

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas
con escasas de agua

Juan Pablo Saud Toledo

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero
Civil.

Quito, 13 de Febrero del 2012

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos en zonas con
escases de agua.

Juan Pablo Saud Toledo

Miguel Araque, Ing.

Director de Tesis

Fernando Romo, Ms

Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, 13 de febrero de 2012

Derechos de autor (Copyright)
Juan Pablo Saud Toledo

2012

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis, que fue hecha con el mayor esfuerzo y dedicación, a mis padres Fernando y Patricia, por darme el apoyo incondicional y la fuerza que necesité para poder cursar con éxito esta carrera que llena de satisfacción y de bienestar mi vida. A mis hermanos David y María Fernanda que, además de ser mi familia, son mis amigos, los cuales crecimos con los valores que nos caracterizan, siempre juntos, apoyándonos y guiándonos en esta vida que cada día se vuelve competitiva y autónoma. Finalmente a mis profesores, quienes me formaron como profesional, además de compartirme sus conocimientos todo estos años, los cuales pude aplicarlos para poder realizar mi proyecto final, el cual está realizado con mucho amor y dedicación

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la fuerza y el valor necesario para seguir adelante, que a pesar de los obstáculos y las trabas que hubo en el transcurso de estos años supe levantarme y seguir hasta cumplir este sueño.

A mis padres, porque sin su apoyo en todas las situaciones no hubiera podido seguir con este sueño y siempre aconsejándome en las buenas y en las malas situaciones que pude superar, y siempre pidiéndome que entregue lo mejor que tengo.

Al Ingeniero Miguel Araque por su ayuda, interés y dedicación que puso para el desarrollo de esta tesis, sus consejos y correcciones, los cuales me ayudaron a desarrollar un proyecto claro y concreto, el cual demuestra mis conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera.

RESUMEN

La agricultura en el país es una fuente de trabajo muy importante para las familias que se han involucrado en esta actividad, y con el pasar de los años ha ido evolucionando por las nuevas formas de cultivo y las técnicas que se utiliza para producirlos, por lo que un sistema de riego moderno ayuda de manera significativa a la producción, desarrollo y a la economía de las mismas. El proyecto a realizarse consiste en el estudio y diseño de un sistema de riego por goteo, el cual sirve para productos de cultivo delicado, como el cultivo del tomate, que se necesita un sistema de riego controlado, además de una forma de obtener fuentes de agua alternativo como lo es la captación de agua lluvia para el riego en zonas de baja dotación de agua. La disponibilidad de agua en algunas zonas de nuestro país no es la adecuada para poder tener una agricultura de un gran volumen de siembra, y a la vez, aumentar la producción, además, la agricultura tradicional necesita mejores técnicas con mayor tecnología de riego y de captación de fuentes de agua, por lo que el sistema de riego por goteo es una tecnología de gran alcance, ya que se lograría obtener agua para el riego en muchas partes del Ecuador, donde las tierras son las adecuadas para la agricultura, además que se mejoraría las técnicas de cultivo tradicional, con mayor irrigación, productos de mejor calidad, e incremento de la calidad de vida de los agricultores. La importancia de este sistema de riego radica en que los agricultores pueden obtener una técnica de bajo costo y de gran utilidad, ya que consiste en materiales de fácil adquisición, con una gran eficiencia de utilización, mantenimiento con costos aceptables, y una forma de riego de cultivos moderno. En esta investigación se presenta definiciones importantes de algunas ingenierías, como la ingeniería Civil, Mecánica y Electrónica, y a su vez se presenta conceptos de agricultura para el entendimiento del diseño de este sistema y los resultados obtenidos en este proyecto. También se presenta conceptos de la ingeniería Hidráulica, el cual sirve para poder plantear un manual de diseño y utilización de un sistema de riego por goteo para zonas con escasas de agua.

ABSTRACT

Agriculture in the country is a source of employment very important for families who have been involved in this activity, and with the passing of time has evolved by new forms of cultivation and techniques used to produce them, so that a modern irrigation system helps significantly to the production, development and economy thereof. This project is performed in the study and design of a drip irrigation system, which is used for growing delicate products such as tomato crop, which requires a controlled irrigation system, and a way to get sources alternative water such as rain water harvesting for irrigation in areas of low water supply. Water availability in some areas of our country is not suitable for agriculture to have a large volume of seed, and in turn, increase production, in addition, traditional farming techniques needs better irrigation technology and acquisition sources of water, so the drip irrigation system is a powerful technology, and would be achieved to obtain water for irrigation in many parts of Ecuador, where the lands are suitable for agriculture, in addition to improve traditional farming techniques, more irrigation, better quality products, and increased quality of life of farmers. The importance of this irrigation system is that farmers can obtain a low-cost technique and useful, as it consists of readily available materials, with a high efficiency of operation, maintenance at acceptable costs, and a form of irrigation modern crop. This research provides some important definitions of engineering such as Civil Engineering, Mechanics and Electronics, and in turn, Its presents agriculture concepts for understanding the design of this system and the results obtained in this project. It also presents concepts of hydraulic engineering, which serves to make a design manual and using a drip irrigation system to water-scarce areas.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1

Introducción

- 1.1 Historia del Riego.....1
- 1.2 Recursos de la agricultura a nivel mundial.....5

Capítulo 2

El Suelo

- 2.1 Definición de suelo.....7
- 2.2 Composición del suelo.....8
- 2.3 Perfil del suelo.....9
- 2.4 Propiedades físicas de los suelos.....10
- 2.5 Densidad Aparente del suelo.....15
- 2.6 Propiedades químicas de los suelos.....16
- 2.7 Las plantas.....17
- 2.8 Suelo agrícolas.....22

Capítulo 3

Irrigación por goteo

- 3.1 Sistema de riego por goteo.....25
- 3.2 Características del sistema de riego por goteo.....26
- 3.3 Ventajas y desventajas de los sistemas de riego por goteo.....28
- 3.4 Componentes.....30
- 3.5 Cálculo y Diseño de sistemas de riego por goteo.....32
- 3.6 SRG para un cultivo de tomates en una parcela de 900 m²53
- 3.7 Proyecto de Riego Cariascu Sector II Romerillos.....56

Capítulo 4

Evaluación de impacto ambiental

- 4.1 Procesos de evaluación de impacto ambiente62
- 4.2 Objetivos de evaluación de impacto ambiental..... 63
- 4.3 Etapas funcionales de un sistema de EIA..... 64
- 4.4 Metodologías de evaluación de impacto ambiental.....67
- 4.5 Análisis de variables Ambientales.....74

4.6 Análisis de Impactos ambientales Negativos del Proyecto Cariasu Sector II Romerillos.....	77
---	----

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones y recomendaciones generales.....	79
5.2 Conclusiones y recomendaciones específicas.....	80
Bibliografía.....	82

Anexos

- Tablas de Cálculos
- Ilustraciones

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1.Historia del Riego.

El regadío agrícola se remonta a tiempos antiguos, debido a que es una práctica utilizada por el hombre para poder producir sus alimentos y por ende su supervivencia. Con la Edad de Bronce, iniciada alrededor de 3500 años A. de C., está comprobado que una de las primeras grandes obras para el riego se desarrollaron en Grecia, Mesopotamia y Egipto.

Inspirados en la misma naturaleza y debido a una observación analítica de cómo ésta se comportaba cuando se inundaban las zonas planas, se descubrieron algunos métodos para la producción de alimentos, lo cual hizo posible que el ser humano se estableciera en un lugar específico para vivir, por lo menos durante el tiempo necesario que demora el desarrollo completo de un cultivo (desde el momento de la siembra hasta la cosecha).

Esto hizo posible el comienzo de una vida sedentaria y por lo tanto, una división de las actividades de los individuos de una comunidad, dando origen a lo que actualmente conocemos como sociedad o asentamiento humano. Los hallazgos arqueológicos indican que esto ocurrió alrededor de 5000 años A. de C. en un territorio ocupado por los actuales países de Egipto, Irán, China, Turquía, España, Inglaterra, Perú, México y el Sur de los Estados Unidos. Otro caso muy diferentes fueron las zonas donde había lluvias abundantes, bien distribuidas y con condiciones naturalmente favorables, debido a que las comunidades humanas que allí habitaban pudieron cultivar sus alimentos sin necesidad de preocuparse por el riego.¹

¹ *Canovas C.J. Calidad de las Aguas de Riego. Madrid. España.*

A lo largo de la historia las diferentes civilizaciones han estado fuertemente atadas al desarrollo de la agricultura por medio del riego, para suministrar agrícolamente a una sociedad y asegurar su alimentación. Del mismo modo, la justicia y ecuanimidad para la asignación de los recursos de agua para el riego entre los diferentes consumidores, fue el comienzo de la creación de las primeras normas de convivencia entre los miembros de una comunidad; tanto los Códigos de Hammurabí como el Código Romano, son considerados hasta hoy en día como la base de las leyes y reglamentos que rigen el uso del agua para el riego a nivel mundial.

La gran importancia de contar con agua suficiente y oportuna para regar los cultivos agrícolas queda retratada en el Código Romano con el nombre dado a aquellos agricultores que comparten un mismo curso de agua como: *rivales*. Esto se entiende que quienes comparten una fuente de agua tendrán, tarde o temprano, conflictos que deben ser resueltos por medio de leyes y autoridades específicas.²

A partir del siglo XIX los proyectos de riego a gran escala en países como India, China, Egipto, entre otros, incrementaron seis veces el área de riego; las mejoras que se dieron en la rama de la Ingeniería Hidráulica ayudaron a la planificación, diseño y construcción de varios sistemas de riego. En el siglo XX, a partir de la Segunda Guerra Mundial, el desarrollo de la tecnología fue muy notorio y por lo tanto el riego también tuvo sus mejoras.

Con esto se construyeron estructuras hidráulicas, como embalses de acumulación o regulación y canales principales de conducción, pero en la mayoría de los proyectos no se consideró adecuadamente el manejo del agua a nivel de los usuarios al interior de los predios agrícolas, ni tampoco la relación entre el suelo, la plantación, el agua y el clima, factores que son determinantes para el diseño y las normas de operación óptimas.³

² *Esquivel, 2010*

³ *Libro Técnico de F.A.O. Departamento de Tierras y Aguas. Roma.*

El resultado de esto es que muchos proyectos provinciales de riego no han alcanzado los resultados estimados, con respecto a las expectativas para un aumento en la producción de alimentos, lo cual podría mejorar la calidad de vida de las personas que viven en el campo o sector rural, objetivos descritos durante la planificación y estudio de factibilidad de las grandes obras hidráulicas.

Sólo a partir de las últimas décadas se ha enfrentado el riego con un enfoque científico racional, que permite utilizar el recurso agua con mayor eficiencia, minimizando efectos adversos como la erosión, el drenaje deficiente y la salinización de los suelos.⁴

Los cultivos requieren de agua que es enviada en forma natural por las precipitaciones o lluvias, sin embargo cuando estas escasean o cuando los períodos de máxima demanda de las plantas no coinciden con las épocas de invierno, es necesario aportarla en forma artificial por medio de riego.

Se sabe que las actividades agropecuarias generan la alimentación y la sobrevivencia de la humanidad, en consecuencia todas sus áreas de estudio e investigación, deben fortalecerse, siendo el objetivo producir más con el mínimo de recursos económicos. Existe una estrecha relación con el uso, manejo y la conservación del agua, con el riego agrícola, por esta razón el agua es una de las áreas dentro de la agricultura que requiere de mayores estudios, avances tecnológicos y de la aplicación de los mismos sin dañar el ecosistema y deteriorar el medio ambiente.

Existe una necesidad urgente de reconciliar las demandas de agua con el fin de mantener las funciones de los ecosistemas y para la producción de alimentos. Hallar dicho equilibrio es particularmente importante en los países en desarrollo, donde la agricultura y el entorno natural son con frecuencia los principales "motores de crecimiento" potenciales para mitigar la pobreza y el hambre.⁵ (FAO, 2005)

⁴ *Cedru. Métodos avanzados de Riego. México.*

⁵ *Libro Técnico de F.A.O. Departamento de Tierras y Aguas. Roma.*

El riego es considerado como una ciencia milenaria, el cual constituyó una actividad de suma importancia en muchos pueblos de la antigüedad que tenían técnica de irrigación para su agricultura. En Ecuador, un ejemplo de sistemas de riego antiguos son los incas, quienes mantenían el equilibrio entre su sociedad y la naturaleza. Para poder cultivar construían en las laderas de las montañas andenes de cultivo (especie de escaleras cavadas en los cerros), con un complejo sistema de canales de riego, aun hoy se pueden ver estas terrazas artificiales en la región de los Andes Centrales del Perú, en el Altiplano boliviano y en todo el noroeste argentino. (Clasa, 1994)

La naturaleza montañosa les hizo copiar sistemas de cultivo de antiguas tribus de la región, que consistían en terrazas hechas con paradores de piedras en las laderas de la montaña. Vistas de lejos parecen escaleras de gigantes. Tenían sistemas de riego y desagües perfectos, La agricultura fue la base de la economía del imperio incaico. La producción era muy variada y los cultivos más importantes eran el maíz y la papa. Los incas aplicaron diferentes técnicas agrícolas que mejoraron el rendimiento de los cultivos. En las zonas áridas de la costa usaron el guano – excremento de aves marinas – como fertilizantes de las tierras construyeron canales de riego.

En la década de los 60`s se dieron grandes cambios en la economía ecuatoriana debido a la crisis temporal en la producción bananera, la baja en los precios del café y los conflictos políticos entre los grupos que representaban los intereses de las clases dominantes de la Sierra y la Costa, respectivamente. Estos factores fueron los que permitieron la elaboración de un proyecto político dirigido hacia la diversificación de la economía -industrialización- y la transformación de los rezagos feudales de producción hacia una modernización del sector agrícola.

La Reforma Agraria de 1964 fue claramente el eje que aglutinó las fuerzas modernizante. Aunque el impacto sobre la distribución de la tierra es limitado, la reforma significó el punto sin retorno para las formas feudales de producción como huasipungo y el inicio de cambios estructurales en el uso de la tierra, el balance entre

o diferentes cultivos y la aplicación de tecnologías para la modernización del campo.

En todo el mundo fue desarrollándose el riego como ciencia evolutiva las mejoras y las técnicas han progresado, teniendo como prioridad del ahorro de agua, ahorro de energía y a gran escala los costos disminuyen, con un aumento importante de la producción. Así se han introducido técnicas de fertilización con aplicación de químicos a través del riego, lo que se denominada fertirrigación y quemigación. La implementación de estas técnicas ha ocasionado un incremento en la productividad en los cultivos haciendo eficiente el uso de los recursos y mejoras en la calidad de vida de las comunidades.

1.2. Recursos de la agricultura a nivel mundial.

Se estima que a nivel mundial la demanda por agua para el uso agrícola se verá incrementada entre el 15% y el 20%, en los próximos 25 años, con el fin de mantener la seguridad alimentaria y reducir el hambre y la pobreza de una población mundial en aumento.⁶

Los estudios ambientales indican que el uso de agua deberá ser reducido en por lo menos un 10% durante el mismo período para protección de ríos, lagos y fuentes de los cuales dependen millones de personas para su subsistencia y con el fin de satisfacer las crecientes demandas de las ciudades e industrias, además de que las comunidades de todo el mundo se concienticen, creando planes de gestión de los recursos hídricos.

De acuerdo con los estudios científicos disponibles, el 96.5% es agua salada, localizada principalmente en los océanos y mares; el 3% restante es dulce. De esta última, el 1% se encuentra en estado líquido; el 2% restante en estado sólido en capas, campos y plataformas de hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos. El agua dulce se encuentra en lagos, humedales, ríos y en acuíferos⁷.

⁶ *La Comisión Económica para América Latina (CEPAL)*

⁷ *Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía de México. 1974*

Cuadro 1.1 Distribución del agua en la superficie terrestre. Volumen en Km³

Situación del agua	Agua dulce	Agua salada	Agua dulce	Agua salada
Océanos y mares	-	1.338.000.000	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24.064.000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12.870.000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10.530.000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y Permafrost	300.00	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91.00	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85.40	-	0,006
Humedad del suelo	16.50	-	0,05	0,001
Atmósfera	12.90	-	0,04	0,001
Embalses	11.47	-	0,03	0,0008
Ríos	2.12	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1.12	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35.029.110		100	-
Total agua salada	1.386.000.000		-	100

Fuente: (INEGI,2011)

Cuadro 1.2. Limitación de la agricultura en el mundo

Limitación de la agricultura en el mundo por el factor suelo.	% de la superficie en el mundo.
Demasiado seco	28
Problemas químicos	23
Suelos poco profundos	22
Demasiado húmedo	10
Permanentemente congelado	6
Ninguna limitación	11

Fuente: (INEGI,2008)

CAPÍTULO 2

EL SUELO



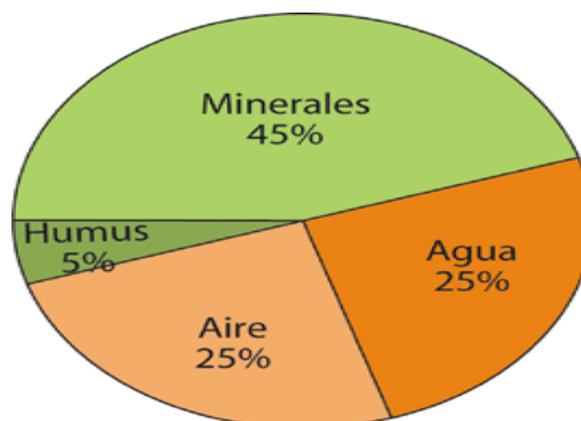
2.1 Definición de suelo

El suelo es uno de los componentes más importantes que el planeta tierra posee, el cual se define como el agregado no cementado de granos, minerales y materia orgánica descompuesta junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas. Esto hace referencia a una mezcla de elementos naturales que se encuentra en la superficie terrestre y que tienen propiedades debidas al efecto del clima y de la materia viva, ofreciendo sustento a las plantas. El suelo es producido por intemperismo, es decir, por la fractura y rompimiento de varios tipos de roca en piezas más pequeñas mediante procesos mecánicos y químicos. En este tipo de procedimiento existen los suelos residuales y los suelos transportados, los cuales según el agente transportador, se dividen en aluviales, glaciales y eólicos. La formación de un suelo involucra miles de años, esto quiere decir que un suelo que se ha destruido por cualquier circunstancia, no tiene la misma velocidad de recuperación que la de nacimiento del mismo, por lo que se considera que el suelo es un recurso no renovable e irrecuperable para la generación que la haya utilizado.

