

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL  
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

INFORME DE SERVICIO SOCIAL

**SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL HUERTO MANDALA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS Y ACUÍCOLAS DE  
CUEMANCO (CIBAC)**

Lugar de realización:

El CIBAC se localiza a un costado de la Pista Olímpica de remo y canotaje 'Virgilio Uribe' (Antiguo Canal de Cuemanco, a 300 mts del embarcadero de Cuemanco).

Fecha de Inicio y término:

Del 8 de mayo 2016 al 8 de noviembre 2016.

## **Índice**

Índice	2
Resumen	3
Introducción	3
Marco teórico	5
• Importancia del riego	5
• Riego por aspersión	5
• Tipos de sistemas de riego	6
• Componentes del sistema de riego por aspersión	7
• Tipos de válvulas	8
• Aspersores	9
• Fuente de agua	10
Objetivos	10
Metodología	11
• Diseño del sistema de riego	11
• Estimación de las necesidades de agua de los cultivos	12
• Determinación de los parámetros de riego:	13
Actividades realizadas	15
Objetivos y metas alcanzadas	16
Resultados y discusión	16
Conclusiones	19
Recomendaciones	20
Bibliografía	21

## **Resumen**

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), siendo propiedad de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Se diseñó un sistema de riego por aspersión para la optimización del uso de agua capaz de responder adecuadamente a las necesidades de los cultivos presentes en el huerto, principalmente hortalizas, ofreciendo una reducción en el tiempo de riego en comparación con el riego manual habitual. En el huerto mándala se construyó una olla de captación de agua con una capacidad de 20 mil litros, la cual será utilizada para abastecer de agua al huerto, de allí la importancia de diseñar un sistema de riego para este agrosistema. En lo correspondiente al diseño del sistema de riego se realizó mediante la siguiente metodología comenzando con el diseño del sistema, continuando con la estimación de las necesidades de agua de los cultivos y la determinación de los parámetros de riego en base a fórmulas y graficas prácticas que permitieron obtener las mínimas pérdidas posibles durante la circulación del agua a través del circuito hidráulico de esta manera se obtuvo como resultado un sistema de riego tecnificado con un alto coeficiente de uniformidad y un eficiente consumo hídrico. Este mejoramiento en el riego mediante aspersores es de gran importancia dentro del CIBAC, ya que con el tiempo se podrán ampliar las redes hidráulicas, para que abarquen un área más extensa de terreno.

## **Introducción**

El Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), fue creado por la Delegación Xochimilco a partir de Plan de Rescate Ecológico en 1994, el cual creó un convenio con la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, para que ésta pudiera operarlo con aspectos técnicos y académicos. Pero no fue hasta 1999 que dicho centro fue otorgado completamente a la UAM-X por el Gobierno de Distrito Federal con fines de investigación; Lo cual se ha realizado con aportes de la comunidad académica desde la docencia, en los campos acuícola y agrícola (Vega, 2011). Referente a la parte agrícola que se lleva a cabo dentro de este centro, se ha construido un huerto tipo mándala siendo un sistema de cultivo orgánico, es una forma de imitar los sistemas presentes en la naturaleza, la regeneración de la vida misma, pues optimiza el espacio para una

producción más diversa, aprovechando los recursos con los que cuenta el mismo centro (Lorenzetti *et al.*, 2016).

Hace unos años atrás se creía que el recurso del agua nunca escasearía, pero hoy en día nuestra realidad ha cambiado drásticamente ya que las necesidades tanto industriales como de uso agrícola han tenido un incremento, sin olvidar la de consumo humano. Con base en esto debemos usar este recurso de una forma más óptima y responsable (Tapia, 2014).

El aumento de la escasez del agua para la agricultura es uno de los desafíos del futuro. La agricultura que emplea sistemas de riego, debería ser una práctica de uso más eficiente del agua, contribuyendo a la generación de una producción más sostenible de alimentos (FAO, 2013).

El riego por aspersión es una forma de optimizar el manejo del agua que tuvo sus inicios a principios del siglo XX difundiéndose con gran velocidad a nivel mundial, pero en los años 30 este método fue muy costoso, tiempo después, los costos se redujeron con la aparición de los aspersores por el mejoramiento de materiales en tuberías y acoples facilitando su manejo e instalación. Este método tuvo más avances en la década de los 50 con tuberías de aluminio y una mejora en las estaciones de bombeo promoviendo la expansión de este tipo de riego, mejorando la aplicación de agua en forma de lluvia siendo uniforme sobre la parcela (Tandazo, 2015).

La eficiencia del riego por aspersión no pasa sólo por una buena aplicación del agua, sino también por un correcto diseño, es decir, en la selección adecuada de sus principales componentes que incluyen las tuberías, aspersores y accesorios reduciendo la mano de obra (Caicedo, 2015).

