

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

Presentada al H. Consejo Directivo, como requisito previo
para la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA

“Evaluación de la efectividad del riego, mediante la
utilización de tres tipos de aspersores en zona con alta
incidencia de viento, en parcelas con mezcla forrajera de
pastos en cantón Cayambe, provincia Pichincha”

Autor:

Byron Andrés Aceldo Toromoreno

Directora de Tesis:

Ing. Agr. Maribel Vera Suárez

El Ángel - Carchi - Ecuador

2011

I. INTRODUCCION

Las pasturas cultivadas son la base de la alimentación de la ganadería, ya sea a nivel de valles interandinos o en zonas alto andinas y se las considera como la herramienta principal para manipular la producción en la explotación, siendo la fuente de alimento más barata que existe; y al asociar gramíneas con leguminosas proveen un alimento completo y balanceado al ganado (energía y proteína). El manejo adecuado del pastoreo, permite optimizar el uso de este recurso incrementando su productividad y su perennidad.

En el Ecuador, la región Interandina reviste importancia trascendental en el desarrollo del país, debido al potencial productivo de la zona, al asentamiento acelerado que experimenta por movimientos poblacionales de otras regiones del país, al sistema socio-económico nacional y sobre todo la posibilidad del mejoramiento agropecuario que presenta, lo cual hace imprescindible el incremento de la producción forrajera de las praderas existentes; como también, el aumento de nuevas áreas de pastizales. Para esto, es necesario tener conocimientos y recomendaciones sobre un buen establecimiento y un posterior y adecuado manejo de los pastizales.

En nuestro país, la orientación de la economía hacia el mercado externo, está generando procesos de especialización productiva o de monocultivo, es el caso del banano, cacao, arroz, maíz, soya, palma africana. Según estudios realizados, 3.561.947 ha está dedicada a pastos, y el resto de la tierra agrícola a cultivos transitorios y permanentes.¹

La instalación de pasturas es una actividad de alto costo, por lo que antes de iniciarla debe planificarse el tamaño del área a sembrar y la disponibilidad de agua para riego. Los aspersores dominan el riego tanto en la agricultura como en los jardines de todo el mundo. Gran cantidad de fabricantes los suministran y se utilizan para todo tipo de aplicaciones.

¹ Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAC, INEC 2009. Disponible en http://www.inec.gob.ec/web/guest/ecu_est/est_agr/espac?doAsUserId=W9NEZWTSLU%253D

La eficiencia de un método de riego tiene mucho que ver con las pérdidas de agua. Si la pérdida es mucha hay que utilizar una mayor cantidad de agua para obtener el mismo resultado. Esto hace que se desperdicie agua. Hay métodos de riego más eficientes que otros por la forma en que conducen, distribuyen y aplican el agua.

Un factor determinante para que la zona de Cayambe sea altamente productiva ha sido la presencia de agua de riego, en los últimos diez años han venido tecnificando sus sistemas de riego, cambiando el método de canal abierto por aspersión, lo que ha garantizado el acceso seguro del agua, disminuyendo las pérdidas de agua por filtración y evaporación en la conducción y facilitando el riego en sus territorios, que en su mayoría son suelos laderosos.

La velocidad del viento disminuye el crecimiento de los cultivos y ello se puede cuantificar a través de la variación en el rendimiento (producción total de biomasa) alcanzada por los cultivos en áreas con protección, comparadas con áreas sin protección.

La presente investigación presenta los resultados de evaluación de la uniformidad y la eficiencia de riego con diferentes tipos de aspersores, estableciendo el más recomendable para mitigar los efectos negativos del viento en el riego.

Objetivo General

- Evaluar la efectividad de tres tipos de aspersores en zona con alta incidencia de la velocidad del viento, en parcela con mezcla de pastos en la Asociación San Vicente de Porotog, parroquia Cangahua en cantón Cayambe, Pichincha.

Objetivos Específicos

- Evaluar la eficiencia del riego con cada uno de los aspersores en parcela de pastos bajo los parámetros de uniformidad y eficiencia de aplicación.
- Determinar la producción de biomasa de pastos para uso de forraje por unidad de superficie

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características de la mezcla de pastos.

IEDECA (11), informa que para la evaluación de la efectividad de los tres aspersores, se implementó previamente la parcela de pastos con una superficie de 5625 m² con una mezcla de semillas que sus variedades han sido validadas en las comunidades de Cayambe. Esta mezcla cuenta con un 87.04 % de gramíneas, distribuida de la siguiente forma: Pasto azul (*Dactylis glomerata*) 31.48 %, Ray-grass anual (*Lolium multiflorum*) 27.78 %, Ray-grass perenne (*Lolium perenne*) 27.78 %. Además tiene un 12.04 % de leguminosas, distribuidas así: Trébol Blanco (*Trifolium repens*) 2.78 %, Alfalfa (*Medicago sativa*) 9.26 %. Por último, la mezcla tiene un 0.93 % de llantén (*Plantago major L.*)

Las gramíneas aportan básicamente con fibra y energía, las leguminosas con proteína, el llantén cumple la función de mejorar la digestión, disminuyendo las probabilidades de timpanismo en el ganado.

A continuación se resume las características de cada una de las especies que forma parte de la mezcla de pastos:

Pasto Azul

El pasto azul (*Dactylis glomerata*) es una especie perenne de larga vida, con raíces profundas que tiende a formar maciegas. Es nativa de Europa, norte de África y Asia templada y ha sido difundida a otras áreas templadas del globo. Es adecuada para formar pasturas de larga duración, por lo general más de cuatro años. Produce bien en combinación con leguminosas ya que es de lento establecimiento. En los Estados Unidos de América es la gramínea preferida para acompañar el trébol blanco o el trébol ladino. Se adapta para condiciones templadas frías siendo más tolerante que el ray-grass, también resiste altas temperaturas y sequía.