2.2 Composición del suelo

Las fases que un suelo está constituido son: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está compuesta por partículas orgánicas y minerales. La materia orgánica está compuesta de residuos vegetales y animales en descomposición; estos materiales se descomponen hasta sus elementos básicos en un proceso de mineralización. Los porcentajes de materiales orgánicos en un suelo mineral está entre el 1% hasta el 5%, y en suelos orgánicos llega al 80% de material orgánico. La materia inorgánica está constituida por partículas de limo, arena, arcilla, cuarzo, feldespato, entre otros¹.

Figura 2.1 Composición del suelo



Fuente: (ECHARRI, 2008)

La fase líquida está compuesta de la cantidad de agua que contiene el suelo, donde se encuentran disueltas sustancias derivadas de minerales nutritivos del suelo, variando su concentración y composición dependiendo de las condiciones climáticas y el tipo de suelo. El porcentaje de aire atmosférico, CO₂ y oxígeno que se encuentra en el suelo pertenece su fase gaseosa, el CO₂ aumenta por los procesos de respiración de las raíces de las plantas. Las fases líquida y gaseosa ocupan los espacios porosos del suelo, donde no se encuentra la fase sólida¹.

¹Porta, J. *Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo*. 2008

ECHARRI, L. *Ciencia de la tierra y el medio Ambiente*. 1998

2.3 Perfil del Suelo

Para poder distinguir las capas verticales del suelo se usan los horizontes del suelo, y el conjunto de horizontes forma el perfil de un suelo. Los diferentes horizontes del suelo son los productos de la formación y desgaste del suelo al transcurrir el tiempo.

El horizonte A sufre muchos cambios debido a la acción meteorizante del clima, como el sol, lluvia y el viento. Esto ocurre por las fuerzas que desintegra físicamente el suelo y lo descomponen químicamente.

De esta forma se puede diferenciar un suelo fértil de un suelo que no lo es. El suelo fértil es aquel que tiene poca alteración y su meteorización son lo suficientemente rápida para proporcionar los nutrientes necesarios para el uso adecuado del suelo.

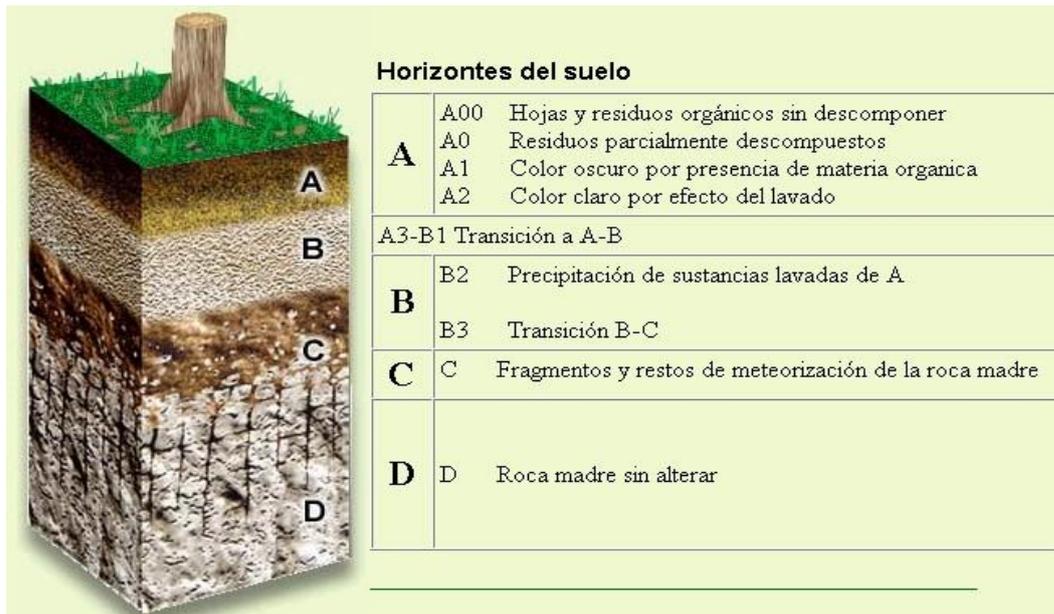
EL Horizonte B es el lugar donde se acumulan las arcillas que ha podido trasladarse desde el horizonte A por medio del agua, compuesto por la mezcla de humos y fragmentos de rocas, tiene un color más claro que el horizonte anterior.

El Horizonte C corresponde a la roca madre que está compuesta por fragmentos de rocas más o menos alteradas, y por su descomposición y la acción de los seres vivos que añaden materia orgánica a esta roca descompuesta se forman otros horizontes.

El horizonte D corresponde a la roca original inalterada, o el lecho rocoso el cual da la estabilidad y resistencia a todo el suelo.

El Horizonte E es un extracto adicional donde se acumula la materia orgánica que proviene de la superficie.

Figura 2.2 Horizontes del suelo



Fuente. (ECHARRI, 2008)

2.4 Propiedades Físicas de los Suelos

Las propiedades físicas del suelo determina las características naturales que el suelo tiene, como por ejemplo, la fuerza de sostenimiento, la rigidez, la tenacidad de la superficie, la aireación, capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la retención de nutrientes y la plasticidad¹.

2.4.1 Textura del Suelo

Es el porcentaje de los elementos que se encuentra en el suelo, como arena, limo y arcilla. Estos elementos se clasifican según su tamaño de partícula mediante la granulometría. En esta clasificación se diferencia en límites establecidos según los valores que define cada clase. Las escalas más utilizadas son la internacional y la USDA, de esta forma se puede clasificar a los suelos según la distinta proporción del mismo.

¹Porta, J. *Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo*. 2008

ECHARRI, L. *Ciencia de la tierra y el medio Ambiente*. 1998

a) Suelos Arenosos Ligeros

Tienen textura gruesa, la cual les permiten tener aireación, pero no tienen la capacidad de retener el agua, por lo tanto no tienen la capacidad de retener los nutrientes, por ello son arrastrados hacia los horizontes más profundos.

b) Suelos Arcillosos Pesados

La característica principal de estos suelos es su capacidad de retención de agua y nutrientes, en cambio poseen una baja porosidad y, consecuencia de ello carecen de aireación, por lo que son suelos que poseen una elevada viscosidad con una gran resistencia a la penetración de raíces o alta tenacidad de superficie.

c) Suelos Francos

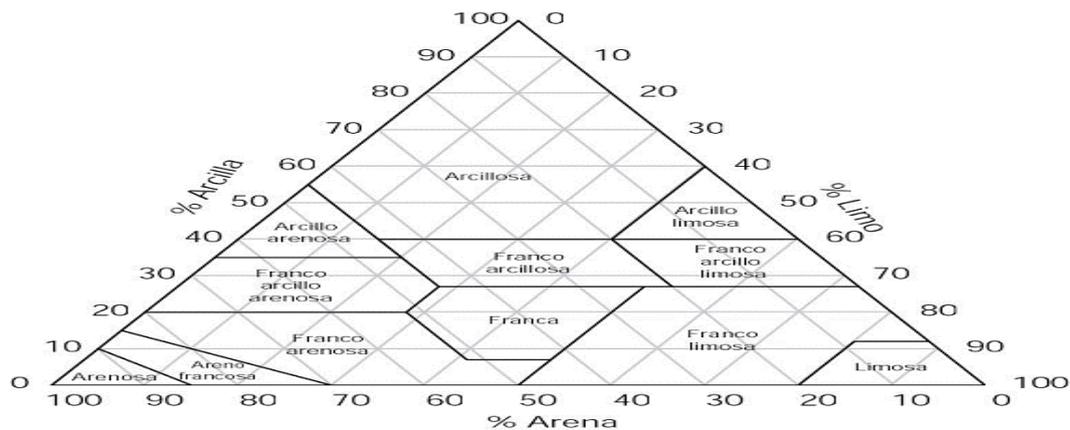
Son los suelos que tienen los porcentajes parecidos de arena, limo y arcilla, son los suelos con las mejores características físicas y químicas, aptos para el cultivo y la agricultura. Para poder determinar la textura de los suelos se utiliza el triángulo de textura de los suelos, así se puede determinar los porcentajes de los componentes minerales.

Tabla 2.1 Clasificación del suelo según su granulometría.

Fracciones	Sistema USDA	S.I. (Atterberg)
Arena muy gruesa	2.0-1.0	
Arena Gruesa	1.0-0.5	2.0-0.20
Arena Media	0.5-0.25	
Arena Fina	0.25-0.10	0.20-0.02
Arena muy fina	0.10-0.05	
Limo	0.05-0.002	0.02-0.002
Arcilla	< 0.002	<0.002

Fuente: (Porta, 2008)

Figura 2.3 Triángulo de texturas de los suelos



Fuente: (Porta,2008)

2.4.2 Estructura del Suelo

El suelo posee una estructura definida por miles de años que ha recorrido su ciclo, esto hace referencia a la forma, al tamaño y a la disposición de las partículas sólidas con su continuidad en profundidad. Al igual que la textura del suelo, la estructura determina las características naturales que el suelo tiene, como por ejemplo, la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua, la retención de nutrientes y la tenacidad superficial.

La estructura se determina indirectamente por medio de las características naturales del suelo, como el movimiento del agua, la aireación, la porosidad y la densidad aparente. La estructura se divide en distintas clases según Soil Surver² (Manual del U.S.D.A,1951)

a) Estructura laminar

Cuando los agregados se desarrollan en dos direcciones horizontales más que en la tercera vertical.

b) Estructura Prismática

Son partículas de suelo que se han formado columnas o pilares separados por fisuras verticales diminutas, pero definidas.

c) Estructura Migajosa

Presenta unidades esféricas, con bordes y caras más o menos redondos, con poca cantidad de puntos de contacto y gran cantidad de espacios entre ellos.

d) Estructura Granular

Los agregados son poco porosos por la presencia de la arcilla en la materia orgánica en el proceso de floculación.

e) Estructura Angular.

Su forma es la de un poliedro equidimensional con aristas y vértices punzantes. Todos los agregados se colocan juntos perfectamente dejando un sistema de grietas inclinadas.

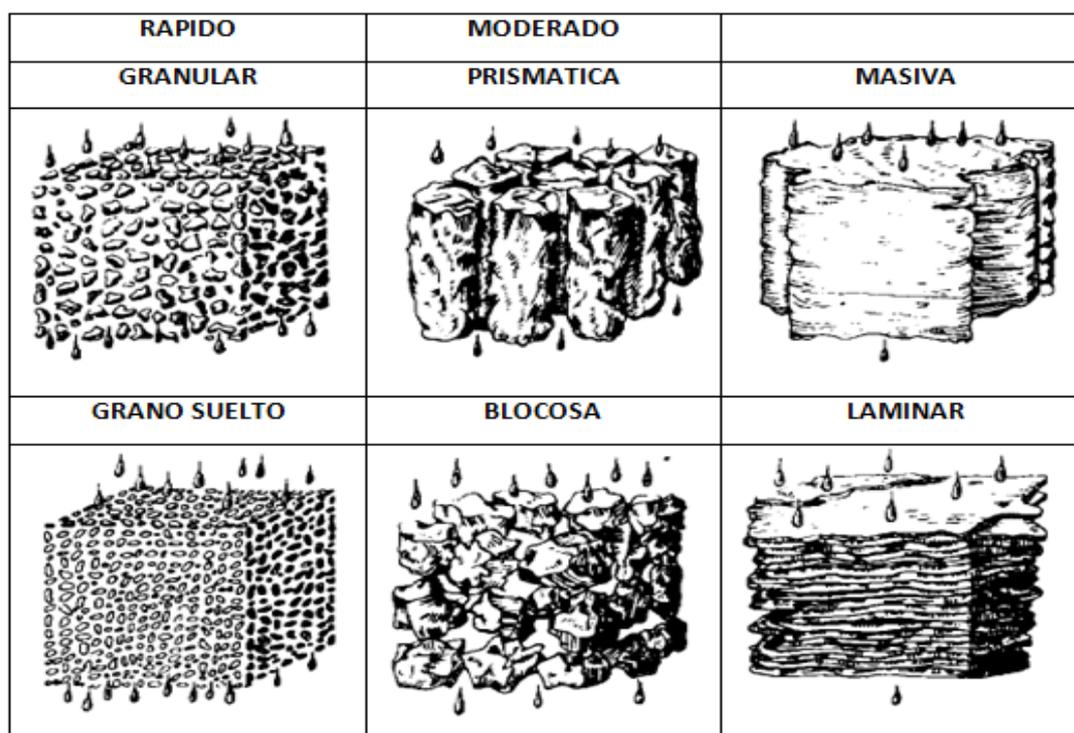
f) Estructura Subangular

Agregados de forma poliédrica con superficies irregulares, aristas redondas y formación de vértices.

g) Estructura Columnar

Se produce cuando hay una dispersión fuerte de arcilla por una concentración de sodio. Las primas se resquebrajan en grandes prismas muy duros e impermeabilizantes.

Figura 2.4 Estructura del suelo



Fuente: (ESPA,1995)

Tabla 2.2 Relación de la estructura con la velocidad de infiltración.

Tipos de Estructura	Velocidad de infiltración
Granular	Rápida
Migajosa	Rápida
Laminar	Lenta
Bloques angulares	Lenta
Bloques Subangulares	Moderada
Prismática	Moderada
Columnar	Columnar

Fuente: (ESPA,1995)

2.4.3 Consistencia del suelo

Son el resultado de la interacción de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad. Tiene distintas propiedades, como la resistencia a la compresión, plasticidad, friabilidad y viscosidad, por lo que la consistencia del suelo varía por la textura, materia orgánica, la estructura y el porcentaje de humedad.

2.4.4 Color del suelo

Se usa esta propiedad del suelo para poder clasificar las variedades de suelo, por ejemplo, los suelos oscuros son más fértiles que los suelos claros ya que son el resultado de grandes cantidades de humus y la humedad excesiva que hay en el suelo. Los suelos rojos poseen óxidos de hierro sin humedad excesiva, por lo que el suelo tiene la capacidad de drenar el agua y es fértil, pero en ocasiones el color rojizo se debe a minerales que no son óptimos para las plantas. Los suelos amarillentos tienen escasas de fertilidad, esto se debe al óxido de hierro que reacciona con el agua por el mal drenaje del porcentaje de humedad.

2.5 Densidad Aparente

$$da = \frac{Ms}{Vt} \quad (2.1)$$

Donde:

Ms: Masa del Suelo Seco.

Vt: Volumen total o Aparente.

Es el cociente entre la masa de suelo seco y el volumen total o aparente del suelo. La densidad aparente varía entre 0.7 g/cm³ en suelos volcánicos muy porosos y ligeros y 1.8 en suelos arenosos³.

²United States Department of Agriculture. *Manual del U.S.D.A.* 1951

³ECHARRI, L. *Ciencia de la tierra y el medio Ambiente.* 1998

2.5.1 Densidad real

$$dr = \frac{Ms}{Vs} \quad (2.2)$$

Donde:

Ms: Masa Suelo Seco.

Vs: Volumen ocupado por partículas sólidas

Es el cociente entre la masa de suelo seco y el volumen ocupado por las partículas sólidas. Este valor es casi constante a 2.6 g/cm^3 , variando por la materia orgánica.

2.6 Propiedades químicas de los suelos

Las propiedades químicas del suelo no permiten determinar ciertas cualidades del suelo o reacciones que alteran la composición y acción de los mismos. Corresponde a los compuestos de contenidos de sustancias importantes como macro nutrientes (N, P, Mg, Ca, S, K) y micronutrientes (Fe, Co, Mn, B, Zn, Cl, Mo) para de características como el carbono orgánico, carbono cálcico, Fe. Las principales propiedades son.³

2.6.1. Materia orgánica

Son los residuos de plantas y animales descompuestos, otorgando alimentos que las plantas necesitan para su crecimiento y producción, mejora las condiciones del suelo para el desarrollo de los cultivos.

2.6.2. Fertilidad

Es una propiedad que determina la cantidad de alimentos y nutrientes que posea un suelo. Un suelo es fértil cuando contiene propiedades nutritivas que las plantas necesitan para su alimentación, por medio de la materia orgánica.

2.7 Las plantas

Las plantas toman, a través de sus raíces, los minerales disueltos en el agua del suelo, y a través de sus hojas obtienen dióxido de carbono de la atmósfera para su nutrición. Todos estos compuestos son convertidos en alimentos mediante el proceso de fotosíntesis³.