Se plantea colocar un sistema de riego tecnificado en el huerto mándala del CIBAC ya que no cuenta con ningún sistema actualmente, los beneficios que llegará a tener con este sistema será un ahorro de agua hasta de un 90 % comparado con el riego manual habitual y en un menor tiempo. El agua que se asperjara será tomada de la olla de captación localizada en el centro del mándala

debido a que el humedal que está actualmente instalado no alcanza a purificar el agua contaminada de los canales.

## **Marco teórico**

- Importancia del riego**

La práctica del riego agrícola es utilizada por el hombre desde la antigüedad para la producción de alimentos, siendo el agua, nuestro principal recurso para las actividades agropecuarias. Por esto mismo se requiere un aprovechamiento óptimo del mismo, tomando en cuenta la escasez en algunas zonas del país. Actualmente, existen tecnologías para la implementación de sistemas de riego como de almacenamiento, racionando y facilitando el uso efectivo del agua ya sea para pequeños o grandes productores. Existen distintos tipos de riego por ejemplo de aspersión, gravedad o goteo. De esta forma solo hay que implementar el sistema más eficiente para cada segmento productivo (Carmen, 2012).

- Riego por aspersión**

Es un sistema que se caracteriza por su aplicación del agua en forma de lluvia teniendo como resultado un mayor control y eficiencia (Cuadro1). Este tipo de riego permite abarcar una gran gama de suelos para un riego eficaz, como arenosos o muy arcillosos presentando una alta o baja infiltración. Para tener un buen riego por aspersión, debe haber una buena presión del agua, aspersores adecuados que sean capaces de cubrir la zona requerida como también un depósito de agua para el abastecimiento (Tapia, 2014).

**Cuadro 1. Ventajas y desventajas del riego por aspersión**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ahorro en mano de obra	
Tiene una buena adaptación al todo tipo de terreno.	Tiene un costo inicial relativamente alto.
Facilita el control de la lámina de riego, lo que permite regar en forma adecuada.	
Se puede incorporar en el riego	El viento puede distorsionar por completo

fertilizantes y sustancias de uso fitosanitario.	la distribución del agua bajando su eficiencia.
Alta eficiencia como uniformidad de la aplicación del agua.	Puede crear condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas y reducir la efectividad de aplicación de herbicidas, producto del lavado del follaje.
Es superior a los métodos superficiales en la aplicación de agua para la germinación de semillas.	El impacto de la lluvia en las flores del cultivo puede causar su caída influyendo en los rendimientos de cosecha.
La eficiencia de riego es de un 80% frente al 50% en los riegos por inundación tradicionales (Tapia, 2014).	El agua de riego necesita una filtración previa, para impedir el paso de materiales abrasivos como la arena hacia las boquillas de descarga (Tapia, 2014).

- **Tipos de sistemas de riego**

Se denomina sistema de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible la aplicación de agua necesaria para los cultivos (Cuadro 2 y 3).

**Cuadro 2. Sistemas estacionarios**

Estos permanecen en una misma posición mientras se lleva a cabo el regadío, clasificándose en:	
Sistemas móviles (portátil)	Estos sistemas son muy útiles ya que se traslada en distintas posiciones.
Sistemas semifijos	Estos sistemas se instalan para el riego, pero al culminar el mismo se retira con una baja eficiencia.
Sistemas fijos	Son aquellos que se mantienen todos sus elementos estáticos mediante su vida útil de riego (Carmen, 2012).

### Cuadro 3. Sistemas mecanizados

Estos se desplazan mientras se aplica el riego clasificándose en:	
Cañones de riego	Son máquinas motorizadas para el riego de gran alcance conectado al suministro de agua mediante una manguera.
Pivotes	Normalmente los pivotes riegan un círculo completo aunque también se instalan para el riego de medio círculo.
Lateral de avance frontal	Es semejante al pivote pero también riega superficies de forma rectangular (Carmen, 2012).

- **Componentes del sistema de riego por aspersión**

Este sistema está generalmente constituido por una bomba que imprime presión al agua, una tubería principal de conducción, tubos laterales de distribución y rociadores de aplicación. Si la tubería principal, está enterrada y los tubos de distribución lateral permanecen fijos durante toda la estación de riego se denominan sistemas de aspersión fijos o permanentes (Cuadro 4). En esta forma un empleado puede regar de 30 a 60 hectáreas por día, mientras que con el sistema móvil puede regar como máximo 15 hectáreas.

### Cuadro 4. Componentes del sistema de riego por aspersión

Bomba centrífuga	Unidad o grupo de bombeo utilizado para el riego encargándose de impulsar el agua, desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión (Ramos, 2013).
------------------	--

Tuberías principales	Las tuberías trabajan a presión esto permite conducir el agua, aún a contrapendiente. Para esto se requiere de una unidad de bombeo y los materiales más comunes para este sistema de riego son de PVC (policloruro de vinilo) y PE (polietileno) (Ramos, 2013).
Válvulas	Son el núcleo del sistema de riego para garantizar que se cumpla el eficiente paso del agua (Ramos, 2013).

