



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE
CAFÉ EN LA REGIÓN DE CÓRDOBA VERACRUZ.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

BRANDON FUENTES ILLESCAS

ASESOR DE TESIS:

Ing. Fermín Zumbardo Juárez

COATZACOALCOS, VER.

ENERO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS:

Gracias a Dios por darme las fuerzas y coraje para poder concluir esta etapa de la vida, y por darme unos padres que me brindaron su apoyo en todo momento.

A mis amigos los cuales me apoyaron en cada semestre, a mi hermana la cual estuvo en mi proceso.

TÍTULO:

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE CAFÉ EN LA REGIÓN DE CÓRDOBA VERACRUZ.

HIPOTESIS

Con la implementación del sistema de riego localizado se busca solucionar la hidratación del cultivo y mejorar la calidad del grano de café.

JUSTIFICACION

Teniendo en cuenta la problemática en la que se han visto inmersos los campesinos de la región a causa de la falta de sistemas de riego en los cultivos de café de san miguelito situado en Córdoba Veracruz, el proyecto se constituye como un alternativa muy importante al momento de hacer una tecnificación de las pequeñas fincas que están dedicadas a la labor agraria, por consiguiente, de optimizar el promedio de vida útil de los plantíos y el aumento cuanto a la calidad y cantidad de las cosechas, repercutiendo en el mejoramiento de las condiciones de vida de la población dedicada al cultivo de estos productos, así como también, en el desarrollo económico de la región.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema adecuado de riego por goteo que funcione por gravedad; Para optimizar el crecimiento, rendimiento y producción de las plantas de café durante la vida útil de los cultivos, a fin de incrementar las utilidades generadas en la producción e incentivar al desarrollo económico y social en el municipio de Córdoba Veracruz.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Tecnificar las pequeñas fincas de los campesinos que se dedican al cultivo de café en el municipio de Córdoba Veracruz.
- ✓ Manifestar a la comunidad, los beneficios que se pueden alcanzar con la implementación de un sistema de riego por goteo.
- ✓ Expresar la importancia de la inversión, como una oportunidad innovadora en los procesos de producción.
- ✓ Hacer del riego por goteo una herramienta multipropósito.

INDICE

Introducción	8
Capítulo I Antecedentes	
1.1 Antecedentes históricos	10
1.2 Tipos de riego	12
1.3 Historia de la legislación cafetalera	29
Capítulo II Marco teórico	
2.1 Planteamiento del problema	31
2.2 Necesidades de cultivo de la planta de café	36
2.3 Método actual de riego de café	42
2.4 Hidrología, arquitectura del suelo y movimiento del agua	43
Capítulo III Desarrollo del sistema de riego	
3.1 Componentes de un sistema de riego localizado	57
3.2 Beneficios e inconvenientes del sistema de riego por goteo	61
Capítulo IV Costos	
4.1 costos	67
Conclusión	72
Bibliografía	73
Glosario	74

Introducción

La existencia de vida en nuestro planeta está íntimamente asociada y condicionada a la presencia del agua, y sobre todo la humanidad la requiere en cantidad y calidad suficiente, adecuada para satisfacer sus necesidades.

Dada la creciente escasez del agua en el planeta, debida a los cambios climáticos y al existir hoy una mayor demanda de los limitados recursos hídricos.

El agua es un recurso cada vez más escaso que debe manejarse cuidadosamente. En la actualidad más del 40% del agua destinada para riego se pierde (por infiltraciones, malos diseños de canalizaciones, etc.) antes de que llegue a los cultivos.

Como solución a este problema en la finca de café situada en el estado de Córdoba Veracruz se implementa un Sistema de Riego por Goteo, ha sido introducido en algunos plantíos de distinta producción, desde hace algunos años.

En este proyecto veremos la eficiencia que tiene usar este método de riego, al igual la ventajas y desventajas, con este sistema se pretende logra minimizar las pérdidas por infiltración profunda y lo más importante, se reduce el escurrimiento superficial. Así, el agua aplicada es solamente la que el cultivo requiere para su crecimiento y producción. Que espero sea considerado su implementación en la finca.

Con este sistema de riego se puede hacer producir mejor los suelos o terrenos pedregosos o con contenido salino, que es uno de los conflictos que se tiene en el terreno donde se encuentran los plantíos de café, lo que tal vez no sería factible de lograr con los sistemas como aspersión, surcos entre otros.

Con el Sistema de Riego por Goteo observaremos sólo se humedece una parte del suelo, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica riegos más continuos. Estas características del riego por goteo nos dan una serie de ventajas tanto agronómicas al igual económicas.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes históricos

Los primeros registros de riego en la agricultura se remontan al año 6000 a.C. en Egipto y en Mesopotamia (Irak e Irán en la actualidad) cuyos pobladores utilizaban los patrones de riada del Nilo o del Tigris y Éufrates, respectivamente. Las inundaciones que ocurrían de julio a diciembre, era desviada hacia los campos durante unos 40 o 60 días. Luego drenaban el agua hacia el río en el momento preciso del ciclo del cultivo.

En el año 3500 a.C. se empieza a utilizar el nilometro, una medida del nivel de agua del río Nilo este indicador de inundación consistía en una columna vertical sumergida en el río con marcas de profundidad, en intervalos.

Un segundo diseño consistía en una serie de escaleras descendiendo en el río.

Cuatro siglos después, en la primera dinastía de Egipto, se construyó el primer proyecto de riego a gran escala, bajo el reinado del rey Menes. Se utilizaron presas y canales para dirigir las aguas de inundación del Nilo hacia el lago Moeris.

Sería ya un milenio más tarde cuando aparecieron las tuberías de cemento y de roca molida. Los famosos acueductos, una invención construida por los ingenieros romanos, permitían transportar el agua salvando los desniveles del terreno.

El rey babilónico Hamurabi, autor del famoso código jurídico, fue quien elaboró las primeras regulaciones sobre el agua. Tenían en consideración la distribución del agua de una manera proporcional, con base en la superficie labrada, también se definía la responsabilidad del agricultor de realizar mantenimiento de los canales de propiedad, así como la administración colectiva del canal por parte de todos sus usuarios.

En este punto de la historia, el desarrollo agrícola radicaba en una serie de técnicas para manejar el agua de riego a través de los sistemas de distribución y en la construcción de terrazas de cultivo, se desarrollaban tecnologías enfocadas a mitigar los efectos de erosión, aminorar las inundaciones, retener la humedad, y permitir captaciones, traslados y almacenamiento.

Por otro lado, en la cultura azteca destaco el conocido como cultivo por chinampas, que consistía en una construcción de campos elevados dentro de una red de canales dragados sobre el lecho del lago. Así se reciclaban los nutrientes arrastrados por las lluvias. Los mayas, que estaban asentados en la selva tropical, establecieron diferentes técnicas adecuadas para cada tipo de terreno: campos elevados en zonas inundables y terrenos con desnivel en zonas de excesiva humedad. Construían terrazas de cultivo sostenida por muros, así podían modificar las pendientes del terreno, contribuyendo a preservar la humedad y a la mejorar la fertilidad del suelo

En Asia

Hace unos 2000 años, china usa los métodos tradicionales de riego por superficie y se fue a un nivel totalmente nuevo de riego, y construcción de canales para la adquisición del agua desde muy lejos. La ciudad que ahora es Camboya, ha tenido un complejo sistema de canales, estanques y embalses para riego y almacenamiento de agua desde el siglo IX y XIV.

En Europa

Los romanos habían construido complejos sistemas de irrigación más de 2000 años atrás. Algunos canales transportaban agua de las montañas y lo deposito en los embalses. Local sistema de ríos de agua de riego también se han descubierto.

Sistemas modernos de riego por día.

Una vez con la era moderna de vapor y las bombas de propulsión eléctrica, sacar agua de los ríos y utilizarla para regar las tierras. Sistema de riego por goteo son hoy en día más eficaz y eficiente de todos. Además, los sistemas de aspersión que utilizan el agua tanto como sea necesario son los sistemas más utilizados.

1.2 Tipos de riego

Cuando se va diseñar un riego hay que tener en cuenta tres premisas fundamentales:

1. El agua se debe captar, transportar y distribuir. En ciertos casos la captación de agua ya se ha efectuado, recibándose una concepción de agua.
2. La cantidad de agua disponible debe ser suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos. En este punto se debe tener en cuenta la eficiencia del riego que se va instalar.
3. El regante debe ser capaz de manejarla adecuadamente.

Por lo general, en el diseño de los regadíos, se hace especial hincapié en los dos primeros puntos, dejándose de lado el tercero, a pesar de su gran importancia y de ser la causa de numerosos fracasos. A ello puede atribuir la dificultad de aplicación en parcelas cuando el diseño no tiene en cuenta todas los condicionantes prácticos existentes, especialmente si varían las unidades de riego.

Sin embargo, se suele considerar que la responsabilidad de riego, a nivel de parcela, es de regante, aunque paradójicamente, no se suele insistir en mejorar sus conocimientos. Hay que destacar la gran importancia que tiene la formación del regante, que debe conocer perfectamente su sistema de riego, con el fin de poder obtener el máximo aprovechamiento del mismo.

Por ello en el diseño de los regadíos es necesario considerar muchos aspectos de la formación y conocimientos del regante que, repetimos, es una pieza fundamental del riego. También se debe tener en cuenta el tamaño y tipo de suelo de la parcela de riego. Todos estos factores deben influir en el método y sistema de riego que se debe diseñar, acorde con las condiciones reales existentes.

Los métodos de riego son tres:

1. Riego por gravedad.
2. Riego por aspersión.
3. Riego localizado.

En ciertos casos se incluye el riego subterráneo. Aquí no lo hacemos pues, casi en la práctica totalidad de los casos, este riego tiene prácticamente las mismas características de los anteriores, variando únicamente en los puntos de la aplicación del agua.

Este riego se utiliza en casos contados, para cultivos generalmente hortícolas, de elevado rendimiento económico, debido a sus mayores costes.

Aunque existen diferentes modalidades, la más común consiste en suministrar el agua a las raíces bajo la superficie del suelo, a una profundidad variable según el suelo y cultivo.

Los tres métodos de riego tienen características distintas y, en consecuencia, rendimientos o eficiencias diferentes. Pero eso no quiere decir que regando con uno o con otro las plantas deban recibir menos agua, si en las mismas condiciones de clima, suelo y aplicación de riego se desea obtener la misma producción. Las diferencias viene determinadas por la forma en la que cada método aporta agua a dicha planta y en que según el rendimiento o eficiencia de cada riego es necesario una mayor cantidad de agua en cabeza del sistema, debido a las pérdidas que se deben quedar bien claro que para que una planta tenga la misma producción, sin variar la frecuencia de riegos, debe recibir prácticamente la misma cantidad de agua sea cual sea el método de riego empleado.

1.2.1 Riego por gravedad:

Es el más antiguo de los métodos de riego y el único que no precisa aporte de energía. En el riego por gravedad, el agua servida en cabeza de parcela o cantero, avanza a lo largo de esta movida por la energía gravitatoria y, al mismo tiempo se va infiltrando. Es el único de los tres métodos tradicionales que utiliza la superficie del suelo para la distribución del agua. Por ello este debe estar bien preparado y nivelado, para que el movimiento del agua no encuentre obstáculos o diferencias de cualquier tipo y pueda ser regular. Estas características diferencian este método de los de aspersión y goteo que necesitan agua a presión y un sistema de distribución compuesto por tuberías y emisores. Como se muestra en la figura 1.

Una característica de este método es que el agua cubre el terreno permaneciendo sobre él durante la duración del riego produciendo un encharcamiento, así como en ciertos cultivos en línea, se utiliza el riego por surcos. Que no moja todo el terreno ni la parte aérea de las plantas. El agua circula por el fondo de los mismo infiltrándose vertical y lateralmente hacia el caballón del surco, donde se encuentran las raíces del cultivo plantado en el lomo o parte superior del mismo.