2.7.1. Hidrología de la planta

Las plantas tienen una necesidad de agua que varía con el pasar del día. La absorción de agua en el amanecer es casi nula. Cuando hay la presencia de los rayos del sol la temperatura provoca un incremento de la evaporación del agua, por lo que existe la absorción de este líquido por medio de la raíz. Cuando llega el atardecer la absorción del agua disminuye hasta la saturación de la misma.

2.7.2. Las plantas y el agua

La absorción del agua del suelo mediante las raíces de las plantas se produce porque las raíces son capaces de ejercer una tensión mayor que la que el suelo está realizando. Por ósmosis, el agua que se encuentra en los pelos absorbentes es absorbida con sales minerales disueltas, mediante la acción de la luz solar, el CO₂ y a la clorofila. La sabia bruta se convierte en sabia elaborada, y se distribuye a toda la planta para poder formar frutos raíces y tallos.

El porcentaje de agua a lo largo del perfil del suelo afecta directamente a la distribución y morfología de las raíces ya que a mayor porcentaje de agua en el suelo mayor crecimiento de las raíces, esto se produce porque las raíces crecen porque hay agua y existe una menor resistencia a la penetración¹.

²Ingeniería d Riego, Guillermo Catañon, 2000

2.7.3. Factores que afectan la absorción del agua

a) Factores atmosféricos

Determinan la velocidad de evaporación del agua a través de las hojas. Entre los factores atmosféricos principales están. La energía solar, la humedad y el viento.

b) Factor suelo

El suelo afecta la absorción del agua según las características que este tenga, por ejemplo, el contenido de agua en el suelo influye en el crecimiento de las raíces de la planta. También el pH que el suelo posea influye en la absorción del agua, ya que un pH ácido aumenta la solubilidad de sales, facilitando la absorción por las raíces.

2.7.4. Efecto del suelo en el desarrollo de la raíz

El desarrollo radicular depende de muchos factores, ya sea la textura del suelo y la permeabilidad, a textura fina menor crecimiento de las raíces, al igual que la permeabilidad, a mayor permeabilidad el agua se pierde con mayor facilidad y con ella los nutrientes, pero si se reduce existe problemas de aireación del sistema radicular.

2.7.5. Efectos del clima en el desarrollo de la raíz

Los suelos de textura arenosa en zonas áridas presentan mejor permeabilidad, a mayor profundidad se encuentra mayor disponibilidad de nutrientes, por lo que las raíces crecen buscando estos nutrientes que no están sujetos a evaporación.

El incremento de la temperatura durante el periodo de crecimiento de la planta afecta al desarrollo de las raíces.

2.7.6. Puntos de equilibrio de la humedad en el suelo

Existen puntos de equilibrio en el suelo que determina la humedad del mismo, los principales son.

a) Capacidad de Campo

Determina el límite entre el agua capilar y gravitacional, también determina el porcentaje máximo de agua que el suelo puede retener después de tres días de aporte de agua. Este punto ayuda en la agricultura porque condiciona el ritmo que se debe aplicar el riego. La capacidad de campo se produce en un cierto tiempo después de una lluvia o de un constante riego, y este porcentaje de humedad es difícil de medir pues depende de una serie de factores propios de cada suelo, del clima y del cultivo, por lo que los valores de capacidad de campo se tiene que determinar en campo y en laboratorios de experimentación.

Figura 2.3 Valores de Capacidad de Campo

Tipo de Suelo	$\theta_{fc}(m^3/m^3)$
Arena	0.07-0.17
Arena margosa	0.11-0.19
Marga arenosa	0.18-0.28
Marga	0.20-0.30
Marga limosa	0.22-0.36
Limo	0.28-0.36
Arcilla limosa	0.30-0.42
Arcilla	0.32-0.40

Fuente: (Montenegro, 2011)

b) Punto de Marchitez

Cuando la cantidad de agua en el suelo disminuye, aumenta la tensión con que es retenida el agua y que, deben vencer las raíces para absorber el agua, llega un punto en que éstas no pueden extraer suficiente agua y el cultivo se marchita irreversiblemente, este punto se lo conoce como punto marchitez].

Es el porcentaje de humedad de un suelo que rodea la zona de las raíces de las plantas, la cual la fuerza de absorción de las raíces es menor que la permeabilidad del agua por el terreno, por lo que las plantas no pueden extraer el agua del suelo.

Figura 2.4 Valores de Punto de Marchitez.

SUELO	PM%
Arcilloso	19
Arcilloso-Limoso	18
Franco-Arcilloso	17
Franco-Limoso	16
Limoso	15
Franco	13
Limo-Arenoso	11
Arenoso-Limoso	8
Franco-Arenoso	7
Arenoso-Franco	6
Arenoso	5

Fuente: (Montenegro, 2011)

c) Evapotranspiración:

Uno de los factores limitantes para la producción de cultivos es la falta de agua para un adecuado crecimiento y desarrollo de los mismos. Para determinar el déficit

o exceso de agua se debe conocer la necesidad del cultivo, su fase de desarrollo y la climatología de la región. La evapotranspiración es un fenómeno complejo y comprende dos parámetros:

- ✓ **Evaporación:** representa el paso del estado de líquido al estado de vapor. Sea cual fuere la superficie en que se produzca, necesita 600 ca/gr aportado por la energía del sol. Su estimación es fundamental para el riego.

- ✓ **Transpiración:** Es la pérdida de agua liberada hacia la atmósfera a través de los estomas (pequeños agujeros situados en la parte inferior de las hojas no expuestos a los rayos solares) de la planta (hojas, tallos, flores, etc.).

- ✓ **Evapotranspiración:** Es la cantidad de agua perdida bajo la forma de vapor, desde una superficie cubierta de vegetación.

Podemos definir la “Evapotranspiración” como la suma de las cantidades de agua evaporada desde el suelo y la transpirada por las plantas. Para determinar la Evapotranspiración (ET), la FAO ha propuesto determinar la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) y este valor será afectado por un **coeficiente de cultivo (K_c)**.

d) Agua útil

No toda el agua que se encuentra en el suelo puede ser absorbida por las raíces de las plantas, además el agua está en constante movimiento hacia zonas de menor potencial, por ello es necesario conocer la cantidad de agua máxima de agua que existe en el suelo utilizable para las plantas.

El Agua Útil es el porcentaje de humedad del suelo que esta a disponible para las plantas, es decir, diferencia ente la capacidad de campo y el punto de marchitez. El agua inerte es el agua que no es aprovechada por la planta, pero que aún queda en el suelo.

Figura 2.5 Valores de Agua Útil

SUELO	AGUA UTIL
Arcilloso	29
Arcilloso-Limoso	27
Franco-Arcilloso	24
Franco-Limoso	22
Limoso	21
Franco	18
Limo-Arenoso	16
Arenoso-Limoso	10
Franco-Arenoso	9
Arenoso-Franco	8
Arenoso	7

Fuente: (Montenegro, 2011)

2.8 Suelos agrícolas

El suelo agrícola es el resultado de la interacción de las propiedades físicas y químicas, del contenido de materia orgánica y de los organismos del suelo. Por esto, aunque los veremos en forma individual, debemos entenderlos en forma global, como un solo conjunto.

Desde este concepto la preparación del suelo y la fertilización química fueron la base fundamental del manejo de los cultivos. Sin embargo, hoy en día, la producción agrícola ha descendido grandemente, los costos se han elevado demasiado, la incidencia de plagas y enfermedades se ha incrementado, dejando como resultado un gran endeudamiento económico del agricultor, los suelos degradados, las aguas contaminadas, una biodiversidad no funcional y cosechas dañinas para la salud del consumidor.

Surge entonces la Agricultura Ecológica como una alternativa de producción agropecuaria. La Agricultura Ecológica es respetuosa del medio ambiente, mejora características físicas y químicas del suelo, incrementa el contenido de materia orgánica y la biodiversidad, no contamina las aguas ni los suelos. Los insumos utilizados los provee la misma naturaleza, encontrando muchos de ellos en la misma finca y en sus alrededores. De esta forma, la Agricultura Ecológica permite una producción agropecuaria sustentable, sana y rentable para el agricultor. A la vez que propicia el mejoramiento socio económico del productor.

2.8.1 Suelos agrícolas en el Ecuador³

Las características geográficas de Ecuador le permiten generar variedad de productos, tanto para el consumo interno como para la exportación. En los últimos años se han producido cambios fundamentales con la introducción de productos no tradicionales como palma africana, flores y brócoli.

La Región Costa posee 4 millones de hectáreas destinadas a los cultivos. De esta superficie, el 21,38% se utiliza para cultivos de ciclo corto -maíz, yuca, arroz, algodón, frutas tropicales-; el 26,99%, para cultivos permanentes -banano, palma africana, café, cacao, caña de azúcar-; y el 51,62%, para pastos.

Las zonas poco aptas para la producción agrícola son la península de Santa Elena y otros sitios fronterizos con Perú, que son regiones secas con condiciones climáticas desfavorables.

En la Sierra la producción agrícola varía con la altitud. En zonas de 2200 a 2400 m. s. n. m. se cultivan caña de azúcar, tomate y frutales. Entre los 2400 y los 3000 m. s. n. m. se cultivan maíz, fréjol y trigo. Sobre los 3200 m. s. n. m., se producen cebada y tubérculos como oca, melloco y papa.

³ Dirección de Informática de INEC, 1995.

La mayor parte de la superficie agrícola se destina a pastizales (42,88%); el 38,26% es para cultivos de ciclo corto como papa, haba, maíz, hortalizas, y el resto (18,86%) está dedicado a cultivos permanentes de frutas de clima templado y, en las zonas subtropicales, a cultivos de caña de azúcar y café³.

En la Amazonía los terrenos son poco fértiles y para su explotación es necesaria la rotación permanente de cultivos. Su producción está consagrada principalmente a los pastizales (63,12%); los cultivos permanentes -palma africana, caña de azúcar y cítricos- ocupan el 19,22% de la superficie; y el restante 17,66% es ocupado por cultivos de ciclo corto como maíz, yuca y naranjilla.

CAPÍTULO 3

IRRIGACIÓN POR GOTEO



3.1 Sistema de riego por goteo

El sistema de riego por goteo, es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas que permite la utilización óptima de agua y abonos, distribuyendo el agua en forma controlada con una zona de humedecimiento radicular. Esta distribución del agua se transporta a través de tuberías y mangueras a presión, donde en algunos casos, se aprovecha las pendientes que presente el terreno, y en la mayoría de los casos se utiliza un sistema de bombeo y desde este sistema se conduce el agua a todas las zonas de las raíces de las plantas, regando el agua en una zona localizada, generalmente en plantaciones delicadas o plantaciones controladas, como los invernaderos¹. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia el interior de las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores o goteros.

¹Cevallos Ignacio. Sistema de riego por goteo.

3.2 Características del sistema de riego por goteo



El sistema de riego por goteo supone una mejora tecnológica importante, que contribuirá a una mayor productividad mejor uso del agua de riego. Esto se debe a sus características ya que se define como un sistema moderno, controlado y económico.

- ✓ El riego por goteo tiene un sistema de riego localizado y de alta frecuencia, mas no de cobertura total, esto quiere decir que, el sistema tiene una manera de riego individual o para un grupo de plantas, pero no se utiliza para el riego de todo el terreno.
- ✓ El agua se aplica al suelo, luego se infiltra en el terreno y se mueve en diferentes direcciones principalmente en dirección horizontal y vertical. No se moja todo el suelo, sino solo ala parte que se aplica el gotero, por consiguiente humedece tan solamente el sistema radicular de la planta.
- ✓ Este sistema utiliza pequeños caudales de agua a baja presión, de esta forma, las zonas agrícolas que no poseen fuentes de agua pueden obtenerlo mediante el agua lluvia o en zonas subterráneas.
- ✓ Es utilizado para un riego controlado y para plantaciones delicadas, así cada tipo de planta tiene la cantidad necesaria de agua para que pueda crecer según las

especificaciones de calidad.

- ✓ La ubicación del agua en la proximidad de las plantas es a través de un número variable de puntos de emisión, de esta forma el agua puede llegar a diferentes plantaciones, ahorrando dinero y tiempo en su producción.
- ✓ La presión de trabajo de los goteros, o la presión que debe alcanzar el sistema para un adecuado riego, es menor que la presión de trabajo de un sistema de riego diferente, como el de aspersión, ya que este sistema debe tener un caudal de descarga menor para un riego controlado en plantas que tiene un cultivo delicado, de esta forma los diámetros de tuberías que se debe instalar también son menores.
- ✓ Como la presión de trabajo de los goteros son menores, la energía empleada para este sistema también es menor, por lo que los costos de inversión, mantenimiento y la operación son bajos.
- ✓ Se puede realizar inyección de fertilizante directamente en la tubería o en el sistema de bombeo.
- ✓ Existe menor evaporación de agua efectiva de riego por ser un sistema de irrigación localizado.
- ✓ En riego por goteo, la utilización de abonos tradicionales en superficie es casi ineficaz, así los sistemas de goteo mezclan a menudo el abono líquido o pesticidas en el agua de riego. Otros productos químicos tales como el cloro o el ácido sulfúrico son igualmente utilizados para limpiar periódicamente el sistema.

En conclusión, en las regiones donde los aprovisionamientos de agua están muy limitados, se puede obtener un notable aumento de producción utilizando la misma cantidad de agua que antes.

3.3 Ventajas y desventajas de los sistemas de riego por goteo².

Ventajas

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.

- ✓ Permite el riego de terrenos ondulado, sin la necesidad de un sistema sistematizado, y dependiendo de la situación, no utiliza un sistema de bombeo.
- ✓ Permite la irrigación en terrenos de niveles difíciles, donde la capa útil es poco profunda y el subsuelo presenta condiciones inadecuadas para un cultivo.
- ✓ Permite el riego por gravedad donde las parcelas no sean las adecuadas para el tipo de riego localizado, donde existen pérdidas por escorrentía, erosión y percolación profunda.
- ✓ Menores costos de funcionamiento ya que el emisor necesita una presión de trabajo de salida del orden de 10 libras por pulgada cuadrada mínimo, de esta manera el equipo de bombeo o la diferencia de nivel deben proveer esta presión para un adecuado funcionamiento del sistema.
- ✓ Permite la irrigación en cultivos muy delicados, donde el riego con cobertura total del terreno puede causar daños a los cultivos.
- ✓ Existe la posibilidad de combinar este sistema con un sistema de micro aspersión para poder incorporar un mecanismo de defensa contra “Heladas”. Esto es muy importante en zonas de temperatura muy bajas para prevenir pérdidas de cultivos.

- ✓ Permite una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua. No se puede hablar de una reducción en lo que se refiere a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada es una característica fisiológica de la especie.
- ✓ Permite 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.
- ✓ No existe perturbación del clima para el sistema de riego por goteo como lo que pasa en un sistema de riego por aspersion con cobertura total, donde el viento desvía el sentido del riego.
- ✓ Si está correctamente montado, instalado, y controlado, el riego por goteo puede ayudar a realizar ahorro de agua por la reducción de la evaporación. Por otro lado, el riego gota a gota puede eliminar muchas enfermedades que nacen del contacto del agua con las hojas.

Desventajas

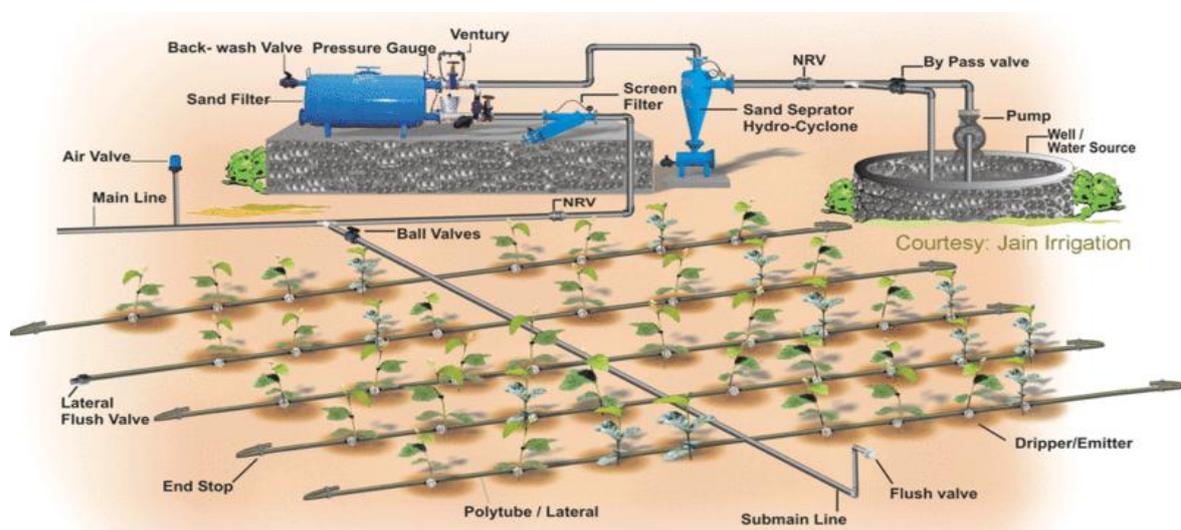
Este sistema al igual que otros tipos de riego tiene inconvenientes que, con un adecuado mantenimiento y un adecuado cálculo inicial se puede omitir estas desventajas.

