

EVALUACION DEL RIEGO EN CONDICIONES DE LADERA

Marcelo Calvache Ulloa¹

INTRODUCCION

La agricultura es siempre el mayor usuario de todos los recursos hídricos puesto que absorbe alrededor del 70 % del consumo mundial. La agricultura de secano se practica en un 80 % de las tierras arables y la agricultura bajo riego en 20 %, produce el 40 por ciento de los cultivos alimenticios del mundo.

Las condiciones de la pequeña producción y de agricultura familiar principalmente ubicada en las zonas de laderas en las diferentes cuencas hidrográficas, dispone de fuentes hídricas aprovechables para fines productivos y han desarrollado experiencias notables en la producción de hortalizas, frutas entre otros. No obstante, requieren disponer de un sistema de riego de bajo costo que potencialice la calidad de la producción.

La aplicación del agua en forma artificial a los cultivos forma parte de un sistema de riego, en el cual se consideran tres zonas básicas: 1) Zona de captación; 2) Zona de conducción; 3) Zona de aplicación o uso del agua. Un sistema de riego bien operado y manejado produce índices económicos grandes para los usuarios, en cambio, lo contrario, produce pérdidas considerables a la sociedad. En el Ecuador el mal uso del agua se lo viene observando desde la captación y regulación hasta la aplicación del agua a las diferentes parcelas por medio de métodos de riego improvisados y mal planificados, lo que hace que se alcancen eficiencias de uso del agua en los sistemas, del orden de un 20 a 30%. La utilización de métodos de riego bien estructurados y planificados a nivel predial, prácticamente son muy restringidos en nuestro país ya que la mayor superficie se riega por surcos subutilizando el agua, alcanzando eficiencias de aplicación de agua desde un 15% hasta un 50 % (Calderón y Calvache, 2006; Coello y Calvache, 2006; Pacheco y Calvache, 2006)

El riego por goteo es un sistema de riego que entrega el agua gota a gota, según su necesidad, humedeciendo solo una parte del suelo, donde se concentran las raíces, por ello también se le llama riego localizado o de alta frecuencia, pues se aplica el agua casi a diario o algunas veces más de una vez al día. Una de las principales ventajas es que permite la aplicación de fertilizante a través del sistema igualmente de manera localizada, siendo más eficiente (Keller, 1988).

El sistema de riego más acorde para los suelos en laderas es el riego por goteo, el cual cuenta con las ventajas comparativas de ser, por un lado de bajo costo tanto en instalación como en mantenimiento, de fácil operación, manual y muy eficiente. Utilizando solamente el desnivel del reservorio y el terreno a irrigar, se obtiene un mejor manejo del recurso agua, no utiliza bombas convencionales de combustible y/o electricidad, no contamina, no hace ruido y optimiza definitivamente el uso del agua (Calvache, 1998).

El riego por aspersión aplica el agua en forma de lluvia en una superficie circular. En los sistemas de riego en ladera generalmente se trabaja con una ala de riego compuesta de uno o dos aspersores, cincuenta metros de manguera de polietileno calibre cuarenta y diámetro igual a 1/2 pulgada ó 3/4 de pulgada. El ala se va cambiando de lugar hasta completar el humedecimiento de todo el lote (Avidan, 1993; Calvache, 1998). El aspersor puede tener una o dos boquillas, que son los orificios a través de los cuales sale el chorro de agua a presión, que hace impacto sobre el brazo y se produce el fraccionamiento del chorro en pequeñas gotas de lluvia (Keller, 1988; Avidan, 1993). En las zonas de ladera es posible instalar equipos de riego por goteo y microaspersión, ya que estas modalidades funcionan con bajas presiones y pequeños caudales.

