

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL VALENCIA DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO*

RUBEN VALENCIA RAMIREZ *
ANIBAL MELO MARTINEZ *
LUCIO LEGARDA BURBANO **
GERARDO PUENTES LEAL ***

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental Valencia de propiedad de la Universidad de Nariño, situada al sur del Departamento del Cauca, Municipio de Mercaderes, con coordenadas de latitud norte $1^{\circ}54'$ y longitud oeste $77^{\circ}13'$.

La zona en estudio presenta las siguientes condiciones limitantes: topografía irregular con pendientes superiores al 15%, suelos muy permeables (11,3 mm/h) y poca disponibilidad de agua en los meses de junio (46,37 L/s), julio (18,55 L/s) y agosto (18,37 L/s), escogido este último por ser el más crítico. Bajo estas consideraciones se eligió el sistema de riego por aspersión portátil ya que los métodos superficiales resultan deficientes y difíciles en las condiciones anteriores.

Cabe anotar la utilización de un reservorio natural para almacenar el agua, ya que la fuente abastecedora (quebrada "Cangrejos"), se encuentra a 11 metros de desnivel

* Resumen de Tesis de Grado presentado por los dos primeros autores como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Nariño.

** Profesor Titular, Decano Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

*** Profesor Asistente Departamento de Ingeniería, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

con respecto al embalse en mención. Por ello es indispensable el empleo de un equipo adicional de bombeo con una potencia de 5 HP, que conduzca el agua por manguera en un ritmo de 110 m desde la quebrada hasta el reservorio, el cual presenta una capacidad de 6000m³ y de donde se va a iniciar el riego.

ABSTRACT

This work was carried out at the Experimental Valencia Farm owned by the University of Nariño, and located at the southern part of the Cauca Department in the Mercaderes country, within 1° 54' north latitude and 77° 13' west longitude.

The studied area shows the following limiting conditions: rough topography with slopes greater than 15%, very permeable soils (11,3 mm/h) and very little water availability in June (46,37 l/s), July (18,55 l/s) and August (18,3 l/s), that was selected the portable aspersion irrigation system because the other systems on the surface soil were deficient and difficult in the above conditions.

It is also noticeable the utilization of a natural dam to gather water since the principal source (Cangrejos stream) is 11 m lower than the reservoir. That is with it is necessary to use an additional pumping equip with 9 HP which leads the water by a pipe in a distance of 110 m from the mentioned stream to the dam which has a capacity of 6000 m³ and where the irrigation begins.

INTRODUCCION

El riego por aspersion está adquiriendo cada vez mayor importancia debido a la escasez y alto costo del agua, al alto grado de uniformidad que puede obtenerse en la aplicación del agua, y, a los altos rendimientos que es posible obtener con este sistema.

El presente trabajo, se originó por la necesidad de suministrar riego a la Granja Experimental Valencia (Patía, Cauca) que posee la Universidad de Nariño, requisito indispensable para llevar a cabo la docencia, la investigación y obtener ingresos rentables.

En la región del Patía, las lluvias son muy irregulares, presentándose el problema de las deficiencias hídricas en los meses de sequía (Junio, Julio, agosto, y septiembre) lo cual limita el establecimiento productivo de los cultivos y pastos para el ganado de carne.

El objeto del presente trabajo es diseñar un sistema de riego por aspersion tipo portátil para la Granja Experimental Valencia, de acuerdo a las condiciones del suelo, topografía, clima, disponibilidad de agua en función de los cultivos de la localidad, para suplir las deficiencias hídricas de las plantas y obtener altos rendimientos económicos.

REVISION DE LITERATURA

El riego tiene como objetivo básico la reposición al suelo del déficit de agua que resulta de la insuficiencia de precipitación para compensar la evapotranspiración de los cultivos. Complementariamente el riego asegura la lixiviación de las sales para mantener el balance salino del suelo y garantiza en general mejores condiciones físicas para el laboreo y mejores condiciones ambientales para el desarrollo de los cultivos (1,2).