- **Tipos de válvulas**

Los tipos de válvulas más utilizadas en los sistemas de riego son las ascendentes de bola, cierre, retención silenciosa, pie y de retención de bisagra o dúo check (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Tipo de válvulas**

Válvulas de retención de obturador ascendente.	No permitir el retorno del fluido, funcionan automáticamente, se abren en el sentido normal del flujo y se cierran en sentido inverso de este.
Válvula de retención de bola	Proporciona un control del fluido exacto y fiable permitiendo el flujo en una sola dirección y sellándose para evitar el contraflujo.
Válvulas de cierre	Sellado hermético no deja pasar el agua.
Válvulas de retención silenciosas	Evita el regreso del flujo al paro de las bombas de manera anticipada y silenciosa.
Válvulas de retención de bisagra o dúo	Retención anti golpe de aire de alto

check	rendimiento.
Válvulas de pie	Diseñadas para instalación en bombas centrífugas.

- **Aspersores**

Son dispositivos mecánicos que sirven para el riego, teniendo un movimiento discontinuo generado por la salida del agua a presión dispersándose en forma de gotas, cubriendo una superficie en forma circular, las distancias difieren de la presión del agua como del tipo del aspersor (Cuadro 6) (Ramos, 2013).

**Cuadro 6. Tipos de aspersores**

Aspersores de martillo o de choque	Excelente distribución del agua la emisión de las gotas son finas para el riego delicado de todo tipo de cultivos.
Aspersores de balancín	Es un mecanismo de acción de giro pausado accionado por su mismo peso y el chorro de agua.
Aspersores de reacción	La inclinación del orificio de salida origina un par, que mueve el conjunto.
Aspersores de turbina	El chorro incide sobre una turbina que origina el giro.
Aspersores de presión baja, media, alta	Los de baja y media son los que operan con presiones entre 100 kPa y 200 kPa ( $1\text{Kg/cm}^2$ y $2\text{ Kg/cm}^2$ ) y entre 200 kPa y 400 kPa ( $2\text{Kg/cm}^2$ y $4\text{ Kg/cm}^2$ ), por otro lado los de alta se les conoce comúnmente como de cañón operando con presiones de 400 kPa a 700kPa ( $4\text{ Kg/cm}^2$ y $7\text{ Kg/cm}^2$ ).
Aspersores de boquilla	Las características hidráulicas de operación son referidas a la boquilla de

	mayor diámetro.
Aspersores de ángulo normal, bajo, alto	Bajo: ángulo entre 0 y 25º. Normal: ángulo entre 25 y 45º. Alto: ángulo más de 45º.
Aspersores circulares	Mojan una superficie de terreno de forma circular.
Aspersores sectoriales	Tienen la opción de girar sólo en un sector circular en lugar de realizar un giro completo. Indicados para los bordes de las parcelas donde es preciso regar esquinas y laterales.
Aspersores de giro lento, rápido	De giro lento: de 1/4 a 3 vueltas/min: de uso general en agricultura. De giro rápido: de 6 vueltas/min. De uso en jardinería, viveros, otros.

Se considera que un sistema de riego por aspersión es el adecuado para la adecuada distribución del recurso hídrico para el huerto mándala, situado en el (CIBAC).

- **Fuente de agua**

Olla de captación de agua de lluvia

La olla de captación es una depresión sobre el terreno, que permite almacenar y administrar agua de lluvia con el fin de abastecer el suelo y los cultivos allí sembrados. Siendo esta una técnica de micro captación o también conocida como captación in situ (FAO, 2013).

## **Objetivos**

Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de riego tecnificado por aspersión en el huerto mándala del CIBAC.

### Objetivos específicos

- Analizar las condiciones actuales del suministro del recurso hídrico de uso agrícola en el huerto mándala.
- Diseñar un sistema de control que permita la distribución de agua.
- Distribuir el recurso hídrico eficientemente sobre aspersión en el huerto mándala con el fin de evitar el riego innecesario.
- Implementar y comprobar el funcionamiento del sistema tecnificado de riego.

### Metodología

- **Diseño del sistema de riego**

En el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), se realizó el presente trabajo en el huerto mandala con una superficie de 331.8 m<sup>2</sup> siendo ésta un área de producción agrícola, que está ubicado a un costado de la Pista Olímpica de remo y canotaje 'Virgilio Uribe' (Antiguo Canal de Cuemanco, a 300 mts del embarcadero de Cuemanco). Los cultivos existentes son: chícharo, remolacha, tomate, ajo, zanahoria, lechuga, calabaza, brócoli. Tal como se ha mencionado anteriormente, los componentes de un equipo de éste tipo está compuesto por un grupo motobomba, red de distribución (manguera negra) y aspersores (Figura.1). La manguera negra fue seleccionada debido a que tiene la ventaja de ser inmunes a la agresividad del agua por factores como la corrosión, sulfatos y cloruros, además tiene alta resistencia al impacto, superficie interior lisa, fácil de instalar, impermeable en sus uniones, su costo es bajo en relación a otros materiales y su instalación resulta más efectiva garantizando un funcionamiento permanente como su conservación del mismo.