- ✓ Tiene un mayor costo de instalación en comparación con otros sistemas de riego, y una menor facilidad de efectuar cambios en los cultivos cuando se utiliza en un cultivo inicial. También los costos crecen cuando es necesario utilizar un sistema de bombeo cuando se cuenta con una presión suficiente de agua.
- ✓ Las altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a su acumulación en estas zonas de las sales puede constituir un inconveniente importante para la plantación si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo.

✓ Este sistema presenta estrés hídrico de forma rápida cuando se detiene el suministro de agua porque tiene la característica de suministro frecuente, esto quiere decir que el sistema no debe detener el suministro de agua y evitar las interrupciones de riego como puede ser la falta de combustible y el corte eléctrico.

3.4 Componentes

Figura 3.1 Componentes de un Sistema de Riego por Goteo



Fuente (Flowers, 2010)

✓ Los componentes que este sistema de riego posee para un funcionamiento adecuado es el siguiente.

- | | |
|--|----------------------------------|
| - La fuente de agua. | agua. |
| - La bomba y la unidad de energía. | - Los goteros o emisores. |
| - El sistema de filtración. | - Llave de paso |
| - El sistema de inyección de químicos. | - Tapón |
| - El sistema de controles. | - Válvula de seguridad, tee |
| - El sistema de distribución de | - Válvula de drenaje |
| | - Unión, Codos doble unión y cru |

✓ Las tuberías utilizadas son tuberías PVC que tienen diámetros que van desde 8 mm hasta 90 mm. Estas tuberías se conectan de diferente forma o de uso, que pueden formar parte de una línea de conducción, que puede ser principal, o también puede tener conectadas a ellas emisores de cabeza, es ahí cuando el nombre cambia a líneas laterales.

✓ Las piezas que se unen a las tuberías permiten formar distintos tipos de líneas de conducción, y en ellas se tiene los codos, reducciones, tees, tapones finales, etc¹. Además se tiene piezas fundamentales de control, que ayudan a operar y controlar el sistema. Estos sistemas son fijos y semifijos en ocasiones especiales².

a) Riego por goteo desplazable:

Este tipo de sistema de riego por goteo consiste en una tubería de polietileno o bobinador, movido por un motor de 50 w, y en cada extremo de las tuberías existe un triciclo con brazos transversales que distribuye el agua por todo el cultivo.

La característica principal de este sistema no moja las hojas, esto previene el crecimiento de plagas como los hongos, también tiene una irrigación controlada ahorrando agua y energía por sus bajas presiones.

b) Riego por capilaridad:

Este sistema de riego por goteo se utiliza en regiones muy áridas o sobre suelos arenosos. Esta técnica consiste en regar tan lentamente como sea posible (menos de 1 litro por hora), consiguiendo un efecto de suelos mineralizados.

El riego por goteo se utiliza intensivamente en el cultivo de la nuez de coco, la viña, la banana, las fresas, la caña de azúcar, el algodón o los tomates.

²Ing. Real. Artículo técnico para Diseño de equipos de Riego

3.5 Cálculo y Diseño de sistemas de riego por goteo³

Para el diseño de un sistema de riego se tiene que dividir en dos fases diferentes, el sistema operativo y el sistema hidráulico. De esta manera se puede organizar el diseño del sistema de tal manera que no exista ningún factor de error que pueda afectar al funcionamiento en campo del mismo.

3.5.1 Parámetros Hidráulicos de diseño

El movimiento del agua en las tuberías a presión y flujo permanente necesitan algunos conceptos básicos de la hidráulica del riego, en donde se considera el transporte del agua a través de conducciones cerradas de sección circular.

3.5.1.1. Caudal de Flujo

El caudal del flujo Q se define como el volumen del flujo por unidad de tiempo o el área de la sección de flujo por la velocidad del mismo. Este concepto de determina a partir de la ecuación de continuidad. Dado que el agua para efectos de cálculo de caudal no afecta el peso específico, se elimina esta variable de los dos lados por lo que él la expresión queda de la siguiente manera.

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = A_3 \times V_3$$

$$A_n \times V_n = Q \quad (3.1)$$

Donde:

Q: Caudal del tramo en litros por horas.

A: Area de la sección de flujo.

V: Velocidad de flujo.

³Bernardo Cueva. *Metodologías y diseño de un sistema de riego por goteo*. 1994

3.5.1.2 Flujos Hidráulicos en Tuberías⁴

Cuando entre dos partículas en movimiento existe gradiente de velocidad, o sea que una se mueve más rápido que la otra, se desarrollan fuerzas de fricción que actúan tangencialmente a las mismas. Las fuerzas de fricción tratan de introducir rotación entre las partículas en movimiento, pero simultáneamente la viscosidad trata de impedir la rotación. Dependiendo del valor relativo de estas fuerzas se pueden producir diferentes estados de flujo, así estos estados de flujo dependen de un parámetro adimensional que expresa la relación entre las fuerzas de fricción y la viscosidad en un medio, este valor se lo denomina número de Reynolds (Re), definido analíticamente como.

$$Re = \frac{VxD\rho}{\mu} \quad (3.2)$$

Donde:

V: velocidad media en m/s

D: diámetro de la tubería en m

ρ : densidad del fluido en UTM/m³

μ : viscosidad absoluta en Kg.-s/m²

Según el número de Reynolds que se obtenga, el flujo hidráulico se puede clasificar en tres tipos:

a) **Flujo Laminar**

Este régimen se caracteriza por tener un gradiente de velocidad bajo y la fuerza de fricción es mayor, por lo que las partículas se desplazan pero no rotan, por lo que las partículas se desplazan en formas de capas o láminas, variando la velocidad de forma continua teniendo el valor máximo en el centro de la tubería y los mínimos en los extremos, amortiguando cualquier tendencia a la turbulencia. Este tipo de flujo se manifiesta en valores de $Re < 2000$ en los microtubos de riego y en los tubos

hidráulicos de la red. El valor de factor de fricción para este régimen es

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3.3)$$

Donde:

f= factor de fricción.

Re= numero de Reynolds.

b) Flujo Turbulento

En este régimen el gradiente de velocidad aumenta incrementando la fricción entre las partículas y las fuerzas de fricción, adquiriendo un movimiento de rotación apreciable, lo que produce un cambio de trayectoria, por lo que la viscosidad pierde fuerza y las partículas finalmente se mueven en forma errática, desordenada y con agitación hidráulica en el fluido. Un fluido esta en un régimen turbulento cuando el valor de $Re > 4000$.

$$f = \frac{0.25}{[\log_{10}(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2} \quad (3.4)$$

Donde:

ϵ : coeficiente de rugosidad

D: diámetro donde fluye el agua

Re: numero de Reynolds.

c) Flujo Crítico

Este régimen es el cambio o el paso del régimen laminar al turbulento donde el valor del número de Reynolds está en el rango entre 2000 y 4000, lo que caracteriza a un movimiento inestable de las partículas.

⁴Mecánica de fluidos e Hidráulica por Ronald V. Gilles 1989

3.5.1.3 Pérdida de Carga Hidráulica

Cuando una partícula requiere moverse de un lugar a otro se necesita la aplicación de energía. Mientras más difícil sea el desplazamiento de la partícula, mayor será la cantidad de energía ocupada dentro de un sistema, esto se debe a la fricción que ocurre entre las partículas y el sistema.

En el interior de una tubería también se produce fricción a partir del paso del agua, a mayor velocidad del agua y menor diámetro de tubería, mayor es el valor de la fricción en el sistema, lo que produce una pérdida de energía o de fuerza al agua, a esta pérdida de energía se lo conoce como pérdida de carga.

a) Pérdida de Carga por Fricción

Para el diseño hidráulico se debe utilizar el criterio de pérdidas de carga en las tuberías de las líneas de conducción, así podremos obtener la pérdida del caudal por metro en las líneas de conducción central y laterales. Los cálculos que se realiza para este sistema de irrigación están basados según los emisores utilizados, que son los emisores con cabeza.

Las ecuaciones que se utiliza para determinar la pérdida de carga son las ecuaciones de Darcy, Hazen-Williams, que es la más utilizada por referirse a tuberías de distintos diámetros y Manning. Las formulas señaladas son las siguientes.

Ecuación de Darcy:

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (3.5)$$

Ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = 10.665 * \left[\frac{L*Q^{1.852}}{(C*1.852)*(D^{4.869})} \right] \quad (3.6)$$

Ecuación de Manning:

$$Hf = \frac{\eta^2 \times Q^2 \times L}{A^2 \times R^{4/3}} \quad (3.7)$$

Donde:

Hf: Pérdida de carga en metros.

Q: Caudal del tramo en litros por horas.

V: Velocidad de flujo

D: Diámetro del tramo en m.

L: Longitud del tramo en metros.

f: Coeficiente de reducción en función del número de salidas.

g: Valor de la gravedad.

A: Área de la sección transversal

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams que depende del material.

η : Coeficiente de rugosidad de Manning que depende del material.

R: radio hidráulico para conductos circulares.

Los coeficientes de rugosidad de algunos materiales se presentan en una tabla de valores para poder utilizar las fórmulas de Darcy, Hazen-Williams y Manning para riego presurizados y parcelarios.

Tabla 3.1. Valores de coeficiente de rugosidad para pérdida de carga

Material	Darcy ϵ (m)	Hazen-Williams C	Manning η
PVC	ND	150	0.009
Polietileno	ND	150	0.007
Vidrio	ND	140	0.010
Cobre, Latón, plomo	1.5 X 10exp-6	140	0.010
Acero	4.6 X 10exp-5	130	0.011
Acero corrugado	1.2 X 10exp-3	60	0.014
Hormigón	1.8 X 10exp-3	120	0.013

b) Pérdidas Carga localizadas o Secundarias.

Para efectos de cálculo existen pérdidas pequeñas en los sistemas de riego por goteo que ocurren cuando hay un cambio en la dirección del flujo, cuando el flujo se ve obstruido, o cuando la trayectoria del flujo depende de un accesorio como una válvula, la cual depende de constantes de fabricación de estos accesorios. Esta pérdida de carga tiene el nombre de localizadas o secundarias se expresa en la siguiente fórmula.

$$Hfs = \frac{8 * K * Q}{D^4 * g * \pi^2} \quad (3.8)$$

$$Hff = hfs1 + hfs2 + hfs3 \dots + hfsn \quad (3.9)$$

Donde:

Hfs: Pérdida de carga localizada o secundaria.

Hff: Pérdida total de carga localizada o secundaria

Q: Caudal del tramo en litros por horas.

K: Constante del accesorio.

D: Diámetro interior del accesorio.

g: Valor de la gravedad.

Tabla 3.2 Valores de la constante K para accesorios de un sistema de riego.

Accesorio	K
Codo 90°	0.90
Codo 45°	0.42
Tee sin reducción	0.60
Tee con reducción	0.90
Curva 90°	0.60
Curva 180°	2.20

Válvula pie	2.50
Válvula de Retención	2.50

Para efectos de cálculo de pérdida de carga total se suman todas las pérdidas que se crean en todo el sistema, esto tendrá un factor de error del 5% que es un rango aceptable ya que en ocasiones la pérdida de carga secundarias son despreciables.

La presión que se ejerce en las líneas laterales y central del sistema determina la cantidad de agua que pasa por el sistema de riego, debido a las pérdidas de carga que se producen a lo largo de las líneas central y laterales, por ello se determina el coeficiente de gasto hidráulico (C) para determinar este tipo de pérdidas².

El coeficiente de fabricación industrial (Cvf) viene determinado por el fabricante según la calidad del proceso de fabricación de los goteros donde no todos son iguales, y esta desigualdad produce una variación en los caudales.

Para poder tener un valor unificado de todos los coeficientes de variaciones como perdidas de carga y fabricación industrial, se tiene un coeficiente de variación total de caudal, dado por la siguiente ecuación.

$$CV^2 = Cvh^2 + Cvf^2 \quad (3.10)$$

Donde:

CV: Coeficiente de variación total del caudal.

Cvh: Coeficiente de variación del gasto hidráulico.

Cvf: Coeficiente de variación del fabricante.

Para poder tener una distribución unificada de agua en cada gotero se debe considerar un coeficiente de uniformidad CU, el cual según Karmeli y Séller han determinado una fórmula para este coeficiente.

$$CU = 100(1 - 1.27 \frac{CV}{\sqrt{n}}) \frac{q_{min}}{q_{med}} \quad (3.11)$$

Donde:

CU: Coeficiente de uniformidad.

CV: Coeficiente de variación total del caudal.

n: Número de goteros por planta.

q_{min}: Caudal de gotero de menor aportación.

q_{med}: Media del caudal entre los goteros de menor aportación.

También se puede determinar el coeficiente de uniformidad sin tomar en cuenta en número de emisores por planta y el taponamiento por impurezas con la siguiente variación de la fórmula² (3.5).

$$CU = 100 \left(\sqrt{1 - \left(\frac{2}{\pi} \right) CV} \right) \quad (3.12)$$

Teniendo en cuenta que se debe tener una limpieza continua del sistema con solución acida para mantener las líneas libres de obstrucciones. Para incrementar el valor del coeficiente de uniformidad se debe disminuir el valor de pérdidas de carga, ya sea instalando reguladores de presión o aumentando el diámetro de las tuberías, de esa forma las presiones de trabajo de los goteros serán más uniformes y la distribución de agua en los cultivos será equitativo.

3.5.1.4 Caudal total del sistema de riego.

Para poder obtener la cantidad del flujo de agua total que va a recorrer por todo el sistema de riego, se necesita obtener los valores del caudal en cada sección del sistema, dependiendo de la geometría que se utilice en el mismo.

a) Caudal total Absorbido por los Emisores

$$Q.T.A.G = Qg * Nr * Ng \quad (\text{litro/hora}) \quad (3.13)$$

Donde:

Q_g : Caudal de entrega del gotero (litro/hora).

N_r : Número de líneas de goteros o regantes operando.

N_g : Números de goteros por regante operando.

b) Caudal para la Línea Principal.

$$Q_{.principal} = Q.E.B = N^{\circ}s * Q_s \quad (\text{litro/hora}) \quad (3.14)$$

Donde:

Q.E.B: Caudal de equipo de bombeo (litro/hora).

N_s : =Numero de líneas secundarias.

Q_s : Caudal líneas secundarias (litro /hora).

c) Caudal para Líneas Secundarias

Para el cálculo se determina la línea secundaria más larga.

$$Q_{.secundaria} = N^{\circ}r * Q_r \quad (\text{litro/hora}) \quad (3.15)$$

Donde:

$N^{\circ}r$: Número de regantes por línea secundaria (litro/hora).

Q_r : =Caudal regante (litro/hora).

d) Caudal para Líneas Regantes

Para el cálculo se determina la línea regante más larga.

$$Q_{.Regante} = N^{\circ}e * Q_e \quad (\text{litro/hora}) \quad (3.16)$$

Donde:

$N^{\circ}e$: =Numero de emisores por regante.

Q_e : Caudal entregado por emisor (litro /hora).

Cuando se tiene los valores de cada caudal, se puede obtener el valor total de la presión que debe entregar la unidad de bombeo que es la suma de las presiones parciales del sistema.

$$Q_{Tot} = Q.T.A.G + Q.principal + Q.secundaria + Q.regante \quad (3.17)$$

3.5.1.5 Geometría de las Tuberías del Sistema.

La geometría de tuberías que se puede utilizar en un sistema de riego por goteo básicamente son tres, en serie, en paralelo y ramificadas, las cuales se determinan según el terreno o la parcela donde se quiera utilizar este sistema.

a) Tuberías en Serie

Esta geometría se caracteriza por tener tuberías de diferente diámetro o rugosidad conectadas de modo que el caudal circulen primero por la una y luego por la otra, en donde el valor del caudal en el punto inicial sea el mismo en el punto final y en todo el sistema, dependiendo de la pérdida de energía por la fricción o pérdida de carga.

$$Q_i = Q_a = Q_b = \dots Q_n = Q_f \quad (3.18)$$

Donde:

Q_i : Caudal inicial del sistema.

Q_a, Q_b, Q_n : Caudal de cada tubería en el sistema.

Q_f : Caudal final del sistema.

En cambio, en una geometría en serie la pérdida de carga total por fricción es la suma de las pérdidas de carga en cada una de las tuberías del sistema.

$$H_{ft} = H_{fa} + H_{fb} + \dots + H_{fn} \quad (3.19)$$

Donde:

H_{ft} : Pérdida de carga total.

H_{fa} , H_{fb} , H_{fn} : Pérdida de carga de cada tubería en el sistema.

b) Tuberías en Paralelo

Esta geometría se caracteriza por tener dos o más tuberías conectadas a partir de un mismo punto, que se vuelven a unir en otro punto aguas abajo, donde el caudal en el punto inicial del sistema es igual al caudal en el punto final y además es igual a la sumatoria de los caudales de cada tubería del sistema.

$$Q_i = Q_a + Q_b + \dots + Q_n = Q_f \quad (3.20)$$

Donde:

Q_i : Caudal inicial del sistema.

Q_a , Q_b , Q_n : Caudal de cada tubería en el sistema.

Q_f : Caudal final del sistema.

