

PUNTOS DE VISTA

La hidrometría de explotación, una herramienta importante para el uso eficiente del agua en una agricultura sostenible

The hydrometry of exploitation, an important tool for the efficient use of the water in a sustainable agriculture

M.Sc. Reinaldo Cun-González¹, Dr.C. Ramón Pérez-Leira^{II}, Dr.C. Enrique Cisneros-Zayas¹, M.Sc. Elisa Zamora-Herrera¹

¹ Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

^{II} Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, Extensión Chone, Ecuador.

RESUMEN. El incremento de usufructuarios de tierras en Cuba dada las condiciones actuales de déficit de productos alimenticios, ha favorecido el aumento de áreas bajo riego y por lo tanto mayor consumo de agua. En estas condiciones es necesario que el agricultor conozca el volumen de agua que está utilizando para el riego de su parcela con el objetivo de hacer más racional su uso, teniendo en cuenta el incremento de los períodos de sequía que desde hace varios años están afectando negativamente a varias regiones del país. Este trabajo se realizó con el objetivo de brindarle al pequeño y mediano agricultor herramientas sencillas para conocer el volumen de agua que utiliza en el área productiva, sin necesidad de contar con equipamiento especializado y de alto costo, y que de esta manera puedan contribuir a hacer un uso más racional del recurso hídrico. Según las referencias bibliográficas consultadas, existen dos métodos para medir el agua (directo e indirecto), entre los métodos directos, que incluye varios, solo mencionamos el volumétrico y trayectoria del chorro, dentro de los indirectos citamos en este trabajo el uso de flotadores y contracción de la sección transversal de la corriente. Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren muchos recursos por lo que son muy asequibles a los agricultores urbanos y suburbanos.

Palabras clave: método volumétrico, vertedero, caudal.

ABSTRACT. The increase of land usufructuaries in Cuban present conditions of food shortage, has favored the increase of areas under irrigation and higher water consumption. Due to this fact, it is necessary that people who produce food knows the amount of water used for irrigating his/her land parcels, in order to make a better rational use of it, keeping in mind frequent periods of drought affecting negatively several regions of the country during last years. This paper was aimed at offering to the small and medium farmers a simple tools that allow them know the amount of water used in their productive areas, without any need of specialized or expensive equipment, contributing to save water. According to the bibliographical references consulted, there are different methods for measuring water (direct and indirect): among the direct ones volumetric and jet trajectory are includes, while the use of floats and traversal flow contraction classified as indirect. Both methods are simple of applying and they don't require many resources, so they are easier to be adopted by urban and suburban farmers.

Keywords: volumetric method, spillway, flow.

INTRODUCCIÓN

El uso sostenible de los recursos que rodean el sistema de producción agrícola es uno de los sustentos de la conservación del medio ambiente. El agua es un elemento finito y fundamental para el desarrollo de la agricultura y para el abastecimiento a

la población. En las últimas décadas el acceso a la misma se ha convertido en un punto crítico con su consecuente incremento de conflictos entre los agricultores, la industria y la población. El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso y

exista más competencia entre sus diversos usos, obliga a utilizarla de forma eficiente y a manejar con eficacia los mecanismos de gestión (Tarjuelo, 2005).

Cuba se caracteriza por tener una distribución no uniforme de las lluvias y sequías periódicas por lo que hay limitaciones en el uso de las fuentes de abasto de agua superficiales y subterráneas, esto nos indica que el aprovechamiento del recurso hídrico constituye una tarea fundamental por parte de los usuarios (Herrera, 2013).

Para los productores, es vital conocer cómo hacer un uso eficiente y racional de los medios de producción, y especialmente el agua, los fertilizantes y la energía permitiéndoles optimizar su gestión, contribuyendo a que la agricultura sea una actividad sostenible compatible con el medio ambiente (Cisneros *et al.*, 2015).

El empleo eficaz del limitado recurso agua, depende en gran parte de la medida de su aforo, lo que permite contabilizar hasta la última gota la cantidad que se utiliza y la disponible para reducir los daños que provoca la sequía. La hidrometría es la rama de la hidráulica que estudia los métodos y medios para determinar las magnitudes de los elementos que caracterizan el movimiento de los líquidos. Tiene su origen del Griego “hidro” significa agua y “metro” medición, o sea medición de agua¹ (León, 2002).

El control del agua de riego, la organización de una correcta distribución de la misma en los diferentes canales, así como los trabajos investigativos para el estudio integral del sistema, son las principales funciones del servicio hidrométrico de explotación (Liotta, 2002; Francisco *et al.*, 2009).

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental brindarle al pequeño y mediano agricultor herramientas sencillas para conocer el volumen de agua que utiliza en el área productiva, sin necesidad de contar con equipamiento especializado y de alto costo, y que de esta manera puedan hacer un uso más racional del recurso hídrico.