Figura 1. Diseño gráfico del sistema de riego

- **Estimación de las necesidades de agua de los cultivos**

1. Determinación de la ETo (evapotranspiración de referencia), mediante el método estándar de la FAO Penman-Monteith, con este método se obtienen valores más consistentes del consumo de agua de los cultivos, esto debido a que toma en cuenta el mayor número de variables climáticas en comparación con otros métodos), utilizando datos meteorológicos englobando tanto el proceso físico de pérdida de agua por evaporación como el proceso de evaporación del agua absorbida por las plantas (transpiración), dentro del periodo de mayo a octubre del 2016.) Estación UAM en la ciudad de México D.F, utilizando la página web del inifap para llevar a cabo dicho calculo.  
<http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/aplicaciones/eto.aspx>
2. Determinación del Coeficiente de cultivo (Kc) valores tabulados por la FAO.  
Los siguientes cálculos fueron realizados con las guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos “EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO” publicado por la FAO, No.56.

3. Determinación de la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc).

Fórmula:  $ETc = ETo \times Kc$

$ETo$ = evapotranspiración de referencia

$Kc$ = Coeficiente de cultivo

Determinación de la precipitación efectiva (PE) Brouwer y Heibloem.

Formula:  $PE = 0.8 P - 25 > 75 \text{ mm/mes}$

Dónde:

$P$  = precipitación mensual (mm/mes)

$PE$  = precipitación efectiva (mm/mes)

4. Calculo de las necesidades hídricas netas (NHn)

Fórmula:  $NHn = ETc - PE$

$ETc$  = evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar

$PE$  = precipitación efectiva (mm/mes)

5. Calculo de las necesidades brutas de riego (NRB)

Fórmula:  $NRB = NHn \text{ (necesidades hídricas netas)} \times 100 / Ea$   
(eficiencia de aplicación del riego por aspersión 85%).

- **Determinación de los parámetros de riego:**

1. Lamina de riego

Formula:  $LR = ETc \text{ (evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar)} / Ea \text{ (eficiencia de aplicación del riego por aspersión 85%).}$

2. Volumen de agua

Formula:  $Va = (LR) \text{ Área (m}^2\text{)} / Ea \text{ (eficiencia de aplicación del riego por aspersión 85%).}$

3. Caudal

$Q = V \times S$  Donde  $Q$  es el caudal,  $V$  es la velocidad en la que recorre determinada distancia,  $S$  es la sección (la superficie de la manguera)

$S = \pi * r^2$  Para pasarlo a litros/seg se multiplica por 1000.

Manguera plana para riego de  $\frac{1}{2}$  pulgada (1.27 mm de diámetro).

4. Duración de riego mínima ( $t$ ) por día es: Para calcular el tiempo real de riego ( $tr$ ), es necesario conocer el caudal de los aspersores:

$$Tr \text{ (min)} = VR * 60 / Q \text{ Selección de los Aspersores. } VR = \text{ Volumen de riego } Q = \text{ caudal}$$

### Ubicación de los Aspersores

Los aspersores circulares fueron ubicados estratégicamente para una óptima cobertura de riego circular (Figura.2), teniendo un alcance de cobertura de 13 a 18 m de diámetro. Con una altura máxima de chorro de 2,4 m. De esta forma se garantiza la cobertura total de riego en el huerto mándala.