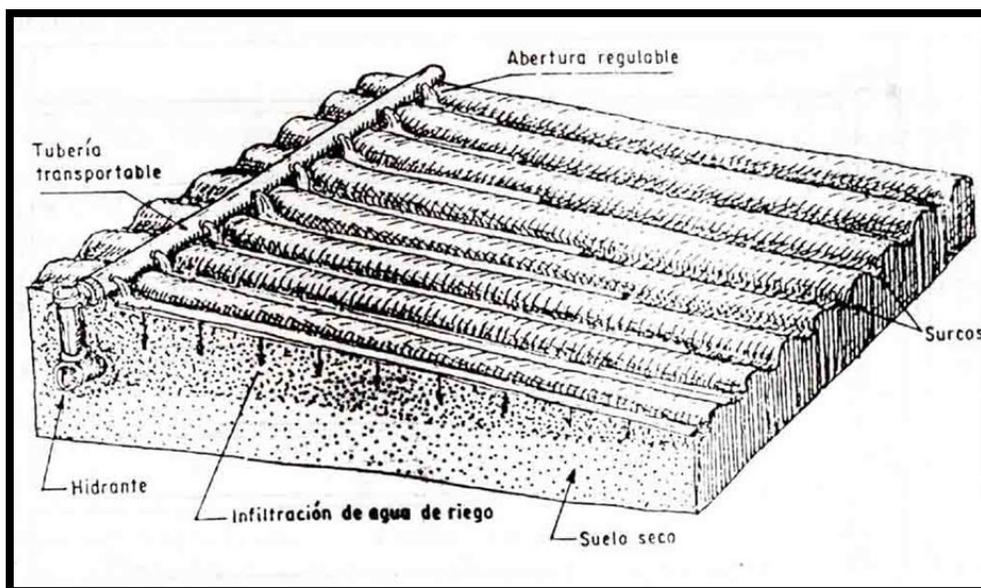


Figura 1 Sistema de riego por gravedad



Figura 2 Riego por gravedad en cultivos

Ventajas e inconvenientes:

Este método presenta unas grandes ventajas como:

1. Las necesidades energéticas son prácticamente nulas, lo que puede ser decisivo con ciertos condicionantes económicos.
2. No necesita material de riego o parcela.
3. Es más económico que otros métodos.

Inconvenientes:

1. Necesita mayor cantidad de mano de obra
2. Las pérdidas de agua pueden ser importantes, tanto por evaporación como por roturas o infiltración.

1.2.2 Riego por cantero:

Para este riego el terreno se subdivide en unidades rectangulares, generalmente estrechas las diferentes unidades de riego van separadas por lomos o caballones longitudinales, cuya primer finalidad es la de servir de contención lateral al flujo del agua durante su avance por el terreno (riego por vertido) y también transversales para contener el agua (riego por inundación).

Dichos caballones suelen ser de tierra, se muestra en la figura 2. Salvo raras excepciones, pueden tener diferentes formas, generalmente en V o en U. su altura depende del calado que puede alcanzar el agua y su anchura, relacionadas con lo anterior, debe ser suficiente para aportarles estabilidad.

Este riego se utiliza generalmente para cultivos tupidos; cereales, praderas, alfalfa, etc., y terrenos con infiltraciones de medidas altas.



Figura 3 Cantero en cultivos

1.2.3 Riego por surcos:

En este riego, como ya se ha dicho, solo una parte del suelo recibe directamente el agua, que corre por el fondo del surco, mientras el cultivo se encuentra en los lomos. La infiltración bidimensional, vertical y lateral, aporta la humedad a la zona de raíces desde ambos lados, siendo recomendable que se unan las zonas mojadas. Si eso no se produce se debe a que la separación entre surcos es demasiado grande. Dicha separación dependerá del tipo de terreno. En la figura 4 se ilustra.



Figura 4 Utilización de surcos en cultivo

1.2.4 Riego por impulsos:

Para aumentar la eficiencia de aplicaciones de agua en los surcos, actualmente se utiliza el riego por impulsos, en el que el aporte de agua se hace por periodos intermitente y no de forma continua. Este sistema presenta las ventajas según las experiencias realizadas, de que el agua avanza más rápidamente al final del surco. Las diferencias de tiempo de contacto entre cabeza y cola son más pequeñas y se logra una vez más uniforme distribución del agua, con menores pérdidas por infiltración profunda de cabeza.

La causa no se conoce aún con exactitud, pero parece ser que tiene que ver con la dispersión de los agregados del suelo. Cuando cesa el flujo del agua las partículas de

arcilla continúan su expansión, disminuyendo el tamaño de los poros. Al mismo tiempo, las partículas más finas, generalmente limosas, arrastradas por la corriente de agua, tienden a depositarse sobre el fondo del surco, con lo cual también disminuye la infiltración.

El manejo de riego se suele efectuar suministrando agua alternativamente a dos surcos o grupos de surcos, durante intervalos de tiempo que dependen del tipo y forma de los mismos.



Figura 5 Riego a presión mediante intervalos

1.2.5 Riego por acordes:

Es un sistema de riego por gravedad que se usa principalmente para el riego de árboles. Su mayor aprovechamiento se produce cuando el marco de plantación es muy grande y, mojando todo el terreno se infiltraría mucha agua en las zonas donde la densidad radicular no es grande, no siendo aprovechada por la planta. Además ofrece la ventaja de evitar la aparición de malas hierbas entre las hileras de los árboles.

Este sistema se debe aplicar a los arboles recién plantados, para que las raíces se desarrollen en las cercanías de la zona mojada. Si se quiere modificar el sistema de riego, con adultos donde se riega toda la superficie, se recomienda ir reduciendo

paulatinamente la zona mojada, en la que se producirá un mayor desarrollo radicular. Quedando las raíces de las zonas secas en dormición.

En ciertos casos sobre todo en terrenos ligeros y zonas con escasez de suministro hídrico, para evitar pérdidas por infiltración en las regueras, se suelen cubrir estas con una lámina plástica.

1.2.6 Riego por aspersión:

La aspersión es un método de riego que distribuye el agua de forma de lluvia sobre el terreno. El agua no se transporta, como el riego de pie, al cielo abierto o, más modernamente, mediante tuberías de baja presión aprovechando la pendiente del terreno, si no que va conducción forzada hasta el aspersor y desde este, por el aire, cae en forma de lluvia sobre la parcela, infiltrándose, sin desplazarse por el suelo. Para poder ser distribuida de forma eficiente es necesario instalar material de riego en parcelas, así como que el agua alcance una cierta presión, llamada presión de trabadores aspersor. se muestran en la figura 6 los tipos de aspersores.

Dicho material está construido por aspersores y tuberías, al que es necesario añadir, por lo general, un grupo de bombeo que proporcione la presión de trabajo necesario.

Esta método represento un avance en la tecnología del riego, ya anteriormente se regaba solo por gravedad. En pocos tiempo aumento de manera espectacular su utilización su utilización en los regalías, debido a la mayor adaptabilidad que presenta en terreno con topografía y propiedades físicas no demasiado apropiadas para dicho riego tradicional y a la posibilidad de regar nuevas tierras que, hasta entonces, se consideraban no aptas para el riego, por carecer de la tecnología adecuada.



Figura 6 Riego por aspersores

Ventajas de la aspersión:

1. Permite el riego de terrenos muy ondulados, sin necesidad de sistematización de los mismos.
2. Permite el riego de terrenos que no es posible nivelar o cuya pequeña o alta conductividad hidráulica no aconsejan el riego por gravedad debido a las

cuantiosas pérdidas que se producen, por escorrentía y arrastre de terreno en el primer caso y por infiltración profunda en el segundo.

3. Permite una disminución de la mano de obra necesaria en el riego, en comparación de los sistemas tradicionales por gravedad.
4. Permite regar casi todos los cultivos, salvo algunos muy delicados a los que el tamaño de la gota puede causar daños. En este caso se deben tener en cuenta que las fuertes lluvias pueden causar el mismo efecto.
5. Evita la contricción de canales y acequias sobre el terreno, tanto de los definitivos como de los provisionales. no existen obstáculos para una fácil mecanización, cada vez más necesaria en la agricultura moderna, y para un manejo más eficaz y rápido de la maquinaria, lo que repercute en menores gastos e utilización de esta.
6. Al mismo tiempo desaparecen los trabajos de conservación de dichas redes de distribución, que tan necesarios son para una buena eficiencia en el uso del agua. en cuanto a la superficie cultivada que por esta misma razón se gana, salvo raras excepciones, no tiene gran repercusión, aunque algunos autores le dan gran importancia.
7. Conserva las propiedades físicas óptimas del suelo, al no necesitar movimiento de tierra que destruyen su estructura.

Desventajas:

1. Elevado coste de instalación respecto al riego por gravedad, debido a la necesidad de disponer, salvo raras excepciones en que exista una presión suficiente del agua, de grupos de bombeos, así como de las tuberías y aspersores. Aunque la obra de infraestructura sea realizada por un ente estatal, como en el caso de riego por gravedad, la adquisición del material que se va utilizar en parcelas corre por cuenta del regante.
2. Mayores costos de funcionamiento respecto a los otros métodos, ya que necesita una presión de trabajo a la salida del aspersor como mínimo del orden de 20 m.c.a. en cabeza de la instalación la presión necesaria será mayor,

debido a las pérdidas de carga que se producen en las tuberías, aumentando con la longitud de estas últimas.

3. Necesidad de suministros de agua de forma continua o al menos lo más prolongada posible.

1.2.7 Riego localizado:

Es el más moderno de los métodos y su desarrollo se debe principalmente a los avances tecnológicos desarrollados en las últimas décadas, sobre todo en el tema de los plásticos.

El riego localizado es un método que agrupa todos los sistemas caracterizados por una red de distribución fija y en carga, que permite pequeños aportes hídricos continuos o frecuentes en lugares determinados en relación con el cultivo, de formas que la infiltración de dicha agua solo se produzca que la infiltración reducida de la superficie del suelo.

Al no depender de las condiciones edáficas, ni de las climáticas, ya que el agua va siempre entubada hasta su aplicación al terreno, permite una buena eficiencia de riego en casos de difícil utilización de los otros dos métodos. Es muy usado en condiciones especiales de mala calidad de suelos y/o aguas y condiciones climáticas adversas, sobre todo en terrenos muy ligeros, aguas salinas y condiciones xéricas.

Suele ser un sistema fijo, que cubre todo el terreno, por lo que la mano de obra necesaria es mínima y permite la alta frecuencia de riego sin aumentar los gastos. Manteniendo un alto contenido de agua en la zona de raíces, con las consiguientes ventajas para la producción de los cultivos. Punto que trataremos con detalle.

Generalmente se considera este tipo de riego como una técnica nueva, completamente desarrollada durante los últimos 25 o 30 años. A este respecto hay que matizar que situar diferentes cerca de las raíces el agua de riego que necesitan las plantas no es una invención reciente: desde el siglo XIX se practica el riego subterráneo. Pero, aunque sus ventajas se habían considerado indiscutibles, la tecnología de la época, que han hecho posible el uso de tuberías de pequeño diámetro y de emisores a precios

baratos, han permitido dicho logro. en la figura 7 se aprecia el sistema en funcionamiento.

Existen dentro del riego localizado varios sistemas, siendo los principales riego por goteo, riego por tubería o cintas perforadas y micro aspersores.



Figura 7 Muestra de riego localizado

- a. **Riego por goteo.** El agua se distribuye puntualmente a través de unos emisores que la depositan gota a gota sobre el terreno, llamados goteros. Su pequeño caudal y superficie mojada por cada uno de ellos, hace que su número sea muy elevado, especialmente en horticultura y que necesita mayor cantidad de tuberías, en las que van injertados los goteros, es el sistema más difundido y al que dedicamos mayor atención.
- b. **Tuberías o cintas.** Suministran el agua a lo largo de toda su longitud, a través de orificios, pueden ser de dos tipos;
 - Perforadas, con orificio a distancia constantes.
 - Porosas, que resuman agua de forma continua.