En cambio, en una geometría en paralelo la pérdida de carga total por fricción es igual a cada una de las pérdidas de carga en cada una de las tuberías del sistema.

$$H_{ft} = H_{fa} = H_{fb} = \dots = H_{fn} \quad (3.21)$$

Donde:

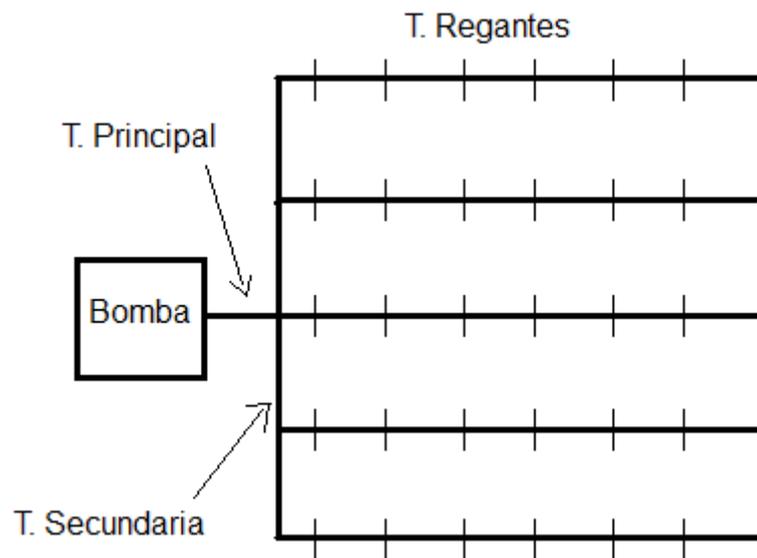
H_{ft} : Pérdida de carga total.

H_{fa} , H_{fb} , H_{fn} : Pérdida de carga de cada tubería en el sistema.

Un sistema de riego en general se divide en sistema de tuberías principal, secundarios y sistema de tuberías regantes, en el siguiente gráfico se muestra una geometría típica de un sistema de riego por goteo.

³Bernardo Cueva. *Metodologías y diseño de un sistema de riego por goteo*. 1994

Figura 3.2. Geometría general de un sistema de riego por goteo.



3.5.1.6 Datos Técnicos de Diseño⁵.

Para poder completar los datos que se necesita para un sistema de riego se debe determinar los valores de algunos aspectos que forma la geometría del sistema, estos son:

a) Impulso hidráulico requerido.

La fuerza o presión requerida para que el sistema de riego funcione es equivalente al valor de la pérdida de carga total del sistema, esto quiere decir que es el valor de la suma de la pérdida de carga de tuberías principales, secundarios, y regantes, además de la pérdida de carga localizada. Esta presión necesaria depende del caudal utilizado en el sistema, y se expresa como:

$$PR = (Qt * Pt * 1000 * 9.8) / (\eta * 740) \quad (3.22)$$

Donde:

Pr: Presión requerida (HP)

Qt: Caudal total en litros por hora.

Pt: Presión total (metros columna de agua).

η : Rendimiento por efectos de transmisión de potencia.

Para potencias de 0 a 2 HP, se recomienda el uso de motobombas eléctricas monofásicas; para potencias mayores se recomienda el uso de motobombas trifásicas, bencineras o petroleras.

b) Uso consumo.

$$U.C = Kc * Evt \quad (\text{mm/día}) \quad (3.23)$$

Donde:

Kc = Coeficiente del cultivo.

Evt: Evapotranspiración (mm /día).

c) Lamina neta.

Se refiere a la cantidad de agua a aplicar por unidad de superficie durante un periodo de riego.

$$L.N = \left(\frac{C.C. - P.M.P.}{100 * Da * Cr * Pr * 1000} \right) \quad (\text{mm}) \quad (3.24)$$

Donde:

C.C. = Capacidad de campo (%).

P.M.P.: Punto de marchitez permanente (mm /dia).

Da: Densidad aparente (gr/cc)

Cr: Criterios de riego (0.4 ó 0.6).

Pr: Profundidad de las raíces.

d) Requerimiento Bruto.

Es la cantidad de agua consumida por los cultivos o que se ha evaporado durante un intervalo de tiempo.

$$R. B = \frac{U.C}{\eta} \quad (\text{mm/días}) \quad (3.25)$$

Donde:

U.C. = Eficiencia del tipo de riego

η : De 0 a 1 (mm /día).

e) Frecuencia de Riego.

Es el intervalo de tiempo ente riego. Se requiere que la frecuencia de riego no pase de los 3 días, por lo que se debe replantear si el valor sobrepasa este rango.

$$F. R. = \frac{L.N}{R.B} \quad (\text{días}) \quad (3.26)$$

Donde:

L.N. = Lamina neta

R.B.: Requerimiento bruto.

f) Tasa de Aplicación de Agua para Goteros.

$$T. A. A. G = \frac{Qg}{Di * Dg} \quad (\text{mm/hora}) \quad (3.27)$$

Donde:

Qg = Caudal de entrega del gotero (litro/hora).

Di: Distancia entre líneas de goteros o laterales. (m).

Dg: Distancia entre goteros (m).

g) Tiempo de Aplicación de Agua para Goteros.

$$T.A.R.G = \frac{LN}{T.A.A.G} \quad (\text{hora}) \quad (3.28)$$

Donde:

LN : Lámina neta

T.A.A.G: Tasa de aplicación de agua de los goteros (mm/hora).

3.5.2 Parámetros del sistema operativo⁶



- ✓ El área de irrigación que se utiliza para este sistema es la de camas de cultivos o hileras, en las que están ubicadas generalmente en invernaderos o zonas fuera del terreno original de sembrío.
- ✓ Se realiza aproximadamente dos riegos por día en las zonas de cultivo en donde el sistema de riego fue instalado ya que los equipos utilizados son de alta frecuencia, es decir, suministro de agua frecuente.
- ✓ En la irrigación se pretende que la distribución del suministro de agua para el cultivo sea uniforme, esto ayuda a que cada cultivo tenga una dotación de agua equitativamente y que no sobrepase su capacidad de captación de agua.

⁶García, Pedro. *Sistema de Riego por Goteo*. 2002.

3.5.2.1 Instalación del sistema

Antes de comenzar con el montaje del sistema de riego por goteo se debe realizar un pequeño esquema o dibujo con el diseño que se va a dar al sistema: distribución de las tuberías y goteros, colocación del temporizador, metros de tubo y microtubos que necesitaremos, número de goteros que vamos a colocar, etc. Este esquema además de servir de referencia a la hora de enumerar el material que se necesita, permite imaginar cómo queda el sistema una vez instalado, evitando así retrasos y equivocaciones.

Para poder instalar el sistema de riego por goteo se debe empezar por las líneas laterales hasta terminar con el equipo de bombeo si es necesario. Este sistema se coloca cerca del recurso hídrico que se vaya a utilizar.

Se empieza el montaje acoplando el programador a la toma del agua (por lo general el grifo del jardín). Hay que ajustar bien la toma de agua con su rosca y teflón para evitar fugas de agua. Cuando se ha colocado el programador en su lugar acoplaremos el tubo de distribución (el de 16mm de diámetro) tal y como indican las instrucciones del fabricante asegurándonos de que esté queda bien fijado y tampoco halla fugas de agua por la parte inferior del programador.

Es importante leer atentamente las instrucciones y los consejos del fabricante sobre la instalación del programador para familiarizarnos con su uso. El tubo "principal" que sale del programador lo llamaremos línea de distribución. Este será el ramal que conduzca el agua desde el programador a los microtubos, y de estos hasta los goteros.

Siguiendo el esquema que se halló previamente y sin cortar el tubo se lo lleva hasta el otro extremo del cultivo, allá donde se encuentran las macetas más alejadas, y después cortamos (proveyendo un margen de seguridad de 5 a 10cm de tubo). Colocamos un tapón en dicho extremo y seguimos colocando las demás líneas de distribución para el agua a lo largo de la terraza o jardín. Para las uniones entre

tubo y tubo utiliza las "T", los "codos" y los empalmes.

No hay que olvidarse de colocar correctamente los tapones al final de cada sección de tubo para que no haya ninguna fuga. Si por algún motivo quieres controlar el riego por secciones la forma más sencilla y barata es usar llaves de paso para cortar y abrir el agua según convenga en una u otra zona del cultivo. Estos grifitos abren y cierran el paso de agua fácilmente, pero no son programables como las electroválvulas.

Una vez que se tiene montada la línea principal de distribución es el momento de colocar los microtubos que llevaran el agua hasta los goteros en las macetas. Con la ayuda del punzón (suele suministrarse junto con los goteros, o se puede comprar en cualquier ferretería) se perfora el tubo de 16mm a la altura aproximada donde irán las macetas y se coloca un "conector" o "unión" para fijar los microtubos a la línea de distribución. Se debe realizar esta sencilla operación con cuidado para asegurarnos de que el circuito no pierda agua por los puntos de unión entre las tuberías.

Después cortamos el microtubo en secciones, tantas como macetas vallamos a poner en esta cosecha. Cada sección cortada debe ser lo bastante larga como para llegar del tubo de distribución hasta las plantas (de 1.20m a 1.6m aprox.). Con la ayuda de los "conectores" acoplamos los microtubos a la línea de distribución y nos aseguramos de que todo quede bien fijado para que cuando abramos el agua no se suelte ninguno por la presión. Si esto ocurriera debemos colocar un reductor de presión (por norma general a la salida del programador o después de la electroválvulas, consultar en el punto de venta antes de instalar).

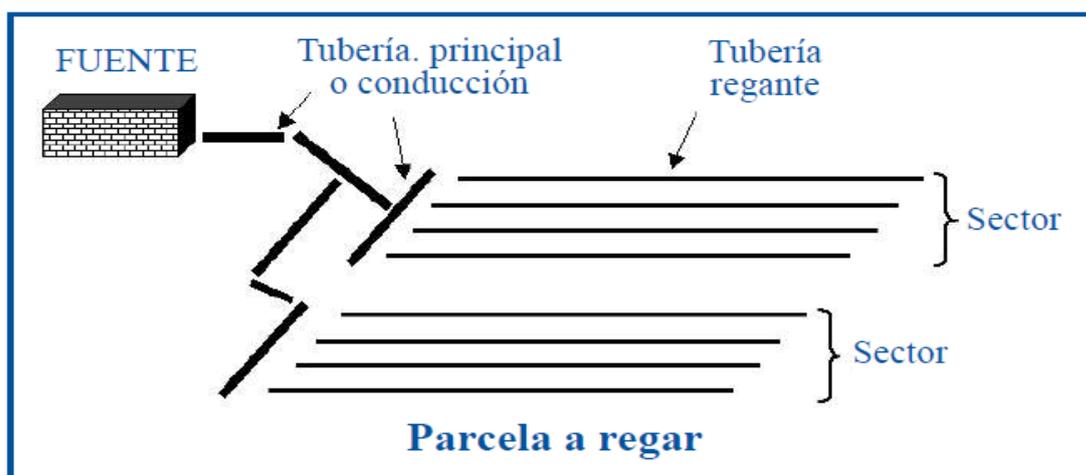
Por último colocaremos los goteros en los extremos de cada microtubo y pinchamos las piquetas de sujeción en las macetas. Es importante colocar los goteros lo más cerca posible del cepellón de raíces de las plantas para aprovechar hasta la más mínima gota de agua que gastemos. En el caso de plantas muy grandes (de dos metros en adelante) lo ideal es colocar dos o tres goteos por mata. Debemos intentar

siempre que los tubos no queden muy tensos ni por en medio del cultivo, ya que si tropezamos con ellos muchas veces se acabarían soltando (las piezas nunca vuelven a encajar como la primera vez). Por ello siempre que nos sea posible enterraremos los tubos de distribución bajo el suelo de nuestro jardín.

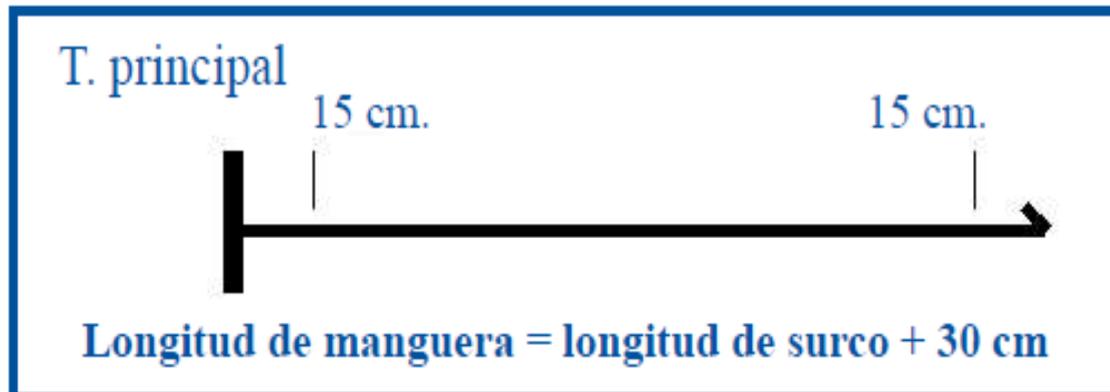
Las líneas laterales son la parte que distribuye el agua directamente al cultivo. En ellas se colocan los goteros que van conectados a una manguera a través de pistolas de inserción, separados 30 cm entre ellos. Para poder tener una distribución de agua adecuada a lo largo de las líneas laterales de riego se debe igualar los diámetros de las mismas, así el agua se distribuirá uniformemente². La línea central o principal se une a una válvula de distribución utilizando accesorios de conexión a presión. Si es necesario, se instalará un sistema de bombeo que proporcionará la presión necesaria para que el sistema pueda trabajar correctamente, y a través de él, se puede inyectar fertilizante a favor de los cultivos.

3.5.2.2 Pasos para la instalación del sistema de riego por goteo.

- El tubo de poliducto de 1 ½ se corta en la longitud necesaria para utilizarla como tubería principal o conducción. Esta longitud depende de los tramos y las distancias que existe entre los sectores que se maneja y la fuente a la parcela que se regará.

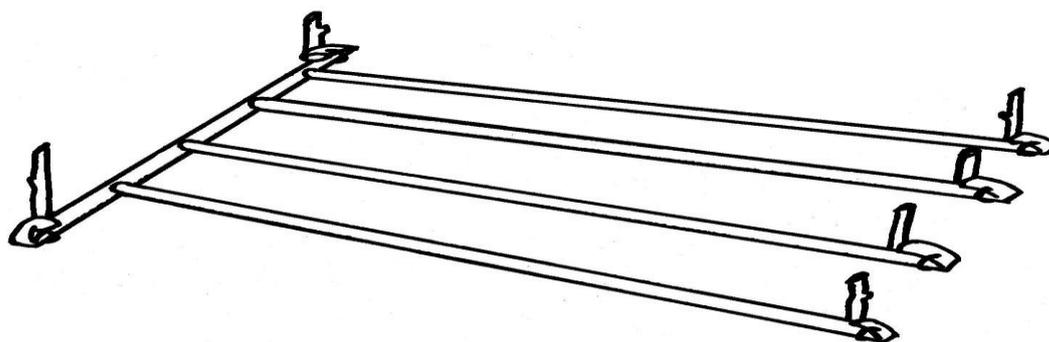
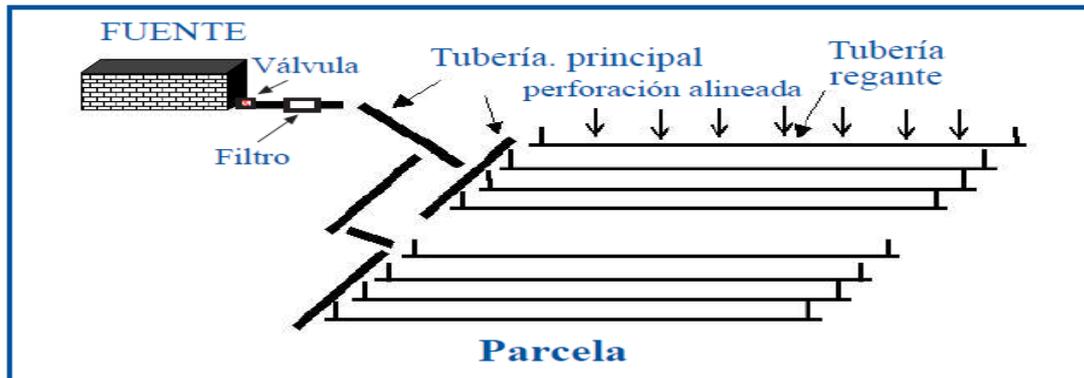


- ✓ Para elaborar las tuberías laterales o regantes se utiliza el tubo de ½”, el cual tiene una longitud igual a la longitud del surco más un tramo de 30 cm. Esta tubería regante se conecta a la tubería principal en un extremo, y el otro se dobla para cerrar el paso del agua.



- ✓ Cuando se tiene la unión de los tubos de poliducto se coloca en forma estirada para evitar que se enrolle o se doble, de esta manera se puede perforar uniformemente la misma cara de las mangueras. También se logra alinear todos los orificios que sirven de goteros en la manguera lateral o regante.
- ✓ Para poder unir las líneas principales y laterales, se realiza orificios de 5/8” de diámetro en la tubería principal mediante la utilización de una broca de paleta. El orificio debe ser menor que el del empaque de hule del conector para evitar fugas de agua que afecte en el caudal de agua adecuado.
- ✓ Se cierra el sistema de riego para evitar la fuga del agua, doblando los extremos de las líneas laterales y principal con alambres de amarre. Para finalizar la elaboración de las líneas de riego se estabilizan mediante estacas de resistencia en los extremos de las líneas para que el sistema sea estable, sin desplazamientos.

⁶García, Pedro. *Sistema de Riego por Goteo*.2002.



- ✓ Cuando ya se tiene las líneas principales y secundarias estiradas y colocadas en su sitio se conecta los nipples, válvulas de paso, los adaptadores y filtro a la fuente de agua. Estos componentes son los encargados de regular la presión, el caudal y la intensidad del agua que pasará por el sistema.