Israelsen y Hansen (5) dicen que el riego por aspersion, consiste en distribuir el agua a través del aire para cubrir el suelo bajo riego. El agua sale en forma de chorro bajo presión desde orificios o boquillas. Cuando se utilizan orificios, éstos generalmente se hacen sobre la misma tubería que conduce el agua. Las boquillas por otra parte, generalmente van instaladas en dispositivos giratorios llamados aspersores.

Según varios autores (4, 7, 8, 9 y 10), las ventajas que presenta este método son: Los terrenos de topografía irregular pueden regarse con un mínimo de nivelación y de remoción de la capa arable. En los terrenos pendientes se pueden eliminar la escorrentía y la erosión del suelo. Los suelos arenosos u otros muy permeables se pueden regar sin que se produzcan pérdidas excesivas por filtración profunda, reduciendo de este modo el riego de originar el problema de drenaje. Cuando el caudal de agua

con que se cuenta procede de un pequeño curso continuo, se consigue una eficiencia mayor tanto en el aprovechamiento como en la mano de obra, si el agua se aplica por este método. Se adapta a aplicaciones frecuentes de pequeñas láminas de agua en suelos de textura liviana y en cultivos con un sistema radicular poco profundo.

Los sistemas de riego por aspersión pueden ser permanentes, semi-portátiles o portátiles. En los primeros toda la instalación está definitivamente localizada en los campos de cultivos; en los semi-portátiles la bomba y en ocasiones la tubería principal son fijas y los laterales son transportables, en tanto que en los portátiles la bomba y el resto de equipo es móvil. Los dos últimos son los más corrientes usados por su menor costo inicial (2, 8).

Para diseñar un sistema de riego por aspersión la información necesaria está constituida por las características físicas del suelo, topografía, la fuente de agua, factores meteorológicos como viento, evaporación, temperatura, humedad, etc. los diferentes tipos de lluvia, la energía desfavorable y el sistema de trabajo en la zona estudiada.

MATERIALES Y METODOS

Situación geográfica.

La Granja Experimental Valencia se encuentra situada al sur del Departamento del Cauca, Municipio de Mercaderes, a 2 km de la población de Mojarras por la carretera que conduce al Departamento de Nariño y a 400 m de la Panamericana. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte $10^{\circ}54'$; Longitud oeste $77^{\circ}13'$.

Se encuentra a una altitud de 600 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 27°C y precipitación anual de 1.800 mm correspondiendo según Holdridge a la clasificación Bosque seco tropical (bs-T).

Los suelos son de textura franco-arenosa y por sus condiciones de fertilidad, se puede explotar una variedad de

cultivos, como maíz, algodón, sandía, pastos, etc.

Fuente de agua.

La Granja Valencia cuenta con la quebrada denominada "Cangrejos", la cual corre en dirección de sur a norte y sus aguas se encuentran disponibles en un tramo de aproximadamente 590 m. Aunque su caudal disminuye considerablemente en épocas de sequía (Junio, Julio y Agosto) se ha comprobado que nunca se seca.

Levantamiento topográfico

Para fijar claramente los límites de la Granja Experimental Valencia, se realizó un estudio planimétrico, este se llevó a cabo por el sistema de poligonal, el cual consiste en trazar un polígono que sigue aproximadamente los linderos del terreno y desde sus vértices se hacen sus correspondientes lecturas de ángulos de deflexión.

Para el levantamiento altimétrico, se empleó el sistema de taquimetría, el cual consiste en tomar lecturas de mira con tránsito, a nivel de hilo superior, medio o inferior, así como también ángulo vertical y horizontal, para con ello determinar el desnivel del terreno.

Determinación de propiedades físicas del suelo

En análisis de las propiedades físicas como textura, infiltración, densidad aparente, capacidad de campo y algunas propiedades químicas se determinó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Nariño, siguiendo la metodología descrita por Cortéz y Viveros (3).

Aforo de agua.