¹ Ing. Agrónomo, Ph.D. Profesor Principal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador. Correo electrónico: calvache@uio.satnet.net

En el riego por microaspersión, un pequeño difusor aplica el agua por debajo del follaje de los árboles frutales. Estos sistemas de riego en la ladera tienen la ventaja de no ser erosivos para los suelos, el de disponer de un mecanismo de apertura y cierre de los hidrantes, que prácticamente evita desperdicios de agua por un posible mal manejo ((Keller, 1988; Avidan, 1993).

GENERALIDADES

Un sistema de riego en ladera consiste en derivar agua de una o varias de las siguientes fuentes: quebradas, arroyos, ríos, embalses, lagos, entre otros, a través de pequeñas obras tales como bocatomas (lateral, de fondo), compuertas, presas de derivación, etc., de tal manera que den carga hidráulica al sistema de distribución que van colocados en cada predio (Arango, 1998).

La red de distribución y aplicación del riego se construye con base a una tubería de PVC, polietileno, sobre la cual se instala el hidrante, al cual se le acopla automáticamente el ala aspersora que consta de una manguera de polietileno, a la cual se le colocan uno o más aspersores. La dotación de agua al ala aspersora se hace a partir de un punto central, lo que permite el riego localizado, eficiente y oportuno a los cultivos. La operación del sistema es tan sencilla, que no amerita grandes esfuerzos (Keller, 1988; Avidan, 1993).

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO EN LADERA

Un sistema de riego en ladera está constituido por obras civiles y estructuras hidráulicas que permiten la captación, conducción y distribución del agua para beneficiar una zona agrícola explotable. (Arango, 1998; Keller, 1988).

La Microcuenca.- Las comunidades beneficiarias del Programa de Riego en Ladera, deben ser muy cuidadosas con la microcuenca que les surte de agua al sistema de riego. La conservación de la vegetación, evita que se presenten problemas en la microcuenca relacionados con la disminución de los caudales y la erosión, evitándose de esta forma unos mayores costos en la operación y mantenimiento del sistema. También va a ser mayor la probabilidad de que el agua pueda ser aprovechada a lo largo del año en los períodos que realmente se requiere de ella, puesto que habrá una verdadera función reguladora de la microcuenca por estar protegida con vegetación. En definitiva la conservación de una microcuenca está determinada por el manejo adecuado que se haga de los recursos suelo, agua y vegetación (Arango, 1998)

Obras de captación.- Se entiende por captación, la estructura o conjunto de estructuras que es necesario construir en una fuente de abastecimiento, para asegurar la desviación de una cantidad de agua determinada. Las obras de captación deben asegurar que en todo tiempo y bajo cualquier condición se capte o derive el caudal previsto o de diseño con el menor costo posible (Arango, 1998; Keller, 1988).

La Bocatoma.- Es una estructura hidráulica con la cual se capta y deriva el agua de una corriente superficial permanente hacia el sistema de riego. Los componentes de la bocatoma son: muros de contención, el muro de presa, la rejilla, la cámara de derivación. El muro de presa se puede construir a lo ancho de la fuente de agua y su función es subir el nivel del agua y dirigirla hacia la rejilla para que luego llegue a la cámara de derivación. Los muros de contención se encuentran a los lados, su función es encauzar el agua y proteger las orillas de la fuente de agua. (Arango, 1998; Keller, 1988).

Disipadores de energía.- Cuando el agua fluye a través de estructuras de vertimiento como caídas, presas vertedoras u otro tipo de estructura de alta velocidad, el agua adquiere una alta energía cinética, capaz de erosionar el pie de la estructura vertedora y el canal aguas abajo. Por ejemplo, al pie del muro de presa, en el sitio donde golpea el agua que no entra al sistema de riego, debe existir siempre un disipador de energía, destinado a prevenir la socavación del lecho de la fuente de agua y/o de la obra

(Arango, 1998). Las obras de captación una vez ejecutadas, se interponen en la corriente como un obstáculo y por consiguiente van a originar sedimentaciones y a sufrir las consecuencias de la erosión (Keller, 1988).