DESARROLLO DEL TEMA

Para la conformación del presente trabajo se consultaron manuales prácticos sobre la explotación de sistemas de riego y obras hidrométricas. Según las referencias bibliográficas consultadas, existen dos métodos para medir el agua (directo e indirecto), entre los métodos directos, que incluye varios, solo mencionamos el volumétrico y trayectoria del chorro por ser los más prácticos a desarrollar, dentro de los indirectos citamos en este trabajo el uso de flotadores y contracción de la sección transversal de la corriente estos temas son abordados en los diferentes acápites. Consideramos de gran importancia aclarar las unidades de medidas utilizadas para referirnos al agua en reposo y para la que pasa por un curso.

Unidades de medida utilizadas

Cuando se mide un volumen de agua que está en reposo, como es el caso del embalse o laguna, se expresa en litros (L) o en metros cúbicos (m³). Cuando se mide el volumen de agua

que pasa por un curso, se le llama gasto o caudal y se expresa en L/seg o en m³/seg.

Existen diferentes métodos para medir el caudal, los que se pueden agrupar en:

Métodos directos:

Son los que permiten determinar directamente el volumen que pasa por una sección en la unidad de tiempo. Este caudal se puede medir por diferentes métodos, a continuación se explican dos de ellos:

Método Volumétrico:

Consiste en medir el volumen de agua que se recoge en un recipiente durante un tiempo determinado (Salgado y Martín, 1989).

Ejemplo:

Si se tiene una pequeña corriente superficial que pasa por un terreno accidentado cerca de un área de producción, es importante conocer su caudal para su posterior explotación, ya bien sea para construir un reservorio o realizar un pequeño tranque. Según se muestra en la figura 1, se debe buscar un lugar donde exista un salto para colocar un recipiente de volumen conocido.



FIGURA 1. Tanque para capturar el agua.

El caudal se calcula de la siguiente forma:

$$Q = \frac{\text{Volumen(L)}}{\text{Tiempo(min)}} = \text{L/min} \quad (1)$$

A la mayoría de los equipos usados en riego se les conoce el gasto, pero hay equipos que no están aforados y en otras ocasiones no se pueden obtener estos datos con facilidad.

En el caso de una motobomba, el método volumétrico es adecuado cuando el gasto es pequeño², (Rodríguez, 1990). Es importante colocar un recipiente de volumen conocido y hacer al menos tres mediciones (Figura 2).

¹ CUTIMBO, W.; PACOTICONA, M.; RODRÍGUEZ, M.: Mediciones hidráulicas. Medición de caudal del Río Moquegua- Aforador RBC, Inst. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú, 36 p., 2012.

² CONDORI, H.: Hidrometría. [en línea]. Disponible en: www.Monografias.com/trabajos20/hidrometría/hidrometría.shtml [Consulta: mayo 29 2016].

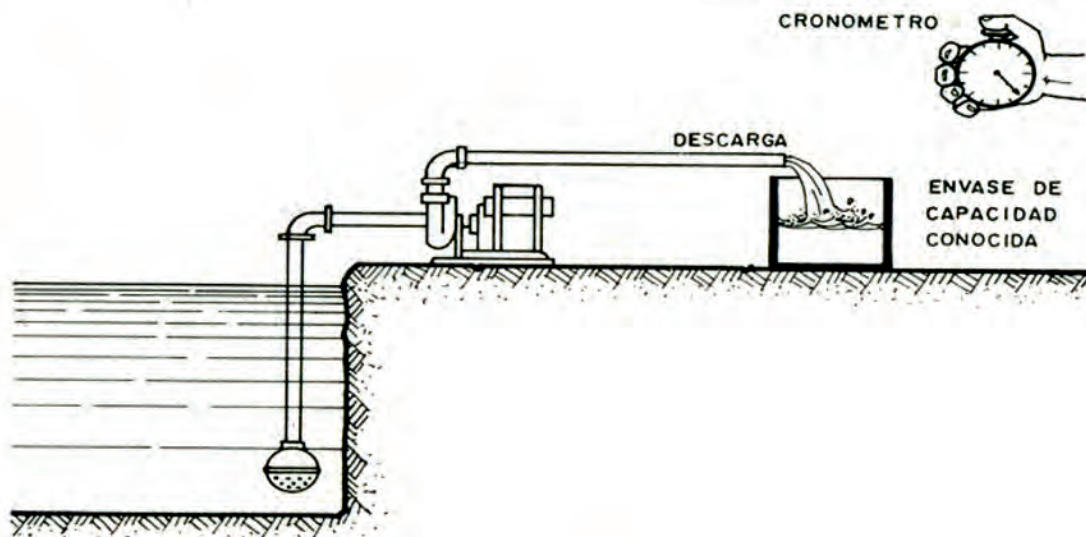


FIGURA 2. Aforo de motobomba.

