

## Metodología para la estimación del caudal aplicado en el surco a partir de las ecuaciones de Chezy y Bazin



### Methodology for Estimating Furrow Inflow Rate by Means of Chezy and Bazin's Equations

<http://opn.to/a/bFWi2>

Dr.C. Oscar Brown-Manrique <sup>1\*</sup>, Ing. Daniubis Luis-Pelier <sup>1</sup>, Dr.C. Yurisbel Gallardo-Ballat <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, de Estudios Hidrotécnicos Ciego de Ávila, Cuba.

**RESUMEN:** La investigación se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Albio Hernández de la Empresa Azucarera Primero de Enero de la provincia de Ciego de Ávila. Los resultados demostraron que los parámetros geométricos del surco en el cultivo de la caña de azúcar alcanzaron valores promedios de 0,159 m; 0,590 m; 0,032 m y 1,756 para la altura máxima, el ancho superficial máximo, el ancho de la base y el coeficiente de talud respectivamente. El modelo potencial simple del tipo  $y=eT^f$  permite la estimación de forma confiable del tirante de circulación del agua en el surco a partir de la mediación directa del ancho de la superficie libre del agua en el surco. Los valores de los coeficientes  $\mu$  y  $\zeta$  oscilan de 4,08 a 5,45 y de 0,51 a 0,62 respectivamente y resultan de gran utilidad para el cálculo del área de la sección transversal y el área hidráulica del surco. La metodología propuesta demostró a través del Error Porcentual Medio su elevada exactitud para la estimación del caudal aplicado en la entrada del surco.

**Palabras clave:** Coeficiente de rugosidad, hidráulica del riego por surcos, velocidad del agua.

**ABSTRACT:** The investigation was developed in the Basic Unit of Cooperative Production Albio Hernández of the Sugar Company Primero de Enero of the Ciego de Avila Province. The results demonstrated that the geometric parameters of the furrow in the sugar cane cultivation reached average values of 0.159 m; 0.590 m; 0.032 m and 1.756 m for the maximum height, the top width, the bottom width and the side slope coefficient, respectively. The simple potential model type  $y=eT^f$  allows estimating in reliable way the water depth of circulation in the furrow starting from the direct mediation of the top width in the furrow. The values of the  $\mu$  and  $\zeta$  coefficients oscillate from 4.08 to 5.45 and 0.51 to 0.62, respectively and they are of great utility for the calculation of the cross sectional area and the hydraulic area of the furrow. The proposed methodology demonstrated, through the Average Percentage Error, its high accuracy to estimate the flow applied in the opening of the furrow.

**Keywords:** Ruggedness coefficient, hydraulic of furrows irrigation, speed of the water.

### INTRODUCCIÓN

El riego por superficie es el sistema de riego más empleado, ocupando la inmensa mayoría de las tierras de regadío a nivel mundial (Sánchez *et al.*, 2002). En Cuba el riego superficial ocupa el 71% del área total irrigada y presenta un crítico estado tecnológico debido a la falta de inversiones para su mejoramiento (Pérez *et al.*, 2013).

El riego superficial es intrínsecamente menos eficiente que la aspersión y el goteo, pues son inevitables las pérdidas por percolación profunda y por escurrimiento (Génova *et al.* (2014); pero el diseño y manejo adecuado permite el riego eficiente y uniforme de la parcela (Faci y Playán, 1996; González y Playán, 1996).

\*Autor para correspondencia: Oscar Brown Manrique, e-mail: [obrown@unica.cu](mailto:obrown@unica.cu)

Recibido: 28/08/2018

Aceptado: 29/04/2019

En muchos países del mundo las investigaciones se llevan a cabo con el propósito de reemplazar el riego por surcos por métodos a presión; sin embargo, la situación económico-financiera de los productores imposibilita en muchas ocasiones realizar este tipo de cambio tecnológico, por lo que la alternativa posible es el riego superficial (Durán y García, 2007).