El Desarenador.- Es una estructura hidráulica, que permite retener y evacuar los sedimentos como arenas y gravas. El desarenador es un tanque que generalmente tiene tres cámaras. En la primera cámara de llegada, se encuentra el vertedero de excesos, el cual permite que el agua sobrante pueda volver a la fuente de agua (INAT, 1997).

Al pasar el agua a la segunda cámara a través de los orificios que existen en el muro deflector, pierde turbulencia y los sedimentos descienden hasta el fondo acumulándose en el depósito para lodos, desde donde pueden ser removidos mediante la operación de la válvula de lavado (Arango, 1998).

La tercera cámara equivale a un tanque de regulación, que se llena con agua limpia de sedimentos que pasa por encima del muro vertedero. Desde este tanque pasa el agua a las tuberías mediante la operación de la válvula principal (INAT, 1997).

Red de Conducción.- Consiste en transportar el agua desde el sitio de captación hasta el área de riego. Generalmente la disponibilidad de agua en las zonas de ladera es reducida, es necesario transportarla por ductos cerrados como: tubería de P.V.C., asbesto cemento o canales revestidos que garanticen una buena eficiencia en la conducción (Arango, 1998).

En los sistemas de riego en ladera, la red de riego se encuentra constituida normalmente por una o dos tuberías principales, y varias tuberías secundarias o ramales, con varios hidrantes destinados a proveer de agua a las alas de riego en las cuales van los aspersores (INAT, 1997; Calvache, 1997).

Es frecuente que en los sistemas de riego en ladera, la bocatoma se encuentre más alta que la zona en donde se va aplicar el riego, de tal manera que mediante el uso de tuberías en lugar de canales o acequias, el agua puede llegar a los predios con la calidad, el caudal y la presión suficientes para operar el sistema de riego, sin desperdicios ni necesidad de motobombas (Keller, 1988).

Cada sistema de riego debe disponer del correspondiente plano de la red de conducción. En el plano debe indicar la localización, el diámetro y la presión de trabajo de las tuberías de cada tramo de la red de conducción de agua. En la línea principal y en los ramales también aparece la localización de los principales accesorios, válvulas y estructuras (Arango, 1998).

Distribución del agua

El sistema de distribución a emplear es el de gravedad, para lo cual se debe considerar la diferencia de nivel entre la captación y el área de riego. Cuando esto no sea posible se emplearán los equipos de bombeo con las condiciones requeridas para que funcionen los sistemas de aplicación de acuerdo a las condiciones propias de cada proyecto (INAT, 1997; Calvache, 1997).

El Hidrante, el regulador de presión y el ala de riego

En cada predio se dispone de los hidrantes o tomas de riego. Cada hidrante se acciona hundiendo la llave bayoneta que está en uno de los extremos de la manguera que lleva el tubo elevador y el aspersor, éste conjunto se llama ala de riego. Para la protección de los hidrantes, se construye cajas con su correspondiente tapa y candado para evitar daños a este elemento (Arango, 1998).

El aspersor puede tener una o dos boquillas, que son los orificios a través de los cuales sale el chorro de agua a presión, que hace impacto sobre el brazo y se produce el fraccionamiento del chorro en pequeñas gotas de lluvia. Este brazo, al regresar por efecto del resorte, golpea el cuerpo del aspersor y

produce parte del giro. Algunos aspersores vienen con un tornillo difusor, el cual ayuda a romper el chorro en gotas muy finas y sirve para que así los agricultores efectúen el riego, por ejemplo de semilleros. Otros, disponen de un mecanismo de giro parcial, muy útil para regar en los bordes y en las esquinas de los lotes (PAVCO, 1985).

Sistema de Aplicación

En las zonas de ladera la disponibilidad del recurso hídrico es cada vez más reducida, por lo tanto se hace necesario emplear un sistema de riego de alta eficiencia de aplicación, que garantice la conservación de los suelos, su adecuada explotación y el manejo racional del recurso agua, que tenga además en cuenta las características topográficas y agrológicas de los suelos, así como también los tipos de cultivos (INAT, 1997; Calvache, 1997). Los sistemas de aplicación más recomendados son por goteo y por aspersión.