Ray-grass anual

El ray-grass anual (*Lolium multiflorum*) tiene rápida germinación de 5 a 7 días. Su color es verde claro y tiene una gran tasa de crecimiento. Desaparece del lote rápidamente al

elevarse la temperatura. El ray-grass anual tiene su más importante conducta en el excelente crecimiento inicial, dando un establecimiento de la mezcla forrajera más homogéneo, permitiendo que el suelo quede protegido por un periodo el cual desfavorece el crecimiento de las malezas. Gracias a esas características es muy apto para inter siembras otoñales como así para mezclas de césped. Esta característica es una gran ventaja sobre otras especies, que aunque dan un prado de calidad, se establecen muy lentamente, y dejan la tierra desprotegida por un período prolongado. Se usa mucho en parques, para ese toque color verde a siembras ya establecidos y que durante el otoño-invierno entran en dormancia y se amarillean o en campos de golf para dar agradable aspecto en la estación fría.

Ray-grass perenne

El Ray-grass perenne (*Lolium perenne*) es de germinación algo más lenta, su color es verde más oscuro o profundo, tiene una tasa de crecimiento menor (requiere menor cantidad de cortes) y resiste más las altas temperaturas antes de desaparecer (lo que para algunos técnicos constituye una desventaja porque dificulta la llamada transición). Su importante característica es el buen crecimiento inicial con lo cual brinda un establecimiento de la mezcla más homogénea ya que de otra manera el suelo queda desprotegido por un periodo el cual favorece al crecimiento de las malezas.

Trébol Blanco

Trébol blanco (*Trifolium repens*) es entre las familias con flores perfectas la Leguminosae más grandes, con un número de 700 géneros partidos entre especies, presentan una estructura más compleja en los estados vegetativos y reproductivos, es la más propicia para suministrar un vasto incremento de proteína vegetal a fin de suplir las necesidades alimentarias a nivel animal. Se encuentran distribuidos por todo el mundo, crecen en terrenos húmedos con ciclo de vida de 5 a 10 años de acuerdo a la fertilización.

Alfalfa

La Alfalfa (*Medicago sativa*) es una planta perenne de 10 a 80 cm de altura. Tolera el calor y es bastante resistente a la sequía. Puede soportar bajas temperaturas. Necesita

terrenos profundos y permeables, de reacción neutra o básica (pH óptimo de 7.5), tolera la salinidad pero no el encharcamiento.

Llantén

El llantén mayor o plantaina (*Plantago major L.*) es una planta perenne de 15 a 40 cm. Es muy común en los sitios húmedos, abunda en los prados y el cocimiento de las hojas se usa en medicina.

Beneficios de utilizar esta mezcla de pastos

Según informe técnico de seguimiento a las parcelas de pastos realizada por IEDECA (11), indica que solo la presencia de gramíneas determina un exceso de energía y la sola presencia de leguminosas determina el exceso de proteínas, ambos casos son perjudiciales para la nutrición de los animales. Por esta razón, se estableció que al utilizar una mezcla proporcionada adecuadamente, entre leguminosas y gramíneas se obtiene algunas ventajas como:

- Buen rendimiento del forraje.
- Pastizales establecidos con más de 2.5 años, fertilizados con gallinaza permiten obtener producciones de 24000 a 32000 Kg /Has
- Forraje con buena palatabilidad
- Existe un mejor valor nutritivo (proteína, energía, minerales)
- Disminuye el riesgo de timpanismo de los animales.
- Permite mejorar la producción de los animales (leche, carne).
- Disminuye el ataque de plagas y enfermedades al pasto.
- Las leguminosas (alfalfa, trébol) fijan nitrógeno atmosférico en el suelo, a través de la simbiosis, aportando este mineral para las gramíneas.
- El establecimiento de leguminosas y gramíneas reducen la posibilidad de competencia de las malezas.
- En potreros con más de 8 años de vida es importante realizar una resiembra seguido de fertilización con gallinaza para obtener excelentes rendimientos desde el primer corte.

Según estudios efectuados por Guevara (10), las gramíneas y leguminosas forrajeras, fueron seleccionadas por su alto contenido de proteína cruda (PC), alta digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y muy bajos contenidos de taninos.

La incorporación de leguminosas aporta proteína al ensilaje; la gramínea sólo aporta 3% de PC, cantidad que se duplica al incorporar 25% de leguminosas y se incrementa entre tres y cuatro veces más a medida que le incorporamos mayores porcentajes (50%) de las leguminosas a la mezcla.

2.2. Riego

Según Tarjuelo (19), el objetivo que se busca con el riego es suministrar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua adicional a la precipitación que necesitan para su crecimiento óptimo y cubrir las necesidades de lavado de sales de tal forma que evite su acumulación en el perfil del suelo, asegurando la sostenibilidad del regadío. Los factores que se manejan para proveer a los cultivos del agua que necesitan para que su productividad sea óptima son principalmente: energía, agua, mano de obra y sistematización o equipamiento, existiendo una completa interrelación entre ellos de manera que al no utilizar un factor, necesita mayoritariamente a los otros.

En el Ecuador, según García (9), la superficie dedicada a la agricultura está alrededor de 8.500.000 hectáreas, lo que corresponde a la tercera parte de la superficie nacional.