El conocimiento de la relación entre el tipo de suelo, el agua y el cultivo permite la aplicación del agua en cantidades convenientes, según el sistema de riego a utilizar; es por eso, que la medición del agua es esencial para el máximo aprovechamiento del recurso Carrión (2015); por otra parte, es necesario que el agricultor se familiarice con los términos asociados con la medición del caudal (Bello y Pino, 2000).

El diseño del riego consiste en determinar el caudal óptimo y el tiempo durante el cual se aplica dicho caudal en la cabecera del campo para lograr la mayor uniformidad de aplicación posible, para una longitud y un tipo de suelo en particular (Saucedo et al., 2013).

El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar una metodología propuesta para la estimación del caudal aplicado en el riego por surcos a partir de las ecuaciones de Chezy y Bazin.

## MÉTODOS

La investigación se desarrolló en una parcela sembrada de caña de azúcar de la variedad C-120 localizada en el bloque 609 de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Albio Hernández de la Empresa Azucarera Primero de Enero, de la provincia Ciego de Ávila. El sistema de riego empleado es del tipo riego por surcos mediante tuberías multicompuertas formado por una tubería soterrada de PVC con diámetro de 315 mm que sale directamente de la estación de bombeo con una longitud máxima de 500 m en la cual se colocan los hidrantes que suministran el agua a las tuberías de riego de PVC con diámetro de 280 mm. Esta tiene compuertas regulables cada 1,50 m para la descarga del caudal en el surco.

La altura máxima del surco ( $y_{max}$ ), el ancho superficial máximo ( $T_{max}$ ) y el ancho de la base ( $b$ ) se midieron en condiciones experimentales en

nueve surcos seleccionados al azar dentro del área de estudio; posteriormente el coeficiente de talud del surco se obtuvo mediante la ecuación siguiente:

$$m = \frac{T_{max} - b}{2y_{max}} \quad (1)$$

El caudal suministrado al surco se midió a la salida de las compuertas con la utilización del método volumétrico; luego se registraron los tiempos en que el frente de avance del flujo de agua alcanzó las estacas colocadas a equidistancias de 20 metros sobre una longitud total del surco de 100 m y pendiente promedio de 4,0‰. Se empleó un cronómetro digital con precisión de un segundo. En estos puntos se obtuvo además el valor del ancho superficial del agua ( $T_i$ ) y el tirante ( $y_i$ ) lo que permitió encontrar un modelo de ajuste para la estimación del tirante en función del ancho superficial del agua.

La validación de los modelos estadísticos se realizó mediante el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) según Vicente et al. (2003) y el Error Porcentual Medio Zúñiga y Jordán (2005), con series de datos diferentes utilizadas convenientemente para la generación del modelo y el pronóstico. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$EPM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_{obs} - y_{sim})^2}{y_{obs}} 100 \quad (2)$$

Donde EPM es el Error Porcentual Medio (%);  $n$  el número de datos de la serie;  $y_{obs}$  la variable observada;  $y_{sim}$  la variable simulada.

La metodología propuesta en esta investigación se compone de seis procedimientos fundamentales: (1) determinación práctica del coeficiente de talud de los surcos de riego; (2) determinación del modelo que relaciona el tirante con el ancho superficial del agua en el surco; (3) obtención de los coeficientes  $\mu$  y  $\zeta$  para la estimación del área hidráulica, el perímetro mojado y el radio hidráulico del surco; (4) estimación de la velocidad del agua en el surco de riego según la ecuación de Chezy y el coeficiente de velocidad por la ecuación de Bazin; (5) cálculo del caudal de entrada al surco mediante la ecuación de continuidad y (6) validación de la metodología propuesta a través

de la comparación entre los caudales reales aplicados y los simulados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del coeficiente de talud en los surcos de riego

En la [Tabla 1](#) se exponen los valores de los parámetros geométricos del surco obtenidos directamente en los diferentes puntos de muestreos establecidos en el área experimental. En la [Tabla 2](#) se muestra los principales estadígrafos correspondientes al análisis descriptivo, donde se destacan los valores medios de la altura máxima, del ancho superficial máximo, del ancho de la base y del coeficiente de talud con 0,159 m; 0,590 m; 0,032 m y 1,756 respectivamente, por lo que deben tomarse como parámetros de diseño definitivo para las condiciones específicas de este sistema productivo.