Su fabricación es más simple que los goteros y su principal inconveniente es la falta de uniformidad en la aplicación del agua, con peor eficiencia del riego, en contrapartida, su bajo precio permite que las instalaciones sean más baratas que las de goteo, en general se puede decir que son menos empleadas.

- c. **Micro aspersión.** Este sistema utiliza micro aspersores o difusores para distribuir el agua, con radio mojado pequeño, menor de 6 metros. Aun que una pequeña parte del recorrido del agua se hace por aire no suelen existir problemas de evaporación. La superficie mojada es mayor que en el caso de goteros, por lo que se usa, sobre todo, para el riego de árboles, en donde, un micro aspersor puede sustituir a varios goteros. Puede crear además, un cierto clima que en ciertas especies es más favorable para la producción.



Figura 8 Utilización de riego localizado en cultivos

Ventajas e inconvenientes:

El riego localizado y en especial el goteo, está perfectamente adaptado a los cultivos en líneas, típicos de la horticultura, tendiendo los ramales a lo largo de las hileras de plantas. Esta disposición facilita otras labores de cultivo, ya que se pueden utilizar con comedia las interlineas que a diferencias de otros tipos de riego, no se humedecen, siendo posible simultanear las prácticas culturales con el riego.

1. La instalación suelen ser fijas por lo que la mano de obra aun en las instalaciones es rudimentarias es mínima, lo que facilita la alta frecuencia de aplicaciones. Dichas altas frecuencias obligan a pequeños aportes hídricos, generalmente reponiendo el consumo de las plantas. El pequeño caudal unitario de los emisores permite un mejor control en las aplicaciones del agua. lo que permite tener una alta eficiencia en este tipo de riego.

No mojando toda la superficie se puede lograr un mejor consumo de agua debido a la menor evaporación, producida por el suelo, dependiendo del agua mojada. Sin embargo la cantidad de agua no se reduce en la misma cantidad que las superficies evaporan te, puesto que estos están alimentadas de forma prácticamente continua, siendo su evaporación permanente.

Al disminuir la evaporación, el volumen de agua correspondiente se encuentra disponible y puede ser utilizada por las plantas, de tal forma que si el suelo evapora un poco menos, la planta transpira un poco más, como la fotosíntesis tiene una estrecha relación con la transpiración, el riego localizado al aumentar térmicamente la transpiración, puede provocar una mayor producción de materia seca para una misma cantidad de agua.

Por otra parte hay abundantes experiencias que demuestran una correlación más o menos acusada entre los niveles de producción de diferentes cultivos y el nivel de humedad o cantidad de agua en el suelo. Este método, que mantiene más agua en el suelo favorece en teoría un aumento de producción o un ahorro de agua a igualdad de producción.

Precisamente la determinación del porcentaje del suelo que se debe mojar, de la cantidad de agua que se debe aportar y de la consecuente frecuencia de riegos son las variables que requiere mayor estudio. Estos aspectos serán estudiados con detenimiento posteriormente.

La disminución de la superficie mojada tiene como inconveniente la aparición de estrés hídrico más rápidamente en caso de falta de suministro de agua, especialmente en el riego de alta frecuencia.

Este punto debe ser tenido en cuenta en el diseño, para evitar interrupciones en el riego no dependiendo de la instalación, como puede ser la falta de fluido eléctrico.

Este método es muy apropiado para terrenos ligeros, ligeros especialmente para los arenosos que por su pequeña capacidad de retención necesitan aportes pequeño pero frecuentes, con el fin de disminuir las pérdidas por filtración profunda y poder obtener una buena eficiencia de aplicación.

Igualmente se tiene mejor resultados en el riego con aguas de peor calidad, especialmente las salinas. La alta frecuencia permite un mayor contenido de agua en el suelo, por lo que la tensión matricial no alcanza valores tan elevados como en otros sistemas de riego y, consecuencia. Permite un mayor aprovechamiento para las plantas.

Este método facilita también el uso de la fertilizantes, aplicación de fertilizantes por el riego, por el consiguiente ahorro de la mano de obra y energía necesaria en esta operación, comparándola con el método tradicional de abonado.

Permite una fácil automatización si se desea regar por altos horarios diarios incluso las 24 horas del día sin incrementar los costos. Dicha automatización también es aplicable a la distribución de otras sustancias con el agua de riego, permitiendo fraccionar, cuando sea conveniente, los aportes.

Finalmente se puede considerar como el método ideal para regar con aguas recicladas, en la figura 9 se muestra a mejor el riego, pues al no mojar la parte aérea de la planta disminuye los riesgos de contaminación de hojas y frutos.

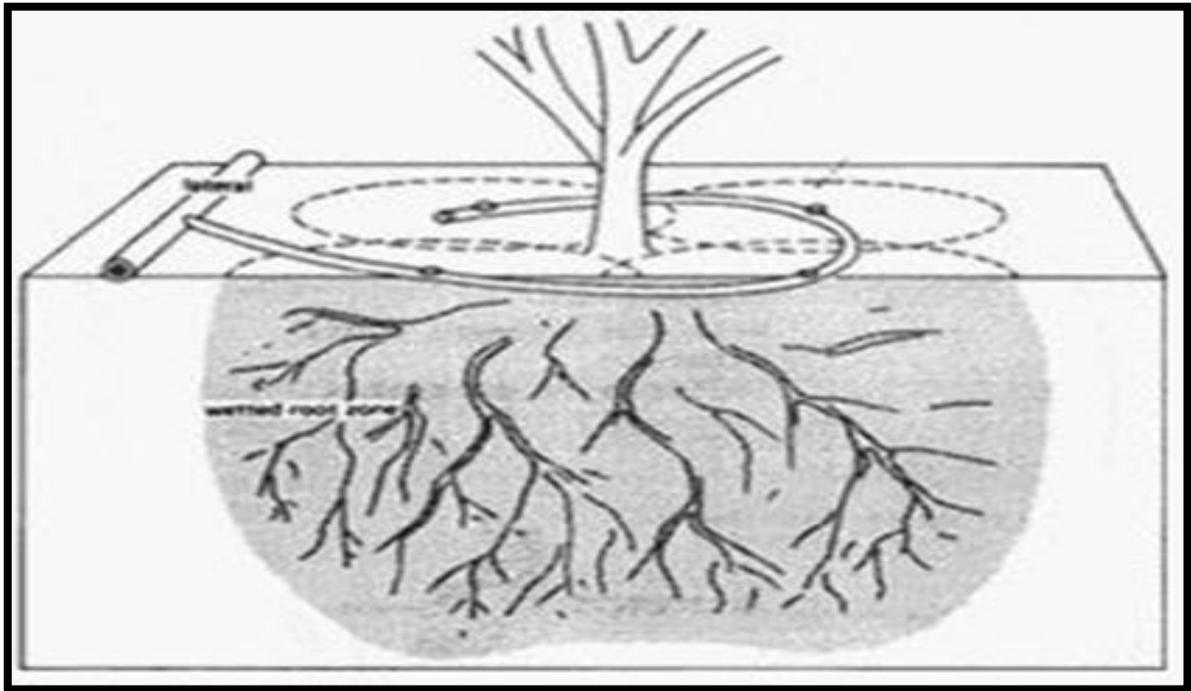


Figura 9 ilustración interna de riego localizado en raíces

En contrapartida hay que decir que el riego localizado presenta, en el caso más general dos importantes inconvenientes:

- a. Pequeño diámetro de salida del agua de los emisores facilita la obturación de los mismos que pueden producirse por los siguientes motivos:
 - Obturación física, causada por partículas sólidas en suspensión en el agua
 - Obturación química, producida por depósitos de sales disueltas. Pueden ser de varios tipos aun que las dos más generales son las calcaría, por depósitos de carbonatos en aguas calizas y la ferrunisa por depósitos de hierro ferroso.

- Obturación biológica, producida por algas, bacterias, incluso insectos. Es típica de los riesgos desde balsas descubiertas.

Para evitar dichos problemas es necesario un filtrado eficiente dependiendo del tipo de agua de riego y un manejo adecuado de la instalación, con los correspondientes tratamientos para limpieza y buena conservación de la misma.

- b. Este método requiere unas mayores inversiones debido a un mayor coste de instalación y manejo, principalmente energía que el sistema de gravedad. Sin embargo debemos hacer constar que dicho coste depende del marco de plantación, aumentando con la densidad del cultivo, lo que también producirá, lógicamente una mayor producción y unos mayores ingresos económicos.

A las consideraciones anteriores hay que aludir que el rego localizado puede aumentar el peligro de plagas o enfermedades que pueden florífera en las zonas húmedas que con carácter permanentes exige si no se tratan adecuadamente. Así mismo es necesaria una mayor tecnología de los usuarios si quieren obtener el máximo provecho de la instalación, evitando problemas e inconvenientes que pueden producir un mal manejo de la misma, que pueden en casos extremos poco rentables.



Figura 10 Goteo del sistema localizado

1.3 Historia de la legislación cafetalera

NORMA Oficial Mexicana NOM-149-SCFI-2001 , Café Veracruz-Especificaciones y métodos de prueba.
NOM-037-FITO-1995 Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 1997.
NMX-F-013-SCFI-2000 Café puro tostado, en grano o molido sin descafeinar o descafeinado-Especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 2000.
NMX-F-083-SCFI-1996 Alimentos-Determinación de humedad en productos alimenticios. Declaratoria de vigencia, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de julio de 1986.
NMX-B-231-1990 Cribas para clasificación de materiales granulares. Declaratoria de vigencia, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1991.
NMX-F-551-SCFI-1996 Café verde-Especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de vigencia, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de abril de 1997.
NMX-Z-012/1, 2,3-1987 Muestreo para la inspección por atributos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 1987.
NMX-EE-178-1984 Envase-Textiles-Henequén-Sacos-para envasar café-Especificaciones. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de octubre de 1984.
NMX-F-013-SCFI-2000 Café puro tostado, en grano o molido sin descafeinar o descafeinado Especificaciones y métodos de prueba.
NMX-F-083-SCFI-1996 Alimentos-Determinación de humedad en productos alimenticios.
NMX-F-551-1996-SCFI Café Verde-Especificaciones y Métodos de Prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de abril de 1997.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Marco teórico.

La existencia de vida en nuestro planeta está íntimamente asociada y condicionada a la presencia del agua, y sobre todo la humanidad la requiere en cantidad y calidad suficiente y adecuada para satisfacer sus necesidades. Dada la creciente escasez del agua en el planeta, debida a los cambios climáticos y al existir hoy una mayor demanda de los limitados recursos hídricos; el uso eficiente de las aguas superficiales y subterráneas disponibles, empieza a ser crucial. El desarrollo de los pueblos está ligado estrechamente a la agricultura y ésta, al suelo y al agua, lo que nos obliga a potenciar la investigación y desarrollo de técnicas que permitan conservar las tierras y administrar y utilizar en forma eficiente el agua, tanto desde la captación y conducción. El agua es un recurso cada vez más escaso que debe manejarse cuidadosamente. En la actualidad más del 40% del agua destinada para riego se pierde (por infiltraciones, malos diseños de canalizaciones, etc

La producción de café en nuestro país es una de las principales actividades agrícolas. Sin embargo, después hace varios años este sector agrícola enfrenta diversas problemáticas que ponen en riesgo su comunidad.

Esta caída en la productividad se ha debido principalmente a tres factores:

- Impactos climáticos (sequias o lluvias abundantes a causa de huracanes).