Galarraga (8), menciona que el área regable neta del Ecuador es de aproximadamente 3.136.000 Has, de las cuales el 93.3 % están sobre las cuencas de la vertiente del Pacífico y la diferencia sobre la vertiente Amazónica. La cuenca más importante en extensión es la del río Guayas, que representa el 40.4 % de la superficie regable del país, seguida del río Esmeraldas con 12.6 %. Del total del área regable, apenas 560.000 Has están bajo riego, lo que representa el 30.0 % de la superficie cultivada del país. Sin embargo la agricultura bajo riego tiene una significación mucho mayor que la de secano, aportando aproximadamente con el 75.0 % del valor de la producción agrícola nacional. Pese a que es poco lo que se conoce sobre el riego privado, estos sistemas cubrirían aproximadamente 460.000 Has (83.0 %), correspondiendo la diferencia, esto es 108.000

Has a cultivos regados con sistemas públicos. Existe una desigual distribución de la tenencia del agua, que confirma la desigual distribución de la tenencia de la tierra: el 88.0 % de los beneficiarios del riego, minifundistas, disponen de entre el 6.0 y el 20 % de los caudales totales disponibles; en contraste, entre el 1 y 4 % del número de beneficiarios, hacendados, disponen del 50 al 60 % de los caudales disponibles.

El riego por superficie cubre el 95.0 % de las superficies regadas en el país. Para el riego de pastos en la sierra se utiliza el riego por surcos, melgas e inundación, mientras que la inundación en el cultivo del arroz y por surcos en caña de azúcar y oleaginosas de ciclo corto es muy utilizada en la costa. La tecnología en el riego por superficie en las zonas andinas, ha mejorado substancialmente, en especial en el riego de hortalizas, raíces y tubérculos y en el aprovechamiento de suelos con pendientes transversales fuertes, en donde el cultivo en curvas de nivel y fajas es generalizado.

El riego por aspersión y localizado se ha desarrollado especialmente en la costa para cultivos de exportación como banano, flores, hortalizas y frutales, donde la alta rentabilidad de estos cultivos ha inducido a los agricultores a realizar inversiones en las instalaciones.

Según el Tercer Censo Nacional Agropecuario (3), establece que del total de hectáreas irrigables en el Ecuador, el 6.91 % de hectáreas tienen riego y el 93.09 % no cuenta con este servicio (figura 1).

Estos datos demuestran que hasta el año 2001 la inversión del estado en infraestructura de riego ha sido totalmente negativa, tomando en cuenta que luego de la etapa de bonanza del petróleo, el Ecuador tiene que potenciar e intensificar su producción agropecuaria como una alternativa socio económica para cubrir con la demanda presupuestaria estatal para cada año y también para garantizar realmente la soberanía alimentaria de la población del país.

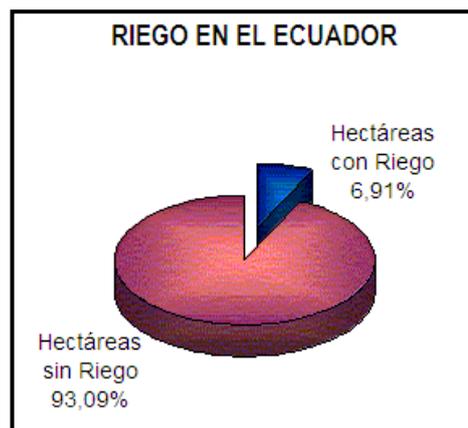


Figura 1. Has con y sin riego en Ecuador según el Tercer Censo Nacional Agropecuario.

Además, esta misma fuente, establece la relación que existen entre la superficie en hectáreas de algunos tipos de Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs) y el porcentaje que estas significan a nivel nacional como UPAs y Has. Es importante resaltar que los tipos de UPAs con más 100 Has, son proporcionalmente sobre el 71.0 % y se observa que tiene más riego, mientras que las UPAs de menos de 100 Has, tienen menos del 37.0 % de riego. Estos datos se reflejan, que la infraestructura de riego ha sido implementada mayoritariamente en las grandes empresas, ya sea bananeras, florícolas, etc. puesto que ningún campesino perteneciente a las comunidades del país cuenta con más de 100 Has. Si bien las empresas son las que generan fuentes de trabajo, su producción está destinada para la exportación; mientras que las pequeñas UPAs son las que producen alimento para la población ecuatoriana, pero con proporciones mínimas de riego.

A nivel del Ecuador, se ha determinado que de los métodos de riego existentes, el más utilizado es el riego a gravedad, con una valoración sobre el 80.0 % de las UPAs, mientras que los sistemas de riego presurizados, en su mayoría no sobrepasan el 10.0 %.

Chiriboga (4), informa que la zona de Cayambe tradicionalmente ha sido ganadera, las grandes haciendas en su época lograron obtener grandes volúmenes de leche, lo que obligó a la implementación de plantas procesadoras de lácteos para obtener los diferentes derivados (queso, yogurt, mantequilla, etc.) y generar mayor utilidad cubriendo el abastecimiento nacional y en ciertos casos internacional. Con el tiempo, desde el año 1985, la dinámica productiva de Cayambe fue cambiando poco a poco y la

producción florícola bajo invernadero fue ganando espacio, disminuyendo los pastizales y transformado a las haciendas ganaderas en grandes extensiones cubiertas por plástico; este cambio se dio debido a que las condiciones agroclimáticas de Cayambe, por estar situado en la mitad del mundo, garantizó un negocio altamente rentable en la producción de flores para la exportación. Algunas condiciones favorecieron para que el boom florícola tenga éxito: buena calidad de los suelo del valle, caudales permanentes de agua, mano de obra comunitaria disponible y barata, 12 horas luz y rayos perpendiculares del sol (mejores tonalidades de flor y mayor producción por efecto de la fotosíntesis). Hasta el año 1999 se habían registrado más de 2000 has de producción con casi 300 fincas florícolas.

