0117 ha
- NRa. 213 m³/ha

El volumen de agua utilizado y por tanto la norma de riego aplicada depende del tiempo de riego, el cual estará determinado por la velocidad que alcance en agua al escurrir por la superficie del suelo. La velocidad del agua permisible está relacionada con las características del suelo, en la Tabla 3 se muestran algunos índices que sirven de referencia.

Tabla 3. Velocidad del agua no erosionable en el surco en función de la textura del suelo.

Suelo	Velocidad del agua (m/s)
Arcilloso	0,20 - 0,25
Franco	0,12 - 0,15
Arenoso	0.08 - 0,10

Fuente: Malin (1974).

Estos valores deben usarse como referencia y no de forma mecánica, pues como se ha visto son varios los aspectos a considerar.

La eficiencia de aplicación del riego superficial es un indicador clave para evaluar el uso óptimo del agua en los cultivos, al determinar el comportamiento en este caso se obtuvo un valor de la norma aplicada un 26% superior a la norma de riego calculada de acuerdo a las características del suelo y del cultivo, comportamiento característico de los sistemas de riego superficial por surcos en las condiciones de la Agricultura Urbana en el municipio Camagüey.

En relación al comportamiento del humedecimiento del suelo, las observaciones realizadas con el empleo del TDR portátil tomando como referencia el 90% de la capacidad de campo del suelo al día siguiente de efectuado el riego, dieron como resultado los siguientes valores (Tabla 4).

La reducción de la profundidad de humedecimiento desde el inicio hasta el final del elemento de riego es un comportamiento característico del riego por surcos tradicional, lo cual resulta en una baja uniformidad del riego. Son características de este sistema las pérdidas por percolación (inicio del surco) y por escurrimiento (final del surco) como las más significativas. En esta tecnología el movimiento del agua desde el principio hasta el final del campo implica un mayor tiempo de humedecimiento al inicio del campo, lo que crea diferencias significativas en el alcance de la humedad en profundidad y por tanto en la uniformidad del riego (Bonet, 2019).

En la Figura 5 se muestra la curva que indica la tendencia del comportamiento del humedecimiento del suelo después del riego.

Los resultados obtenidos (ecuación 5) indicaron un coeficiente de uniformidad de 64%, valor relativamente bajo.

Tabla 4. Valores medios de la profundidad de humedecimiento a lo largo del surco.

Punto	Observaciones						Media
	1	2	3	4	5	6	
1	32	35	29	33	34	33	32,6
2	22	16	26	20	25	20	21,5
3	16	12	10	12	10	13	12,2

La uniformidad de distribución del agua de riego depende de las variables de diseño y manejo (Pantoja y Muñoz (2016), citando a Pereira,1999; Pereira et al, 2002). La infiltración probablemente sea el proceso que mayor influencia tenga sobre la eficiencia y la uniformidad y a su vez depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo como el contenido de humedad, incluyendo en este particular la cantidad de agua que ha recibido el suelo con anterioridad.

Hongolo et al. (2020) que expresan que un riego de superficie que opere de manera idónea, debe tener un equilibrio entre los procesos de avance e infiltración para que la lámina infiltrada en cada punto del surco sea similar, todas las plantas de la parcela dispongan de aproximadamente la misma cantidad de agua, y a la vez coincida con las necesidades hídricas de las plantas.

Durante los últimos años se ha impulsado a nivel mundial el uso de una tecnología de riego por surcos que permite el logro de una mejor calidad del riego, se trata del riego intermitente, también conocido como por pulsos o con caudal discontinuo (Figura 6), cuyo principio consiste en que el agua no se aplica de manera continua a los surcos, sino en forma intermitente, lo que permite una mejor distribución del agua a lo largo del campo, logrando niveles de eficiencia de aplicación comparables con sistemas de riego aéreo (Bonet, 2019).

Para mejorar la eficiencia y uniformidad del riego por surcos, se patentó en la Utah State University en 1979 una nueva tecnología conocida como riego intermitente o por impulsos que eleva la eficiencia del riego superficial hasta 80 - 85% lo cual es una revolución en estas tecnologías. Parte del principio de no aplicar gasto continuo a los surcos, sino intermitente, para lo cual se riegan al mismo tiempo dos bloques de surcos, cuando uno recibe agua, el otro espera y así se alterna mediante una válvula que cambia a un lado y otro la dirección del flujo que finalmente se aplica mediante tuberías perforadas frente a cada surco

Según estudios sobre mejoramiento del riego superficial, se ha identificado que la eficiencia de aplicación puede variar dependiendo de factores como la textura del suelo, la pendiente del terreno y el método de distribución del agua (Ramos et al., 2018).