El caudal (Q), se calcula de la siguiente formula:

$$Q = \frac{\text{Volumen (L)}}{\text{Tiempo (min)}} = L / \text{min} \quad (2)$$

Por el contrario este método no puede utilizarse en una estación de bombeo con altos caudales, ya que el recipiente se llena en muy pocos segundos y se cometen muchos errores en las mediciones, en este caso podemos utilizar el método de trayectoria de chorro.

Método de la trayectoria del chorro

Es un método práctico del cual se derivan dos casos:

1. Con tubo de descarga completamente lleno.
2. Con tubo de descarga parcialmente lleno.

Es muy importante que las tuberías estén colocadas horizontalmente. Se debe construir una escuadra de madera, la cual debe medir por el lado más largo 150 cm ó 60 pulgadas y por el lado más corto 30 cm ó 12 pulgadas, (Figura 3)

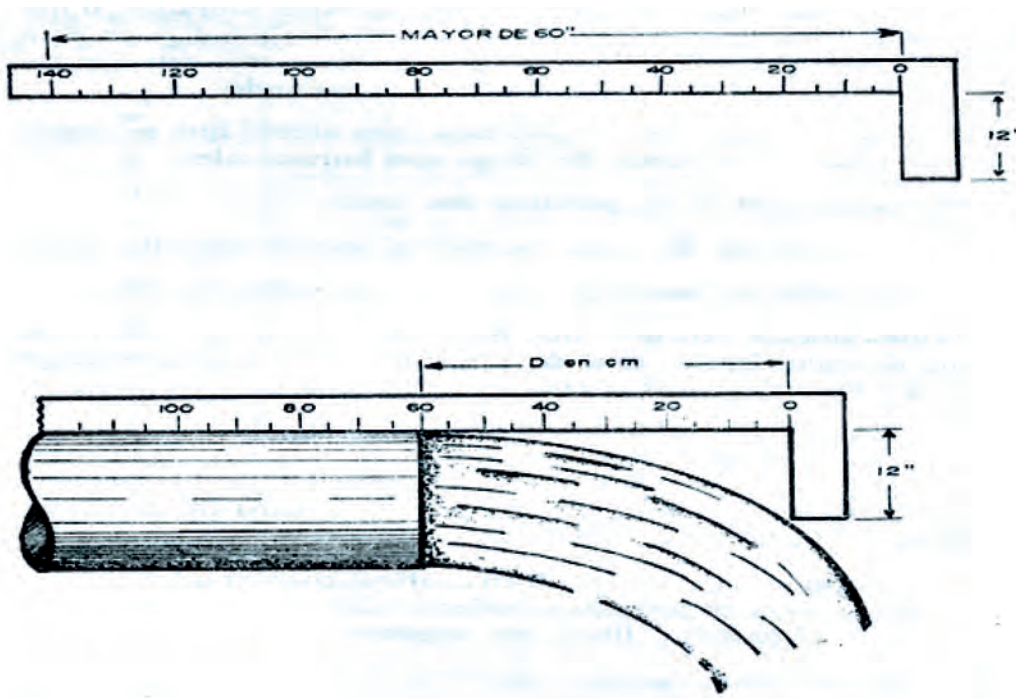


FIGURA 3. Tamaño de la regla escuadra y posición sobre el tubo (Matov, 1974).

La pieza de madera (escuadra), se coloca por la parte más alargada sobre el tubo buscando la distancia D (en centímetros), donde la parte corta de 12 pulgadas toca el chorro de agua. (Figura 4).

En la Figura 5, por el eje de las Y se localiza el valor D, se traza una recta que corte la línea del diámetro de la tubería con que se trabaja, desde ese punto de intercepción, se traza una perpendicular hasta el eje X donde se puede encontrar el gasto de interés (L/seg).



FIGURA 4. Forma de colocar la regla escuadra.