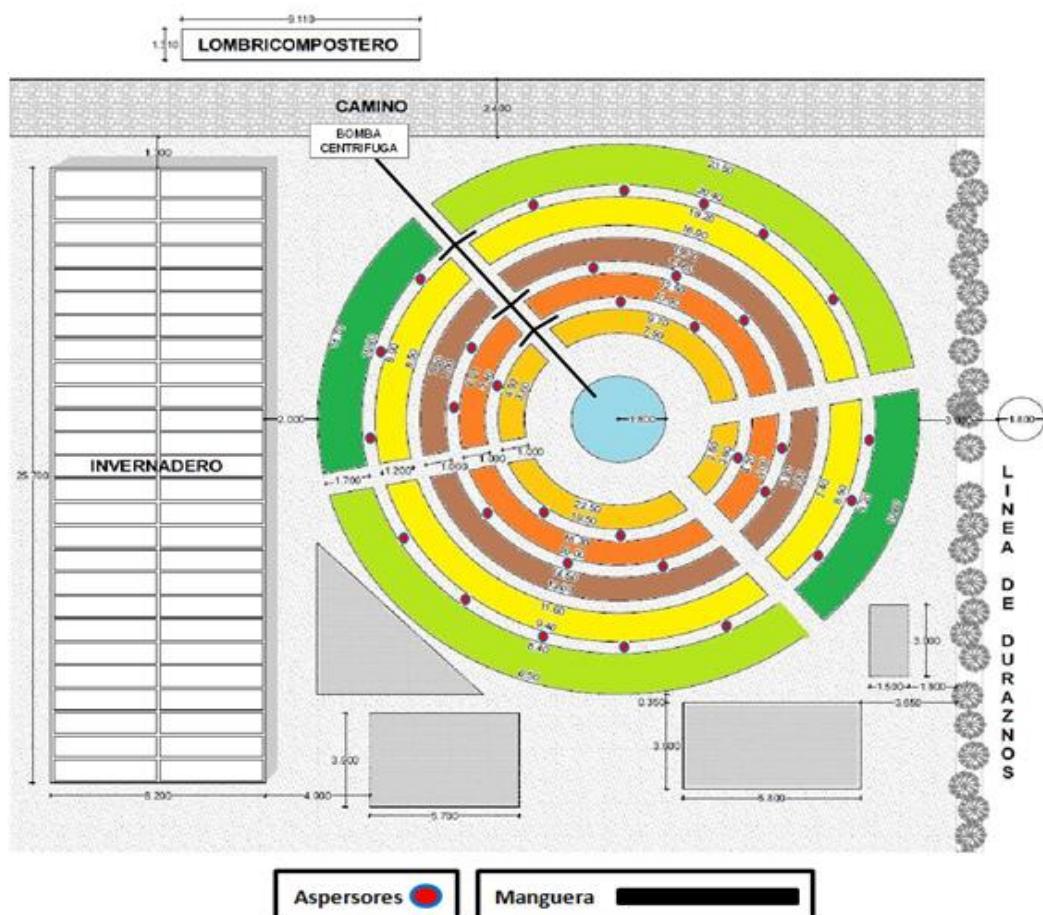


Figura 2. Ubicación de aspersores y manguera en huerto mándala

## Listado de materiales utilizados

<b>1</b>	Bomba centrífuga de $\frac{3}{4}$ hp	<b>20</b>	Conectores de codo de PVC $\frac{3}{4}$ "
<b>32</b>	Aspersores de metal	<b>35</b>	Conectores "T" de PVC $\frac{3}{4}$ "
<b>3</b>	Rollos de manguera negra $\frac{3}{4}$ "	<b>6</b>	Llaves de paso PVC $\frac{3}{4}$ "
<b>1</b>	Caja de cable del # 12	<b>1</b>	Pegamento para PVC 500 ml
<b>1</b>	Tubo de cobre de 6 mts de $\frac{1}{2}$ "		

## Actividades realizadas



## Objetivos y metas alcanzadas

- Se diseñó el sistema de riego tecnificado por aspersión en el huerto mándala del CIBAC.
- Se analizó las condiciones actuales del suministro del recurso hídrico de uso agrícola en el huerto mándala.

## Resultados y discusión

### Estimación de las necesidades de agua de los cultivos

Dentro del periodo del 8 mayo al 8 de octubre del 2016 se calculó la ET<sub>0</sub> (evapotranspiración de referencia), en el mes de mayo con un promedio de 4.46 mm y un 0.2 mm de agua en el mes de septiembre (Figura 3). Esto quiere decir que en el mes de mayo hubo una mayor evapotranspiración (cantidad de agua que vuelve del suelo a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas) a causa de las altas temperaturas, pero en comparación al mes de septiembre hubo una menor evapotranspiración.

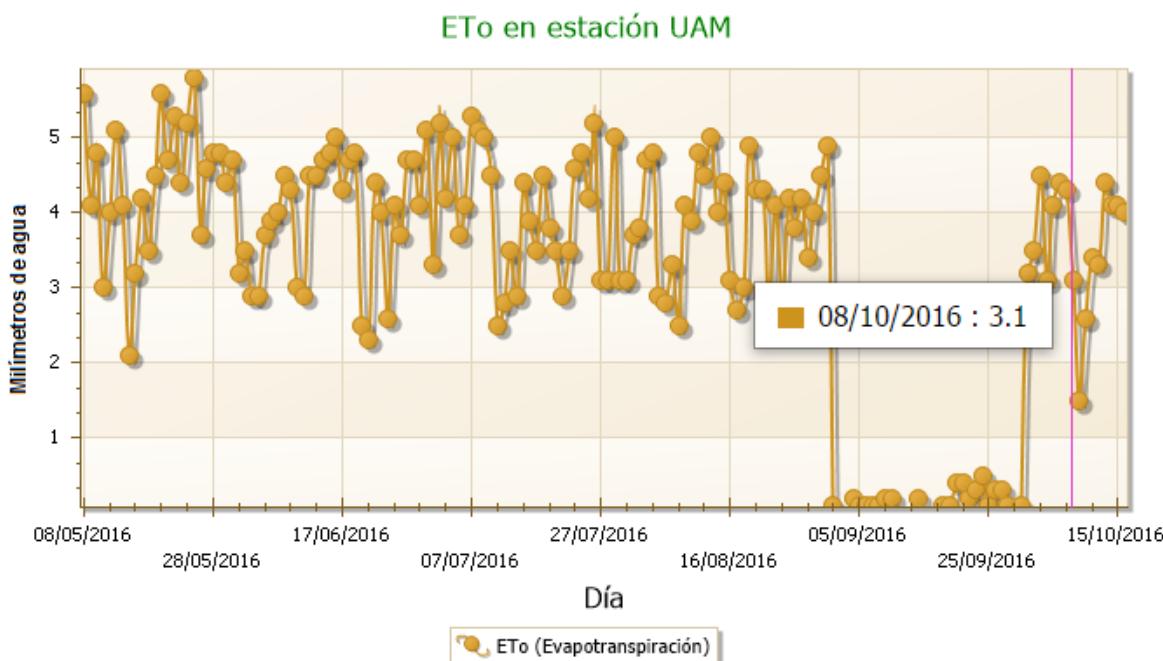


Figura 3. Evapotranspiración de referencia.