Plagas roya y broca

Los cafetaleros mexicanos llevan décadas luchando contra el hongo de la roya que ataca a sus plantas de café, pero una intensa plaga en los últimos dos años ha hecho que muchas cosechas se reduzcan casi a la mitad y que ahora deban enfrentar un reto de supervivencia, el de modernizarse.

La roya llegó a México hace unos treinta años, pero hasta ahora los agricultores habían logrado “convivir” con ella controlándola de forma natural

Y es que la roya, son “puntitos rojos” que se instalan en el envés de las hojas, “chupa la sabia de la planta y la hoja se marchita y se cae”.



Figura 11 plaga de la roya en cultivos



Figura 12 parasito broca

Envejecimiento de los cafetos.

El hongo de la roya ha tenido un mayor efecto en México por la carencia de estrategias y políticas públicas de fomento al sector, por lo que hoy 75 por ciento de los cafetales productivos han envejecido y esto los hace muy susceptible al cambio climático y a plagas y enfermedades, de acuerdo con la Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café. En la figura 13 se muestra de manera detallada el envejecimiento de los cafetos debido a los cambios climáticos y plagas.



Figura 13 envejecimiento de cafetos

El Cambio Climático

El cambio climático se ha hecho más perceptible en los últimos años. Efectos como el aumento de las temperaturas, la disminución de las precipitaciones en latitudes subtropicales, la reducción de los suministros de agua, la desertificación, los incendios forestales y, por otro lado, el aumento del nivel del mar, el aumento de las precipitaciones en altitudes altas, inundaciones, así como los cambios en las pautas

de las corrientes fluviales, etc., afectan sobre todo a la agricultura y a los agricultores que tratan de sacar adelante sus cosechas en estas situaciones para poder sobrevivir.

¿Cómo afecta el cambio climático al café?

La industria del café, como la mayoría de las industrias dependientes de productos agrícolas, ha empezado ya a sufrir estos efectos del cambio climático. Los cafetos son arbustos muy sensibles y se ven especialmente afectados por las alteraciones en la temperatura y las precipitaciones, las cuales tienen un impacto directo en los procesos fisiológicos de la planta de café, y consecuentemente en la calidad y cantidad final de la cosecha. Diversos estudios científicos aseguran que, en los últimos 25 años, la temperatura en algunas zonas cafetaleras de América Latina se ha incrementado en 0,5 grados centígrados, “cinco veces más que en los 25 años anteriores”. Este incremento de la temperatura, provoca la aceleración del proceso de maduración del grano, lo que conlleva una pérdida de calidad.

2.2 Necesidades de cultivo de la planta de café

Se dice que el café es originario de la región de la antigua Etiopía (República de Yemen), pero la antigua costumbre de tomar café y las leyendas alrededor de la bebida, proviene de Arabia y datan de los años 800 D.C. Fueron los árabes quienes desarrollaron todo el proceso del cultivo y procesamiento del café, haciendo de su bebida un evento social y reemplazando bebidas prohibidas para su cultura. De Arabia el café pasó a la India y llegó a Europa en el siglo XVII. Para el año 1615, se tomaba café en Venecia, y en 1643, aparece en París, y quizá ya en 1651 en Londres] El café fue introducido a América a finales del siglo XVII y desde su llegada tomó un gran auge como cultivo de producción y exportación, especialmente en países como Brasil, Costa Rica, Colombia, Honduras, El Salvador, Ecuador, Méjico, Belice, Guatemala, Panamá y la zona del caribe, principalmente Puerto Rico y República Dominicana. En algunos de estos países el café se tornó, y aún continúa siendo un renglón principal dentro de su economía y parte importante del producto interno bruto, así como un decisivo factor para el desarrollo social y económico de las regiones donde se cultiva el grano.

A medida que el cultivo del café y sus exportaciones recobraron auge en América, durante el siglo XVII y XVIII, siendo los Estados Unidos uno de los principales compradores del grano, así mismo estos países se dieron a la tarea de mejorar la productividad y tecnificar sus cultivos. Actualmente, se reconoce que los mayores rendimientos, así como la mejor calidad del grano solamente puede ser alcanzada mediante la combinación de buenas prácticas agronómicas y de conservación de suelos, entre las cuales se incluyen: el uso de variedades superiores, densidad de siembra adecuada, renovación sistemática de madera de reproducción, control fitosanitario, renovación total de la plantación una vez la productividad empieza a decaer y una fertilización adecuada, intensiva y oportuna.

Requerimientos Nutricionales del Cultivo

Los requerimientos nutricionales del cultivo se establecen a partir de lo que las plantas en su óptimo estado de desarrollo y vigor retiran del suelo y que está contenido en el tejido vegetal de toda la planta. Se relaciona con cantidades suficientes de los elementos que están disponibles en el suelo y que la planta puede absorber para lograr un crecimiento y grado de productividad deseada.

Según Malavolta, E. (1986), citado por Palma (1991), la cantidad de minerales que el café retira del suelo y que está contenida en todas las partes de la planta se denomina "extracción"; la "exportación" se refiere a los elementos existentes en los frutos colectados. En orden de importancia un cultivo típico de café realiza las siguientes exportaciones:

Macronutrientes:

K>N>Ca>Mg>S>P

Las funciones de los nutrimentos en la fisiología de las plantas, que complementadas con las descritas por Carvajal (1984). Se resumen a continuación:

1. Nitrógeno: es necesario para la época de crecimiento y durante la producción. Entre las funciones del nitrógeno están: forma parte de las moléculas de proteínas, participa en la transferencia de información genética y en la fotosíntesis y experimenta gran movilidad en la planta. La fuente de nitrógeno como sulfato de amonio no es muy recomendable porque aumenta la acidez del suelo, y se recomienda aplicarlo en forma de urea.

2. Fósforo: su mayor consumo se presenta en el período de crecimiento, es decir durante sus tres primeros años de vida. Forma parte de las moléculas que conservan y transfieren energía en la planta para procesos metabólicos, hace parte de la bicapa de fosfolípidos de las membranas celulares y su absorción a través de $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} es indispensable para la formación de compuestos orgánicos, principalmente hexosas fosfatadas. Experimenta una gran movilidad en la planta. La mayoría de los suelos tienen cantidades suficientes de fósforo para el cafeto.

3. Potasio: su uso primordial por parte de la planta se hace durante la producción. Influye en procesos metabólicos como fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila, nivel hídrico en las hojas, apertura y cierre de estomas y como activador enzimático y partícipe del flujo y translocación de metabolitos en la planta. No forma parte constitutiva de compuestos orgánicos, sin embargo está presente en todos los tejidos vegetales y presenta una gran movilidad. El efecto máximo del potasio a través de la fertilización es de 4 meses.

4. Calcio: juega un papel importante en la formación de estructuras constituidas por lípidos y en la formación de membranas y pared celulares. Influye en el mecanismo de la mitosis y actúa como activador de enzimas durante el crecimiento. No experimenta gran movilidad en la planta.

5. Magnesio: participa en la fotosíntesis y en el metabolismo de carbohidratos (glicólisis), así como en la integración de ribosomas. Promueve la transferencia de grupos fosfatos y en la activación enzimática de procesos metabólicos. Forma parte de la molécula de la clorofila.

6. Azufre: es constituyente de tres aminoácidos (cistina, cisteína y metionina) que hacen parte de todas las proteínas vegetales. Se absorbe como SO_4^{2-} y forma parte de las vitaminas biotina y tiamina (B1) y de la coenzima A. Interviene en la síntesis de clorofila.

7. Boro: desempeña funciones fisiológicas asociadas a las relaciones hídricas, metabolismo del nitrógeno, acumulación de azúcares, formación de metaxilema en ápices gemulares. Un bajo nivel de boro reduce la cantidad de giberelina, que a su vez causa alteración en la actividad de la amilasa (. No experimenta movilidad en la planta.

8. Zinc: es responsable de la síntesis de la auxina, hormona de crecimiento que estimula el alargamiento de las células. Participa en procesos metabólicos, estabiliza las fracciones ribosomales y promueve la síntesis del citocromo C.

9. Cobre: el cobre se encuentra mayoritariamente en los cloroplastos, donde forma parte de la plastocianina involucrada en la transferencia de electrones durante el proceso de fotosíntesis.

10. Hierro: es componente estructural de moléculas de porfirina y participa en la síntesis de la clorofila y en el sistema de transporte de electrones en el proceso de fotosíntesis.

11. Molibdeno: se encuentra en las plantas en cantidades muy pequeñas y es componente estructural de las enzimas nitrogenasa y reductasa del nitrato. Ha sido asociado con los mecanismos de absorción y translocación del hierro.

12. Manganeso: es uno de los activadores enzimáticos más importantes en el ciclo de Krebs y participa en el sistema de transporte de electrones de la fotosíntesis (fotosistema II), conducente a la fotólisis del agua. Además de participar en la respiración, actúa en el metabolismo del nitrógeno y ayuda a mantener la estructura de la membrana del cloroplasto.

Una vez establecidos los requerimientos nutricionales a nivel de plantación y por arbusto en el cultivo del café y de entender las funciones fisiológicas que cumple cada elemento dentro de los procesos de crecimiento y desarrollo, la siguiente sección presenta una discusión sobre las dosis de fertilizantes y los niveles críticos descritos por caficultores en varios países productores.

Nutrientes Recomendados (Dosis, Tiempo y Cantidad de Aplicación)

La caficultura modera requiere de una fuerte inversión de insumos para su producción y cada día es más apremiante que el agricultor evalúe la relación costo-beneficio dentro de sus prácticas agronómicas. El conocimiento de la composición química del suelo y de los nutrimentos presentes en el tejido vegetal constituyen una herramienta fundamental para determinar los requerimientos nutricionales del cultivo del café y para formular un programa de fertilización adecuado. Estos requerimientos se cumplen adecuadamente cuando los elementos necesarios para el crecimiento, desarrollo y productividad están presentes en forma suficiente y al alcance de las plantas, de tal manera que no se conviertan en factores limitantes para el normal desarrollo del cultivo y no haya ninguna interacción antagónica entre ellos.

El cultivo del café no es la excepción y requiere para una adecuada dosificación, de análisis químicos de suelo que proporcionen datos como nivel de nutrimentos, pH, porcentaje de saturación de bases, aluminio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico, etc., que calibrados versus diferentes niveles de aplicación de fertilizantes a través de ensayos de campo a mediano y largo plazo, se pueden interpretar para extraer la mejor recomendación posible para cada región y cada localidad.

De acuerdo con la literatura revisada, las fórmulas de los fertilizantes, el momento y cantidad de aplicación varía de país a país, y dentro de un país, varía según la región productora, la edad del cultivo, el tipo de suelo, la variedad utilizada, la densidad de siembra, según si el cultivo tiene o no sombra o las prácticas agronómicas anteriores, entre otros factores. De acuerdo con esto, es imposible tener una fórmula universal que cubra los requerimientos nutricionales óptimos, aun para la misma variedad sembrada bajo el mismo tipo de suelo, en dos localidades diferentes. Un resumen de los trabajos revisados o citados por otros autores con respecto a las dosis de fertilizantes recomendadas, su momento y cantidad de aplicación y las fórmulas comerciales utilizadas.

- El café responde más positivamente a las aplicaciones de nitrógeno y potasio que a las aplicaciones de fósforo. Sin embargo el fósforo (sobre todo en etapas tempranas de crecimiento), así como los elementos menores son indispensables para lograr el máximo beneficio nutricional en la planta. Estos últimos deben ser parte del programa de abonamiento.
- El equilibrio entre los cationes mayores debe estar bien balanceado para que la relación entre ellos no se convierta en un factor limitante en el desarrollo y crecimiento del cultivo. Se establece a partir del porcentaje de saturación de bases y para la gran mayoría de los suelos cafetaleros, debe guardarse una proporción 1:9:3 de K.Ca: Mg, respectivamente. Esto evita que la falta de una o más bases en determinada fase fenológica del cultivo o por desequilibrio en la disponibilidad, se ocasione una deficiencia inducida.
- La aplicación de fertilizantes en cultivos de café debe comenzar al momento de la siembra (asumiendo una adecuada fertilización en vivero) y sucesivamente cada año hasta el cuarto año. Las dosis recomendadas al año deben repartirse en 3 o 4 aplicaciones, según si la plantación está en fase de crecimiento o en fase de producción y teniendo en cuenta el régimen de lluvias locales.