- ✓ Para poder determinar los puntos en donde van a ubicarse los goteos del sistema de riego se va marcando estos puntos en la línea lateral o regante según la distancia que exista entre cada plata a cultivar. Los goteos se elaboran a mano utilizando una pinza de 1mm de diámetro. El orificio del gotero se realiza con un

ángulo de 30 grados para poder controlar el flujo del agua y poder regular el caudal apropiada para el cultivo.



✓ Por último se calibra la descarga, el caudal y la intensidad del agua en los goteros, captando cierta cantidad de agua que descargan los goteros en un tiempo determinado, generalmente se toma muestras en 1 minuto de descarga. Se recoge el agua en un recipiente y se mide el volumen mediante una jeringa en cm^3 , dividiendo este resultado entre 1000 para tener los resultados en litros. Luego este volumen se multiplica por 60, siendo los minutos en 1 hora, para tener la descarga a horas. La descarga de agua recomendada para cultivos es de 2 a 3 litros/hora por gotero.

3.5.2.3 Mantenimiento del sistema

El mantenimiento de un sistema de riego por goteo debe ser continuo para evitar problemas que se pueden presentar por el manejo inadecuado del mismo, así también por las condiciones físicas de los equipos utilizados. El mantenimiento permanente del sistema de riego por goteo utiliza un sistema de filtrado a partir del sistema de bombeo para evitar el taponamiento de las boquillas de los goteros.

Para evitar la obstrucción de los pequeños tubos distribuidores la mayoría de los sistemas de riego por goteo utilizan filtros de agua cada distancia del tramo, el cual son recomendados por cada fabricante para evitar este tipo de problemas. También se utiliza agua potable, esto ayuda a que se minimicen el porcentaje de

residuos que provocarían la obstrucción del sistema.

Se debe realizar limpieza continua semanal de las líneas principales y laterales, así como las boquillas emisoras ya que pueden sufrir taponamientos producidos por las impurezas que se introducen en las tuberías. También se debe procurar tener un control del flujo eléctrico y de combustible de los equipos que lo necesitan, así se evitará la interrupción del suministro de agua a los cultivos².

3.6 Sistema de riego por goteo para un cultivo de tomates en una parcela de 900 m².

3.6.1 Cálculo y Diseño

A continuación se realiza un ejemplo práctico de un sistema de riego por goteo para un área de riego de 900 m² donde se requiere cultivar tomates, el cual es un cultivo delicado. La fuente de agua está ubicada al nor-oeste de la parcela y a un desnivel máximo de 30 m de la cota del terreno, también se describe que la distancia de succión es inferior a los 6 m.

Para definir los parámetros de funcionamiento se necesitan datos técnicos del cultivo y del terreno para poder diseñar el modelo adecuado, donde los resultados del cálculo se encuentra en el capítulo de anexos. Aquí se presenta las conclusiones de este modelo.

3.6.2 Diseño del modelo Hidráulico

✓ El espaciamiento entre cada emisor se determina a 30 cm entre ellos, y la distancia entre cada hilera es de 1.20 m de separación y la longitud de las hileras es de 50 m la más larga del sistema.

- ✓ El riego se realizará cada 3 días por semana según el replanteo realizado ya que si el valor de la frecuencia de riego sobrepasa el valor de 3 se necesita replantear el cálculo.

- ✓ El Caudal de entrega por emisor es de 1.09 litros /hora, con una lámina neta de 14,08 mm por semana, donde habrá 168 goteros en 50 m de longitud de hilera.

- ✓ La pérdida de carga primaria para el ramal según el catálogo de la cinta Rain Tape TPC ES DE 8,5 M.C.A.

- ✓ La Pérdida de carga total por fricción es la suma de todas pérdidas de carga en cada etapa y el valor que se obtuvo para este modelo fue de 17,04 metros por columna de agua.

3.6.3 Equipo de Bombeo

- ✓ El equipo de bombeo se debe escoger según las características del modelo hidráulico calculado, por lo cual se escogió un equipo de bombeo de diámetro de entrada 1 ½", diámetro de salida 1 ½", Velocidad nominal 2900 r.p.m., Diámetro de rodete de 150mm, motor de combustible interna.

- ✓ La presión de trabajo de la bomba es de 24,8 m.c.a. y un caudal de 26,85 m³/hora el cual excede a la presión de trabajo del sistema, por lo que es muy aceptable.

- ✓ El caudal obtenido en la presión de trabajo de la bomba esta bajo el caudal de trabajo del sistema y el rendimiento de trabajo está cercano al 64 %.

3.6.4 Materiales y Equipo.

Para poder obtener los materiales y equipos que se necesita, se debe realizar una planilla de los mismo, describiendo los diferentes rubros que se necesita para este sistema de riego según el terreno, el área y la capacidad de captar el agua en la zona en donde se va a ejecutar el proyecto. Para este ejemplo se utiliza 27 surcos de 30m de longitud con una presión de 2m y se define la instalación de los siguientes accesorios.

Rubro	Cantidad	Costo	
		Unitario \$	Total \$
Broca de paleta de 5/8"	1	3,5	3,5
Trepano	1	14,5	14,5
Cinta métrica de 5m	1	4,7	4,7
Marco para montar	1	0,8	0,8
Pinzas para abrir goteros	5	1,5	7,5
Navaja de electricista	1	4,5	4,5
Plumón	1	1,5	1,5
Pegamento para PVC	1	2,5	2,5
Rollos de poliducto de 1 1/2" (Rollo de 90m)	9	6,5	58,5
Rollos de poliducto de 1/2" (Rollo de 90m)	9	6	54
Conectores Gromet de 20 mm	27	0,5	13,5
Válvulas artesanales	27	0,25	6,75
Válvula de paso de \varnothing 1.5"	1	9,5	9,5
Adaptadores machos de \varnothing 1.5"	2	0,8	1,6
Tubo de PVC de \varnothing 1.5"	0,5	0,9	0,45
Filtro de malla artesanal de \varnothing 1.5"	1	22,3	22,3
Teflón	1	0,5	0,5
TOTAL			210,5

3.7 Proyecto de Riego Cariacu Sector II Romerillos

3.7.1 Generalidades.

La Comunidad de Cariacu, es una organización conformada por comuneros de raíces ancestrales de la cultura Kayambi con sede en la Parroquia Ayora, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha. La Comuna pertenece a la Junta de Aguas de la quebrada Cariacu. El 100% de la población de Cariascu es indígena, sin embargo a penas el 10% es quichua – hablante. Todas las familias disponen de tierras potencialmente agrícolas, cuya extensión promedio por familia está entre 1.5 – 6.5 ha, los cuales están ubicados en los sectores Yeguas Pamba y Romerillos, los cuales se beneficiarán con este proyecto.

El agua como un elemento indispensable para la vida, cada día es más escasa, ya sea por el crecimiento de la población, por Impactos Ambientales de las zonas y manejo inadecuado de los páramos, razón por la cual es necesario implementar proyectos con tecnologías que optimicen y faciliten el uso racional del agua.

La principal fuente de ingresos económicos de sus familias, está en base a la producción lechera y la otra parte a la producción de cultivos tradicionales (papas, maíz, trigo arveja, cebolla, hortalizas, habas, etc.).

La superficie cultivable del Proyecto de Riego Cariacu Sector II, está diseñado para un caudal de 35 l/s, siendo esta de 95 ha aproximadamente, considerando una dotación de riego de 0.35 l/s/ha; caudal que viene de la quebrada Cariacu.

3.7.2 Ubicación Geográfica.

La zona donde se encuentra ubicado el Proyecto de Riego Cariacu Sector II, pertenece a la jurisdicción de la Parroquia Ayora, del Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha, entre las coordenadas

Longitud: 10.009.400 N - 10010500 N

Latitud: 825950 E - 824900 E

Las cotas están entre: 3.233.00 m.s.n.m. en su Captación, 3226.00 m.s.n.m. en el Reservorio de Almacenamiento y desde la 3220.00 m.s.n.m. hasta la 3120 m.s.n.m. en la Zona de Riego.

Geográficamente el Proyecto limita al Norte con la Comunidad de Cotoloma, al Este con la reserva Ecológica Cayambe – Coca, al Sur con la Comunidad de Yeguas Pamba y al Oeste con la Comunidad de San Francisco.

Una de las soluciones para solventar los problemas en la agricultura de esta zona es realizar el diseño de un sistema de riego eficiente y estable, para el mejor aprovechamiento del suelo lo cual influirá directamente en la producción de los cultivos de la zona, así como también de la conservación de sus suelos. Se dotaría de la producción tanto agrícola como ganadera al mercado nacional, mejorando así la calidad de vida de sus habitantes. El área de riego del presente proyecto será de 95 ha aproximadamente, con 30 usuarios y 150 personas beneficiadas.

3.7.3 Clima.

La climatología de esta región se puede resumir en los siguientes datos.

a) Temperatura

El clima corresponde al templado – frío del piso montano, con temperaturas que oscilan entre los 8°C y 20°C correspondientes a las altitudes entre la 3120 m.s.n.m. y la 3232 m.s.n.m.

El clima en general es temperado con una temperatura promedio de 10.5°C. Según el estudio referencial la relación entre la altitud y la temperatura de la región es la siguiente:

$$T_m = 29.5 - 0.006 * \text{Altitud (m)} \quad (3.29)$$

Con un coeficiente de correlación $r=0.98$, esta relación muestra un gradiente en la zona 0.6°C por cada 100 metros de altitud, lo que ratifica lo expuesto anteriormente ya que al aplicar esta fórmula la temperatura media obtenida es de 10.50°C .

b) Precipitación:

La estación lluviosa más marcada va de los meses de noviembre a abril, meses en los que se registra la mayor precipitación, mientras que los meses de junio, julio y agosto son los de más baja precipitación y comprenden el período seco de la zona. El régimen de precipitaciones es netamente Interandino, se inicia en el mes de septiembre y se extiende hasta el mes de mayo, a pesar de que en los últimos años ha habido variaciones muy severas en cuanto al ciclo hidrológico.

Precipitaciones ocasionadas por el movimiento de la zona de convergencia intertropical y la presencia de la barrera que constituyen los Andes; las nubes cargadas de humedad procedentes del valle amazónico determinan precipitaciones promedio anual de 817.70mm.

Es importante para planificación del riego y cultivos, la desventaja es que en un período de tiempo las lluvias varían considerablemente. La siguiente relación entre la precipitación anual media y la altitud de un proyecto es:

$$\text{Precipitación (mm)} = \text{Altitud(m)} * 0.514 - 412 \quad (3.30)$$

Coeficiente de correlación $r=0.85$

3.7.4 Hidrología de la Zona

El Proyecto de Riego Cariacu Sector II Romerillos, cuenta con un caudal de 35 l/s provenientes de la quebrada Cariacu, desprendidos del caudal total de concesión adjudicado por la SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua). El balance hídrico, permite cuantificar las necesidades, excesos y déficit de agua en la zona del proyecto y se basa en los valores de precipitaciones principalmente y de evapotranspiración potencial del lugar (datos proporcionados por el INAMI). Estos dos parámetros provocan períodos de déficit de agua en el suelo.

El estudio de la estructura del balance hídrico, es la base para el diseño de proyectos hidráulicos, los datos para realizar el balance se toma de la estación meteorológica de Olmedo ubicada a 2790 m.s.n.m. (datos proporcionados por INAMI).

Tabla 3.3 Cálculo del balance hídrico. Estación Cayambe – Pichincha

	ENER	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ET _o	69.00	65.40	72.10	79.00	92.20	76.70	60.2	64.9	65.4	61.7	101.4	112.8	920.80
Precipitación	69.00	79.40	98.10	105.0	79.20	36.70	22.2	19.9	49.4	86.7	97.4	74.80	817.70
P - ET _o	0	14	26	26	-13	-30	-38	-45	-16	25	-4	38	-16,8
SUM(P-ET _o)				0	-13	-43	-81	-126	-142	-117	-121		
Almacenaje	84	98	100	100	88	64	44	27	23	48	46	84	806
Variac. De Almacenaje	0	14	2	0	-12	-24	-20	-17	-4	25	-2	38	-79
Evaporación Real	69.00	65.4	72.10	79.00	91.20	70.70	42.2	36.9	53.4	61.7	99.4	112.8	903.80
Déficit de agua	0	0	0	0	1	6	18	28	12	0	2	0	67
Exceso de agua	0	0	24	26	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Escurrimiento	0	0	12	19	10	5	2	1	1	0	0	0	50

Para el cálculo del caudal necesario de riego utilizamos el déficit de agua del mes más crítico, que nos indica que necesitamos una lámina de agua de 28 mm, para cubrir las necesidades de los cultivos.

V= volumen de agua requerido en el mes crítico.

$$V = \text{déficit de agua} * \text{área de riego}$$

Entonces $x = 280 \text{ m}^3/\text{ha}$ en un mes

En 95ha el volumen es $V = 95 * 280 = 26600 \text{ m}^3/\text{mes}$

Q= caudal necesario para riego

$$Q = \frac{V * 1000}{30 * 86400} \left(\frac{\text{litros}}{\text{seg}} \right)$$

$$Q = \frac{26600 * 1000}{30 * 86400} \left(\frac{\text{litros}}{\text{seg}} \right)$$

$$Q = 10.26 \text{ Litros/s}$$

Este resultado es para el mes más crítico. El cálculo anual se lo tomará con un valor de 67 mm.

Tabla 3.4 Cuadro de Cálculo de Caudales de Agua de Riego

CULTIVO (mes más crítico)	PASTO
SUPERFICIE	95ha (dato)
LAMINA (mm/ha)	28 (dato cuadro)
$V = \text{m}^3$	26600
FRECUENCIA (días)	8 (riegos por mes 3.75 veces)
$V = \text{m}^3$ en un mes	99750 (calculado con fórmula)
Pérdida (%)	25,00 (calculado con fórmula)
Q= l/s Necesario mínimo continuo	38.48 (calculado con fórmula)
Vol. Reservorio mínimo (m^3)	1662.34 (calculado)
Vol. Reservorio calculado (m^3)	4500
Q = l/s Necesario mínimo	48.10

De acuerdo al cálculo del caudal obtenido se comprueba que existe déficit de agua comparado con el caudal de concesión asignado que es de 35 l/s. En tal circunstancia es necesario aumentar la capacidad de almacenamiento del reservorio para cubrir dicho déficit. (Ver plano de reservorio)

Normalmente para los cultivos que se siembran en el sector se ha determinado que es necesaria una lámina de 28mm mensuales, lo que determina que se debe tener un caudal de 48.10 l/s de forma continua durante los 360 días.

De acuerdo a los datos de precipitación (proporcionado por la estación meteorológica de Cayambe), el total anual es de 817.70 mm. La temperatura promedio es de 10.50°C que corresponde al clima frío propio de los Andes.

CAPÍTULO 4

Evaluación de Impacto ambiental

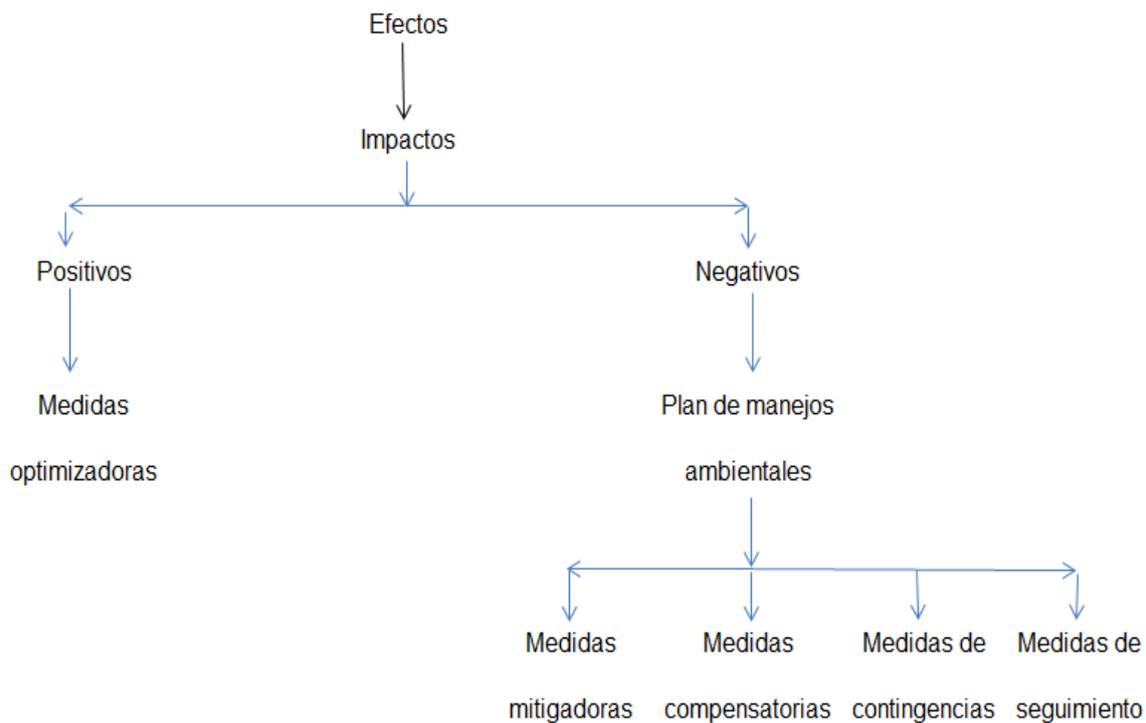
4.1 Procesos de evaluación de impacto ambiental¹.