El promedio obtenido de las necesidades netas de riego para los cultivos mencionados, arrojaron una mayor demanda en el mes de mayo con 24.0145 mm y una menor demanda en el mes septiembre con 20.1777mm (Figura 4). Estos resultados se aproximan con los obtenidos por Berenguer et al. (1997), Li y Rao (2000), Dechmi (2002), quienes también encontraron que la uniformidad acumulada o estacional es superior a la de los riegos individuales.

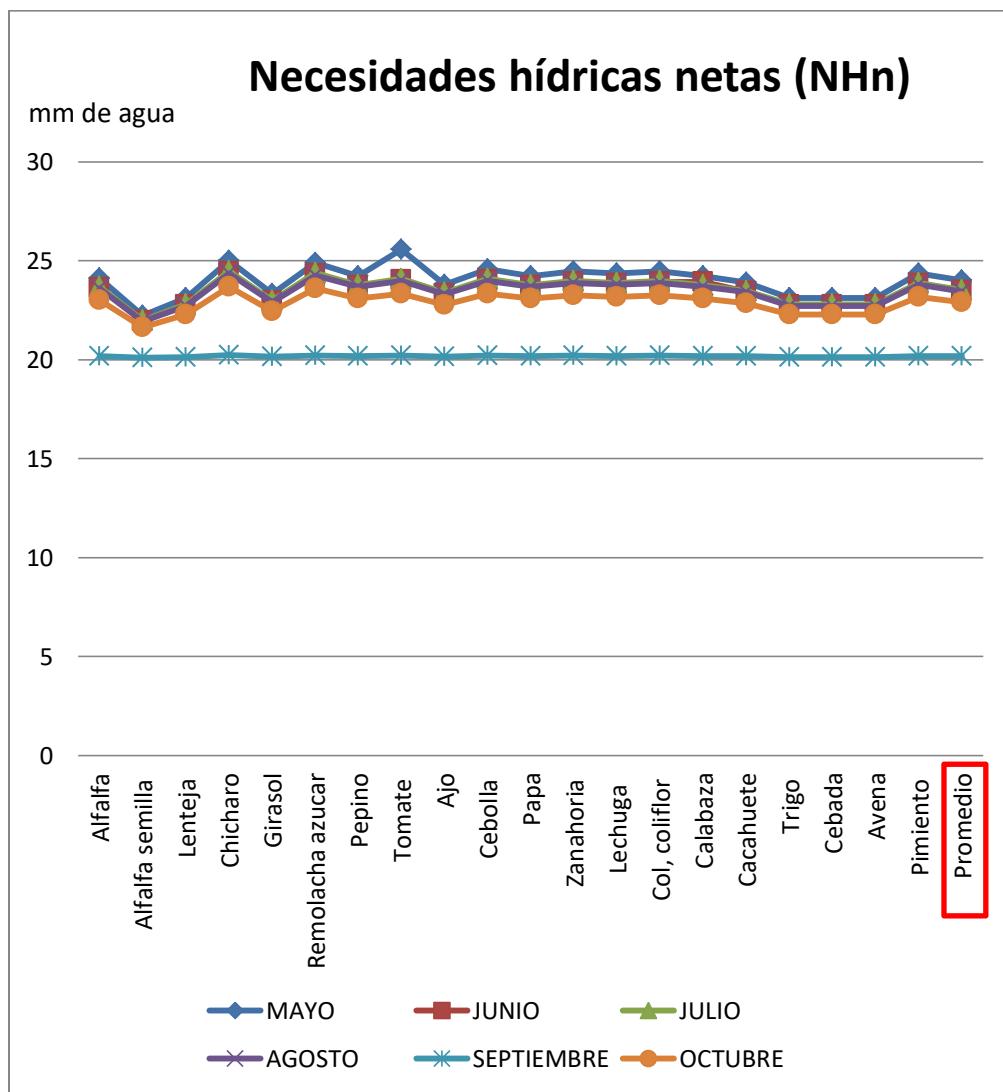


Figura 4. Necesidades hídricas netas.

## Determinación de los parámetros de riego

La lámina de riego es la aportación de agua necesaria para un cultivo, la cual se obtiene con el ETc (evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar) / Ea (eficiencia de aplicación del riego por aspersión 85%). Se obtuvo un promedio con la suma de todos los cultivos, siendo la más alta en el mes de mayo con 4.66 mm y con un menor nivel en el mes de septiembre con un 0.21 mm (Figura 5).