2.3 Método actual de riego de café.

El riego por goteo:

Igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros), que incrementan la producción.

Esta técnica es la innovación más importante en agricultura desde la invención de los aspersores en los años 1930

El riego por surcos:

Es un sistema de riego por superficie también denominado riego por gravedad en el cual el agua se coloca en la cabecera de los surcos y por gravedad avanza hasta el extremo más bajo permitiendo; durante este tiempo, la infiltración de una lámina de agua de mayor valor se presenta generalmente en la cabecera del campo.

Con este método el agua se aplica únicamente durante la fase de avance, cortando el suministro un poco antes de que el frente de avance llegue al final del surco.pero al igual que todos los sistemas mencionados tiene como desventaja, una de ellas ya mencionada es el desperdicio del agua, y que las plantas sufran el riego de sufrir un estrés hídrico , este metodo es utilizado frecuentemente en zonas donde el terreno es ya sea muy humedo según la planta se quiera sembrar o al igual para terrenos con un desnivel.

2.4 Hidrología, arquitectura del suelo y movimiento del agua

EL CICLO HIDROLÓGICO

La comprensión del ciclo hidrológico es esencial para el manejo eficiente del agua de lluvia y del agua del suelo. El agua ocurre no solo en forma líquida sino también en forma sólida -granizo, nieve- y en forma gaseosa -vapor de agua. La cantidad de agua en el mundo es constante pero el agua está continuamente cambiando de una forma a otra y se mueve a diferentes velocidades. Estas interrelaciones se muestran en forma simplificada a escala regional en la Figura 2. El calor del sol es la causa de que el agua en la superficie de los océanos, lagos y ríos cambie al estado de vapor en el proceso conocido como evaporación. La transpiración de las plantas es un proceso similar en el cual el agua es absorbida del suelo por las raíces y transportada por el tallo a las hojas de donde pasa -es transpirada- bajo forma de vapor de agua a la atmósfera. A medida que el vapor de agua producido por la evaporación y la transpiración entra en la atmósfera, su temperatura disminuye y el vapor se convierte en pequeñas gotas -condensación- que se acumulan bajo forma de nubes. Dependiendo de su tamaño, esas gotas se pueden transformar en lluvia. Una vez que la lluvia llega a la superficie de la tierra se puede infiltrar, correr como flujo sobre la superficie de la tierra o acumularse en las hojas de las plantas o encharcarse, desde donde se evapora nuevamente hacia la atmósfera. Por lo general ocurre una combinación de estos procesos. La lluvia que se infiltra integra el agua del suelo parte de la cual puede ser usada por las plantas para la transpiración, otra parte vuelve a la atmósfera a través de la evaporación desde la superficie del suelo y otra -si hay suficiente infiltración- puede pasar más abajo de la zona radical como agua subterránea. El Anexo 7 trata del uso de la humedad del suelo bajo diferentes usos de la tierra y vegetación. El agua subterránea se mueve en forma lateral y lentamente hacia el mar para completar el ciclo hidrológico pero parte de esta en su camino filtrará hacia arroyos, ríos y lagos. De esta forma el agua subterránea mantiene el nivel del agua en los pozos y la continuidad de las corrientes de agua durante los períodos secos (conocidos como flujo de base). El agua de lluvia que escorre sobre la tierra se mueve rápidamente aguas abajo hacia los cursos de agua contribuyendo a flujos máximos que siempre son motivo. Se muestra en la figura 14.

La producción más alta de Café se consigue en suelos con buen drenaje donde el agua no es un factor limitante. Es esencial una buena preparación del suelo antes de plantar, mantener el pH entre 5.2 y 6.3, buen desarrollo radicular y buena disponibilidad de nutrientes. Por eso es importante balancear los cationes del suelo en esta fase. Una buena nutrición es importante para asegurar que se pueda sacar el potencial productivo de los cafetales.

Diagrama simplificado del ciclo hidrológico

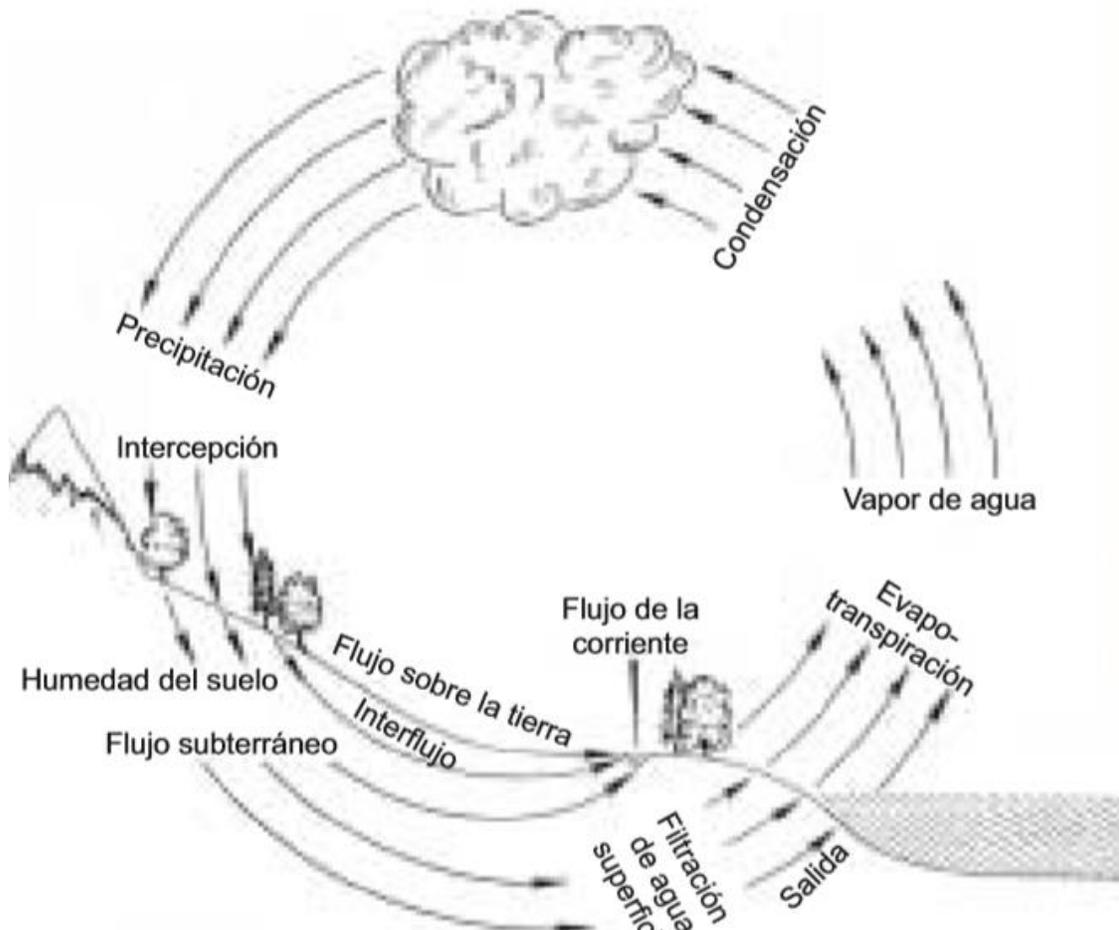


Figura 14 Diagrama del ciclo hidrológico

De preocupación. La escorrentía no es solamente un desperdicio del agua de lluvia que podía haber contribuido a la producción de cultivos y a reabastecer las aguas subterráneas sino que además, frecuentemente, causa inundaciones o daña los

caminos y las tierras agrícolas, erosiona el suelo que a su vez es depositado en el curso de los ríos y estanques aguas abajo.

El agua subterránea se mueve muy lentamente a través de los materiales del subsuelo en dirección del curso de drenaje dominante. Si la parte superior de la misma, la capa freática, no se sumerge por debajo del nivel del lecho de la corriente, el agua aparece en surgentes que alimentan las corrientes de agua y sus tributarios. Este proceso ocurre durante todo el año y de esta manera el agua subterránea actúa como amortiguador para mantener el flujo básico de la corriente y los niveles de agua en los pozos durante los períodos secos.

En los suelos con capas de subsuelo relativamente impermeables ubicadas por debajo de capas más o menos permeables, se pueden desarrollar capas de agua por encima del agua subterránea debido a que son retenidas por esas capas impermeables. El agua retenida en esas capas es conocida como interflujo, se mueve lentamente en forma lateral y puede emerger en cursos de agua o en surgentes a menores elevaciones. No contribuye directamente al agua subterránea. La presencia de agua subterránea o de una capa de agua retenida está indicada por suelos saturados, por lo general con una dominancia de suelos de color gris claro, gris azulado, azulado o verdoso. Estos colores son típicos de ciertos compuestos de hierro que solo se encuentran en lugares de aguas estancadas donde falta oxígeno.

La cantidad de agua de lluvia que percola más allá del límite inferior de la zona radical hacia el agua subterránea dependerá de la cantidad de agua usada para la transpiración por los cultivos o la vegetación. En un tipo determinado de suelo y clima, los bosques transpiran más agua que las tierras de pastoreo las cuales, por lo general, usan más agua que los cultivos. El alto consumo de agua de los bosques es debido, en general, a su mayor tasa de transpiración, al período más largo de transpiración en comparación con el de los cultivos y a las raíces más profundas que permiten la absorción de agua desde mayores profundidades. Los cambios en el uso de la tierra pueden, por lo tanto, afectar la cantidad de agua transportada y con ello la cantidad de agua que llega al agua subterránea. El reemplazo de los bosques con pasturas o

cultivos anuales puede aumentar el drenaje profundo y de esta manera proporcionar más flujos básicos a las corrientes de agua. Los cambios en el manejo del suelo también pueden afectar la cantidad de drenaje profundo que reabastece el agua subterránea. La introducción de malas prácticas de manejo que aumenten la proporción de agua de lluvia perdida como escorrentía reduce el flujo de base e incrementa los flujos máximos y la incidencia de las inundaciones. Viceversa, un mejoramiento del manejo del suelo y de los nutrientes conducirá a una mayor producción de grano y follaje, mayores tasas de transpiración y, por lo tanto, a menos recarga. A fin de considerar el aporte de agua de lluvia para las plantas y para el agua subterránea como un hecho secuencial, es importante retener mentalmente sus movimientos. Después de pasar a través de la atmósfera en respuesta a la fuerza de gravedad, el agua de lluvia o de riego viaja a alguno o a todos los siguientes destinos descritos en la Figura 3. El manejo del suelo puede afectar en forma importante la escorrentía, la evaporación directa de la superficie del suelo, la cantidad de humedad del suelo disponible para las plantas dentro del alcance de sus raíces y la profundidad a la cual pueden penetrar las raíces. La cantidad de agua que llega a cualquiera de esos destinos depende de la condición física del suelo y su influencia sobre la infiltración y la escorrentía y de las condiciones atmosféricas, ya que estas afectan la evaporación y la transpiración.