Para determinar el caudal de la quebrada "Cangrejos" se empleó la siguiente ecuación:

$$Q = A \times V_m$$

Donde: Q = Caudal (l/s)

A = Área de la sección (m^2)

V_m = Velocidad media (cm/s).

Datos meteorológicos y uso Consuntivo

Con la información suministrada por el HIMAT sobre la Granja Valencia se facilitó el análisis de estudio del uso consuntivo y de la precipitación, parámetros que son de gran importancia para determinar épocas críticas. Esta información incluye datos de 2 años (1972-1984) sobre: temperatura (máxima, media y mínima), humedad relativa, evaporación del tanque clase "A", precipitación, velocidad del viento (Registros mensuales promedios).

Para la determinación del uso consuntivo se siguió el procedimiento más confiable, el cual consiste en relacionarlo con la evaporación del tanque clase "A", en donde se integran factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, etc. El uso consuntivo se obtiene multiplicando la evaporación del tanque por el factor del cultivo, que para maíz y pastos es de 0,70 (6,7).

RESULTADOS Y DISCUSION

Elección del sistema.

Aún cuando los métodos superficiales de riego resultan generalmente menos costosos, existen condiciones especiales de suelo y topografía que imposibilitan o dificultan la aplicación de estos métodos y en donde el riego por aspersión ofrece ventajas definitivas. Tales condiciones pueden resumirse en la forma siguiente:

a. Los suelos del Patía, objeto del presente estudio, presentan un alto coeficiente de infiltración (11,3 mm/h) y una textura franco-arenosa en los que resulta difícil obtener una buena distribución del agua por medio de los métodos superficiales de riego.

d. En la Granja Valencia existen diferentes tipos de pendientes, la mayoría de ellas superiores al 15% en los

cuales resultaría muy costoso un buen trabajo de nivelación, o donde los métodos superficiales son poco eficientes y ofrecen el peligro de erosionar los suelos.

c. La quebrada "Cangrejos" cuenta con poca disponibilidad de agua (18,37 l/s, en agosto), la cual está asociada con suelos permeables, como se nota en el literal a., el riego por métodos superficiales se hace extremadamente difícil y muy deficiente.

En base a las consideraciones anteriores, se eligió el método de riego por aspersión portátil para la Granja Experimental Valencia en el presente estudio.

Parámetros del diseño.

Entre los parámetros del diseño de riego por aspersión se tiene topografía, suelos, fuente de agua, factores climáticos, tipo de cultivo y fuente de energía.

Para determinar el área total de la Granja en estudio, fue necesario realizar el levantamiento planimétrico por el sistema poligonal, obteniendo de esta forma un área de 44,49/ha datos de 33 vértices.

Suelos

Los suelos en estudio presentan una textura franco-arenosa, pH cercano a la neutralidad (6,68), un alto contenido de fósforo, calcio, magnesio y potasio, clasificándose en general, de buenas condiciones de fertilidad. Estos suelos presentan una permeabilidad bastante alta, razón por la cual el agua debe aplicarse en una forma moderada (Tabla 2). La infiltración básica promedio es de 11,3mm/h.

Se tomaron los caudales correspondientes a cada uno de los meses del año como se indica en la Tabla 3, determinándose así un caudal mínimo de 18,37 l/s y un caudal máximo de 430,20 l/s. (Agosto y Mayo, respectivamente), seleccionándose para el diseño el caudal crítico representado por el mes de agosto.

Los análisis de calidad del agua de la quebrada "Cangre-

jos" dieron los siguientes resultados:

Salinidad efectiva (m.s./l)	2,39
Salinidad potencial (m.s./l)	1,40
Carbonato de sodio residual (m.s./l)	0,50
Sodio posible	92,05
Cloruros (m.s./l)	0,90
Relación absorción de Sodio	1,21

Los anteriores resultados muestran un alto contenido de carbonatos y bicarbonatos; muy alto el PSP, sin embargo, el contenido de sodio es bajo. Bajo estas condiciones el agua puede clasificarse como buena para riego. No obstante, dada su conductividad moderadamente alta, se debe procurar un adecuado avance del agua hacia la profundidad para evitar su concentración en la superficie, que perjudicaría el desarrollo de las plantas.