A partir del año 2000 en adelante, la floricultura empezó a declinar debido a la crisis ocasionada por la dolarización, lo que elevó el costo de producción. Los campesinos de las plantaciones florícolas que paulatinamente fueron quebrando, se vieron en la necesidad de regresar a sus comunidades, con el objetivo de producir sus tierras y tratar de subsistir de las mismas, para lo cual han iniciado la tecnificación de su producción buscando elevar su productividad.

De manera general, y como se puede observar en la figura 2, el 51.0 % de las UPAs de Cayambe tiene agua de riego, y el 49.0 % de las UPAs no tiene este servicio; pero haciendo esta reflexión en superficie de tierras, se entiende que apenas el 16.0 % de la superficie cultivable de Cayambe tiene riego y el 84.0 % carece de agua para producción. Esta situación podría ser ocasionada por dos razones: el déficit de agua en la zona y el existente acaparamiento del agua por pocos adjudicatarios.

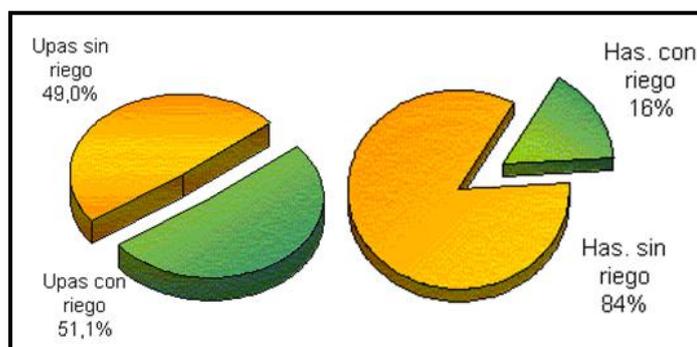


Figura 2. Riego en el cantón Cayambe según el Tercer Censo Nacional Agropecuario.

Según el Tercer Censo Nacional Agropecuario (3), las hectáreas que disponen de agua de riego en Cayambe, el 77.40 % corresponden a hectáreas irrigadas por gravedad (canal abierto), 11.90 % es irrigado con aspersión, 7.60 % aplica el riego por goteo, 2.80 % utiliza otro método de aplicación del agua en las parcelas y el 0.20 % utiliza bombeo para regar. Estos son datos formales, pero aparentan ser meros números sin sustento, debido a que el bombeo no es un método de riego y no define cuales son otros. Estos resultados no definen explícitamente la superficie bajo riego en Cayambe, ni tampoco quienes disponen de tal o cual método (haciendas, florícolas, comunidades, otros, etc.)

Según IEDECA (11), entidad encargada de mejorar la infraestructura de riego campesino en Cayambe, a determinado que en su área de intervención, ubicada específicamente en las parroquias de Juan Montalvo, Cangahua y Otón, existen 23 comunidades que han mejorado sus sistemas de riego, tecnificándolo con aspersión, optimizado un caudal permanente de 380.50 l/s logrando cultivar 1522 has permanentes de varios cultivos, beneficiando a 1610 familias con una inversión aproximada de \$ 1'881.989,53 en materiales y mano de obra. Sin embargo, otras comunidades de diferentes parroquias de Cayambe también han tecnificado sus sistemas de riego, pero no están cuantificadas.

Resumen de comunidades que han tecnificado sus sistemas de riego en parroquias Juan Montalvo, Cangahua y Otón en Cayambe.

| No | COMUNA | USUARIOS | HAS | CAUDAL L/s | HAS REGADS | HAS REGADS/SO CLO | CAUDAL / USU | CAUDAL / HA | COSTO Total USD |
|----|----------------------------|-------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------|-------------|---------------------|
| 1 | Monjas Alto | 25 | 71,69 | 4,00 | 16,00 | 0,64 | 0,16 | 0,06 | 32.525,04 |
| 2 | Espiga de Oro | 110 | 465,74 | 40,50 | 162,00 | 1,47 | 0,37 | 0,09 | 176.232,09 |
| 3 | Hato San José | 14 | 37,63 | 2,00 | 8,00 | 0,57 | 0,14 | 0,05 | 16.250,56 |
| 4 | Hato Chauquiloma | 29 | 121,23 | 18,00 | 72,00 | 2,48 | 0,62 | 0,15 | 35.881,49 |
| 5 | Hato Pucará | 28 | 99,26 | 14,95 | 59,80 | 2,14 | 0,53 | 0,15 | 35.538,81 |
| 6 | El Verde | 18 | 89,40 | 4,50 | 18,00 | 1,00 | 0,25 | 0,05 | 29.639,39 |
| 7 | Pucarumy | 14 | 10,00 | 2,50 | 10,00 | 0,71 | 0,18 | 0,25 | 4.219,63 |
| 8 | Pisambilla | 145 | 898,00 | 38,00 | 152,00 | 1,05 | 0,26 | 0,04 | 125.545,29 |
| 9 | Comuna Porotog | 77 | 300,00 | 27,00 | 108,00 | 1,40 | 0,35 | 0,09 | 205.286,27 |
| 10 | Asociación Porotog | 31 | 135,00 | 36,00 | 144,00 | 4,65 | 1,16 | 0,27 | 280.461,34 |
| 11 | Prec Porotog | 30 | 220,00 | 30,00 | 120,00 | 4,00 | 1,00 | 0,14 | 20.427,23 |
| 12 | Milagro | 40 | 72,00 | 11,97 | 47,88 | 1,20 | 0,30 | 0,17 | 63.000,00 |
| 13 | San José | 75 | 75,25 | 28,16 | 112,64 | 1,50 | 0,38 | 0,37 | 84.176,46 |
| 14 | Izacata Andes | 33 | 78,00 | 1,50 | 6,00 | 0,18 | 0,05 | 0,02 | 29.293,30 |
| 15 | Carrera | 219 | 420,00 | 27,00 | 108,00 | 0,49 | 0,12 | 0,06 | 226.195,65 |
| 16 | Asociación San Pedro | 17 | 45,00 | 2,20 | 8,80 | 0,52 | 0,13 | 0,05 | 17.842,09 |
| 17 | Pucará | 110 | 160,00 | 16,57 | 66,28 | 0,60 | 0,15 | 0,10 | 53.897,28 |
| 18 | Pitana Alto | 85 | 34,52 | 16,07 | 64,28 | 0,76 | 0,19 | 0,47 | 76.567,29 |
| 19 | Asociación Pitana Bajo | 31 | 48,17 | 11,88 | 47,52 | 1,53 | 0,38 | 0,25 | 35.597,99 |
| 20 | Santa Rosa De Pngulmi | 98 | 81,00 | 3,70 | 14,80 | 0,15 | 0,04 | 0,05 | 64.910,06 |
| 21 | Santa Marianita De Pngulmi | 119 | 193,70 | 14,00 | 56,00 | 0,47 | 0,12 | 0,07 | 55.763,80 |
| 22 | Oton | 165 | 100,00 | 18,00 | 72,00 | 0,44 | 0,11 | 0,18 | 131.000,00 |
| 23 | Pambamarquito | 97 | 134,00 | 12,00 | 48,00 | 0,49 | 0,12 | 0,09 | 81.738,47 |
| | TOTAL | 1610 | 3.889,59 | 380,50 | 1.522,00 | 28,45 | 7,11 | 3,21 | 1.881.989,53 |