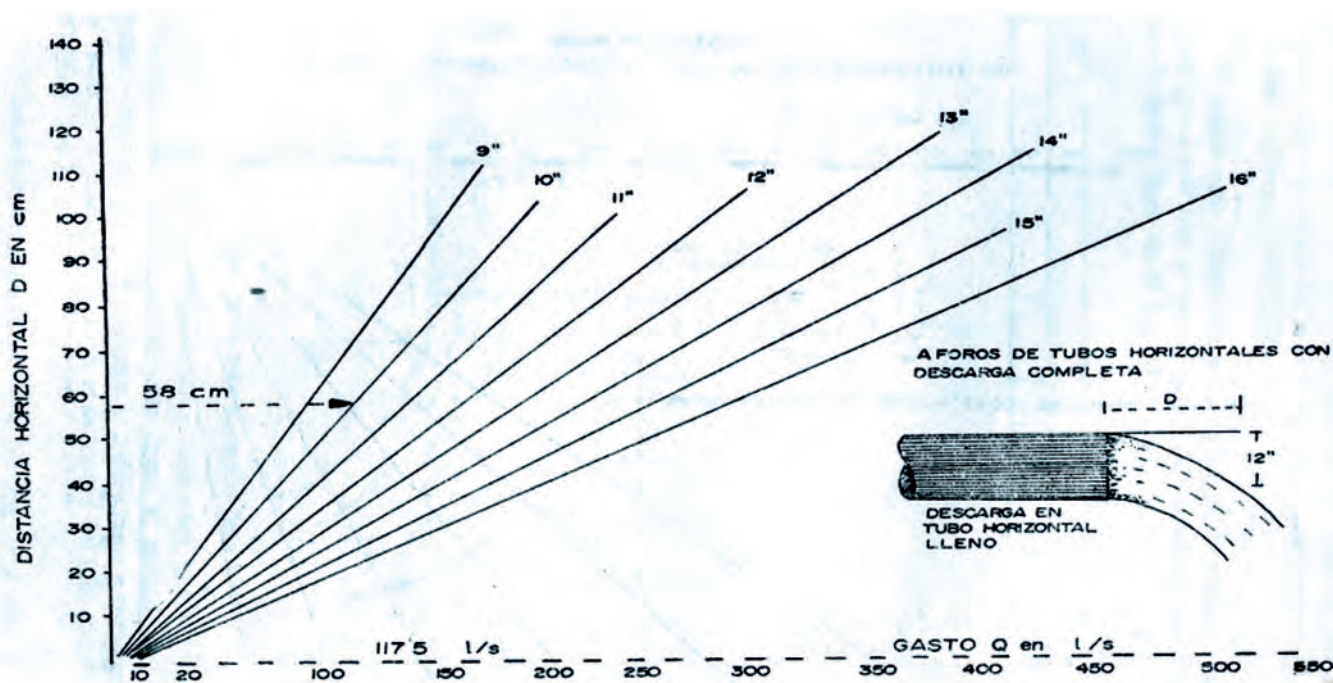


FIGURA 5. Gasto en función del diámetro de la tubería y la distancia horizontal D (Matov, 1974).

Método Gravimétrico:

Es importante conocer que un litro de agua pesa 1 Kg. Este método consiste en pesar la cantidad de agua que se colecta en un recipiente en la unidad de Kg, dividiendo entre el tiempo que tarda en llenarse el mismo. Se obtiene directamente el número de litros por unidad de tiempo.

Métodos indirectos

En estos, para determinar el caudal, es importante conocer el área de la sección transversal que es atravesada a una cierta velocidad. Los métodos indirectos se agrupan en: los de contracciones, donde se modifica el curso del agua mediante

estructuras de sección conocida y los de área-velocidad, que es el que se tendrá en cuenta en este trabajo, donde no se altera el curso de la corriente de agua (Rodríguez, 1990).

Uso de flotadores

El procedimiento se emplea en canales, donde sea posible medir la sección del cause. Si este es muy irregular o presenta malezas, conviene mejorarlo con una pala³, a lo largo de 10 m, para que quede de forma más rectangular o semicircular posible.

Es importante conocer el área de la sección transversal (Figura 6), para esto se utiliza la fórmula.