RIEGO POR GOTEO

El método de riego por goteo, es la técnica más avanzada de que se dispone actualmente para la aplicación eficiente de agua a los cultivos, y consiste fundamentalmente, en aplicar el agua en zona radicular, en forma de gotas, mediante un sistema de tuberías y emisores, logrando la máxima eficiencia en la distribución hídrica. El principio básico comprende la entrega a baja presión de agua limpia a través de emisores individuales. Este sistema de riego requiere menos energía que los sistemas de aspersión. Además, como sólo maneja una parte del suelo, se pierde poca agua por evaporación, excepto la que pasa por la planta y sale al aire por transpiración, de modo que se obtiene una eficiencia de aplicación superior al 90%. El goteo es un tipo de riego de flujo diario, ya que normalmente se aplica diariamente, pero en volúmenes reducidos, evitando, de esta manera, la lixiviación de elementos nutritivos. (Calvache, 1998).

Las características técnicas de este sistema lo presentan como un método sofisticado, delicado, funcional, eficaz y costoso, pero hay que tener presente que, todas las ventajas del método de riego por goteo se convierten en desventajas, cuando el sistema está mal diseñado, mal instalado, mal operado, o no se realizan los trabajos de mantenimiento necesarios para un óptimo funcionamiento (Taípe y Calvache, 2007; Calvache, 1998).

Es básico establecer previamente la necesidad o las razones por las que se pretende establecer un equipo de riego por goteo. Las razones pueden ser variadas, pero las más frecuentes pueden ser: Poco agua en la zona, problemas con la topografía del terreno, aumento de la producción, rentabilidad económica del cultivo, mala calidad de agua, adelanto de la maduración de los frutos, ahorro de mano de obra, etc. (Calvache, 1998; Taípe y Calvache, 2007).

Ventajas

- a) Ahorro de agua, debido principalmente a la conducción en tuberías hasta el pie de la planta, la eficiente aplicación y, sobre todo, porque se eliminan las pérdidas de infiltración profunda y evaporación de la superficie del terreno.
- b) Adaptación a cualquier tipo de clima, suelo y casi todos los cultivos en hilera, aunque es preferible utilizar en explotaciones altamente rentables, como aquellas dirigidas al mercado externo, como frutales, hortalizas y flores.
- c) Permite la aplicación de los fertilizantes a través del agua de riego, los cuales son depositados directamente en el área radicular, con lo cual se logra una alta eficiencia.
- d) Con este sistema, podría utilizarse aguas que tengan altos contenidos de sales solubles, debido a la baja tensión a que se encuentra retenida el agua en el suelo, ya que las sales son desplazadas a las orillas del bulbo de humedad que se forma por cada gotero.

- e) Es de fácil aplicación en terrenos con topografía accidentada, que no pueden ser irrigados con riego tradicional y en los cuales debe evitarse la erosión.
- f) Mientras se riega, pueden realizarse simultáneamente las labores de cultivo. Control de plagas y enfermedades y cosecha, debido a que aún estando regando, se puede transitar libremente por el terreno cultivado.
- g) Su fácil operación y la poca incidencia de malas hierbas, que crecen solamente en las partes húmedas, determina ahorro de mano de obra.
- h) Puede utilizarse en situaciones en las cuales existe poco caudal donde sería difícil y antieconómico usar otros métodos de riego.
- i) Permite la programación de la cosecha y adelanta la época de la producción, tanto en cultivos anuales, como en los permanentes, alcanzando con esto los mejores precios en el mercado.
- j) Facilita el control de la humedad del suelo a capacidad de campo, o cerca de este estado, por lo que hay mayor disponibilidad de agua y nutrientes y la planta debe hacer un mínimo esfuerzo para absorberlos.
- k) Se incrementa la producción en cantidad y calidad porque las plantas pueden utilizar su mayor energía disponible para producir (Calvache, 1998).