Factores climáticos

La estación meteorológica de Sajandí (La Fonda), se escogió por estar localizada en el Valle del Patía, zona donde se encuentra la Granja en estudio, guardando características similares en los parámetros climáticos.

La información suministrada por la Seccional del HIMAT en Pasto, comprende datos de 12 años. Los promedios obtenidos según la Tabla 1 demuestran que la zona presenta una alta temperatura (27°C), lo cual está correlacionado con una alta evaporación (hasta 145 mm) y una alta humedad relativa (70%).

Además de las características mencionadas, la región presenta una alta precipitación anual de 1.800 mm más sin embargo, ésta en meses de sequía (Junio, Julio y Agosto), no es suficiente para compensar la evaporación produciéndose una deficiencia hídrica.

En el balance hídrico sí se considera la precipitación efectiva como el 75% de la precipitación total y se la relaciona con el uso consuntivo (evapotranspiración), se obtienen las deficiencias o excesos hídricos que se presen-

tan en el año. En la zona de estudio esta época de déficit se presenta en los meses de Junio, Julio y Agosto, siendo más notable en el mes de Julio, como se puede observar en la Tabla 1.

Plan de cultivos

Los cultivos seleccionados fueron: maíz y pastos; teniendo en cuenta los siguientes factores: tipo de suelo, clima y por estar incluidos estos cultivos dentro de la planeación realizada por la Universidad de Nariño.

El cultivo de maíz presenta un período vegetativo entre 120 a 150 días, pudiéndose alcanzar 2 cosechas anuales cuando se dispone de agua suficiente. Estas plantas pueden alcanzar una profundidad radicular hasta 1,50 m, sin embargo, su profundidad efectiva se encuentra entre los 50 a 60 cm, por localizarse aquí el 70% de sus raíces.

El cultivo de pastos a establecer en la zona a regar sería de corte, nombrándose entre ellos el pasto Elefante, caña forrajera, Ramio y Kudzú, los cuales presentan una profundidad radicular efectiva de 50 cm. Estos pastos después de su primera cosecha pueden volverse a cortar cada 30 - 60 días, dependiendo de la variedad sembrada.

Fuente de energía

Debido a que la Granja en la actualidad no posee energía eléctrica se optó por acudir, para el presente diseño, a mecanismos de combustión interna como única solución.

Diseño del sistema

Se muestra un diseño completo de riego por aspersión portátil supra-arbóreo para la Granja Experimental Patía. Del área total de la Granja (44,49 h) por la poca disponibilidad de agua, sólo se podrá regar el 36,6% de ella, equivalente a 16,3 hectáreas.

INFORMACION BASICA

Topografía: Plana 8,5 ha (pendiente hasta 3%) irregular
7,8 ha (pendiente hasta 20%)

Cultivos : Maíz (8,5 ha), pastos (7,8 ha)
Profundidad radicular = 50 cm
Uso consuntivo máximo = 4 mm/día

Suelos : Textura franco-arenosa
Tasa básica de infiltración = 11,3 mm/h
Capacidad de campo = 23,65%
Punto de marchitamiento = 14,19%
Densidad aparente = 1,23 gr/cc.

Agua : Calidad = buena para fines de riego
Fuente = quebrada "Cangrejos"