ARQUITECTURA DEL SUELO E IMPORTANCIA DE LOS ESPACIOS DE POROS EN EL SUELO

Si bien generalmente se concibe el suelo como una estructura de partes sólidas, p. ej., arena, limo, arcilla y materia orgánica, los espacios entre esas partículas sólidas son tan importantes como las partículas mismas. Dentro de los espacios tienen lugar las acciones, como en una casa, donde todas las actividades importantes ocurren en las habitaciones y no en las paredes o los pisos. Por lo tanto, la arquitectura del suelo es realmente importante. Los espacios de poros en un suelo presentan gran variación de acuerdo al tipo de suelo y a la forma en que este ha sido manejado. Los suelos con vegetación natural por lo general exhiben una alta porosidad a causa de la intensa actividad biológica y la falta de interferencia por el

ser humano. Por lo tanto, tienen cualidades físicas superiores, cuando se los compara con los suelos usados para los cultivos o para pastoreo. La Lámina 25 ilustra el contraste entre la porosidad de suelo forestal y la de un suelo cultivado. Los espacios de poros varían en tamaño, y tanto ese tamaño como la continuidad de los poros tienen una influencia importante sobre el tipo de actividades que ocurren dentro de los poros del suelo. El Cuadro muestra las funciones de los poros de diferentes tamaños y su denominación junto con el tamaño de las raíces de los cultivos. Los poros que varían entre 0,0002 y 0,05 mm de diámetro retienen agua que puede ser absorbida por los cultivos; se los llama poros de almacenamiento, mientras que los poros más pequeños, o poros residuales, retienen tan fuertemente el agua que las plantas no la pueden extraer de los mismos. Los poros mayores de 0,05 mm de diámetro, conocidos como poros de transmisión, permiten que el agua drene a través del suelo y permita la entrada de aire a los mismos a medida que el agua es drenada.

Función y tamaño de los poros

Tamaño de los poros (mm diámetro)	Descripción de los poros	Funciones de los poros
0,0002	Residual	Reten agua que las plantas no pueden usar
0,0002-0,05	Almacenamiento	Retienen agua que las plantas pueden usar
0,5	Transmisión	Permiten que el agua drene y entre el aire
0,1 a 0,3	Enraizamiento	Permiten que las raíces de las plantas penetren libremente
0,5-3,5	Canal de lombrices	Permite que el agua drene y entre e agua
2-50	Nido de hormigas y canales	Permite que el agua drene y entre el agua

Figuran 15 funciones y tamaño de los poros

Nutrición Vegetal y Rendimiento del Café

El Nitrógeno es esencial para un desarrollo vegetal fuerte y para mantener un buen tamaño del grano para rendimientos altos. La importancia del Nitrógeno en el cultivo del Café se ha confirmado por muchos ensayos en las mayores zonas cafetaleras.

El Potasio promueve vigor, fomenta resistencia celular e incrementa la tolerancia del cafeto a las enfermedades y estrés por agua o heladas. También es importante respetar el equilibrio entre el consumo de Potasio y el Nitrógeno como niveles altos de ambos nutrientes son necesarios para un desarrollo óptimo.

El Fósforo es importante para el crecimiento y enraizamiento precoz, sobre todo en el vivero y al trasplantar, pero también para el llenado de los granos. Sobre todo durante fases de mucha demanda, aplicaciones foliares de Fósforo pueden incrementar el rendimiento del Café.

El Calcio se requiere para un buen desarrollo de raíces y follaje, para esforzar la estructura del arbusto y aumentar la productividad. El Calcio es necesario hasta terminar el llenado de los frutos.

Magnesio y Azufre tienen efecto positivo en el rendimiento del Café y el suministro no debe de ser factor limitante durante toda la temporada.

Zinc y Boro son particularmente importantes durante la floración para mejorar el cuajado y el potencial general de producción de Café. Mala disponibilidad de

cualquier micronutriente restringirá el desarrollo del cafeto, sobre todo la parte productiva de las hojas, y reducirá la producción de Café.

Otras prácticas que influyen en el Rendimiento del Café

- Regresar la pulpa y desechos en forma de composta al cultivo, servirá como mantillo y conservará la humedad y también servirá como fuente de nutrientes.
- Mantener buenas raíces y buen desarrollo, controlando plagas y enfermedades, usar buenas prácticas que aseguren una máxima producción y llenado de los frutos.
- Es esencial podar los arbustos regularmente para hacer más gruesa la estructura y producir nuevos brotes con mayor número de frutos. A la misma vez, dejar aire entre cada planta es importante para asegurar madurez uniforme

Infiltración del agua de lluvia en el suelo

En muchas áreas en las que falta agua, es indispensable maximizar la infiltración del agua de lluvia en el suelo para satisfacer el objetivo de la seguridad alimentaria e hídrica. El buen manejo de la tierra debería favorecer la infiltración en contraposición con la escorrentía. Las excepciones se encuentran donde la captura del agua de lluvia es necesaria para la producción de cultivos y donde la alta infiltración acarrea riesgos de deslizamientos de tierra y otras formas de movimientos masivos. La cantidad de agua de lluvia que se infiltra será gobernada por la intensidad de la lluvia en relación con la tasa de infiltración del suelo. Una excesiva labranza y la pérdida de materia orgánica del suelo a menudo conducen a una reducción de la tasa de infiltración debido a la pérdida de la porosidad superficial. Cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la tasa de infiltración tendrá lugar la escorrentía con el consecuente desperdicio de agua que podría ser usada para la producción de cultivos y para recargar el agua subterránea. La tasa a la cual se infiltra el agua de lluvia en el suelo está influenciada por su abundancia, la estabilidad y tamaño de los poros en la superficie del suelo, su contenido de agua y la continuidad de los poros de transmisión hacia la zona radical. En muchos suelos el número de poros superficiales se reduce rápidamente por el

impacto de las gotas de lluvia las cuales rompen los agregados de suelo en partículas más pequeñas que obstruyen los poros superficiales y forman un sellado de la superficie con escasos poros. La acción destructiva de las gotas de lluvia se evita con la protección de una cobertura del suelo por medio del follaje de los cultivos, de residuos vivos o muertos e incluso con malezas en o sobre la superficie del suelo.

Casi toda el agua que los cultivos absorben del suelo pasa a través del tallo hacia las hojas donde se evapora y llega a la atmósfera en el proceso de transpiración. Este proceso utiliza casi toda el agua absorbida por las raíces de las plantas (cerca del 99 por ciento, el restante uno por ciento es usado directamente en procesos celulares). La transpiración es esencialmente el mismo proceso de la evaporación. La evaporación ocurre cuando un recipiente con agua se deja al sol; el agua líquida desaparece a medida que es convertida en vapor de agua y cuanto más alta es la temperatura, más seco es el aire y mayor es la velocidad del viento, mayor será la tasa de evaporación. La evaporación ocurre siempre que el agua está expuesta a la atmósfera, por ejemplo, en lagos, ríos o pantanos y de las gotas de lluvia que se acumulan sobre las hojas de las plantas después de una tormenta.

Para asegurar una absorción eficiente y suficiente de agua por parte de los cultivos es importante que sus raíces estén bien distribuidas y puedan penetrar profundamente en el suelo. A medida que el suelo se seca desde la superficie hacia abajo, las raíces en las capas más profundas tienden a compensar esa diferencia aumentando en número. Cuando el agua del suelo entra en contacto con la superficie de una raíz o de una barba absorbente se mueve a través de la raíz hacia el xilema el cual contiene estrechos canales de comunicación que se extienden a través de los tallos hacia las hojas. Al llegar a las hojas el agua pasa del xilema a las células foliares donde se evapora a los espacios de aire de las hojas. Estos espacios están saturados con vapor de agua y están conectados al externo, normalmente más seco, por medio de pequeñas aperturas de las hojas llamadas estomas. Durante el día las estomas se abren lo que permite que el bióxido de carbono entre en las hojas.

La luz solar es utilizada para producir azúcares en la planta: es el proceso conocido como fotosíntesis; parte de los azúcares son usados para producir energía en el proceso conocido como respiración y otra parte es convertida en sustancias que forman los distintos órganos de las plantas. La fotosíntesis ocurre solamente durante las horas de luz mientras que la respiración ocurre en todo momento. Cuando las estomas se abren para permitir la entrada del bióxido de carbono el vapor de agua escapa hacia el aire más seco en el exterior. Para que ocurra la transpiración debe haber un continuo abastecimiento y movimiento de agua del suelo a la planta y a la atmósfera. La fuerza responsable por este movimiento es la misma de la evaporación y puede ser simplemente indicada como la tendencia del agua a moverse, tanto en forma de líquido como de vapor, desde el punto en que es más abundante hacia el punto en que es menos abundante.

En el proceso de transpiración el vapor de agua se mueve desde una parte muy húmeda (o sea con alto contenido de vapor de agua) de espacios de aire dentro de la hoja hacia la atmósfera exterior más seca donde la concentración de vapor de agua es más baja.

El movimiento del vapor de agua fuera de las hojas crea una succión (o «tiraje») sobre el agua de las células foliares, el xilema, las raíces y el suelo, por lo que el agua entra en las raíces y asciende por el xilema hasta las hojas para reemplazar el agua que sido perdida por las hojas. Además, en el proceso de succión que genera la transpiración que causa la entrada del agua del suelo a las raíces, hay otra fuerza que atrae el agua dentro de las raíces conocida como ósmosis. En el caso de la ósmosis el agua se mueve desde el lugar en que es más pura hacia donde es menos pura a través de una membrana semipermeable.

La membrana semipermeable tiene una pared muy fina con poros lo suficientemente grandes para permitir el pasaje del agua a través de las raíces pero no lo suficientemente grandes como para que las sales disueltas puedan salir de la raíz.

El agua, por lo tanto, pasa del suelo donde es más pura (o sea, contiene pocas sales disueltas) a través de la superficie de las raíces (una membrana semipermeable) hacia la raíz donde el agua es menos pura (o sea, contiene más sales disueltas).

Estrés hídrico – interacciones de los nutrientes

Muchas áreas con lluvias escasas o erráticas, donde es común que ocurra el estrés hídrico de los cultivos, también son deficientes en nutrientes; esta falta de nutrientes es por lo general el segundo factor limitante del suelo. En estas condiciones ocurre una interacción entre el agua del suelo y los nutrientes, lo que significa que el agua del suelo puede influenciar la disponibilidad de nutrientes la cual a su vez puede influenciar la absorción de agua y la resistencia del cultivo a la sequía. Por lo tanto, ambos factores se pueden influenciar recíprocamente.

Las plantas contienen una cierta cantidad de agua la cual actúa como un amortiguador contra los momentos de escasez de agua en el suelo, pero esta cantidad es muy pequeña, o sea sirve para un período de corta duración. En contraste, las plantas almacenan suficientes cantidades de nutrientes para proporcionar un amortiguador para períodos más largos cuando los nutrientes no son absorbidos.

Por lo tanto, las deficiencias de agua se notan más rápidamente y son más perjudiciales que la falta de nutrientes. Esto sugiere que la conservación del agua puede a menudo ser un beneficio más importante y más rápido que intentar conservar las partículas de suelo per se. Por otra parte, la falta de agua también reduce la absorción de nutrientes por parte del cultivo. Esto se debe sobre todo a que los nutrientes se pueden mover solamente hacia las raíces a través de películas de agua dentro del suelo y, por lo tanto, debe haber una película continua conectando los nutrientes con las raíces.

La falta de continuidad del agua del suelo debida, por ejemplo, a una sequía reducirá severamente la tasa de absorción de los nutrientes por parte de los cultivos. La falta de agua en el suelo también disminuye la disponibilidad de los nutrientes reduciendo la actividad microbiana, la cual es responsable por la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre de la materia orgánica del suelo.

Cuando ocurre una sequía, la superficie del suelo (que por lo general contiene la masa de las raíces de las plantas y de los nutrientes del suelo) es el primer elemento que se seca y de esta manera, mientras el cultivo puede todavía ser capaz de absorber agua del subsuelo, puede sufrir la falta de nutrientes.

La falta de nutrientes disponibles en el suelo puede restringir la absorción de agua, especialmente cuando afectan el desarrollo radicular. Esto ocurre frecuentemente en los suelos deficientes en fósforo. La aplicación de fertilizantes fosfatados a los suelos con deficiencia de este elemento por lo general promueve el desarrollo de las raíces y, como consecuencia, la absorción de agua por el cultivo. Por lo tanto, los efectos beneficiosos de la aplicación de fertilizantes fosfatados son relativamente mayores en el caso de lluvias escasas que con lluvias abundantes.