$$A = \frac{a+b}{2} * h = (m^2) \quad (3)$$

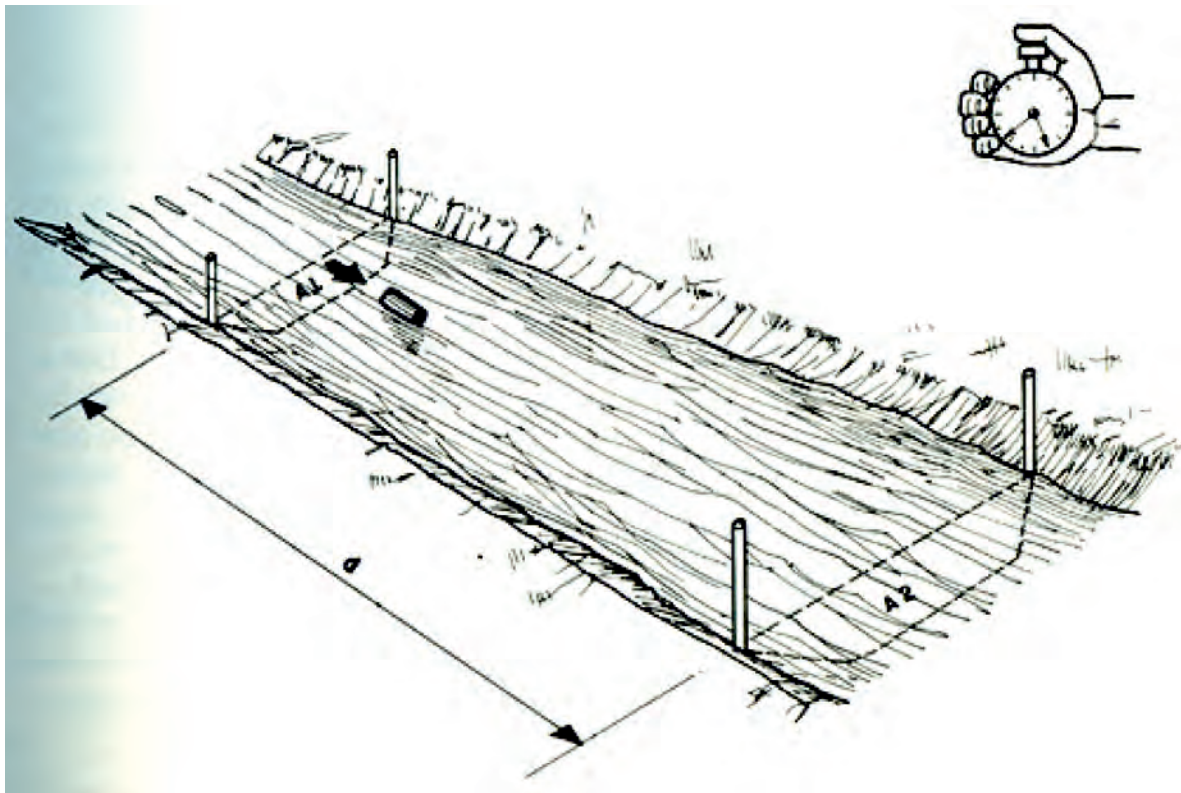


FIGURA 6. Canal con sección trapezoidal (Rodríguez, 1990).

Es importante calcular el promedio de las dos áreas.

$$\text{Se calcula el promedio } A = \frac{A_1 + A_2}{2} (m^2) \quad (4)$$

La velocidad se determina midiendo el tiempo (T) que tarda en desplazarse una distancia conocida (d), en este caso 10 m, un objeto flotante, este puede ser un trozo de madera, hasta una botella plástica con tapa. Esto debe repetirse al menos tres veces y promediar.

Por lo tanto

$$V = \frac{d(m)}{t(seg)} = m / seg \quad (5)$$

Es muy importante que cuando el flotador se desplaza ligeramente sumergido en el agua, se utiliza la formula anterior, pues mide directamente la velocidad media del agua. Pero si el objeto se desplaza sobre la superficie del agua, la velocidad obtenida es ligeramente superior a la media, por lo que se corrige multiplicándolo por 0,85

Por lo tanto para calcular el gasto (Q), se multiplica la velocidad (V) por la sección o área del canal (A).

$$Q = V * A_1 = m^3 / seg \quad (6)$$

Método de contracción de la sección transversal de la corriente:

Estos métodos son los empleados más frecuentemente para medir el agua en las áreas de producción. Se fun-

¹ DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTO HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES: Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales, [en línea], Lima, Perú, 356 p., Lima, Perú, 2010, Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/389716/manual-dise%C3%B1os-1.pdf>, [Consulta: 1 de marzo de 2016].

damentan en el calculo de la velocidad del agua de una manera indirecta, midiendo la carga o altura de agua que existe sobre una escotadura de área conocida, en una estructura de retención que se coloca en la corriente de agua (Rodríguez, 1990).

Vertederos

Es un dispositivo sencillo consistente en una retención que tiene una abertura de forma rectangular, triangular o trapezoidal, y de paredes anchas o delgadas, por donde se hace circular agua.

Vertederos rectangulares.

Son fáciles de construir por lo que se usan muy frecuentemente (Figura 7). El agua pasa al pasar se contrae lateralmente, el gasto se calcula por la fórmula:

$$Q = 1,84(L - 0,2H)H^{3/2} \quad (7)$$

donde:

Q: Gasto en metros cúbicos por segundo;

L: Longitud de la cresta, en metros;

H: Carga del agua sobre el vertedero, en metros.