### Obtención de modelo que relaciona tirante con el ancho superficial del agua en el surco

En la [Figura 1](#) se presenta el comportamiento del tirante de circulación del agua y el ancho de

la superficie libre del agua sobre el surco. Estas variables se ajustaron adecuadamente a un modelo de tipo potencial simple con un coeficiente de determinación elevado de 0,980; por lo que puede ser utilizado de forma confiable para la estimación del tirante de circulación del agua en el surco en un sistema de riego por gravedad. Este resultado es muy importante; porque se evita la medición del tirante de circulación que es más engorroso e inexacto. El modelo encontrado fue el siguiente:

$$y_i = e \cdot T_i^f$$

$$y_i = 0,3536T_i^{1,4599} \quad (3)$$

$$R^2 = 0,980$$

### Deducción de la ecuación para la estimación del área hidráulica del surco

La ecuación para la estimación del área hidráulica del surco propuesta en esta investigación se sustentó en los valores de ancho de la base del surco ( $b$ ), ancho superficial de la superficie libre del agua ( $T$ ), tirante de circulación del agua ( $y$ ) y coeficiente de talud del surco ( $m$ ) encontrado experimentalmente. La

**TABLA 1.** Parámetros medidos en el surco para la determinación del coeficiente del talud.

No	$y_{max}$ (m)	$T_{max}$ (m)	$b$ (m)
1	0,160	0,600	0,028
2	0,165	0,600	0,033
3	0,160	0,585	0,035
4	0,150	0,563	0,024
5	0,140	0,570	0,042
6	0,170	0,614	0,030
7	0,154	0,580	0,030
8	0,166	0,610	0,029
9	0,170	0,587	0,037

**TABLA 2.** Estadística descriptiva de los parámetros geométricos del surco.

Estadígrafo	$y_{max}$ (m)	$T_{max}$ (m)	$b$ (m)	$m$
Media	0,159	0,590	0,032	1,756
Error típico	0,003	0,006	0,002	0,025
Mediana	0,160	0,587	0,030	1,750
Moda	0,160	0,600	0,030	1,720
Desviación estándar	0,010	0,017	0,005	0,075
Varianza de la muestra	0,00010	0,00030	0,00003	0,00558
Curtosis	0,304	-1,079	0,261	1,248
Coficiente de asimetría	-0,902	-0,127	0,550	-0,010
Rango	0,030	0,051	0,018	0,270
Mínimo	0,140	0,563	0,024	1,620
Máximo	0,170	0,614	0,042	1,890