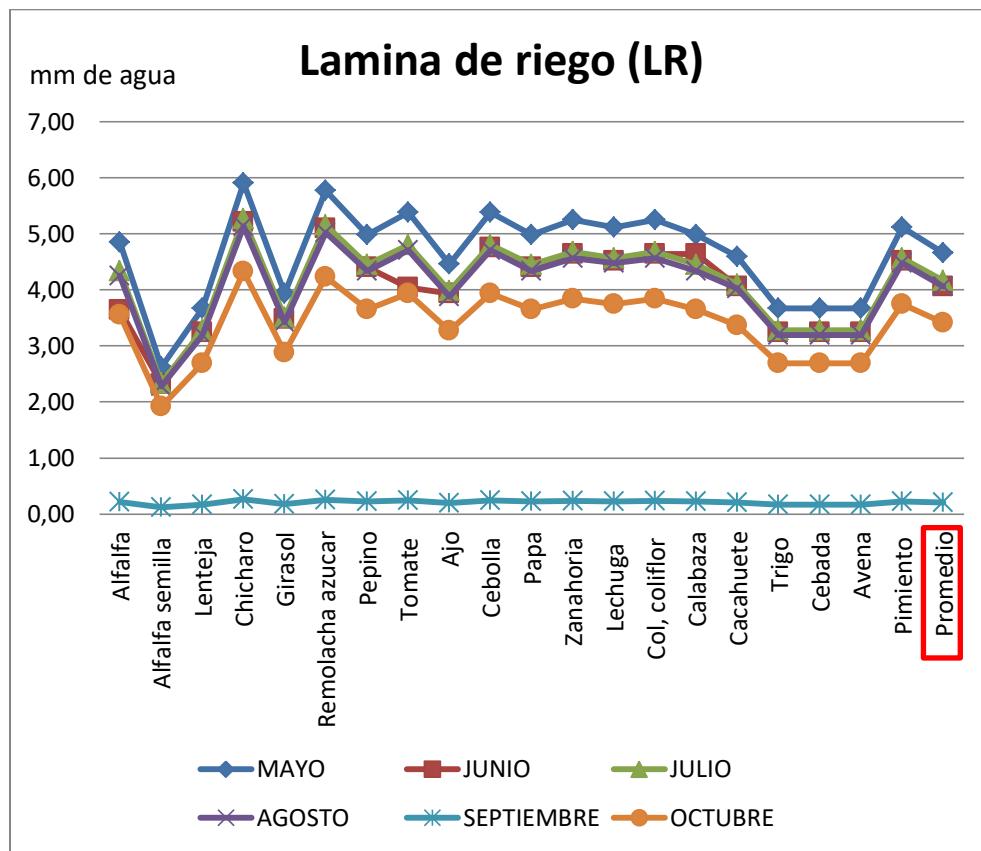


Figura 5. Lamina de riego

El volumen total de agua, es la cantidad requerida por los cultivos para fines de riego capaz de satisfacer las demandas de los mismos, esta se obtiene multiplicando el resultado de la lámina de riego (LR), con el área ( $m^2$ ), siendo de 331.8  $m^2$ . Se obtuvo un promedio con la suma de todos los cultivos de 1,547.29

litros de agua en el mes de mayo y reduciendo a 69.39 litros en el mes de septiembre (Figura 6).