Cisneros (5), informa que el riego manejado por comunidades campesinas, indígenas o mestizos que sustentan la pequeña agricultura tiene por objeto alimentar a la familia y los excedentes se destinan para el mercado. Generalmente intervienen en el mantenimiento de la infraestructura la mayoría de los beneficiarios a través de aporte de mano de obra, cuotas, etc.

Una sistematización de IEDECA – CICDA (12), aseguran que el riego no puede ser visto como una sola acción de construir obras para hacer llegar el agua a la parcela. Un sistema de riego es una construcción social en la que intervienen diversos elementos tanto técnicos como sociales. El riego en sector campesino es el componente de desarrollo más importante para fortalecer la organización social, permite diversificar la producción, mejorar la productividad, disminuir los riesgos climáticos, mejorar los niveles de empleo familiar en la unidad productiva, acceder a la soberanía alimentaria de la familia y contar con excedentes para el mercado.

Eficiencia del riego campesino

Para Cisneros (5), dentro de las ventajas del riego campesino sobre el riego estatal destacan las siguientes:

- Una productividad más alta: los sistemas intensivos de producción campesina permiten generar alto valor agregado por hectárea. Se ha calculado que el ingreso agropecuario anual por cada trabajador puede superar hasta tres veces el salario mínimo de un trabajador urbano.
- Una eficiencia más alta en la aplicación del riego por un mejor funcionamiento de la infraestructura, distribución y aplicación.
- Una equidad en la distribución del agua de riego: los sistemas estatales se caracterizan por una injusta distribución del agua y del subsidio, lo que refuerza la desigualdad. Más de la mitad del subsidio se desperdicia, pasando a manos de medianos y grandes propietarios gran parte de los moderados beneficios que se generan. La concesión de volúmenes de agua proporcionales a la superficie regable de cada propietario incrementa las desigualdades ya existentes por la tenencia de la tierra.

- Baja inversión: con la participación campesina se logra reducir los costos de rehabilitación, debido al aporte de los beneficiarios (financieros, mano de obra y otros recursos) y también porque no se trata de obras de gran magnitud, sino de pequeño tamaño y se aprovecha de la infraestructura construida y acumulada durante muchos años.
- Estabilidad social por la gestión colectiva del agua, ya que el funcionamiento se logra por la capacidad de los grupos y al establecimiento de acuerdos: la organización propuesta para el riego no rompe la organización natural existente, que ha ocurrido en muchos proyectos de riego estatal, lo que genera conflictos y debilidad en la gestión del agua. De alguna manera se puede concluir que el riego estatal desembocó en el incremento de los conflictos, de la inequidad en el reparto y en la ineficiencia en el uso del agua.
- Alta participación de los beneficiarios en la organización y administración de sistemas de riego: existe un proceso organizativo y participativo fuerte que permite un manejo democrático y un acceso al recurso más equitativo, a más de formas de operación, mantenimiento y gestión ya consolidadas.
- Dirigidos a los pequeños productores y no, como ha sido el caso con la mayoría de los proyectos y actividades desde el Estado, que favorecen la producción de medianos y grandes propietarios.
- Reducción de la migración hacia la ciudad: estos sistemas permiten a un gran número de familias con pequeñas extensiones de terreno vivir y mantenerse en el campo, evitándose emigrar a las ciudades donde ya existe desempleo.

2.3. Métodos de riego

Para Miliarium (14), los métodos de riego son los superficiales o de gravedad tradicionales, superficiales o de gravedad tecnificados y presurizados.

Los métodos superficiales o de gravedad tradicionales son aquellos que el agua se desplaza sobre la superficie del área a regar, cubriéndola total o parcialmente, conducida solamente por la diferencia de cota entre un punto y otro por la acción de la fuerza de la gravedad (de ahí el nombre de métodos gravitacionales). No requieren inversiones en equipos de bombeo, tuberías, válvulas, etc., pero en cambio precisan de un alto grado de

sistematización previa de los cuadros a regar, esto es, nivelaciones y sistematización para poder conducir el agua adecuadamente.