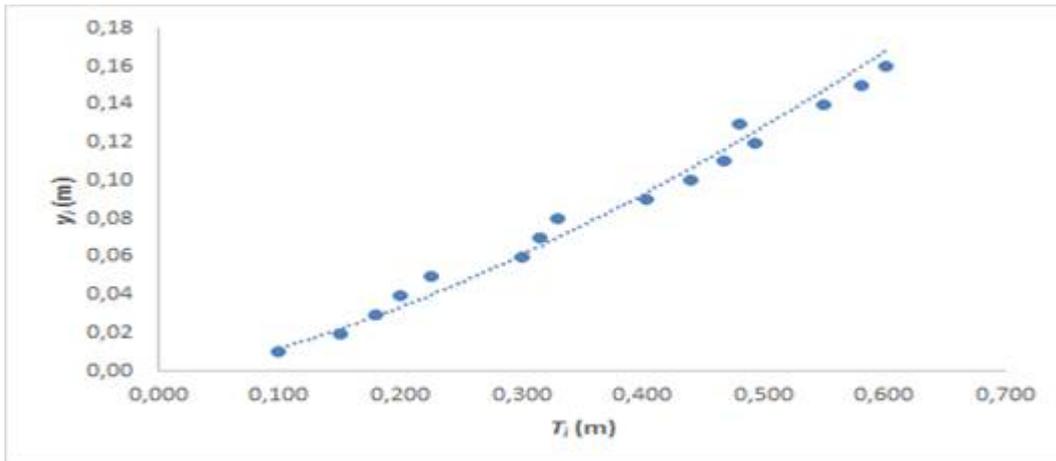


FIGURA 1. Curva del tirante en función del ancho superficial del agua en el surco.

secuencia utilizada para su deducción se expone seguidamente:

$$\mu = \frac{T}{y} \quad (4)$$

$$T = b + 2my \quad (5)$$

Sustituyendo la [ecuación \(5\)](#) en la [\(4\)](#) y despejando el parámetro  $b$ , se obtiene:

$$b = \mu \cdot y - 2my \quad (6)$$

El área hidráulica del surco ( $A$ ) se asumió según [\(Cadavid, 2009\)](#), como:

$$A = b \cdot y + my^2 \quad (7)$$

Sustituyendo la [ecuación \(6\)](#) en la [\(7\)](#) se obtiene:

$$A = (\mu y - 2my)y + my^2 \quad (8)$$

Desarrollando la ecuación anterior queda:

$$A = \mu y^2 - 2my^2 + my^2 \quad (9)$$

Sacando factor común se obtiene la ecuación que permite calcular el área hidráulica del surco en función del coeficiente  $\mu$ :

$$A = (\mu - m)y^2 \quad (10)$$

### Deducción de la ecuación para la estimación del perímetro mojado del surco

El perímetro mojado del surco ( $P_m$ ) se determinó acorde con la expresión sugerida por [Cadavid \(2009\)](#), la cual se escribe de la forma siguiente:

$$P_m = b + 2y\sqrt{1 + m^2} \quad (11)$$

Sustituyendo la [ecuación \(6\)](#) en la [\(11\)](#) se obtiene:

$$P_m = (\mu y - 2my) + 2y\sqrt{1 + m^2} \quad (12)$$

Sacando factor común se obtiene la ecuación que permite calcular el perímetro mojado del surco en función del coeficiente  $\mu$ :

$$P_m = (\mu - 2m + 2\sqrt{1 + m^2})y \quad (13)$$

### Deducción de la ecuación para la estimación del radio hidráulico del surco

El radio hidráulico del surco ( $R_h$ ) se determinó como el cociente entre el área hidráulica y el perímetro mojado [Gribbin \(2016\)](#); esto es:

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad (14)$$

Con la sustitución de las [ecuaciones \(10\)](#) y [\(13\)](#) en la [\(14\)](#) se obtiene:

$$R_h = \frac{(\mu - m)y^2}{(\mu - 2m + 2\sqrt{1 + m^2})y} \quad (15)$$

Simplificando queda:

$$R_h = \frac{(\mu - m)y}{\mu - 2m + 2\sqrt{1 + m^2}} \quad (16)$$

Se supone un coeficiente  $\xi$  que se escribe de la siguiente forma:

$$\xi = \frac{\mu - m}{\mu - 2m + 2\sqrt{1 + m^2}} \quad (17)$$

La sustitución de la [ecuación \(17\)](#) en la [\(16\)](#) permite calcular el radio hidráulico en función del coeficiente  $\xi$  y el tirante de circulación del agua en el surco.