CLIMA : Caliente moderado
Temperatura promedio 27°C
Velocidad del viento 3 km/h

Lámina de agua aprovechable (LAA)

$$LAA = \frac{(CC - PM)}{100} \times Da \times p$$

Donde : CC = Capacidad de campo (%)
PM = Punto de marchitamiento (%)
Da = densidad aparente (gr/cc)
P = Profundidad radicular efectiva (cm)
P = 50 cm para maíz y pastos

$$LAA = \frac{(23,65 - 14,19)}{100} \times 1,23 \times 50$$

$$LAA = 5,81 \text{ cm} = 58,1 \text{ mm}$$

Asumiendo un agotamiento del agua del suelo en un 75%, la lámina de agua que debe aplicarse en cada riego o lámina rápidamente aprovechable (LARA), será:

$$LARA = 58,1 \text{ mm} \times 0,75 \\ = 43,5 \text{ mm}$$

Eficiencia de aplicación

Un porcentaje del agua aplicada puede perderse por evaporación en el aire, evaporación desde el suelo y follaje húmedo, perdido por percolación profunda y escorrentía. En base a las condiciones climáticas, el valor correspondiente para la zona en estudio es de 75%. Este valor de eficiencia de aplicación es necesario para determinar la lámina promedia aplicada o lámina bruta (Lb), así:

$$Lb = \frac{LARA}{Ea} \times 100 = 58 \text{ mm} = 580 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Frecuencia de riego

Para los cultivos en mención, la ETP máx/día es la misma por poseer igual coeficiente del cultivo.

$$FR = \frac{LARA}{ETP \text{ máx/día}}$$

$$FR = \frac{43,5 \text{ mm}}{4 \text{ mm/día}} \\ 10,87 \text{ días} = \text{aproximadamente } 11 \text{ días}$$

Gasto del diseño

$$Q = \frac{2,78 \times A \times Lb}{H \times Fr}$$

Donde: Q = Caudal requerido (l/s)

A = Area a regar (ha)

Lb = Lámina bruta (mm)

Fr = Frecuencia de riego (días)

H = Horas diarias de operación

Entonces

$$Q = \frac{2,78 \times 16,3 \times 58}{12 \times 11}$$

$$= 19,91 \text{ l/s}$$

Selección del aspersor a utilizar

La intensidad de precipitación del aspersor escogido debe ser menor de 11,3 mm/h (infiltración básica), para evitar encharcamiento y escorrentía.

Realizando varias operaciones de sondeo, por facilidades de manipulación y teniendo en cuenta los catálogos de los fabricantes, se escogió un aspersor tipo cañón pequeño, con las siguientes características:

Presión :	60 lb/pul ²
Diámetro húmedo	214 pies (64,2 m)
gasto	57 GPM (3,59 l/s)
Boquilla	0,5 " (12,7 mm)

Al aspersor escogido se le determinó su intensidad de precipitación o grado de aplicación haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{q \times 360}{Sl \times Sm}$$

Donde :	I = Intensidad de precipitación (cm/h)
	q = Gasto del aspersor (l/s)
	Sl = Separación de los aspersores en el lateral (m).
	Sm = Separación de los laterales en el principal (m)

Por lo tanto

$$I = \frac{3,591 \times 360}{45 \times 45}$$

$$0,64 \text{ cm/h} = 6,4 \text{ mm/h}$$

Este valor indica que la intensidad de precipitación del aspersor no excede a la tasa básica de infiltración (11,3 mm/h)

El espaciamiento de 45 m entre aspersores y laterales fue

designado de acuerdo a la longitud comercial de los tubos de aluminio (9 m) y teniendo en cuenta un efecto de traslape del 70% para así, dar una mayor uniformidad de aplicación.

Número de aspersores a trabajar (N)

$$N = \frac{Q \text{ (capacidad requerida del sistema)}}{q \text{ (caudal del aspersor de diseño)}}$$

Por lo tanto,

$$N = \frac{19,91 \text{ l/s}}{3,591 \text{ l/s}}$$

$$= 5,54 \text{ aspersores} = 5 \text{ aspersores}$$

De acuerdo a la anterior deducción, se utilizaría un máximo de 5 aspersores de 3,59 l/s para un total de agua requerida de 17,95 l/s.