Los efectos de la sequía y de la disponibilidad de nutrientes sobre el rendimiento de los cultivos son difíciles de predecir ya que su efecto depende de cuando ocurre la falta de agua en relación con el estado de crecimiento del cultivo o sus necesidades; a menudo es difícil evaluar la sensibilidad a la falta de agua o nutrientes en ese momento. En general, es difícil evaluar que factor, o sea agua o nutrientes, es el más importante para la limitación de los rendimientos. El factor limitante más importante puede variar de una estación a otra, dependiendo, por ejemplo, del momento en que ocurre la falta de agua; incluso durante una estación habrá probablemente períodos en los que el agua es el principal factor limitante y otros períodos en los que los nutrientes serán más importantes.

La escasez de agua tiene efecto tanto sobre la respuesta positiva o negativa a los fertilizantes y a la cantidad en que deberían ser aplicados. Esto ocurre generalmente con la fertilización nitrogenada que casi siempre presenta una respuesta óptima en las

estaciones favorables y no en las estaciones pobres. Por ejemplo, cuando no hay escasez de agua en el suelo, una aplicación de 40 kg/ha de nitrógeno puede ser una dosis óptima; sin embargo, en el caso de falta de agua esa dosis óptima puede ser reducida a 20 kg/ha.

Este problema crea dificultades en la agricultura de secano: dado que no es posible predecir la distribución y la cantidad de agua de lluvia, los agricultores no pueden saber cuanto fertilizante deben aplicar. Un enfoque que puede ayudar a superar este problema es aplicar una cantidad limitada de nitrógeno a media estación, si esta se presenta promisoría.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL

PROYECTO

3.1 Componentes de un sistema de riego localizado

Antes de comenzar a instalar el equipo de riego por goteo, debemos de conocer los principales instrumentos saber que función tiene cada elemento que compone el Equipo.

CINTILLA DE RIEGO

La cintilla de riego es la que se va a encargar de que nuestras plantas se estén regando de manera proporcional. Dentro de esta cinta, cada 30 cm. hay una entrada de agua en forma de " V " que conduce el líquido a un pequeño pibote o gotero, por donde sale el agua en forma de gota.

Si nosotros queremos que la cinta de riego funcione de manera adecuada, debemos de instalar la cinta de riego de manera que el agua fluya primero hacia la entrada de agua en forma de "V" para que después, de manera automática se dirija al gotero.

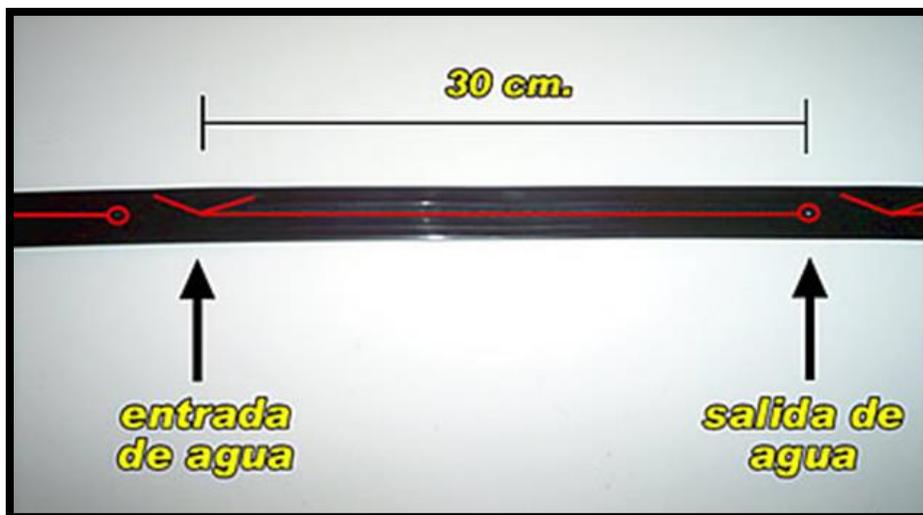


Figura 16 cintilla de riego

MANGUERA HIDRÁULICA



figura 17 .manguera hidraulica.

COPLES O CONECTORES:

Los coples son la herramienta que nos va a permitir conectar la manguera hidráulica a la cinta de riego.



Figura18. Coples o conectores

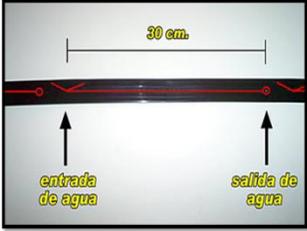
Obtener o elaborar un contenedor.

adquirir un contenedor de plástico donde podamos almacenar la solución nutritiva, que puede ser un tambo o un tinaco.



Figura 18. contenedor

Equipo principal para instalacion de riego por gote

CINTILLA DE RIEGO	
MANGUERA HIDRÁULICA	
COPLES O CONECTORES	

CONTENEDOR	
------------	--

Figura 19. Tabla de equipos principales.

3.2 Beneficios e inconvenientes de sistema del riego

Beneficios

El riego localizado y en especial el goteo, está perfectamente adaptado a los cultivos en líneas, típicos de la horticultura, tendiendo los ramales a lo largo de las hileras de plantas. Esta disposición facilita otras labores de cultivo, ya que se pueden utilizar con medida las interlineas que a diferencias de otros tipos de riego, no se humedecen, siendo posible simultanear las prácticas culturales con el riego.

1. La instalación suelen ser fijas por lo que la mano de obra aun en las instalaciones mas rudimentarias es mínima, lo que facilita la alta frecuencia de aplicaciones. Dichas altas frecuencias obligan a pequeños aportes hídricos, generalmente reponiendo el consumo de las plantas. El pequeño caudal unitario

de los emisores permite un mejor control en las aplicaciones del agua. lo que permite tener una alta eficiencia en este tipo de riego.

No mojando toda la superficie se puede lograr un mejor consumo de agua debido a la menor evaporación, producida por el suelo, dependiendo del agua mojada. Sin embargo la cantidad de agua no se reduce en la misma cantidad que las superficies evaporan te, puesto que estos están alimentadas de forma prácticamente continua, siendo su evaporación permanente.

Al disminuir la evaporación, el volumen de agua correspondiente se encuentra disponible y puede ser utilizada por las plantas, de tal forma que si el suelo evapora un poco menos, la planta transpira un poco más, como la fotosíntesis tiene una estrecha relación con la transpiración, el riego localizado al aumentar térmicamente la transpiración, puede provocar una mayor producción de materia seca para una misma cantidad de agua.

Por otra parte hay abundantes experiencias que demuestran una correlación más o menos acusada entre los niveles de producción de diferentes cultivos y el nivel de humedad o cantidad de agua en el suelo. Este método, que mantiene más agua en el suelo favorece en teoría un aumento de producción o un ahorro de agua a igualdad de producción.

Precisamente la determinación del porcentaje del suelo que se debe mojar, de la cantidad de agua que se debe aportar y de la consecuente frecuencia de riegos son las variables que requiere mayor estudio. Estos aspectos serán estudiados con detenimiento posteriormente.

La disminución de la superficie mojada tiene como inconveniente la aparición de estrés hídrico más rápidamente en caso de falta de suministro de agua, especialmente en el riego de alta frecuencia.

Este punto debe ser tenido en cuenta en el diseño, para evitar interrupciones en el riego no dependiendo de la instalación, como puede ser la falta de fluido eléctrico.

Este método es muy apropiado para terrenos ligeros, ligeros especialmente para los arenosos que por su pequeña capacidad de retención necesitan aportes pequeño pero frecuentes, con el fin de disminuir las perdidas por filtración profunda y poder obtener una buena eficiencia de aplicación.

Igualmente se tiene mejor resultados en el riego con aguas de peor calidad, especialmente las salinas. La alta frecuencia permite un mayor contenido de agua en el suelo, por lo que la tención matricial no alcanza valores tan elevados como en otros sistemas de riego y, consecuencia. Permite un mayor aprovechamiento para las plantas.

Este método facilita también el uso de la fertirrigacion, aplicación de fertilizantes por el riego, por el consiguiente ahorro de la mano de obra y energía necesaria en esta operación, comparándola con el método tradicional de abonado.

Permite una fácil automatización si se desea regar por altos horarios diarios incluso las 24 horas del día sin incrementar los costos. Dicha automatización también es aplicable a la distribución de otras sustancias con el agua de riego, permitiendo fraccionar, cuando sea conveniente, los aportes.

Finalmente se puede considerar como el método ideal para regar con aguas recicladas, pues al no mojar la parte aérea de la planta disminuye los riesgos de contaminación de hojas y frutos.

El riego por goteo es un medio eficaz y pertinente de aportar agua a la planta, ya sea en cultivos en línea (mayoría de los cultivos hortícolas o bajo invernadero, viñedos) o en plantas (árboles) aisladas (vergeles). Este sistema de riego presenta diversas ventajas desde los puntos de vista agronómicos, técnicos y económicos, derivados de un uso más eficiente del agua y de la mano de obra. Además, permite utilizar caudales pequeños de agua.

- Una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua al hacer un uso más eficiente gracias a la localización de las pequeñas salidas de agua, donde las plantas más las necesitan. No se puede hablar de una reducción en lo que se refiere a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada (eficiencia de transpiración) es una característica fisiológica de la especie.
- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Se pueden utilizar aguas más salinas que en riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radical (bulbo húmedo).
- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes.
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo. (fertiriego)
- Permite el uso de aguas residuales ya que evita que se dispersen gotas con posibles patógenos en el aire.

Inconvenientes

En contrapartida hay que decir que el riego localizado presenta, en el caso más general dos importantes inconvenientes:

Pequeño diámetro de salida del agua de los emisores facilita la obturación de los mismos que pueden producirse por los siguientes motivos:

- Obturación física, causada por partículas sólidas en suspensión en el agua
- Obturación química, producida por depósitos de sales disueltas. Pueden ser de varios tipos aun que las dos más generales son las calcaría, por depósitos de carbonatos en aguas calizas y la ferrunisa por depósitos de hierro ferroso.
- Obturación biológica, producida por algas, bacterias, incluso insectos. Es típica de los riesgos desde balsas descubiertas.

Para evitar dichos problemas es necesario un filtrado eficiente dependiendo del tipo de agua de riego y un manejo adecuado de la instalación, con los correspondientes tratamientos para limpieza y buena conservación de la misma.

Este método requiere unas mayores inversiones debido a un mayor coste de instalación y manejo, principalmente energía que el sistema de gravedad. Sin embargo debemos hacer constar que dicho coste depende del marco de plantación, aumentando con la densidad del cultivo, lo que también producirá, lógicamente una mayor producción y unos mayores ingresos económicos.

A las consideraciones anteriores hay que aludir que el riego localizado puede aumentar el peligro de plagas o enfermedades que pueden ser florífera en las zonas húmedas que con carácter permanentes exige si no se tratan adecuadamente. Así mismo es necesaria una mayor tecnología de los usuarios si quieren obtener el máximo provecho de la instalación, evitando problemas e inconvenientes que pueden producir un mal manejo de la misma, que pueden en casos extremos ser poco rentables.

Sus principales inconvenientes son:

- El coste elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electro-válvulas, programador). Sin embargo, el aumento relativo de coste con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.
- El alto riesgo de obturación (“clogging” en inglés) de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el principal problema en riego por goteo. Por ello en este sistema de riego es muy importante el sistema de filtración implantado, que dependerá de las características del agua utilizada. De hecho hay sistemas que funcionan con aguas residuales y aguas grises.
- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo.