$$R_h = \xi \cdot y \quad (18)$$

El caudal aplicado en el extremo inicial del surco ( $q$ ) se determinó mediante la ecuación de continuidad, la cual relaciona de forma directa el área hidráulica de la sección transversal del surco ( $A$ ) y la velocidad del flujo ( $v$ ):

$$q = A \cdot v \quad (19)$$

La estimación de la velocidad del agua en el surco de riego se realizó a partir de la ecuación de Chezy y el coeficiente de velocidad para la ecuación de Bazin [\(Roldán et al., 1999\)](#);

Castanedo *et al.*, 2013; Jiménez, 2015). Las ecuaciones fueron las siguientes:

$$v = C\sqrt{R_h \cdot S_o} \quad (20)$$

$$C = \frac{87\sqrt{R_h}}{\gamma + \sqrt{R_h}} \quad (21)$$

Donde  $C$  es el coeficiente de velocidad;  $S_o$  la pendiente del surco ( $m\ m^{-1}$ );  $\gamma$  el coeficiente de rugosidad del surco.

Con la sustitución de la ecuación (20) en la (19) se obtuvo la ecuación que permitió la determinación del caudal aplicado en el surco.

$$q = A \cdot C\sqrt{R_h \cdot S_o} \quad (22)$$

### Análisis de la estimación del caudal aplicado en el surco

En la Tabla 3 se exponen los resultados de la aplicación de la metodología a partir de una prueba de riego en la que aplicó un caudal de entrada de  $2,24\ L\ s^{-1}$  y se midió el ancho de la superficie libre del agua ( $T$ ) en las diferentes estacas colocadas cada 20 metros hasta la longitud total de 100 m. Se observa que el caudal simulado a la entrada del surco es de  $2,24\ L\ s^{-1}$  y presenta un valor igual al caudal real aplicado. Este caudal se obtuvo con un valor de 3,64 para el coeficiente de rugosidad de Bazin, el cual se encuentra en el rango de 1,75 a 4,00 mencionado por Roldán *et al.* (1999).

En la propia Tabla 3 se observa que el caudal disminuye en la medida que el frente de avance se aleja del extremo inicial del surco, lo que constituye un comportamiento normal en esta técnica de riego donde el caudal es variable y decreciente, a medida que aumenta la distancia. Esto se debe a que el movimiento del flujo es no permanente (retardado) por el hecho de que el caudal suministrado al surco se infiltra en contacto con el suelo por el efecto combinado de la tasa de infiltración, la rugosidad, la forma del surco y la pendiente del terreno (Pacheco *et al.*, 2007).

La comparación entre el caudal real aplicado y el simulado a través del Error Porcentual Medio (EPM) demuestra que la metodología propuesta es muy exacta para la estimación del caudal que se aplica en el riego por surco, lo cual se evidencia en el hecho de que el EPM obtuvo un valor de 0,00 %, que indica la ausencia de diferencias entre ambos caudales.

En las Figuras 2 y 3 se presenta la relación funcional de los coeficientes  $\mu$  y  $\zeta$  con respecto al ancho de la superficie libre del agua en el surco. Los valores de los coeficientes  $\mu$  y  $\zeta$  oscilaron de 4,08 a 5,45 y de 0,51 a 0,62 respectivamente. En ambos casos se logró un modelo potencial simple con elevados coeficientes de determinación de 0,9998 y 0,9996 respectivamente, lo que avala su aplicación segura en la estimación de estos coeficientes para el cálculo del área de la sección transversal del surco, el radio hidráulico correspondiente.

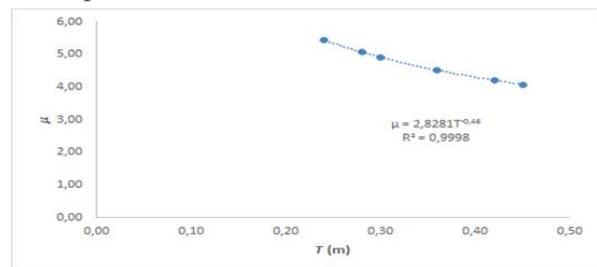


FIGURA 2. Curva del coeficiente  $\mu$  respecto al ancho superficial del agua en el surco.