Desventajas

- a) Alto costo de instalación, debido a que varias partes del equipo son importados y sufren los efectos de la inflación tanto nacional como internacional. Pero estos costos se pueden amortizar en el tiempo con el ahorro de agua, mano de obra, incremento en rendimientos, y la mayor seguridad en la producción.
- b) Se requiere una eficiente y adecuada operación del equipo para que funcione con la eficiencia proyectada.
- c) Los agricultores desconocen los principios básicos del método de riego por goteo, lo cual determina un manejo deficiente, un menor rendimiento y se afecta al suelo con problemas de salinidad y exceso de humedad, que determina mayor incidencia de plagas y enfermedades.
- d) Los fertilizantes altamente solubles con excepción de la urea no son de fácil adquisición y son de alto precio.

RIEGO POR ASPERSION

Este sistema de riego distribuye el agua en forma de lluvia, mediante aspersores que giran alrededor de un eje por la fuerza de la presión hídrica. Los aspersores van conectados a una tubería, denominada ala de riego, y sobre tubos elevadores verticales, que disipan la turbulencia adquirida por el agua al pasar de la tubería al aspersor. No precisa ninguna preparación previa del suelo y su eficiencia en la aplicación del agua es superior a los riegos por superficie. Se recomienda cuando existe poca disponibilidad de agua, una alta o baja velocidad de infiltración del agua, una excesiva parcelación o un relieve accidentado. No es adecuado en zonas de fuertes vientos, ni con agua salina en cultivos cuyas hojas se dañen al quedar las gotas en ellas. La intensidad de la lluvia no debe superar la capacidad de infiltración del suelo, para no encharcarlo (Cisneros, 2002; Keller, 1988).

Tipos de aspersores, por su forma de girar:

- De impacto: giran a impulsos del chorro de agua sobre un brazo oscilante.
- De turbina: tienen un giro continuo, al discurrir el agua por un mecanismo de turbina.

Tipos de aspersores, por su presión de trabajo:

- De baja presión: se clasifican así cuando tienen una presión menor o igual a $1,5 \text{ kg/cm}^2$. Son capaces de mojar un radio de hasta 12 m, como máximo.
- De media presión: entre $1,5$ y $4,5 \text{ kg/cm}^2$. El radio mojado varía entre los 12 y los 25 m.

- De alta presión: cuando la presión de trabajo es superior a $4,5 \text{ kg/cm}^2$. El radio de cobertura puede alcanzar hasta 60m.

Ventajas

- Puede ser utilizado con facilidad en terrenos con pendientes pronunciadas;
- Se puede dosificar el agua con una buena precisión;
- No afecta el material vegetal sometido a riego, ya que se elimina la presión que el agua puede ofrecer a las plantas; y como es homogénea su distribución sobre el material vegetal, el riego de la vegetación por aspersión es total y se distribuye suavemente el agua sobre toda el área deseada.

Desventajas

- El consumo de agua es mayor que el requerido por el riego por goteo; siendo este muy importante en cada caso de riego
- Se necesita determinar bien la distancia entre aspersores, para tener un coeficiente de uniformidad superior al 80%.

EVALUACION DEL RIEGO POR GOTEO Y ASPERSION EN LADERAS

La agricultura en los Andes se enmarca en sistemas de baja entrada y baja salida, produciendo principalmente para autoconsumo y permitiendo que tan solo una pequeña fracción de la cosecha pueda ser comercializada. La inversión en fertilizantes y la mecanización es escasa o nula. La mayoría de los agricultores utilizan la tracción animal y energía generada manualmente para cultivar la tierra. Los agricultores no tienen un control en la cantidad de agua entregada al suelo, ni en la cantidad de agua que se pierde por infiltración profunda. De esta manera, el riego se conduce de forma empírica y presenta valores muy bajos de uniformidad y eficiencia de aplicación (Cisneros, 2002).