$$Q = C_d (L - 0,2 H) H^{3/2}$$

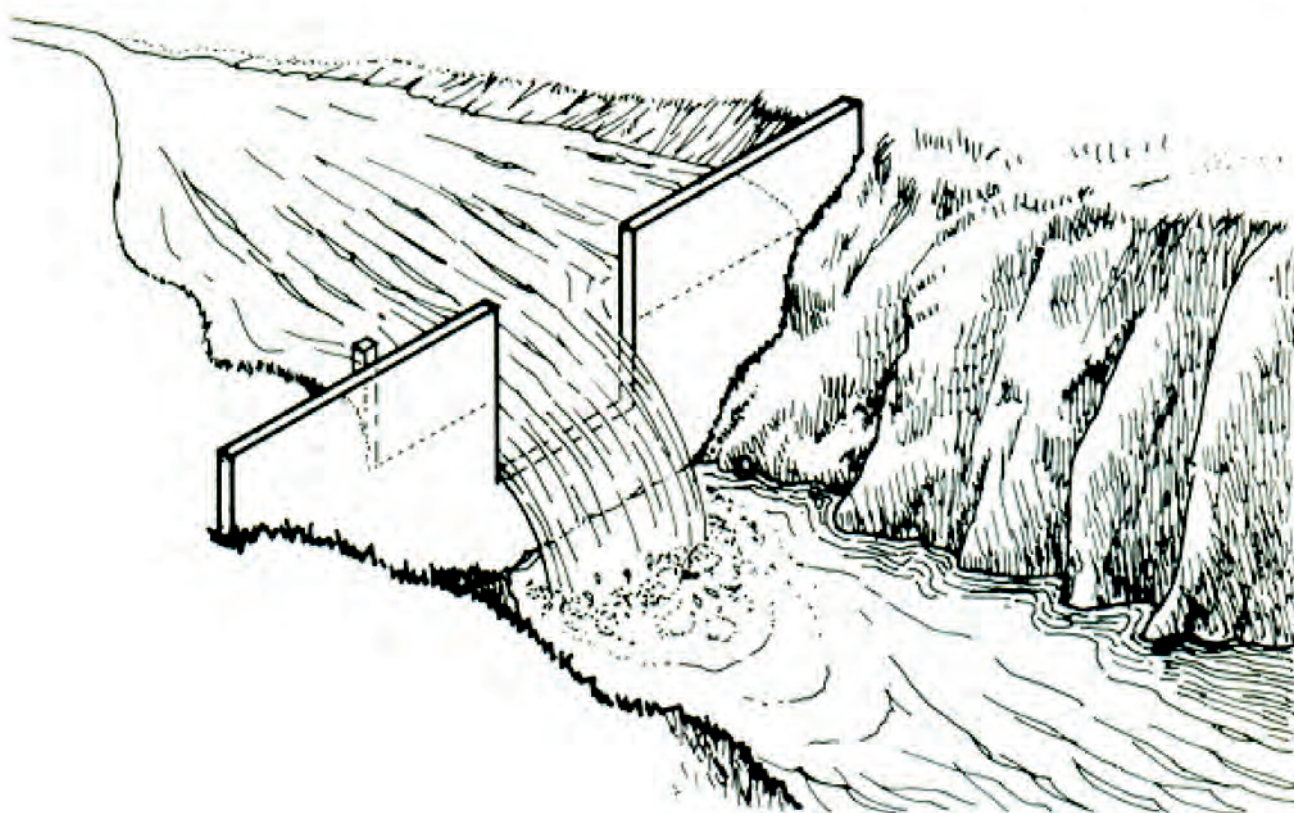


FIGURA 7. Vertedero rectangular (Rodríguez, 1990).

Vertedero triangular:

La abertura del vertedero es en forma de triángulo (Figura 8). Es más exacto que el anterior para la medición de caudales pequeños. El caudal se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{Ca}{2H^{5/2}} \quad (8)$$

donde:

Q: gasto en metros cúbicos por segundo;

H: carga del agua en metros, medida desde la superficie del líquido hasta el vértice del triángulo del vertedero;

Ca/2: constante de 1,40 cuando el ángulo es de 90° y de 0,78 para ángulo de 60°.