Tiempo de operación (T)

$$\text{Tiempo por posición (horas)} = \frac{\text{Lámina bruta aplicada (mm)}}{\text{Intensidad de precipitación (mm/día)}}$$

Entonces,

$$T = \frac{58 \text{ mm}}{6,4 \text{ mm/h}} = 9 \text{ h}$$

Teniendo en cuenta que solo se operará el sistema por espacio de 12 h/día, entonces el número de posiciones por día, es:

$$\frac{12}{9} = 1,33 \approx 1 \text{ posición día}$$

Por razones prácticas se optará por realizar sólo una posición diaria, tanto para los pastos como para maíz (9 h). Es de aclarar, que al efectuar esta operación la frecuen-

cia de riego se aumenta en un día, o sea, que entre riego y riego habría una diferencia, no de 11 sino de 12 días.

Cálculo de lateral

Para este propósito es necesario calcular las pérdidas por fricción para diferentes diámetros de tubería y escoger a quel que no sobrepase las pérdidas máximas permisibles (20% de la presión de operación del aspersor).

El caudal que pasará por el lateral será de 57 GPM x 5 aspersores = 285 GPM (17,95 l/s).

Pulg.	Pérdidas m/100 m	F	Ll m	Pérdida Total m
3	17,3	0,451	180	14,04
4	4,2	0,451	180	3,40
5	1,4	0,451	180	1,13

La siguiente ecuación fue utilizada para obtener los anteriores resultados de pérdidas por fricción.

$$H_f = P_f \times F \times Ll/100$$

Donde,

H_f = Pérdidas totales de fricción (m)

P_f = Pérdidas por fricción por cada 100 m de tubería

F = Valor de acuerdo al número de aspersores

Ll = Longitud de la tubería lateral (m)

$$\text{Pérdidas máximas permisibles} = 60 \times \frac{20}{100}$$

$$= 12 \text{ Lb/pul}^2 (8,43 \text{ m})$$

Por lo anterior, la tubería a utilizar sería de "4" de diámetro, debido a que la de 3" produce mayores pérdidas de las permisibles.

Pérdidas en la tubería principal.

Para este fin se designó un diámetro de tubería de 5", para conducir un total de 285 GPM (17,95 l/s) en una longitud máxima de 576 m. Estas pérdidas por fricción se calculan considerando la tubería sin salidas múltiples.

Las pérdidas por fricción por cada 100 m de tubería de aluminio para 5" es de 1,44, por lo tanto las pérdidas totales serían:

$$H_f = P_f \times 100 \text{ Lp}/100$$

Donde : H_f = Pérdidas totales del principal (m)
 P_f = Pérdidas por cada 100 m de tubería
 L_p = Longitud de la tubería (m)

Entonces,

$$H_f = 1,44 \times 576/100 \\ = 8,29 \text{ m}$$

Pérdidas en accesorios

Estas pérdidas se consideran como un 10% de las pérdidas por fricción de la tubería lateral.

$$3,40 \times 10\% = 0,34 \text{ m}$$

Requisitos de potencia

Presión del aspersor 60 Lb/pul ²	42,18 m
Fricción en el principal	8,29 m
Fricción en el lateral	3,40 m
Altura de bombeo	26,00 m

Elevador	2,00 m
Accesorios	0,34
Carga dinámica Total	82,21 m

La potencia requerida se calcula con la siguiente ecuación

$$HP = \frac{Q \times CDT}{76 \times Ef}$$

Donde:

- HP = Potencia requerida
- Q = Caudal Total (l/s)
- CDT = Carga dinámica total (m)
- EF = Eficiencia (%)

Entonces:

$$HP = \frac{17,95 \times 82,21}{76 \times 0,52} = 37,35$$

Descripción del equipo

1. Tubería principal de aluminio
 - Diámetro : 5"
 - Longitud total : 576 m (64 tubos de 9m)
 - Pérdidas por fricción : 8,29 m
2. Tubería lateral de aluminio
 - Diámetro: 4"
 - Longitud: 180 m (20 tubos de 9 m)
 - Pérdidas por fricción: 3,40 m
3. Accesorios
 - Codos - T - Válvulas - uniones, etc.
 - Pérdidas por fricción 0,34 m
4. Rociadores
 - Tipo: 102 Rain Bird
 - presión: 60 lbs/pul²
 - Descarga: 57 GPM (3,59 l/s)
 - Diámetro húmedo: 64,2 m
 - Boquilla: 0,5" (12,7 mm)