De manera general, las instituciones donde se desarrolla investigación, tienen una pobre relación con los organismos de extensión, habiendo sido éste, el problema más serio detectado para el avance de programas de investigación para el desarrollo y de extensión, (FAO, 1984). Los extensionistas miran a la investigación como un trabajo aislado que no genera tecnología apropiada para los agricultores, mientras que los investigadores se plantean muchos cuestionamientos respecto a la capacidad de la extensión para un trabajo eficiente (Quimsumbing, 1984). Siendo el desafío para la investigación, el lograr combinar adaptaciones de diseño a las difíciles condiciones físicas y de manejo en montaña, que puedan ser adoptadas fácilmente por los usuarios, se recomienda que la investigación sea de manera participativa en la cual agricultores, investigadores y extensionistas trabajen juntos (Watkins, 1990).

En el riego por aspersión no se presenta escorrentía siempre y cuando la intensidad de aplicación sea inferior a la velocidad de infiltración del suelo (Cisneros, 2002). La uniformidad de distribución del agua dentro del perfil del suelo depende primordialmente de la uniformidad con que el agua es aplicada sobre la superficie del mismo (Calvache, 1998).

En el riego por goteo usualmente no se presenta escorrentía, las pérdidas por percolación profunda que pueden presentarse son debidas a las aplicaciones no uniformes causadas por diferencias de presión, variaciones en la fabricación de los goteros y una aplicación extensiva de agua (Taipe y Calvache, 2007).

Los parámetros de operación utilizados para describir que tan bien opera un sistema de riego son: eficiencia de conducción, eficiencia de aplicación, eficiencia de uso de agua de riego, uniformidad de distribución y eficiencia de almacenamiento (Calvache, 1998).

Las pérdidas de agua en los sistemas de conducción reducen la disponibilidad del agua para los cultivos a nivel predial, contribuyen considerablemente a crear problemas de drenaje en predios locales e incrementan los requerimientos de mantenimiento a lo largo del canal. La eficiencia de conducción de un canal de riego puede estimarse si se conoce la cantidad de agua recibida a la entrada de un canal (Q_i), comparada con el agua recibida a la salida del canal (Q_f), multiplicado por 100 (Calvache, 1998).

$$E_c = (Q_f/Q_i) \times 100$$

La eficiencia de aplicación (E_a) es la relación de la lámina promedio aplicada realmente almacenada en la zona radicular y la lámina promedio de agua aplicada, multiplicada por 100.

Se expresa comúnmente en porcentaje:

$$E_a = (\text{Agua almacenada}/\text{Agua aplicada}) \times 100$$

Para calcular la cantidad de agua almacenada se puede utilizar cualquier método de medida de la humedad del suelo como los tensiómetros, sonda de neutrones, gravimetría, resistencia eléctrica, etc. (Calvache, 1998).

La eficiencia de uso de agua (E_{ua}) es la relación de la evapotranspiración sobre la lámina de agua aplicada, multiplicado por 100.

$$E_{ua} = (\text{Evapotranspiración}/\text{Agua aplicada}) \times 100$$

Para calcular la Evapotranspiración real del cultivo se puede utilizar el método del balance hídrico (Calvache, 1998) o el método climatológico utilizando el Lisímetro MC y el coeficiente de cultivo (K_c) para cada etapa fisiológica del cultivo (Calvache, 1997).

La uniformidad de distribución (UD), describe la relación entre la lámina de agua infiltrada en la cuarta parte del campo que recibe las menores cantidades de agua y el promedio de la lámina aplicada en forma de ecuación.

$$UD = (\text{Lámina promedio infiltrada en el cuarto inferior} / \text{Lámina promedio infiltrada}) \times 100$$

En el riego por aspersión la lámina infiltrada puede reemplazarse por la lámina aplicada:

El coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC), que relaciona la variabilidad espacial de la lámina de riego distribuida en todo el campo. Para ello es necesario calcular el coeficiente de variación (C_v) de todas las mediciones.

$$CUC = 100 - C_v(\%)$$

Esta fórmula puede ser también utilizada en el riego por superficie, donde la lámina aplicada es reemplazada por la lámina infiltrada.