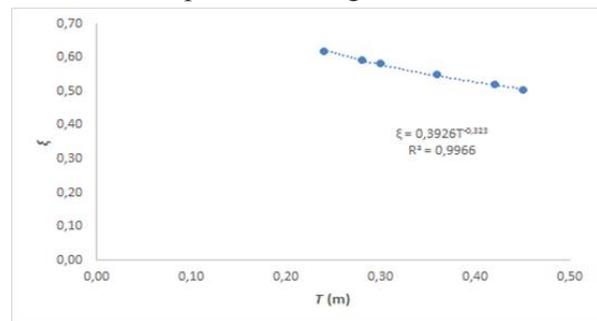


FIGURA 3. Curva del coeficiente  $\zeta$  respecto al ancho superficial del agua en el surco.

TABLA 3. Valores de los parámetros hidráulicos del surco medidos y estimados.

$X$ (m)	$T$ (m)	$y$ (m)	$\mu$	$A$ ( $m^2$ )	$P_m$ (m)	$\zeta$	$R_h$ (m)	$C$	$v$ ( $m\ s^{-1}$ )	$q$ ( $m^3\ s^{-1}$ )	$q$ ( $L\ s^{-1}$ )
0	0,45	0,1102	4,08	0,028	0,509	0,51	0,056	5,30	0,079	0,00224	2,24
20	0,42	0,0997	4,21	0,024	0,473	0,52	0,052	5,12	0,074	0,00180	1,80
40	0,36	0,0796	4,52	0,018	0,402	0,55	0,044	4,72	0,062	0,00110	1,10
60	0,30	0,0610	4,92	0,012	0,332	0,58	0,035	4,28	0,051	0,00060	0,60
80	0,28	0,0551	5,08	0,010	0,309	0,59	0,033	4,12	0,047	0,00048	0,48
100	0,24	0,0440	5,45	0,007	0,263	0,62	0,027	3,77	0,039	0,00028	0,28