Capitulo IV

COSTOS

Se muestra todas las descripciones de manera detallada de los equipos de riego, al igual que las unidades que seran utilizadas para poder llevar a cabo este sistema, junto con las cantidad que seran necesaria y los costos que conlleva cada equipo , sacando un precio total anual por cada uno , según su mantenimiento , el cual esta proyectado a doce meses.

No.	Descripción del insumo	UND.	CANT.	P.UNITARIO	costo total	tiempo de vida
	tubería PVC ,DN=63mm,C-5.UF(x6.00m)	Tubo	7	\$17.50	\$122.50	anual
	Anillo de goma x 63mm.	Und.	7	\$3.50	\$24.50	6 meses
3	tubería PVC ,DN=90mm,C-5.UF(x6.00m)	Tubo	25	\$35	\$875.00	anual
4	Anillo de goma x90mm.	Und.	25	\$3.50	\$87.50	6 meses
5	Codo PVC 90º x6mm.	Und.	8	\$8.50	\$68.00	anual
6	lubricante de anillos para PVC	Gln	1	\$50.00	\$50.00	mensualmente
7	pegamento para PVC	Gln	1	\$145.50	\$145.50	anual

8	Codo PVC 90º x90mm.	Und.	6	\$10.00	\$60.00	anual
9	Codo PVC 45 x63mm.	Und.	2	\$12.50	\$25.00	anual
10	manguera PE x16mm	M	40	\$5.50	\$220.00	6 meses
11	conector inicial + empaque	Und.	40	\$2.50	\$100.00	6 meses
12	pilón de ½	Und.	1	\$18.00	\$18.00	anual
13	cinta teflón	Und.	10	\$16.50	\$165.00	mensual
14	collarín PE x90mm (abrazadera)	Und.	2	\$26.00	\$52.00	anual
15	unión simple FGx3	Und.	2	\$20.00	\$40.00	anual
16	filtro de anillos 120 mesh x 3	Und.	1	\$600.00	\$600.00	mensualmente
17	válvula de bola con unión universal 2	Und.	2	\$70.00	\$140.00	anual
18	UPR x90mm	Und.	7	\$22.50	\$157.50	anual
19	UPR x63mm	Und.	8	\$20.50	\$164.00	anual
20	Tee x PVC x90mm.	Und.	3	\$15.00	\$45.00	anual
21	Tapón pvc slp x90mm.	Und.	1	\$8.00	\$8.00	dos meses
22	Tapón PVC rosca x90mm.	Und.	12	\$12.00	\$144.00	mensualmente
23	conector PE manguera - cinta x 16 mm	Und.	43	\$3.50	\$150.50	6 meses
24	cinta de gotero 8ml Q=3.35 lt/h/m (x 2285 m)	Und.	1	\$550.00	\$550.00	mensualmente
25	Reducción PVC 90-63 mm.	Und.	2	\$16.50	\$33.00	mensualmente
26	tapón PVC	Und.	2	\$10.00	\$20.00	dos meses
27	Llave de compuerta x 3	Und.	1	\$96.00	\$96.00	dos meses
					\$4,276.00	Inversión inicial

Costo total de mantenimiento de los equipos a doce meses, según su tiempo de vida especificado.

Descripcion del insumo	UND.	CANT.	P.UNITARIO	costo total	tiempo de vida	precio de mantemiento
tuberia PVC ,DN=63mm,C-5.UF(x6.00m)	tubo	7	\$17.50	\$122.50	anual	1470
anillo de goma x 63mm.	Und.	7	\$3.50	\$24.50	6 meses	147
tuberia PVC ,DN=90mm,C-5.UF(x6.00m)	tubo	25	\$35	\$875.00	anual	10500
anillo de goma x90mm.	Und.	25	\$3.50	\$87.50	6 meses	525
codo PVC 90º x6mm.	Und.	8	\$8.50	\$68.00	anual	816
lubricante de anillos para PVC	Gln	1	\$50.00	\$50.00	mensualmente	600
pegamento para PVC	Gln	1	\$145.50	\$145.50	anual	1746
codo PVC 90º x90mm.	Und.	6	\$10.00	\$60.00	anual	720
codo PVC 45 x63mm.	Und.	2	\$12.50	\$25.00	anual	300
manguera PE x16mm	m	40	\$5.50	\$220.00	6 meses	1320
conector inicial + empaque	Und.	40	\$2.50	\$100.00	6 meses	600
pilon de 1/2	Und.	1	\$18.00	\$18.00	anual	216
cinta teflon	Und.	10	\$16.50	\$165.00	mesual	1980
collarin PE x90mm (abrazadera)	Und.	2	\$26.00	\$52.00	anual	624
valvula de aire x 1	Und.	1	\$115.00	\$115.00	6 meses	690
union simple FGx3	Und.	2	\$20.00	\$40.00	anual	480
filtro de anillos 120 mesh x 3	Und.	1	\$600.00	\$600.00	mensualmente	7200
valvula de bola con union universal 2	Und.	2	\$70.00	\$140.00	anual	1680
UPR x90mm	Und.	7	\$22.50	\$157.50	anual	1890
UPR x63mm	Und.	8	\$20.50	\$164.00	anual	1968
Tee x PVC x90mm.	Und.	3	\$15.00	\$45.00	anual	540
tapon pvc slp x90mm.	Und.	1	\$8.00	\$8.00	dos meses	48
tapon PVC rosca x90mm.	Und.	12	\$12.00	\$144.00	mensualmente	1728
conector PE manguera - cinta x 16 mm	Und.	43	\$3.50	\$150.50	6 meses	903
cinta de gotero 8ml Q=3.35 lt/h/m (x 22)	Und.	1	\$550.00	\$550.00	mensualmente	6600
reduccion PVC 90-63 mm.	Und.	2	\$16.50	\$33.00	mensualmente	396
tapon PVC	Und.	2	\$10.00	\$20.00	dos meses	120
Llave de compuerta x 3	Und.	1	\$96.00	\$96.00	dos meses	576
				\$4,276.00	Inverion inicial	46383

Insumos que seran utilizados para la conclusion de dicho proyecto, como gasolina transporte ,chofer etc, teniendo en cuenta como se muestra en las tablas la inversion inicial y total de inversion del sistema. Tambien los gastos de manteniemento con un 5% de inflacion anual en los equipos.

Insumos

Transporte

Gasolina	\$300.00
Chofer	\$150.00
Honorarios	\$3,500.00

Inversión inicial y total de inversión

\$8,226.00 inversión inicial

\$12,502.00 total de inversión

gastos de operación

Luz	3000.00
Salarios	60000.00
manteniendo de equipo	46383.00
inflación %5	109383

Gastos de mantenimiento a 5 años con un 5% de inflación anual

Años	2016	2017	2018	2019	2020
costos de operación	109383.00	114852.15	120594.76	126624.50	132955.72
inflación %5	5469.15	5742.6075	6029.73788	6331.224769	6647.786007

Tabla de resultados arrojados según la producción mensual de grano de café sin la implementación del sistema de riego localizado, al igual los precios por kilo y venta mensual de grano, mostrando el resultado anual.

producción de café sin sistema	enero	febrero	Marzo	abril	Mayo
kilos de grano de café	31	28	27	22	19
precio por kilo	\$55.00				
venta mensual	\$1,705.00	\$1,540.00	\$1,485.00	\$1,210.00	\$1,045.00

Junio	Julio	Agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
24	31	26	32	30	35	39
\$1,320.00	\$1,705.00	\$1,430.00	\$1,760.00	\$1,650.00	\$1,925.00	\$2,145.00

Venta anual de grano de café sin el sistema de riego localizado

venta anual	\$18,920.00
-------------	-------------

Producción estimada sin la implementación del sistema de riego localizado para los cultivos de café anualmente

producción estimada sin el sistema	31 kilos de grano de café
Precio	\$55.00 kilo de café

Producción estimada a doce meses con la implementación del sistema de riego localizado y la venta anual por kilo vendido de café.

producción de café con el sistema	enero	Febrero	Marzo	abril	mayo
kilos de grano de café	60	58	48	35	41
precio por kilo	\$55				
venta mensual	\$3,300	\$3,190	\$2,640	\$1,925	\$2,255

Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	noviembre	diciembre
43	46	49	52	55	60	68
\$2,365	\$2,530	\$2,695	\$2,860	\$3,025	\$3,300	\$3,740

Venta anual de producto con la implementación del sistema en los cultivos de café.

venta anual	\$33,825
-------------	----------

Estimación de producción de grano de café con la implementación del sistema de riego localizado

producción estimada con el sistema	48 kilos de grano de café
Precio	\$55.00 kilo de café

Conclusión:

Debido a la evidencia mencionada antes, podemos dejar en claro que con esta propuesta se tendrá una mejora en cuanto a la producción, al igual al mismo tiempo un ahorro en la economía, por las razones mencionadas, como puede notar el lector los ejemplos anteriores demuestra los siguientes beneficios:

1. Evitamos un estrés hídrico en las plantas.
2. Incremento en la producción
3. Mejoramos la calidad del producto
4. el mantenimiento es económico
5. obtenemos un ahorro de agua.

Una vez dicho los beneficios que podemos obtener con esta propuesta, podemos decir que es viable , económico , fácil de usar, al igual que obtenemos lo que queremos , que es incremento en la producción al igual al mismo tiempo una mejora a nivel económico.

Bibliografía:

1*Título del libro: el libro del café

Autor: Carlos delgado

Editorial: alianza editorial

2*título del libro; Insectos y plagas

Autor: Néstor Bautista Martínez

Categoría: agricultura

Idioma: español

3*título del libro: sistemas de riego

Autor: Felipe Ramírez

Idioma: español

Editorial: grupo latinos editores

4*Título del libro: sistema de riego: por goteo y aspersión.

Editorial: trillas

Autor: Ignacio García casillas

5*título del libro: Riego por goteo

Editorial: starbook editorial.s.a

Autor: Karen palomino

Categoría: agricultura

Año: 2009

Idioma: español

Número de páginas: 154

Glosario

Agronomía: Del latín ager, 'campo', y del griego νόμος nomos, 'ley'),¹ llamada también ingeniería agronómica, es el conjunto de conocimientos de diversas ciencias aplicadas que rigen la práctica de la agricultura.

Caudal: Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

Estrés hídrico: Cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

Edáfica: Se define como la existencia de organismos adaptados a las condiciones bajo el suelo.

Horticultura: Es la ciencia, la tecnología y los negocios envueltos en la producción de hortalizas con destino al consumo. La horticultura es la técnica del cultivo de plantas que se desarrollan en huertos.

Irrigación: Acción de suministrar agua a un terreno por medio de zanjas, caces, etc.

La dosificación: Implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el hormigón, a fin de obtener la resistencia y durabilidad requeridas, o bien, para obtener un acabado o pegado correctos.

La amilasa: Es una enzima hidrolasa que tiene la función de catalizar la reacción de hidrólisis de los enlaces 1-4 del componente α -amilasa al digerir el glucógeno y el almidón para formar azúcares simples.

La transpiración: Es la evaporación de agua en la superficie de los organismos que viven en tierra firme. Tanto las plantas terrestres, como los hongos, como los animales terrestres, transpiran

La fotosíntesis: Del idioma griego antiguo φῶς-φωτός [fos-fotós], 'luz', y σύνθεσις [sýnthesis], 'composición', 'síntesis') o función clorofílica es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz. En este proceso la energía lumínica se transforma en energía química estable, siendo el NADPH (nicotín adenín dinucleótido fosfato) y el ATP (adenosín trifosfato) las primeras moléculas en la que queda almacenada esta energía química. Con posterioridad, el poder reductor del NADPH y el potencial energético del grupo fosfato del ATP se usan para la síntesis de hidratos de carbono a partir de la reducción del dióxido de carbono.

Xérico: Del griego xero-: seco, -fitos: planta, -filo: amigo) se aplica en botánica a la vegetación y asociaciones vegetales específicamente equipadas para la vida en un medio seco.