Los parámetros de eficiencia y uniformidad ayudan a cuantificar la uniformidad y el grado en que el riego es adecuado, de manera tal que el funcionamiento del sistema pueda ser evaluado, mejorado y mantenido.

En el Ecuador se han realizado algunos estudios que determinaron la eficiencia de conducción en sistemas de riego en suelos de ladera con pendientes que varían del 10 al 20%, obteniéndose como resultados eficiencias de 70 a 90% en canales revestidos, 95 a 100% en tuberías y 30 a 60% en canales no revestidos (Calderón y Calvache, 2006; Pacheco y Calvache, 2006; Coello y Calvache, 2006; Gonzales y Calvache, 2006; Fernández y Calvache, 2006; Lizano y Calvache, 2007). En todos los trabajos realizados se

encontró que la falta de capacitación de los usuarios en el manejo del agua a nivel de finca era el principal factor negativo para las bajas eficiencias de conducción y de uso del agua.

La uniformidad de distribución y el coeficiente de uniformidad de Christiansen fue determinado por Calvache (1997), Martínez y Calvache, (2006) e Hidalgo y Calvache, (2007), en suelos de ladera irrigados por aspersión, obteniendo valores entre 80 y 95%, observándose que se puede aumentar la uniformidad cuando se aumenta el traslape. Los rendimientos de los cultivos fácilmente se duplican cuando se hace una buena planificación y control del riego por aspersión.

Cisneros (2002) determinó en suelos de ladera de la zona del austro, que las velocidades de infiltración permitidas para los aspersores eran menores que las reportadas en la literatura, por lo que recomienda utilizar aspersores de baja pluviosidad. Cisneros et al. (2004), también evaluaron el efecto que tiene el soporte técnico en el manejo de los sistemas de riego por aspersión en zonas de montaña. Los valores de coeficientes de uniformidad variaron entre 60 y 90%, los cuales disminuían conforme se incrementaba la pendiente del terreno. Sin embargo estos valores aumentaron notablemente cuando los agricultores participaron en la investigación y fueron capacitados. Coeficientes de uniformidad de 44% antes de la capacitación, aumentaron al 90% después de la capacitación en una misma área. La Eficiencia de aplicación aumento de 44% cuando el agricultor no fue entrenado a 94% después de que el agricultor fue capacitado, reduciéndose las pérdidas por escorrentía superficial a valores menores al 8%.

CONCLUSIONES

- Los sistemas de riego por goteo y aspersión son una alternativa tecnológica en la agricultura de suelos de ladera, por su bajo costo de instalación, mantención y una facilidad en la operación.
- Las principales ventajas que presentan los sistemas de riego por goteo y aspersión son que utilizan el desnivel del terreno como fuente de energía, no contamina, no hace ruido y optimiza el uso de agua en la producción.
- Existen varios trabajos realizados en Ecuador sobre la evaluación de sistemas de riego por goteo y aspersión en zonas de ladera que demuestran la bondad de los sistemas de riego a presión.
- La capacitación de los agricultores en el manejo del riego por goteo y aspersión a nivel de finca, puede incrementar notablemente la eficiencia de uso del agua y los rendimientos de los cultivos en suelos de ladera

BIBLIOGRAFIA

- Arango, J. 1998. Manual de operación y mantenimiento para los sistemas de riego en ladera. Universidad Nacional de Colombia. 27 pp.
- Calderón, S. y Calvache M. 2006. Estudio de Distribución Técnica del agua del ramal Chichipata (zona 1), del Sistema de Riego Tumbaco, Pichincha. Revista Rumipamba. Vol.XX – No.1. p 41.
- Calvache, M. 1997. Manejo de agua de riego en el cultivo de fréjol (*Imbabello*) en suelos de ladera, Prov. Pichincha. In : Seminario Regional sobre Evaluación de Estrategias y Acciones de Manejo y Conservación de Suelos de Ladera para el Desarrollo Sostenible, Ibarra (Ecuador)11-15 Nov 1996, IICA Venezuela p. 82-89.
- Calvache, M. 1998. Introducción a la Agricultura de Regadío. PRONADER-IICA Quito, 160 p.