Los métodos superficiales o de gravedad tecnificado son aquellos que buscan evitar alguna de las pérdidas que se producen en los métodos gravitacionales tradicionales con el objeto de mejorar el control y la homogeneidad en que el agua es aplicada.

Los métodos presurizados requieren de una determinada presión hidrostática para operar. El agua se obtiene por una diferencia de cota entre la fuente de agua y el sector a regar, o mediante un equipo de bombeo. El agua se conduce al suelo mediante tuberías a presión. Existen diferentes tipos en función de los emisores que se utilicen. Las ventajas que presenta este método de riego son:

- Se adaptan mejor a las aplicaciones frecuentes de escaso volumen a las que las plantas reaccionan mejor.
- Son más eficientes en el uso del agua.
- Manejo más económico al no requerir mucha mano de obra y al no humedecer todo el suelo.
- No precisan sistematización del terreno.

El principal inconveniente radica en la mayor inversión que requiere, tanto en lo que a equipos de riego se refiere como a las infraestructuras. Las técnicas de riego presurizado son: aspersión, micro aspersión y goteo.

Técnicas de riego por gravedad

Fuentes (7), informa que las técnicas de riego por gravedad utilizan el desnivel como principal fuente de energía para conducir el agua de un sitio a otro, debido a ello se pueden enunciar las principales técnicas: riego por inundación, por melgas, tablas, surcos, canchales y pishkuchaki (técnica comunitaria para aplicar agua de riego a potreros por medio de pequeñas ramificaciones denominadas patas de pájaro)

Técnicas de riego presurizado

Riego por goteo

El riego por goteo es un sistema que permite mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota. De esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de la toma hasta la parcela, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteros o emisores. No se humedece todo el suelo, sino parte del mismo, que varía con las características del suelo, el caudal del gotero y tiempo de aplicación, el agua se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. El mantenimiento de un nivel óptimo de humedad en el suelo implica una baja tensión de agua en el mismo, este nivel de humedad que es inferior a la capacidad de campo (7).

Riego por aspersión

Según Miliarium (14), el riego por aspersión simula de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias. Consiste en distribuir el agua por tuberías a presión y aplicarla a través de aspersores en forma de lluvia. Se busca aplicar una lámina que sea capaz de infiltrarse en el suelo sin producir escurrimiento.

Si el equipo está bien diseñado respecto al tipo de suelo a regar se obtiene una lámina muy uniforme sin que se presente escurrimiento. Los diversos sistemas existentes van desde los equipos autopropulsados como los cañones regadores o los equipos de avance frontal, hasta equipos de diferentes dimensiones de alas móviles. Las ventajas del riego por aspersión son:

- La conducción fuera del cuadro de cultivo se hace por tuberías sin pérdidas
- La aplicación si el sistema está bien diseñado es muy uniforme
- Los equipos móviles se prestan para la aplicación de riegos complementarios debido a que son desplazables y no precisan sistematización de los terrenos.

Baudrez (2) comenta que el riego por aspersión es una técnica en donde el agua se aplica en forma de lluvia, y se obtiene al impulsar agua a presión a través de pequeñas boquillas por medio de aspersores, la presión se obtiene por bombeo o por gravedad; si la fuente de abastecimiento del agua es suficientemente elevada, con relación al área regada, se

genera presión hidrostática, como ocurre frecuentemente en la sierra andina ecuatoriana.

Además indica que el proceso de aplicación de agua de un aspersor consiste en un chorro de agua a gran velocidad que se difunde en el aire en un conjunto de gotas distribuyéndose sobre la superficie del terreno con la pretensión de conseguir un reparto uniforme entre varios aspersores. La aplicación uniforme del agua depende principalmente del modelo de reparto de agua del aspersor, así como del marco de disposición y espaciamiento de los aspersores en el campo. A estos factores hay que añadir otro que es el viento, (principal distorsionador de la uniformidad de reparto) que juega un papel fundamental en las pérdidas por evaporación y arrastre producidas durante el proceso de aplicación y donde el tamaño de la gota y la longitud de su trayectoria de caída son factores fundamentales.

Características de aspersores

La Universidad de Sevilla (21), en su webside, informa que se puede clasificar los aspersores desde algunos parámetros:

a. Aspersores giratorios

Según la velocidad de giro:

- De giro rápido: > de 6 vueltas/min. De uso en jardinería, viveros, etc.
- De giro lento: de 1/4 a 3 vueltas/min: de uso general en agricultura.

Para una misma presión los de giro lento consiguen mayor alcance que los de giro rápido, permitiendo espaciar más los aspersores.

Según el mecanismo de giro:

- De reacción: la inclinación del orificio de salida origina un par, que mueve el conjunto.
- De turbina: el chorro incide sobre una turbina que origina el giro.
- De choque: el chorro incide sobre un brazo con un muelle, que hace girar el aspersor de forma intermitente. Mediante un mecanismo especial puede moverse sólo en un sector circular en lugar de abarcar el círculo completo (aspersor sectorial).

Según la presión de trabajo:

- De baja presión: Menos de 2.5 kg/cm^2 (35 PSI). Suelen ser de una boquilla de un diámetro menor de 4 mm de caudal, descargando menos de 1000 l/h y con giro por choque. Adecuados para marco rectangular o cuadrado, con separación entre aspersores de 12 m o en triángulo con separación de menos de 15 m. Suelen utilizarse en jardinería y en riego de hortalizas o en frutales con poco ángulo para arrojar el agua por debajo de la copa de los árboles. También en cobertura total para riego anti helada.
- De media presión: de 2.5 a 4 Kg/cm^2 (35 a 57 PSI). Suelen llevar una o dos boquillas de diámetro, comprendido entre 4 y 7 mm, que arrojan caudales entre 1000 y 6000 l/h. Se usan en marcos que van de 12x12 a 24x24
- De alta presión: Más de 4 Kg/cm^2 (más de 57 PSI). Suelen usarse para aspersores de tamaño grande también llamados cañones, con una, dos o tres boquillas y caudales de 6-40 m^3/h , pudiendo llegar a superar los 200 m^3/h . El mecanismo de giro, puede ser de choque o turbina, con alcances entre 25 y 70 m. Suelen dar baja uniformidad de distribución al ser fácilmente afectados por el viento. Asimismo, el gran tamaño de gota y la gran altura de caída pueden dañar al suelo desnudo o al cultivo.