## CONCLUSIONES

- Los parámetros geométricos del surco determinados experimentalmente en el cultivo de la caña de azúcar alcanzaron valores promedios de 0,159 m; 0,590 m; 0,032 m y 1,756 para la altura máxima, el ancho superficial máximo, el ancho de la base y el coeficiente de talud respectivamente.
- El modelo potencial simple del tipo  $y=eT^f$  encontrado en la investigación permite la estimación de forma confiable del tirante de circulación del agua en el surco a partir de la medición directa del ancho de la superficie libre del agua en el surco.
- Los valores de los coeficientes  $\mu$  y  $\xi$  oscilan de 4,08 a 5,45 y de 0,51 a 0,62 respectivamente. Estos resultan de gran utilidad para el cálculo del área de la sección transversal y el área hidráulica del surco con solo estimar el coeficiente de talud y el tirante de circulación del agua en el surco.
- La metodología propuesta demostró a través del Error Porcentual Medio que el caudal simulado es igual al caudal real aplicado en la entrada del surco; por lo que se confirma su elevada exactitud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLO, M.; PINO, M.: "Medición de presión y caudal", *Boletín INIA, Punta Arenas. Ministerio de Agricultura de Chile*, 8: 21, 2000, ISSN: 0717-4829.
- CADAVID, J.H.: *Hidráulica de canales: fundamentos*, Ed. Fondo editorial Universidad EAFIT, primera reimpresión ed., Medellín, Colombia, 2009, ISBN: 958-8281-28-8.
- CARRIÓN, R.: *Manual de captación: medición del agua de riego*, Primera edición especial ed., Argentina, 31 p., 2015, ISBN: 978-987-33-8775-3.
- CASTANEDO, V.; SAUCEDO, H.; FUENTES, C.: "Comparación entre un modelo hidrodinámico completo y un modelo hidrológico en riego por melgas", *Agrociencia*, 47(3): 209-222, 2013, ISSN: 1405-3195.
- DURÁN, P.J.; GARCÍA, P.M.: "Desarrollo de tecnologías apropiadas para riego por surcos en terrazas paralelas y tierras con pendiente", *Ingeniería del agua*, 14(3): 187-198, 2007, ISSN: 1134-2196, e-ISSN: 1886-4996.
- FACI, J.M.; PLAYÁN, E.: *Principios básicos del riego por superficie*, Ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Secretaria General Técnica, Hojas divulgadoras, vol. 10-11, España, 32 p., 1996, ISBN: 84-491-0262-6.
- GÉNOVA, L.J.; ANDREAU, R.; ETCHEVERS, P.: "Desempeño de tres métodos de riego por surcos: caudal único, dos caudales y caudal discontinuo en un cultivo de maíz", *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 113(2): 174-191, 2014, ISSN: 1669-9513.
- GRIBBIN, J.E.: *Introducción a la hidráulica e hidrología con aplicaciones para la administración del agua*, Ed. Cengage Learning, México D. F., 543 p., 2016, ISBN: 978-607-526-003-7.
- JIMÉNEZ, M.O.: "Fórmulas generales para los coeficientes de Chézy y de Manning", *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(3): 33-38, 2015, ISSN: 2007-2422, e-ISSN: 0187-8336.
- PACHECO, J.; ALONSO, N.; PUJOL, P.; CAMEJO, E.: *Riego y Drenaje*, Ed. Editorial Pueblo y Educación, segunda ed., La Habana, Cuba, 2007, ISBN: 978-959-07-0621-9.
- PÉREZ, H.R.; JIMÉNEZ, E.E.; MONTERO, S.J.E.; GARCÍA, S.O.; GUZMÁN, V.J.: "Resultados de diferentes alternativas de manejo del riego superficial tecnificado en el cultivo de la papaya Maradol roja plantada con marco extradenso", *Revista Ingeniería Agrícola*, 3(1): 8-16, 2013, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- ROLDÁN, J.; PULIDO, I.; CAMACHO, E.; ALCAIDE, M.; LOSADA, A.: *Problemas de hidráulica para riego*, Ed. Servicios de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, España, 284 p., 1999, ISBN: 84-7801-526-4.
- SÁNCHEZ, A.; GARCÍA, N.P.; PLAYÁN, E.: "Modelo de simulación de riego por surcos inundados", *Ingeniería del agua*, 9(3): 333-346, 2002, ISSN: 1134-2196, e-ISSN: 1886-4996.

SAUCEDO, H.; ZAVALA, M.; FUENTES, C.; CASTANEDO, V.: “Gasto óptimo en riego por melgas”, *Tecnología y Ciencias del Agua*, 4(3): 135-148, 2013, ISSN: 2007-2422, e-ISSN: 0187-8336.

VICENTE, S.S.M.; SAZ, S.M.A.; CUADRAT, J.M.: “Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature”, *Climate research*, 24(2): 161-180, 2003, ISSN: 1616-1572, e-ISSN: 0936-577X.

ZÚÑIGA, A.; JORDÁN, C.: “Pronóstico de caudales medios mensuales empleando Sistemas Neurofuzzy”, *Revista Tecnológica-ESPOL*, 18(1): 17-23, 2005, ISSN: 1390-3659.

*Oscar Brown Manrique*, Profesor Titular, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Estudios Hidrotécnicos, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: [obrown@unica.cu](mailto:obrown@unica.cu)

*Daniubis Luis Pelier*, Profesor, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: [daniubis@unica.cu](mailto:daniubis@unica.cu)

*Yurisbel Gallardo Ballat*, Profesor Titular, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Facultad de Ciencias Técnicas, Ciego de Ávila, Cuba, e-mail: [yurisbel@unica.cu](mailto:yurisbel@unica.cu)

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

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

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.