- Cisneros, F. 2002. Mountain irrigation: performance assessment and introduction of new concepts to improve the water distribution at field level. PhD-dissertation, Faculty of Bioscience Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium.
- Cisneros, F., P. Torres, y J. Feyen. 2004. Derivation of Sprinkler Application Rate for Steep Sloping Fields, ASCE American Society of Civil Engineers.
- Coello, R. y M. Calvache. 2006. Estudio de distribución técnica del agua del ramal ILALÒ, zona 3, del Sistema de Riego Tumbaco. Revista Rumipamba. Vol. XX - No.1. p 55.
- FAO. 1984. Agricultural Extension: A Reference Manual. 2nd edition. FAO, Rome. World Bank. 1985. Agriculture Research and Extension: An evaluation of the World Bank's experience. Washington, D.C. pp. 3-100.
- Fernandez, C. y M. Calvache. 2006. Estudio de Distribución Técnica del Agua para usuarios del Ramal Churuloma (zona 2) del Sistema de Riego, Tumbaco – Pichincha. Revista Rumipamba. Vol. XX- No.1. p 45.
- González, D. y M. Calvache. 2006. Estudio de Distribución Técnica del Agua en el Ramal Churuloma (Zona 1) del Sistema de Riego Tumbaco – Pichincha. Revista Rumipamba. Vol. XX- No.1. p44.
- Hargreaves G.L. & Z.A. Samani. 1991. Irrigation Scheduling/Programación del riego. A bilingual manual CID.
- Hidalgo, D. y M. Calvache. 2007. Influencia del Riego en el Comportamiento de tres híbridos tenera de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis Jacq*) de dos años de edad. La Concordia, Esmeraldas. Revista Rumipamba. Vol. XXI – No. 1 p15.
- INSTITUTO NACIONAL DE ADECUACION DE TIERRAS (INAT), 1997. Manual para la operación y mantenimiento de sistemas de riego en pequeña escala. Sincelejo –Sucre. INAT., p83.
- Keller, J. 1988. Manual de diseño de sistemas de riego por aspersión y goteo. Centro Internacional de Riegos. USA, UTAH, 1988 p 85.
- Lizano, R. y M. Calvache. 2007. Estudio de Distribución Técnica del Agua para 251 usuarios del ramal La Viña del sistema de riego. Tumbaco, Pichincha. Revista Rumipamba. Vol. XXI – No. 1 p 9.
- Martínez, O. y M. Calvache. 2006. Influencia del riego en el comportamiento de tres híbridos tenera de Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis. Jacq*) de diferentes orígenes. Santo Domingo – Pichincha. Revista Rumipamba. Vol. XX- No.1. p 93.
- Pacheco, E. y M. Calvache. 2006. Estudio de Distribución Técnica del agua, del ramal Chichipata (zona 2), del Sistema de Riego Tumbaco, Pichincha. Revista Rumipamba. Vol. XX- No.1. p42.
- Quimsumbing, E. 1984. New direction in research-extension linkages. In: Planning and Management of Agricultural Research. D. Elz (ed.). A World Bank and ISNAR Symposium. Washington, D.C.: World Bank.



Taibe, M. Y M. Calvache. 2007. Evaluación de dos métodos de riego por goteo y dos abonos orgánicos en el cultivo de rosas Var. PREFERENCE. Revista Rumipamba. Vol. XXI – No. 1 p13.

Watkins, G. 1990. Participatory Research: A Farmer's Perspective. American Journal of Alternative Agriculture 5 (4): 160-163.