Según el número de boquillas:

- De una boquilla
- De varias boquillas

Según el área mojada:

- Circulares: Mojan una superficie de terreno de forma circular
- Sectoriales: Tienen la opción de girar sólo en un sector circular en lugar de realizar un giro completo. Indicados para los bordes de las parcelas donde es preciso regar esquinas y laterales.

Según el ángulo de lanzamiento del chorro:

- Bajo: Ángulo entre 0 y 25°
- Normal: Ángulo entre 25 y 45°

b. Aspersores no giratorios

Se clasifican en función del medio de pulverización como:

- Varias boquillas con diferente ángulo
- Pulverizadores giratorios
- Aspersores móviles sobre el terreno
- Deflector frente al chorro

2.4. Parámetros para determinar la calidad del riego por aspersión

Coeficiente de uniformidad riego por aspersión

Tayupanda (20), menciona que una elevada uniformidad permite hacer un uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación profunda. Las evaluaciones de riego en campo sirven para determinar la distribución del agua de riego en la parcela. Esto permite diagnosticar la uniformidad del riego estableciendo niveles cuantitativos. Los sistemas de riego por aspersión requieren un valor mínimo para ser considerados aceptables.

Keller y Bliesner (13), consideran la uniformidad de riego baja, cuando el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CU) es inferior al 84 %. Este criterio se usará en este trabajo para distinguir valores altos y bajos del CU.

Tarjuelo (19), indica que el Coeficiente de Uniformidad (CU) de Christiansen es una representación estadística de la uniformidad, utilizado principalmente en los sistemas de aspersión y se expresa en % mediante la expresión:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{n \cdot \bar{V}} \right) \cdot 100$$

V_i = volumen recogido en cada pluviómetro (ml)

\bar{V} = media de los volúmenes recogidos en cada pluviómetro (ml)

N = número total de pluviómetros

Bondad o calidad de los distintos tipos de sistemas de riego por aspersión

| Coefficiente de Uniformidad | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|--|
| Bondad o calidad del sistema | Sistema semifijo | Sistema fijo | Sistemas de desplazamiento continuo |
| Máxima exigible | 70 % | 75 % | 80 % |
| Calidad media | 80 % | 85 % | 85 % |
| Alta calidad | > 80 % | > 90 % | > 90 % |

Uniformidad de distribución riego por aspersión

Según Tayupanda (20), para el examen de la calidad de distribución de los aspersores en distintas condiciones de funcionamiento, se emplean distintos métodos, los cuales se basan en la captación de agua de riego en recipientes ubicados en el campo. El tamaño de los recipientes y su ubicación varían de acuerdo al aspersor.

$$UD = \frac{\bar{V}_{1/4}}{\bar{V}} \cdot 100$$

$\bar{V}_{1/4}$ = media de la 4ª parte de valores más bajos del total

\bar{V} = media del conjunto de valores

Para Tarjuelo (19), la Uniformidad de Distribución (UD) es un indicador de uniformidad de altura de agua infiltrada en el conjunto de la parcela.

En el siguiente cuadro se desglosa la valoración de algunos porcentajes de uniformidad de distribución del riego por aspersión.

| Valor de la uniformidad de la Distribución | Calificación |
|---|---------------------|
| Mayor a 85 % | Excelente |
| De 80 – 85 % | Buena |
| De 75 – 80 % | Aceptable |
| Menor 75 % | inaceptable |

Eficiencia de aplicación en riego por aspersión

Fuentes (7), menciona que la eficiencia de un método de riego tiene relación con las pérdidas de agua. Si la pérdida es bastante, hay que utilizar una mayor cantidad de agua para obtener el mismo resultado, esto hace que se desperdicie agua. Hay métodos de riego más eficientes que otros por la forma en que conducen, distribuyen y aplican el agua.

El método de riego y la cantidad de agua tienen relación en cuanto a lo que se puede desperdiciar durante el recorrido desde la fuente de agua hasta la aplicación en la parcela. Cuanta más alta es la eficiencia, hay menos desperdicio de agua y se hace una mejor utilización.

En métodos a presión las eficiencias son altas porque el agua va conducida por tuberías y no hay mayor desperdicio en el camino desde la toma hasta el cultivo, salvo roturas o en el caso de aspersión la influencia del viento.

Para determinar la eficiencia de aplicación (%) del riego por aspersión, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Ea = \frac{\text{Lámina de riego requerida}}{\text{Lámina de riego aplicada}} \times 100$$

La eficiencia de los métodos de riego se mide en porcentajes. Más alto es el porcentaje, mayor es la eficiencia.