El impacto ambiental es una alteración del ambiente en forma significativa, que puede ser positiva o negativa, el cual puede influenciar de manera directa cuando involucra la pérdida parcial o total del medio ambiente, o indirectamente cuando generan riesgos por la acción humana.

Para poder evaluar el impacto que un proyecto producirá en un medio natural se utiliza los procesos de evaluación del impacto ambiental que es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en el lugar donde se realizará el mismo, cuya operatividad y validez como instrumento para la protección y defensa del medio ambiente está recomendado por diversos organismos internacionales.

Estos procesos verifican el cumplimiento de las políticas ambientales, evaluando los impactos positivos y negativos que un proyecto puede generar e un medio ambiente, proponiendo medidas para regularlo en niveles aceptables. La evaluación de impacto ambiental propone algunos puntos muy importantes que garantiza una visión más completa del significado de las acciones humanas sobre el medio ambiente, que involucra una mayor creatividad y responsabilidad social en la ejecución de los proyectos.

Figura 4.1. Estructura del proceso del EIA



Fuente: (CNMA, 1995)

4.2 Objetivos de evaluación de impacto ambiental.

El proceso de evaluación de impacto ambiental tiene como objetivo prevenir situaciones de deterioro, estableciendo las medidas más adecuadas para llevar a niveles aceptables los impactos derivados de acciones humanas y proteger la calidad del ambiente, que son muy importante en la mitigación de un efecto positivo o negativo en el medio ambiente. Además de ello, la EIA tiene fundamentos importantes que ponen en marcha identificación y la corrección anticipadamente de los problemas ambientales o situaciones conflictivas que tiendan a provocar niveles de insatisfacción o deterioro en la calidad de vida de la población, siendo los siguientes.

- ✓ Aplicación preventiva e integrada de políticas ambientales.
- ✓ Incorporación sistemática de la dimensión ambiental en la planificación y

toma de decisiones.

- ✓ Compatibilización de protección ambiental con crecimiento económico.
- ✓ Predicción y reducción de impactos ambientales negativos y optimización de beneficios en impactos positivos.
- ✓ Prevención de impactos ambientales negativos derivados de acciones humanas.
- ✓ Aplicación de medidas para lograr niveles ambientales aceptables.
- ✓ Conocimiento amplio e integrado de impactos ambientales.
- ✓ Generación de un conjunto ordenado y reproducible de antecedentes para decisiones informadas.
- ✓ Incorporación sistemática de la ciudadanía.
- ✓ Incentivo del ahorro de recursos financieros y materiales.
- ✓ Servicio a la toma de decisiones.

4.3 Etapas funcionales de un sistema de evaluación de impacto ambiental.

Los procesos de una evaluación de impacto ambiental están compuestos por una serie de etapas que permiten que la evaluación sea la correcta, con los resultados más exactos y el cumplimiento de los objetivos ambientales. Estas etapas se llevan a cabo con el fin de aplicar el principio de prevención de los impactos ambientales significativos, y éstas son las siguientes.

Etapa I: Identificación y clasificación ambiental

En esta etapa se define la necesidad de una evaluación de impacto ambiental y el tipo de categoría ambiental requerida. Se usa una evaluación preliminar basada en la siguiente información:

- a) Descripción del proyecto en sus aspectos relevantes y pertinentes al estudio, incluyendo la legislación ambiental aplicable.
- b) Descripción del área de influencia con la definición del área involucrada y la descripción, en forma general, del medio ambiente relacionado con el proyecto.
- c) Medidas de mitigación posibles de utilizar para darle sostenibilidad al proyecto.

Etapa II: Preparación y análisis

Esta etapa corresponde a la aplicación concreta del alcance del estudio definido para un proyecto determinado. Aquí se revisan los impactos significativos, previamente identificados en la evaluación preliminar, especialmente aquellos de carácter negativo, y se establecen sus respectivas medidas de mitigación y compensación. Estas características están clasificadas de la siguiente manera.

- a) **Descripción del ambiente.** Se trata de analizar las condiciones ambientales, que pueden ser afectadas por la acción humana, al nivel de detalle deseado. La información debe mostrar claramente las características de las variables ambientales a afectarse y ser la base a partir de la cual se evalúan los eventuales impactos.
- b) **Pronóstico y análisis de impactos ambientales.** Este análisis se realiza sobre la base de revisar los impactos, positivos y negativos, primarios e inducidos, de corto y largo plazo, y acumulativos.

c) **Plan de manejo ambiental.** En gran medida el cumplimiento de los programas de protección ambiental depende de las medidas de mitigación y compensación de los impactos significativos. Estas, en definitiva, son las que hacen viables las acciones humanas desde el punto de vista del medio ambiente.

Etapa III: Calificación y decisión

Esta etapa corresponde a la revisión formal, por parte de la autoridad, de los estudios de impacto ambiental. La revisión se enfoca en calificar la calidad del documento para saber si efectivamente cumple con aspectos formales y administrativos, requisitos de calidad técnica mínima, la sostenibilidad ambiental del proyecto. Durante el proceso de revisión se verifican los potenciales riesgos, daños y beneficios ambientales que se derivan de una acción humana.

Etapa IV: Seguimiento y control

Esta etapa corresponde a la verificación de la ejecución del plan de manejo ambiental en la fase de implementación posterior de cada proyecto. En esta etapa se verifica la eficacia del análisis ambiental y se regula el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el responsable de la acción. La idea es mantener una vinculación con la acción, para conocer su relación con el medio ambiente. Entre las acciones de seguimiento que comúnmente se han utilizado, se encuentran:

- a) Monitoreo de calidad de agua, aire, suelo y generación de residuos.
- b) Muestreos de flora y fauna usados como bioindicadores.
- c) Informes sobre situación ambiental del proyecto y evolución del plan de cumplimiento de las medidas de protección.
- d) Informes sobre evolución de aspectos socioculturales.

- e) Estudios ambientales complementarios si así se ameritan.

4.4 Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental.

El impacto ambiental constituye una alteración significativa de las acciones humanas; su trascendencia deriva de la vulnerabilidad territorial. El análisis del impacto conduce al concepto de alteración; como por ejemplo, una repoblación forestal modifica el paisaje y una urbanización influye en la fauna del lugar donde se sitúa. Por ello es necesario prever y estudiar cuáles serían las implicancias de las posibles acciones sobre el medio ambiente, sean éstos de carácter positivo o negativo.

Todas estas circunstancias y características definen la mayor o menor gravedad o beneficio, derivados de las acciones humanas en un territorio. La correcta evaluación de los impactos ambientales se concreta normalmente con la utilización de alguna escala de niveles de impacto, esto facilita la utilización de la información recopilada para la toma de decisiones. Existen diversas formas para definir y calificar los impactos. Un ejemplo de niveles puede ser el siguiente:

- a) Impacto compatible. La carencia de impacto o la recuperación inmediata tras el cese de la acción. No se necesitan prácticas mitigadoras.
- b) Impacto moderado. La recuperación de las condiciones iniciales requiere cierto tiempo. Se precisan prácticas de mitigación simples.
- c) Impacto severo. La magnitud del impacto exige, para la recuperación de las condiciones, la adecuación de prácticas específicas de mitigación. La recuperación necesita un período de tiempo dilatado.
- d) Impacto crítico. La magnitud del impacto es superior al umbral aceptable. Se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posibilidad de recuperación incluso con la adopción de prácticas de mitigación.

Cuadro 4.1. Valoración de un impacto ambiental

Clasificación de Impactos			
Carácter (C)	Positivo (1)	Negativo(-1)	Neutro (0)
Perturbación (p)	Importante(3)	Regular (2)	Escasa (1)
Importancia (I)	Alta(3)	Media (2)	Baja (1)
Ocurrencia (O)	Muy probable (3)	Probable (2)	Poco Probable (1)
Extensión (E)	Regional (3)	Local (2)	Puntual (1)
Duración (D)	Permanente (3)	Media (2)	Corta (1)
Reversibilidad (R)	Irreversible (3)	Parcial (2)	Reversible (1)
TOTAL	18	12	6
Valoración de Impactos Total = CX(P+I+O+E+D+R)			
	Negativo (-)		
Severo			$\geq(-)15$
Moderado			$(-)15 \geq (-)9$
Compatible			$\leq (-) 9$
	Positivo (+)		
Alto			$\geq (+)15$
Mediano			$(+) 15 \geq (+) 9$
Bajo			$\leq (+) 9$

Fuente : (CNMA,1995)

4.4.1 Selección de metodología.

Las metodologías de evaluación de impacto ambiental se refieren a los enfoques desarrollados para identificar, predecir y valorar las alteraciones de una acción. Consiste en reconocer qué variables y o procesos físicos, químicos, biológicos, socioeconómicos, culturales y paisajísticos pueden ser afectados de manera significativa. Es relevante destacar acá que un impacto ignorado o subestimado hace insatisfactorio cualquier análisis, aún cuando se use una metodología sofisticada. La medición puede ser cuantitativa o cualitativa; ambas son igualmente importantes, aún cuando requieren de criterios específicos para su definición adecuada. La predicción implica seleccionar los impactos que efectivamente pueden ocurrir y que merecen una preocupación especial por el comportamiento que pueda presentarse. Es importante contrastarlos con indicadores de la calidad ambiental deseada.

Para la obtención de la información requerida en las evaluaciones ambientales destaca la utilización de metodologías y técnicas de medición, ya que con ellas es posible realizar adecuadamente una predicción, identificación e interpretación del impacto en los diferentes componentes del medio ambiente. La medición de las variables ambientales específicas establece el desafío de seleccionar métodos y técnicas en función del ambiente afectado, de los tipos de acciones que se emprendan, de los recursos disponibles, y de la calidad de la información, entre otros aspectos.

El punto crucial en las metodologías de estudios de impacto ambiental es la medición de los aspectos cualitativos. La estimación y el valor de un área en que viven especies animales o vegetales en peligro de extinción, o el establecimiento de las modificaciones en las cadenas tróficas, son problemas que muchas veces sólo pueden ser resueltos con la cualificación de variables.

Entre los métodos de evaluación de impacto ambiental existen los siguientes.

a) **Listas de chequeo o verificación**

Este método consiste en una lista ordenada de factores ambientales que son potencialmente afectados por una acción humana. Su principal utilidad es identificar todas las posibles consecuencias ligadas a la acción propuesta, asegurando en una primera etapa de la evaluación de impacto ambiental que ninguna alteración relevante sea omitida. Una lista de chequeo debería contener variables, que permiten identificar impactos sobre suelo, agua, atmósfera, fauna, recursos, culturales, y en general sobre todos los elementos del ambiente que sean de interés especial.

Cuadro 4.2. Listado de valoración de un impacto forestal.

Elemento	Indicador	VMA (Criterio de Aceptabilidad) unidades	SA		IM		IG	
			VV	IAN	VV	IAN	VV	IAN
Calidad del aire	Norma	3	4	SI	4	SI	4	SI
recreación	Lugares de camping	5000 lugares	2800	SI	5000	NO	6000	NO
	Deportes de invierno	1 millón visitantes	700.000	SI	1 millón	NO	2 millones	NO
Especies amenazadas	Matín pescador	35 pares	50	NO	35	NO	20	SI
Calidad del agua	Norma	3 ppm	3	NO	3	NO	4	SI
Vida silvestre	Ciervos	25% menos	10%	NO	10%	NO	30%	SI
Economía	Beneficio: costo	1 de 1	3 de 1	NO	4 de 1	NO	4.5 de 1	NO
Empleo	Puestos de trabajo	Número actual	9000	NO	9500	NO	10000	NO

Fuente: (CNMA, 1995)

b) Cuestionarios

Se trata de un conjunto de preguntas sistemáticas sobre categorías de factores ambientales. Normalmente hay tres respuestas dependiendo de cuánto se sabe del impacto específico. Se puede tener una idea cualitativa de la importancia relativa de un cierto impacto, tanto negativo como positivo. Las ventajas de las listas de chequeo están dadas por su utilidad para estructurar las etapas iniciales de una evaluación de impacto ambiental, ser un instrumento que apoye la definición de los impactos significativos de un proyecto, asegurar que ningún factor esencial sea omitido del análisis, y comparar fácilmente diversas alternativas de proyecto.

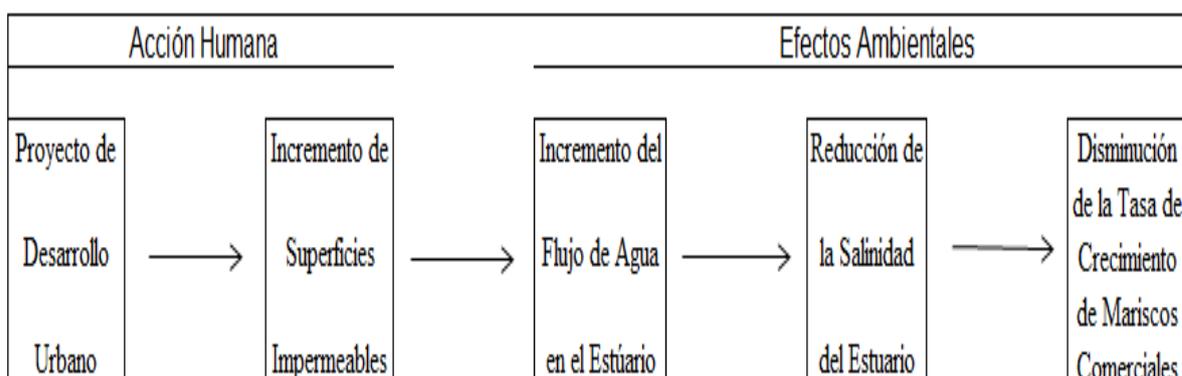
Cuadro 4.3. Cuestionario de valoración de un impacto forestal.

¿Hay algún ecosistema terrestre de los tipos que se indican más abajo que pudiera ser clasificado como significativo o único por su tamaño, abundancia o tipo?				
Bosque	SI	x	NO	NO SABE
Sabana	SI		NO	NO SABE
Estepa	SI		NO	NO SABE
Desierto	SI		NO	NO SABE
¿Cómo calificaría a este ecosistema?				
Prístinos	SI	x	NO	NO SABE
Moderadamente degradados	SI		NO	x NO SABE
Muy degradados	SI		NO	x NO SABE
¿Hay alguna tendencia actual hacia la alteración de estos ecosistemas vía corta, quema etc. A fin de transformar el suelo para usos agrícolas, industriales, urbanos, etc?				
	SI		NO	NO SABE x

c) Diagramas de flujo

Estas metodologías se utilizan para establecer relaciones de causalidad, generalmente lineales, entre la acción propuesta y el medio ambiente afectado, también son usados para discutir impactos indirectos. Es útil cuando hay cierta simplicidad en los impactos involucrados. Los diagramas de flujo tienen las ventajas de ser relativamente fáciles de construir y de proponer una relación de causalidad que puede ser útil. Sin embargo, no facilitan la cuantificación de impactos y se limitan a mostrar relaciones causa-efecto de carácter lineal.

Cuadro 4.4. Diagrama de flujos de un impacto por el desarrollo urbano.



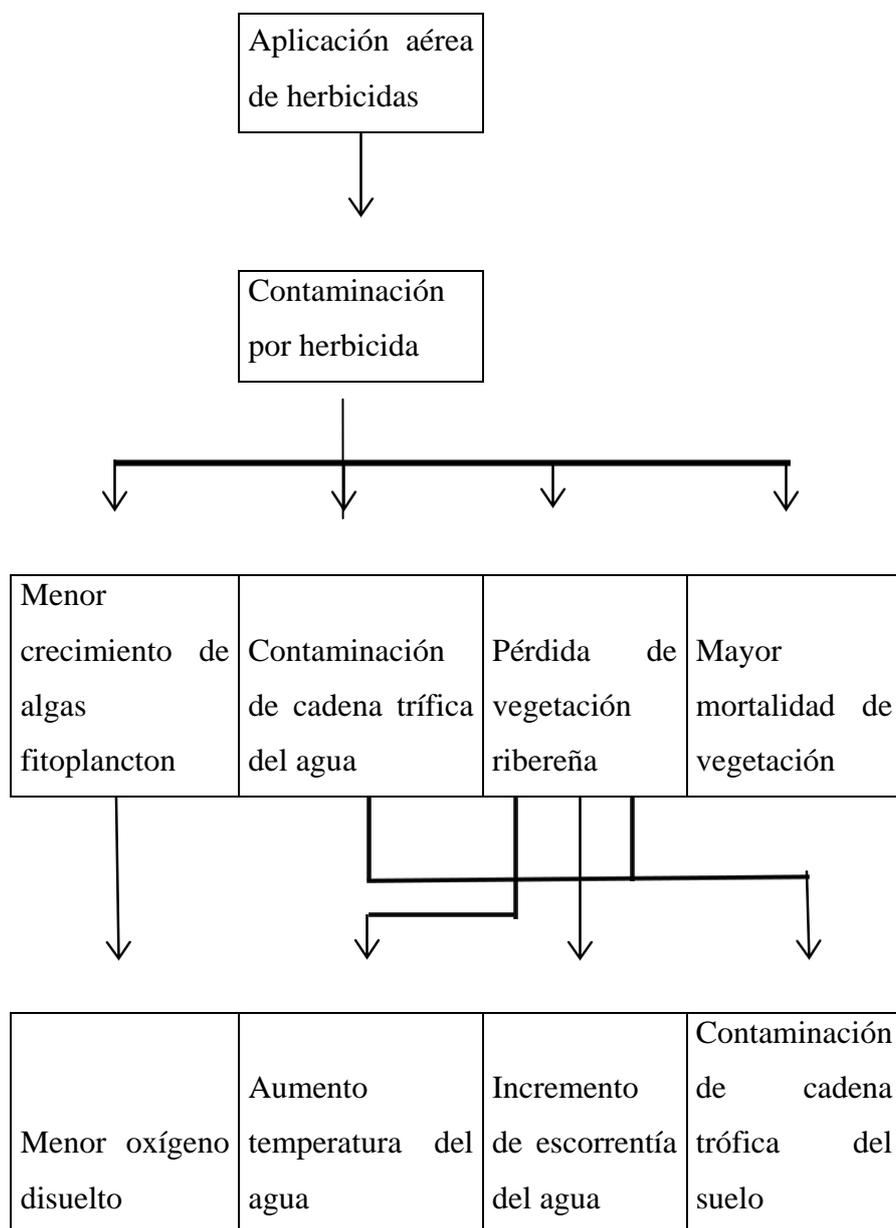
d) Redes

Las redes son una extensión de los diagramas de flujo a fin de incorporar impactos de largo plazo. Los componentes ambientales están generalmente interconectados, formando tramas o redes y a menudo se requiere de aproximaciones ecológicas para identificar impactos secundarios y terciarios. Las condiciones causantes de impacto en una red son establecidas a partir de listas de actividades del proyecto.