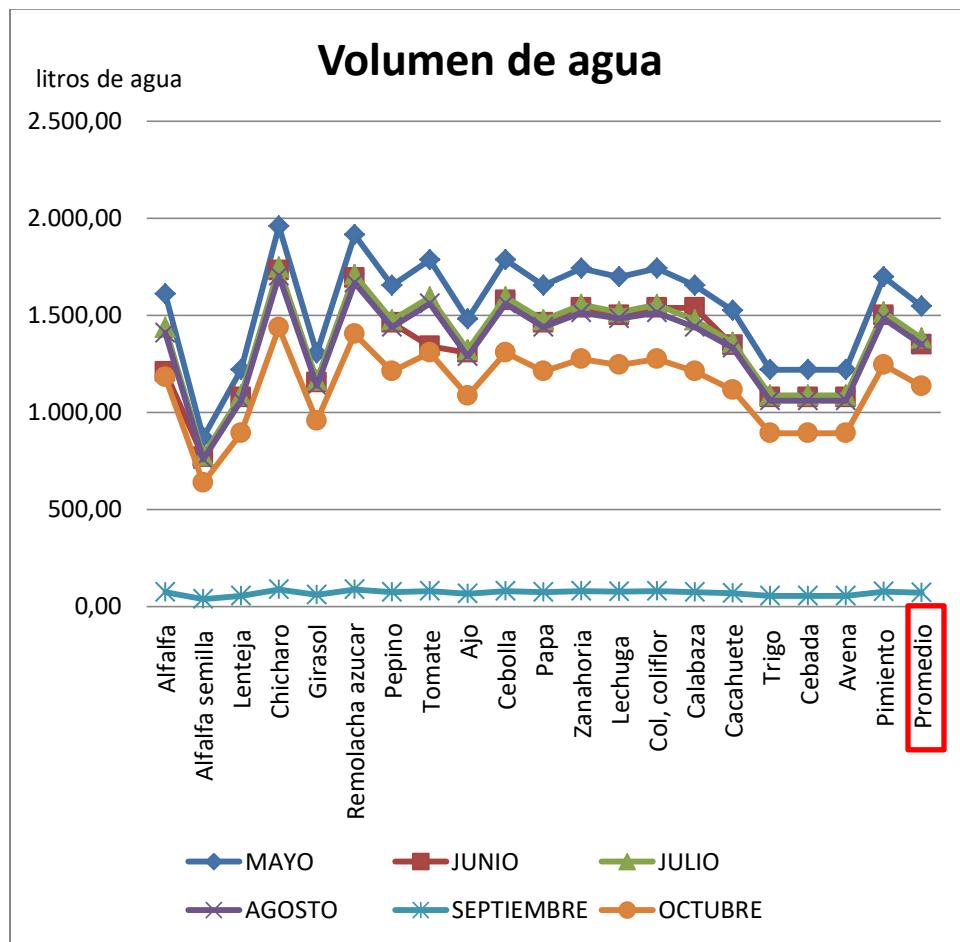


Figura 6. Volumen de agua.

El cálculo de la duración del riego para el sistema de aspersión se obtuvo con los cálculos ya obtenidos arriba, los cuales arrojaron que con un riego diario de 17 horas diarias cubre la demanda de agua para los cultivos en el huerto mándala.

## Conclusiones

Se concluye que los 20 mil litros de agua con los que cuenta la olla de captación en el huerto mándala, si llega a cubrir la demanda completa de los cultivos mencionados en el área de 331.8 m<sup>2</sup> durante el periodo de estos seis meses trabajados siendo esta de 15,034.91 litros de agua.

Este sistema de riego por aspersión es más eficiente a comparación del riego manual acostumbrado, debido a que es menos agresivo para los cultivos y teniendo una menor perdida de agua por escorrentía.

### **Recomendaciones**

- Recargar del límite inferior de la presión de operación, para que las gotas sean más grandes y se evapore menos cantidad de agua.
- Una buena operación y mantenimiento del sistema.
- Pruebas de uniformidad de riego
- Ajuste y calibración periódica del sistema
- Aplicación de riegos nocturnos
- No regar con viento alto, ya que la uniformidad de distribución del agua aplicada disminuye considerablemente con el viento.

## Bibliografía

- Berenguer, M. J.; J. Faci y A. Martinez. 1997. Variabilidad del rendimiento del sorgo y del agua aplicada en una cobertura fija de riego por aspersión. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 12: 89- 109.
- Caicedo, O., Balmaseda, C., Proaño, J. 2012. "Evaluación hidráulica del riego por aspersión sub foliar en banano (*Musa paradisiaca*) en la finca San José 2, provincia Los Ríos, Ecuador" Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 24, No. 1, enero-febrero-marzo, pp. 38-43.
- Carmen, L. P. 2012. Diseño óptimo de sistemas de riego a presión y su eficiencia hidro-energética, aplicación en el caso de loja (Ecuador). España, Departamento de ingeniería Hidráulica y medio ambiente, Universitat Politècnica de Valéncia.
- Dechmi, F. 2002. Gestión del agua en sistemas de riego por aspersión en el Valle del Ebro: análisis de la situación actual y simulación de escenarios. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. España.
- FAO.2013. "Afrontar la escasez de agua, Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria" informe sobre temas hídricos. Número 38, pp.1-78.
- FAO.2013. "Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe" informe del uso y el manejo eficiente del recurso hídrico, sobre todo en aquellas zonas donde el agua es escasa. pp.1-272.
- Li, J. and M. Rao. 2000. Sprinkler water distributions as affected by winter wheat canopy. Irrig. Sci. 20:29-35.
- Lorenzetti, E. R., Martins, R. C., & de Paula Araújo, W. L. 2016. Práticas agroecológicas em operações do Projeto Rondon do Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais–Campus Rio PombaS. Extensio: Revista Eletrônica de Extensão, 13(21), 3-11.
- Ramos, M. P., Báez, D. F. 2013. Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el cantón Cevallos. Ecuador, Facultad de mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Tandazo, J. E., (2015) Estudio de los indicadores de calidad de un sistema de riego por aspersión subfoliar en Banano (*musa aaa*) en la zona de Pueblo viejo. Ecuador, Facultad de Ciencias Agropecuarias, universidad Técnica de Babahoyo.
- Tapia, D. F. 2014. Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Ecuador, Facultad de Ingeniería, Universidad central del Ecuador.
- Vega, L. S. 2011. 2º Informe del Rector de la Unidad Xochimilco 2011–2012, Rectoría de la Unidad Xochimilco, Universidad Autónoma Metropolitana.