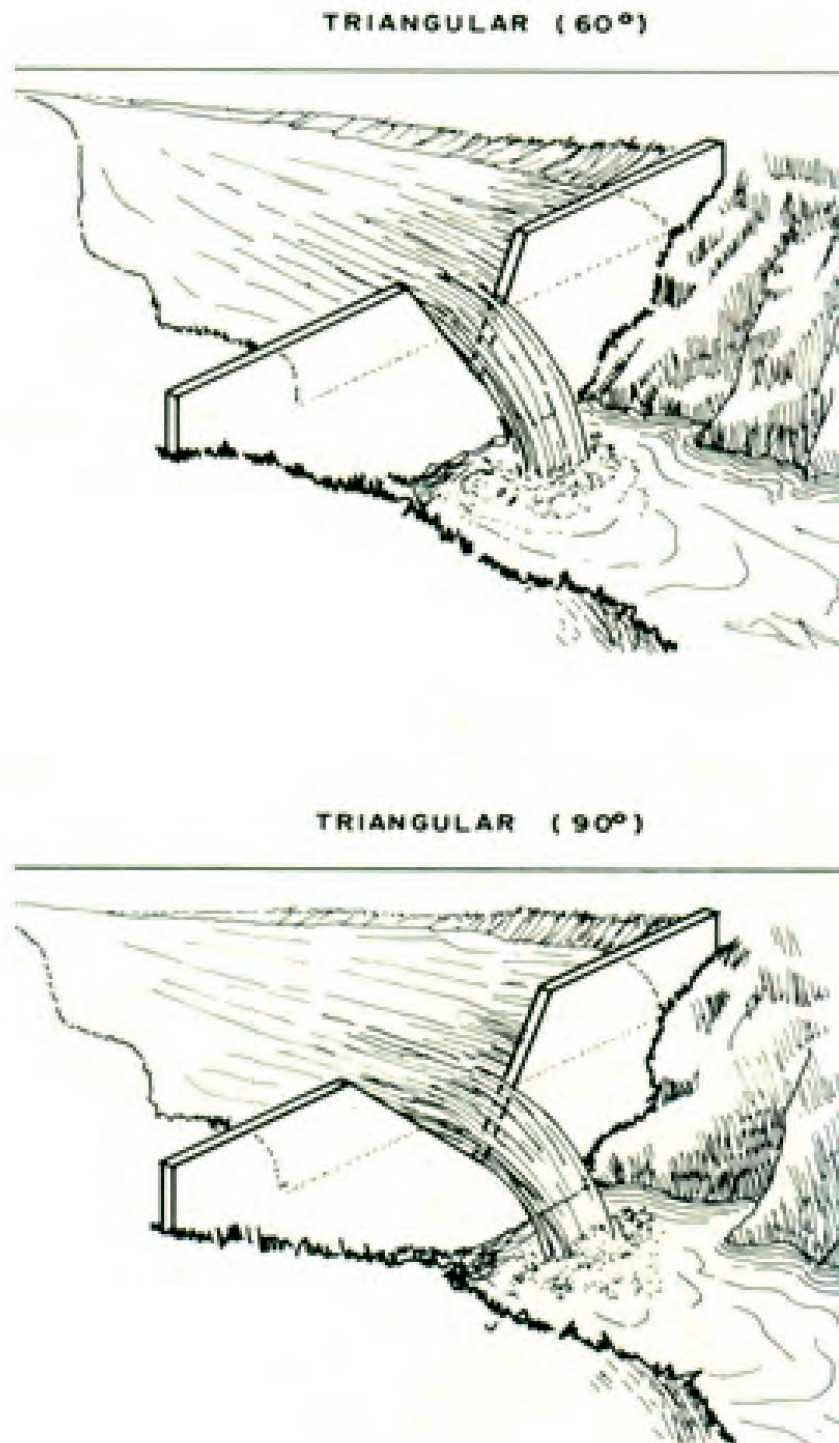


FIGURA 8. Vertederos triangulares de 60 ° y 90 ° (Rodríguez, 1990).

Vertedero trapezoidal

Tiene forma de un trapecio (Figura 9), de paredes laterales con pendiente 1:4 (horizontal: vertical). Con esta forma se eliminan las contracciones laterales que sufre la corriente de agua en los vertederos rectangulares. El caudal es proporcional a la longitud de la cresta del vertedero (L). El caudal se calcula

por la fórmula:

$$Q = 1,86 * L * H^{3/2} \quad (9)$$

donde:

Q: gasto en metros cúbicos por segundo.

L: ancho de la base en metros.

H: carga o altura del agua en metros.