5. Bomba y motor

- Bomba centrífuga
- Motor diesel Lister modelo HR3 de 37,5 caballos de fuerza y 1.800 rpm

Funcionamiento del equipo

Debido a que la fuente abastecedora del agua a utilizar se encuentra a 11 metros de diferencia de nivel con respecto al pequeño embalse natural, donde se va a localizar la toma de agua para operar el sistema de riego, es necesario el empleo de un equipo adicional de bombeo que conduzca el agua desde la quebrada "Cangrejos" al embalse en mención, el cual presenta una capacidad de 6.000m³.

La quebrada suministra en período más crítico (agosto), una cantidad de 18,37 l/s de los cuales sólo se tomarán para el presente trabajo el 65% equivalente a 12 l/s, por razones de legislación de aguas.

El equipo de riego diseñado, requiere un gasto de 17,95 l/s (285 GPM) representando un gasto total en 9 h continuas de operación de 581,7 m³, y la quebrada solo puede suministrar en estas horas la cantidad de 388,9m³, razón por la cual es necesario que el equipo adicional funcione continuamente por espacio de 14 h/día, dando así, un total de 604,8 m³, suficiente para suplir esta demanda de agua.

Este equipo adicional presenta las siguientes características:

Caudal : 12 l/s, carga dinámica total
11 m/velocidad
3000 rpm

Potencial: Motobomba de HP a gasolina

Eficiencia: 65%

CONCLUSIONES

1. Por presentar la Granja, una topografía irregular con pendientes superiores al 15%, suelos muy permeables (11,3 mm/h infiltración básica) y poca disponibilidad de agua, se resolvió diseñar el sistema de riego por aspersión, debido a que los métodos superficiales bajo estas condiciones resultan difíciles y deficientes.
2. La quebrada "Cangrejos", fuente hídrica de la Granja Experimental Valencia, no suministra suficiente agua en épocas críticas, razón por la cual, del área total (44,49 h) que presenta la finca en estudio, sólo es posible regar el 36,6% equivalente a 16,3 h, considerando la operación del sistema de riego por aspersión por espacio de 9 h diarias, durante los meses de Junio, Julio, agosto y Septiembre y con una frecuencia de riego de 11 días.

RECOMENDACIONES

1. Reforestar las cuenca hidrográfica de la quebrada "Cangrejos" con plantas nativas de la región tales como : Carbonero (Calliandra pittieri Standl; balso, Ochroma pyramidale Cav.) nacedero, (Trichanthera gigantea H. et B. Stevel); Guayacán (Tabebuia chrysantha Jaeg Nichols); guásimo (Guazuma ulmifolia Lam); higuera (Ficus glabrata H.B.K.), etc. para mantener el equilibrio hídrico, evitar la erosión y la escorrentía.
2. Diseñar otros sistemas de riego tales como el riego por goteo por su gran capacidad de ahorrar agua, para suplir las demandas hídricas por el aumento de nuevos cultivos
3. Construir embalses o vasos de almacenamiento donde la condición topográfica lo permita, con el fin de almacenar el agua que escurre de las partes altas de la cuenca hidrográfica.