En sistemas de riego por surcos, una eficiencia superior al 70% es considerada adecuada, ya que indica una buena infiltración y aprovechamiento del recurso hídrico (Antúnez et al., 2015).

Además, investigaciones sobre eficiencia en sistemas de riego han demostrado que la correcta planificación del caudal y la regulación del tiempo de aplicación pueden mejorar significativamente estos valores. En algunos casos, la implementación de técnicas como el riego por pulsos ha permitido reducir pérdidas y aumentar la uniformidad del riego (Bonet, 2019).

Los resultados alcanzados tienen además una significación ambiental, por cuanto el uso adecuado del riego superficial permite proteger el suelo de la erosión hídrica.

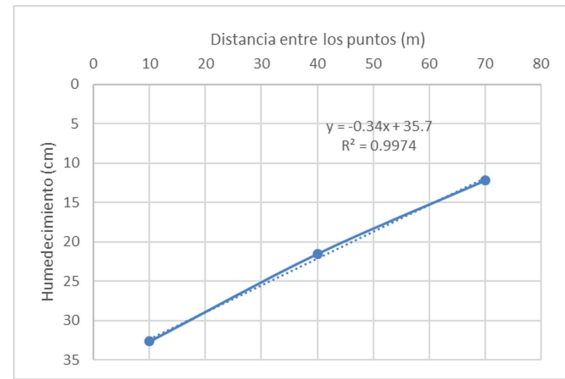


Figura 5. Comportamiento de la humedad del suelo después del riego.



Figura 6. Campo bajo riego superficial por pulsos.

CONCLUSIONES

- La evaluación del sistema de riego superficial por surcos indicó la aplicación de una norma de riego excesiva en un 26% en relación a la norma necesaria, lo cual además de representar pérdida de agua tiene un efecto negativo en la protección del suelo.
- La uniformidad de riego resultó baja (64%), por lo que se requieren ajustes en el manejo del riego en las condiciones del sistema evaluado.
- El vertedor resultó un instrumento apropiado para evaluar el comportamiento del riego superficial por surcos en condiciones de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez, A. B. S., Vidal, M. V. S. R., González, Y. M. S., & Felmer, E. S. (2015). *Mejoramiento del Riego Superficial del Maíz en la Región de O'Higgins*.
- Bonet Pérez, C. (2019). *Operación de sistemas de riego y drenaje. Aspectos básicos*. Editorial Académica Española.
- Bonet Pérez, C., Rodríguez Correa, D., Guerrero Pérez, P., Mola Fines, B., Martínez Díaz, C., Machado Curbelo, M., & Avilés Marín, G. (2020). Aprovechamiento de la energía empleada en el riego. Estudio de caso. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(2).
- García O., R., Shishkin, V. K., & Navarro, R. (1984). *Hidrometría de Explotación en Sistemas de Riego*. Editorial Científica y Técnica.
- Hongolo, E. J., Pérez, Y., & Cruz, R. (2020). Evaluación del riego superficial en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances*, 22(2), 194-207. Recuperado de <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/532/160>

- Malin, M. (1974). *Aplicaciones prácticas del riego*. Editorial Pueblo y Educación.
- Marbello, P. R. (2005). *Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. SEDE MEDELLÍN Escuela de Geociencias y Medio Ambiente.
- Montserrat, J. (1990). *Evaluación riego superficial. Apuntes IV Curso Tecnología del Riego*. ETS Ingeniería Agraria, Lleida.
- Moreno, G. H., & Bonet Pérez, C. (2019). *Hidrometría para sistemas de Riego y Drenaje. Instructivo Práctico*. Editorial Académica Española.
- Pantoja, R. L., & Muñoz, M. A. (2016). *Revisión bibliográfica del sistema de riego por superficie* [Trabajo de Grado, Universidad de Nariño].
- Pérez, H. R., Jiménez, E. E., Sarmiento, G. O., Montero, S. L., & Guzmán, V. J. (2010). Resultados de diferentes alternativas de manejo del riego superficial tecnificado en el cultivo de la papaya Maradol roja plantada con marco extradenso. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3).
- Poiree, M., & Ollier, C. (1965). *El Regadío. Redes, teoría, técnica y economía de los riegos*. Instituto Cubano del Libro.
- Ramos, C. C., Estrada, Á. J., Delgado, R. G., Valle, E., & Domínguez, A. D. (2018). Estimación de la eficiencia de riego superficial parcelario en un módulo del distrito 017 Región Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 17(2), 21-30. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2018.04.011>