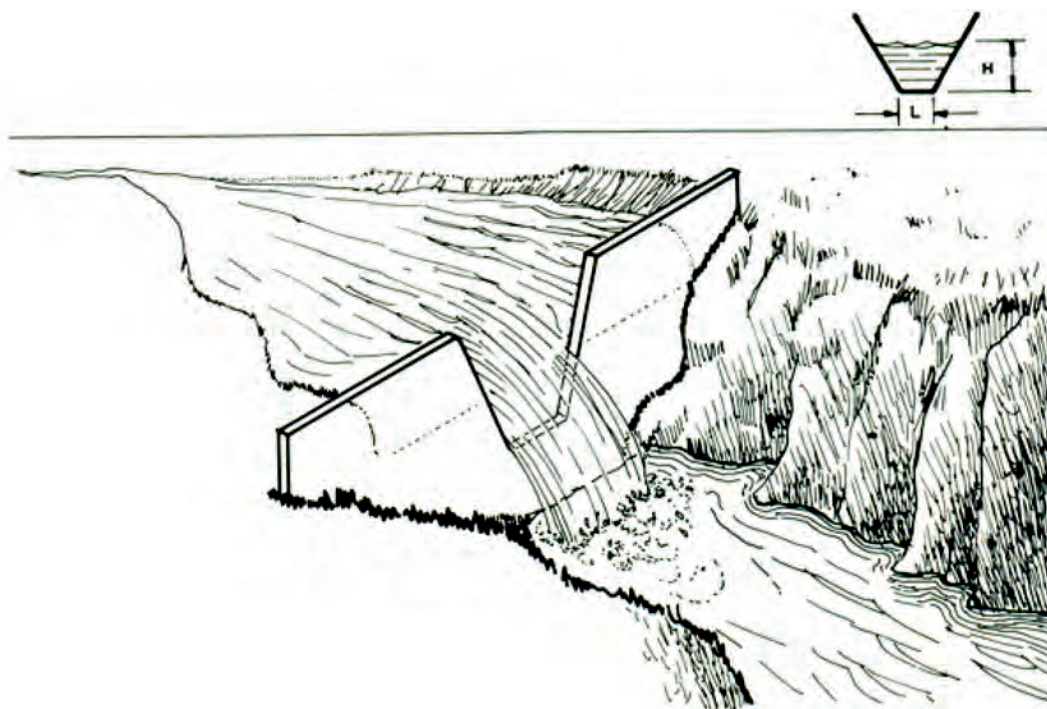


FIGURA 9. Vertedero trapecoidal (Rodríguez, 1990).

CONCLUSIONES

- A modo de conclusión podemos decir que son muchos los métodos de medición del agua utilizados en la práctica, su clasificación es amplia y varía de un autor a otro. Existen otras técnicas más sofisticadas que requieren de equipamientos complejos como son los molinetes, caudalímetros; pero al ser costosas y necesitar de un mayor volumen de información para su aplicación, no fueron citadas en este trabajo.
- No se puede hablar de explotación correcta del riego si no se realiza la medición de los gastos de agua que entran o salen a la parcela. La explotación de un sistema de riego puede llegar a ser extremadamente crítica cuando se toman el agua de una fuente con limitaciones en la entrega y no existen mediciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- CISNEROS, E.; CUN, R.; DUARTE, C.: "Cómo mejorar la explotación de los sistemas de riego utilizados para la producción de hortalizas en condiciones de agricultura urbana", *Agrotecnia de Cuba*, 39(7): 7-19, 2015, ISSN: 0568-3114.
- FRANCISCO, B.M.; VAJDERA, F.; BODAS, V.: *Manual de buenas prácticas de riego. Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura*, Ed. WWF España, Madrid, 32 p., 2009.
- HERRERA, J.: *Uso eficiente de sistemas de riego. Manual práctico sobre el riego de los cultivos*, Ed. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba, 123 p., Fondo para el logro de los ODM, 2013, ISBN: 978-959-285-021-7.
- LEÓN, A.: *Hidrometría de las conducciones libres y forzadas*, Ed. ISPJAE, La Habana, Cuba, 284 p., 2002.
- LIOTTA, M.: *Hoja Informativa para el sector agropecuario*, no. 1, ser. Recursos Naturales, Inst. INTA, 2 p., 2002.
- MATOV, M.: *Aplicación práctica del riego*, Ed. Instituto Cubano del Libro, La Habana, Cuba, 130 p., 1974.
- RODRÍGUEZ, P.: *Riego en las fincas*, Ed. FUSAGR, 2.ª ed., Venezuela, 173 p., 1990.
- SALGADO, G.; MARTÍN, R.A.: *El ABC del saneamiento ambiental, [en línea]*, Ed. Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, 146 p., Google-Books-ID: pD9vHAAACAAJ, 1989, Disponible en: <https://books.google.com/cu/books?id=pD9vHAAACAAJ>, [Consulta: 27 de febrero de 2016].
- TARJUELO, M.-B.J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología, [en línea]*, Ed. Mundi-Prensa, 3.ª ed., Madrid, 2005, ISBN: 84-8476-225-4, Disponible en: <http://0-site.ebrary.com/fama.us.es/lib/unisev/Doc?id=10234512>, [Consulta: 27 de febrero de 2016].

Recibido: 23/07/2016

Aprobado: 28/02/2017.

Reinaldo Cun-González, Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana. Cuba, Correo electrónico: dptoriego3@iagric.cu
Ramón Pérez-Leira, Correo electrónico: rperezleira@gmail.com
Enrique Cisneros-Zayas, Correo electrónico: dptoriego1@iagric.cu
Elisa Zamora-Herrera, Correo electrónico: dptoriego6@iagric.cu