BIBLIOGRAFIA

1. BARUJ, T. El riego por aspersión. Misión Israeli. Publicación Nº 6 Jerusalén. 35 p. 1975.
2. CRHISTIANSEN, J. y DAVIS, D. Sprinkler Irrigation Systems. In Hagan, R. et Al. eds. Irrigation of Agricultural Lands. Madison. Wisconsin, American Society of Agronomy. 1967. pp. 885 - 903.
3. CORTES, F. VIVEROS, M. A. Análisis bromatológico. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1975.
4. HAGAN, R. y VAADIA, Y. Principios de cultivos regados. Departamento de Riego. Davis. Universidad de California, U.S.A. 1980. 34 p.
5. ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. Barcelona, España, Reverté. 1975. 395 p.
6. LEGARDA, B. O. y FORSYTHE, W. Estudio comparativo entre la evaporación calculada por varias fórmulas y la evaporación del tanque; medida en tres lugares tropicales. Turrialba (Costa Rica) 22: 283-292. 1972.
7. _____. Estudio de algunos métodos para determinar la evaporación transpiración con énfasis en el trópico. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación Nº 3 1974. 63 p.
8. _____. Manual de prácticas de riego y drenajes. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Publicación Nº 9. 1983. 390 p.
9. PAIR, C. Sprinkler irrigation. American Society of Agricultural Engineers. 1975. 980 p.
10. SHAVIT, Z. Sistemas de irrigación. Serie de diseños para el desarrollo. Programa Nº 18. Asociación Israeli de Cooperación Internacional, Jerusalem, 1962. 23 p.

TABLA 1

DATOS CLIMATICOS MENSUALES PROMEDIOS DE 12 AÑOS (1972-1984) DE LA ESTACION SAJANDI (LA FONDA) (')

Mes	Temperatura °C		Min.	Humedad relativ %	Brillo solar h/día	Evapora- ción. mm	Precipita- ción mm
	Media	Max.					
Enero	28,1	31,7	20,9	77	5,8	123,6	140,7
Febrero	26,4	32,3	20,9	72	4,3	130,1	139,9
Marzo	27,6	32,9	19,6	69	5,0	121,7	149,3
Abril	26,6	33,8	20,2	75	5,1	126,6	179,9
Mayo	25,9	31,9	20,8	65	4,6	120,3	188,0
Junio	26,5	32,5	19,3	72	5,0	117,6	86,5
Julio	27,7	34,9	13,0	65	6,6	125,5	36,0
Agosto	26,9	34,5	15,1	66	5,6	102,4	55,6
Septiembre	27,0	33,8	18,4	68	4,6	96,6	133,6
Octubre	26,1	32,5	17,3	64	5,1	120,0	247,4
Noviembre	25,5	31,3	19,9	79	3,6	145,2	269,6
Diciembre	26,1	31,5	17,1	70	5,7	117,3	181,0
Annual	26,7	32,8	18,55	70	5,0	1446,9	1807,7
Total							

Latitud 20 5' N

Longitud 77° 1' W

Altura 580 m

TABLA 2

ANALISIS FISICO QUIMICO DE LOS SUELOS DE LA GRANJA VALENCIA

pH potenciométrico	6,68
Capacidad de campo, por ciento	23,65
Densidad aparente, gr/cc	1,23
Arenas, por ciento	53,74
Arcillas, por ciento	18,40
Limos, por ciento	27,85
Textura	Franco-Arenosa
Materia orgánica, por ciento	2,14
NH ₄ + ABSORBIDO? C.I.C., me/100 gr	24,26
Fosforo aprovechable, kg/ha	127,88
Ca de cambio, m.e./100 gr de suelo	8,08
Mg de cambio, m.e./100 gr de suelo	6,78
K de cambio, m.e./100 gr de suelo	0,68
Na de cambio, m.e./100 gr de suelo	0,14

TABLA 3
CAUDALES MENSUALES MEDIDOS DURANTE UN AÑO EN LA QUEBRADA "CANGREJOS"

Mes	Area cm ²	Velocidad media cm/s	Caudal l/s
Enero	3014,43	41,55	125,25
Febrero	5786,43	36,44	210,86
Marzo	6000,04	17,97	107,82
Abril	7043,40	16,38	115,37
Mayo	7439,10	57,83	430,20
Junio	3333,44	13,91	46,37
Julio	1343,68	13,81	18,55
Agosto	877,92	20,93	18,37
Septiembre	982,62	27,86	27,37
Octubre	1503,60	28,53	42,89
Noviembre	1201,20	46,38	55,71
Diciembre	2373,60	41,87	98,90