Las redes son útiles como guías en el trabajo de evaluación de impactos ambientales para detectar impactos indirectos o secundarios; en proyectos complejos o con muchas componentes pueden ser muy importantes para identificar las

interacciones mutuas. Además proporcionan resúmenes útiles y concisos de los impactos globales de un proyecto

Cuadro 4.5. Red de un impacto en el área agrícola.



4.5 Análisis de variables Ambientales.

Esta parte de la evaluación ambiental determina las variables ambientales que son afectadas positiva o negativamente por un desarrollo de un proyecto, de esta manera se tiene una visión más amplia del impacto en el lugar de la ejecución del proyecto.

4.5.1 Calidad del agua

Para la elección de modelos que analizan la calidad del agua, es necesario conocer los criterios y estándares establecidos en las normativas nacionales. Un modelo es una representación que simula las condiciones ambientales y su respuesta ante estímulos determinados. Los más utilizados son los matemáticos; también se usan modelos físicos, cuando las situaciones son demasiado complejas para ser analizadas matemáticamente. Los modelos matemáticos pueden ser uni, bi o tridimensionales dependiendo de las características del medio.

Los modelos pueden ser dinámicos o de estado estacionario. Los dinámicos proveen información acerca de la calidad del agua tanto en la dirección como en el tiempo. Los estacionarios suponen variación sólo en el espacio, como por ejemplo una descarga continua y constante.

4.5.2 Calidad del aire

Al igual que en el análisis de la calidad del agua, la modelación de los posibles impactos ambientales por emisiones al aire cumple el propósito de predecir el comportamiento de las concentraciones de contaminantes. Esto implica simular con una metodología apropiada la manera cómo el medio ambiente es afectado por una determinada emisión y evaluar los impactos de la acción propuesta y de sus alternativas. Los modelos disponibles para el análisis de la calidad del aire están en función de los diferentes componentes químicos emitidos, y las variables

meteorológicas y de estabilidad atmosférica.

Los modelos de difusión atmosférica son la clave para el análisis de calidad del aire de las fuentes emisoras que descargan gases o partículas a la atmósfera. Se han desarrollado numerosos modelos para distintas fuentes de emisión (fijas, móviles, etc.) y diversos contaminantes que predicen concentraciones en el tiempo y en el espacio. Los consideran de gran importancia las variables meteorológicas y de estabilidad atmosférica. Estos modelos se puede describir por los siguientes pasos.

- ✓ Cantidad y tipo de emisiones generadas por la actividad.
- ✓ Cantidad y tipo de emisiones generadas por otras actividades ya existentes en el área de influencia.
- ✓ Estabilidad atmosférica en el área de influencia.
- ✓ Rugosidad del terreno.
- ✓ Velocidad y dirección del viento.
- ✓ Datos de monitoreo de calidad de aire en la zona.

4.5.3 Análisis sobre degradación de los suelos

Los distintos métodos de identificación y análisis de los procesos de degradación de suelos pueden agruparse como de: observación y medición directa, métodos paramétricos, modelos, métodos cartográficos y utilización de datos de teledetección.

a) Observación y medición directa.

Se incluyen tanto las observaciones de indicios y manifestaciones de degradación en el campo, como las mediciones físico-químicas destinadas a evaluar los procesos existentes. En el primer caso se utiliza, por ejemplo, la aparición en superficie de las raíces de la vegetación, o la variación de las especies de flora y fauna existente, o los cambios en la coloración de los suelos.

b) Cartografía de suelos.

Estos mapas representan la distribución de los tipos de suelo u otras unidades edáficas de una zona más o menos extensa. Asimismo, se pueden representar una o más características; en este caso, pueden derivarse una serie de mapas interpretativos, tales como: susceptibilidad a la erosión, permeabilidad, productividad, etc.

c) Utilización de teledetección.

El término teledetección hace referencia al uso de una gama que va desde fotografías aéreas en blanco y negro hasta imágenes multiespectrales tomadas desde satélites. Cuando se trata de escalas grandes, la utilización de la teledetección permite evaluar con notable precisión ciertos procesos de degradación.

4.5.4 Análisis sobre flora y fauna

Entre las técnicas de estudio de la fauna están aquellas que contemplan la detección directa de los individuos, ya sea por avistamiento, captura, restos de animales, o por estimaciones indirectas basadas en indicadores de presencia o actividad como lo son huellas, fecas, nidos, o presencia de restos óseos en fecas y regurgitados de predadores.

La elección del método para describir la vegetación depende de varios factores importantes. Según el propósito se necesita estudiar distintos atributos; la descripción de la fisonomía y estructura de la vegetación en general no requiere de la

identificación de todas las especies ni del diseño de muestreos demasiado complicados. Por el contrario, cuando es necesario describir la flora en su totalidad, se requiere la identificación de todas las especies.

4.6 Análisis de Impactos ambientales Negativos del Proyecto Cariacu Sector II Romerillos

A través de la matriz se caracterizó y jerarquizó los 7 impactos negativos en términos de Magnitud e Importancia.

a) Impactos al Agua

La permanente extracción de agua para el funcionamiento del sistema implica que el recurso hídrico sea afectado sobre todo si no existe un manejo adecuado de la fuente. Este impacto se observará en la etapa de operación del sistema si no se toman las medidas requeridas para prevenir la disminución de los caudales al captar agua para el reservorio especialmente en el verano donde el caudal tiende a reducirse.

De ahí que, considerando este riesgo como de alto impacto, la matriz establece que su calificación corresponde de acuerdo a la magnitud a un 88.89% (alto) y de acuerdo a la importancia será medio puesto que corresponde al 66.67%. El comportamiento de este impacto se debe a que la intensidad y duración es permanente, la extensión es local, es recuperable con un buen manejo de la fuente pero de todas maneras el riesgo es alto.

b) Impactos al Suelo

Además de que la excavación para la tubería del sistema conlleva un movimiento de suelo. La magnitud es baja y no es de importancia según la calificación (33.33 %).

c) Impactos a la biodiversidad, Animales y Vegetación

Se ha considerado en términos de biodiversidad a las especies animales y vegetales que se verán afectados con la construcción y operación del sistema, y que lógicamente habitan en el área de influencia del proyecto, especialmente habitan fuera de la finca, ya que son zonas de ladera de quebrada muy poco intervenidas por el ser humano dada su fuerte pendiente (Quebrada del Conejo). Pero como es un sistema donde no se necesita construcción excesiva la magnitud e importancia para la fauna silvestre es media (36.67% y 25.56% respectivamente).

La magnitud del impacto en la vegetación silvestre es bajo y no existe impacto de acuerdo a la importancia (13.33%), esto se debe sobre todo a que no existen cantidades considerables de plantas silvestres y estas son muy comunes en la zona y son de fácil multiplicación, la extensión del impacto es puntual, dura el periodo de construcción del proyecto, por lo tanto es recuperable e implica un bajo riesgo.

d) Impactos al Paisaje

La construcción del proyecto conlleva una alteración a la belleza escénica del mismo, por lo tanto se consideró este componente para la evaluación de impactos. La magnitud del impacto es baja (24.44%) y no existe impacto de acuerdo a la importancia. La alteración de la belleza escénica es temporal hasta que se recupere naturalmente la vegetación y animales silvestres en una zona bastante puntual que considera este proyecto.

e) Generación de desechos sólidos

Este impacto es corregible desde el comienzo del proyecto, es por eso que su calificación es baja en cuanto a la magnitud y no existe impacto de acuerdo a la importancia (33.33% respectivamente). Todo el proceso de construcción del sistema implica la presencia humana, cuyas actividades, sobre todo alimenticias, conllevan la generación de desechos sólidos, las que pueden ser manejadas con facilidad.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones y recomendaciones generales.

Una vez desarrollado este proyecto se puede entender que los sistemas de riego por goteo son muy importantes para diferentes campos que el ser humano realiza, especialmente, en la agricultura, ya que estos sistemas reúne distintos conceptos importantes para su funcionamiento, provenientes de la ingeniería Civil, Hidráulica y en este caso, de la agronomía. Esto hace que el equipo, los materiales, la tecnología y la mano de obra trabajen en conjunto con la finalidad de satisfacer al usuario que tiene el objetivo de producir cultivos de calidad aceptada y de crecimiento controlado, de esa manera obtiene una producción a bajos costos con un sistema de riego tecnificado.

A su vez, este proyecto presenta una serie de recomendaciones para que el equipo de riego por goteo funcione con eficiencia y eficacia, utilizando un diseño hidráulico correcto, eficiencia de la utilización de la cantidad de agua y una serie de sugerencias de mantenimiento del sistema que evitará la paralización de su funcionamiento y de la producción de cultivos que necesitan una constante irrigación por sus características delicadas, y que lleven a una pérdida económica y de cultivos al usuario.

Este sistema de riego garantiza una cosecha sana de cultivos que necesitan una irrigación especial por las características que algunos cultivos posee, como el tomate, los cuales poseen hojas débiles, las cuales pueden desprenderse, afectando a la planta y a la cosecha, por lo que necesitan una irrigación controlada y de gota a gota hacia el suelo, para evitar el crecimiento inapropiado o la pérdida del cultivo.

Cuando la zona destinada para crear un proyecto agrícola carece de fuentes de agua o presenta sequias frecuentes, el sistema de riego por goteo es el sistema de irrigación principal, ya que este sistema tiene la característica de administrar el agua de manera eficiente y equitativamente, evitando el mal uso del agua ya que utiliza un caudal bajo, con respecto a otro sistema de riego. A su vez puede ser modificado para distintos casos, como por ejemplo para captación de agua subterránea, agua lluvia o traslación de agua de fuentes distantes al cultivo, o puede ser modificado para que sea un sistema fijo o móvil, teniendo la característica de ser reutilizable en otros proyectos de distintas características.

5.1 Conclusiones y recomendaciones específicas.

El estudio y desarrollo de este sistema desprende algunas conclusiones y recomendaciones que se debe tomar en cuenta para una utilización adecuada de sistema, para poder tener una memoria de cálculo y un manual de funcionamiento respectivo para otros estudios y proyectos que se quieran desarrollar a futuro.

- ✓ La precipitación media anual en el Ecuador es de 2 274 mm, que suponen 645 km³/año en todo el territorio continental y se considera que la superficie cultivable del país es de 10,5 millones de ha.
- ✓ El suelo ideal tiene la característica de ser un suelo franco arcilloso, el cual es el suelo con las mejores características físicas y químicas, aptos para el cultivo y la agricultura, que tiene un 70 % de arcilla, 25% de limo y 5 % de arena.
- ✓ Los suelos que son ideales para la utilización del sistema de riego por goteo son los suelos que presentan características de textura ligera, arenosos, con una capacidad de retención de humedad bajo, ya que estos necesitan un suministro de agua bajo pero frecuente.

- ✓ El sistema de riego por goteo disminuye las pérdidas de carga de agua su caudal no es alto y a la vez es controlado, lo que permite que el caudal de agua que se emite sea el mismo en cada línea regante del sistema.
- ✓ Este sistema implementa una automatización que permite el riego diario durante horarios largos ya que utiliza presiones hidrodinámicas bajas por el tipo de riego que se tiene que ejercer en los cultivos.
- ✓ Se debe realizar limpieza continua a las líneas de conducción del sistema y a los emisores para evitar la obstrucción por el taponamiento en cada unión o en los goteros del sistema, producido por partículas sólidas que se encuentran en el agua o en el ambiente, que puede producir la paralización de la irrigación.
- ✓ Se realiza aproximadamente dos riegos por día en las zonas de cultivo en donde el sistema de riego fue instalado ya que los equipos utilizados son de alta frecuencia, es decir, suministro de agua frecuente.
- ✓ En la irrigación se pretende que la distribución del suministro de agua para el cultivo sea uniforme, esto ayuda a que cada cultivo tenga una dotación de agua equitativamente y que no sobrepase su capacidad de captación de agua.
- ✓ Este sistema de riego puede optimizar su funcionamiento al aplicar fertilizante para los cultivos, esto ayuda a que la cosecha crezca sana y con una higiene aceptada, cumpliendo con normas de funcionamiento establecidas.
- ✓ Se tiene que revisar los impactos ambientales significativos que se produzcan al momento de implementar el sistema de riego, previamente identificados en la evaluación preliminar, especialmente aquellos de carácter negativo, y se establecen sus respectivas medidas de mitigación y compensación.

BIBLIOGRAFÍA:

- Bombas su elección y aplicación, Editorial Continental, 1981.
- Canovas C.J. Calidad de las Aguas de Riego. Madrid. España. Esquivel, 2010
- Cevallos Ignacio. Sistema de riego por goteo. 2008.
- CNMA. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago, Chile, 1995.
- Cuevas Dinamarca, Bernardo. Metodologías y diseño de un sistema de riego por goteo, UTAL. 1994.
- Dirección de Informática de INEC. ESPA. Quito. 1995.
- ECHARRI, L. Ciencia de la tierra y el medio Ambiente. 1998.
- García, Pedro. Sistema de Riego por Goteo. C N T A F. 2002.
- INERHI. Plan Nacional de Recursos Hídricos de la República del Ecuador. Quito. 1989.
- Ingeniería de Riego, Guillermo Catañon, 2000.
- Libro Técnico de F.A.O. Departamento de Tierras y Aguas. Roma. 2000.
- Porta, J. Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo. 2008.
- Flowers. "Planta y flores" s. 16 Junio 2010.
<<http://www.google.com.ec/imgres?q=componentes>>
- Ing. Real. Artículo técnico para Diseño de equipos de Riego.
- Mecánica de fluidos e Hidráulica por Ronald V. Gilles, Editorial McGrawHill en 1989.

ANEXOS

TABLA DE CÁLCULO

Parámetros Hidráulicos de diseño

Datos del sistema

a) Datos del terreno

Tipo de Cultivo	Kc de Cultivo	Profundidad de Raíces (m)	Criterio de Riego	Eficiencia de Riego %	Evaporación (mm/día)
Tomate	0,65	0,6	0,4	90%	6,5
Tipo de Suelo	Densidad Aparente (gr/cc)	Capacidad de campo %	Punto de Marchitez %	Distancia fuente de Agua (m)	Altura de Elevación (m)
Franco Arcilloso	1,35	27%	13%	150	35
Energía (volt m ^o)	Área Terreno (m ²)	Pendiente Terreno %	Vel de infiltración (mm/hora)	Distancia entre hileras (m)	Distancia entre Plantas (m)
220	700 m ²	3%	8	1,2	0,3

b) Datos técnicos del diseño

Uso Consumo U.C (mm/día)	Lámina Neta (mm)	Requerimiento Bruto (mm/día)	Frecuencia de Riego (días)	Ln verdadero (mm)
4,23	45,36	4,69	9,66	14,08
T.A.A.G (mm/hora)	T.A.R.G. (horas)	Q entrega emisor (litros/hora)	Q.Tot.A.G. (litros/hora)	C (Hazen-William)
3,03	4,65	1,09	2862,34	150,00

c) Pérdidas de Carga Por fricción

a) Pérdidas Primarias			
Ramal mas largo Hf (m.c.a.)	Línea de Impulsión	Línea de Succión	
8,50	Hf (m.c.a)	Hf (m.c.a)	Hf Total (m.c.a)
	1,84	0,15	4,45
Línea secundaria			
Q regante (litros/hora)	Q Línea sec. (m ³ /seg)	Dia. Línea Sec (mt)	
182,03	0,00	0,07	
L Línea Sec. (m)	Hf (m.c.a)		
30,00	2,47		

b) Pérdidas Localizadas	
Líneas secundarias Hf (m.c.a)	Línea de Impulsión
1,89	Hf (m.c.a)
	1,84
Línea de Succión	
Hf (m.c.a)	Hf total (m.c.a)
0,35	4,09

Pérdida de Carga Total (m.c.a.)	
17,04	

d) Diseño de Equipo de Bombeo

Q de Bombeo (m ³ /hora)	26,85
Presión de Trabajo (m.c.a.)	24,80
Potencia Requerida (HP)	4,75
Eficiencia	0,64

ILUSTRACIONES