Variación de la eficiencia en función del método de riego

| Método de Riego | Eficiencia % |
|------------------------|---------------------|
| Riego por gravedad | 30 – 70 |
| Riego por aspersión | 80 – 85 |
| Riego por goteo | 90 - adelante |

Incidencia del viento en el riego por aspersión

Cisneros (6), indica que el riego por aspersión no es el más recomendable para zonas ventosas (las hojas técnicas de los aspersores, no detallan recomendaciones para regar en zonas con alta incidencia del viento), pero la dinámica de desarrollo de las comunidades

de Cayambe ha encontrado en el riego por aspersión comunitario, una alternativa viable para fortalecer la organización y la distribución equitativa de riego para todos los socios. Dentro de las aspiraciones de las comunidades, está la de algún momento tecnificar mucho más sus sistemas de riego, implementando la técnica del goteo, lo cual requiere de una alta inversión económica y también de una madurez técnica de los agricultores para manejar eficientemente esta técnica. Por el momento es importante dar un manejo adecuado al riego por aspersión existente.

Senninger Irrigation (17), establece que para obtener un máximo rendimiento también se requiere un patrón de aspersión que mantenga su integridad en condiciones de mucho viento, que minimice la deriva causada por el viento y la pérdida por evaporación. La clave para cumplir con este objetivo es producir un patrón de aspersión con gotas de tamaño relativamente uniforme para resistir la distorsión causada por el viento. Las gotas que son demasiado pequeñas para mantener una buena integridad del patrón pueden reducir significativamente la uniformidad de distribución. La deriva y la pérdida evaporativa causadas por gotas pequeñas reducen la eficacia del riego y malgastan agua y energía. El tamaño óptimo de gotas es el máximo tamaño posible que no cause efectos adversos sobre el suelo o el cultivo.

Alonso (1), sugiere no regar con viento alto, ya que la uniformidad de distribución del agua aplicada disminuye considerablemente con el viento. Además, con altas velocidades de viento, aumenta el porcentaje de pérdidas por evaporación y arrastre (cantidad de agua que sale de los emisores pero no llega a la superficie de la parcela al evaporarse o ser arrastrada por el viento).

Sprinkler Irrigation Association (18), menciona que el movimiento del viento a más de 20 millas por hora (32 Km/hora) tiende a secar la humedad de la tierra, particularmente cuando se ha realizado siembras y las plántulas no sobrepasan los 3/8 a 3/4 pulgada, además quita la tierra que cubre las semillas lo que ocasiona que no germinen fuera de la tierra.

Montero (15), divulga que las pérdidas provocadas por la evaporación y arrastre del viento durante la aplicación del agua, han sido estudiadas en numerosos trabajos de campo, laboratorio y estudios analíticos. Al no estar definidos en iguales términos y trabajar con distinta precisión, los valores obtenidos por los diferentes investigadores son muy dispares. Sí, para experiencias con pluviómetros, calculando las pérdidas por evaporación y arrastre como diferencia de lo emitido por los aspersores y lo recogido en los pluviómetros, las pérdidas se cuantifican entre el 2 y el 40 %. Para vientos mayores de 4 m/s (14 Km/hora), el 47 % del total de las pérdidas son debidas al arrastre, mientras que el 53% de debe a la evaporación. Con vientos inferiores al valor mencionado, las pérdidas son del 25 y 75 %, respectivamente.

Evaluaciones realizadas por Tarjuelo (19) con diferentes tipos de aspersores y boquillas, a 300 kilo pascales (43 PSI) de presión dinámica, determinaron que el coeficiente de uniformidad disminuye conforme incrementa la velocidad del viento. En la figura 3, se observa los resultados de una de las evaluaciones, los rangos de coeficiente de uniformidad a velocidades de 4 m/s (14,4 Kms./hr) van desde 40 al 75%

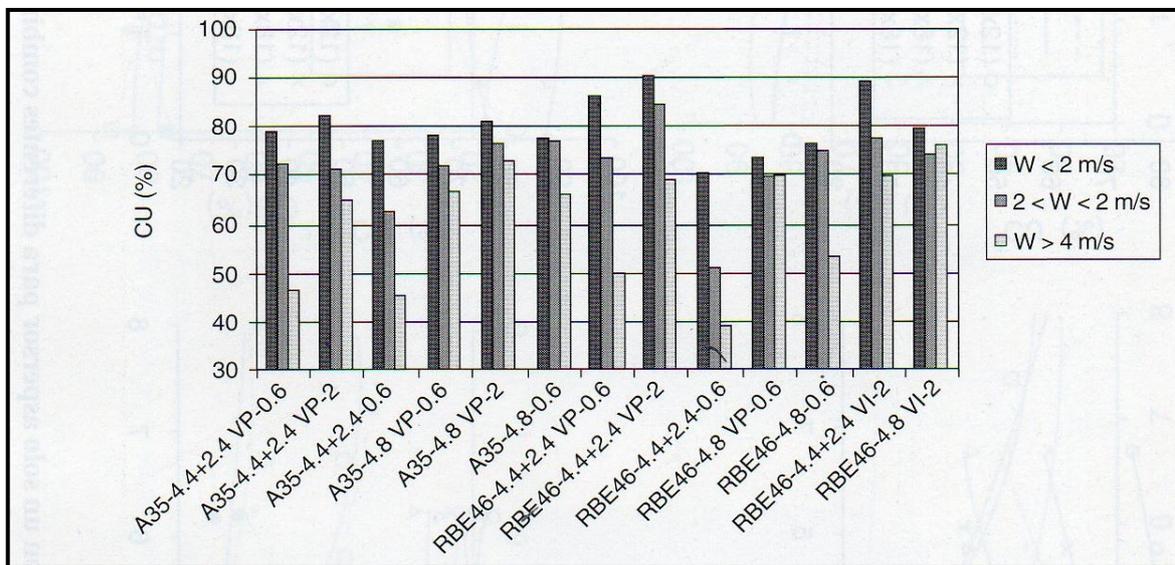


Figura 3. Resultados de coeficiente de uniformidad del riego (CU) con varios aspersores

El mismo autor, determinó gráficamente, como se distorsiona la uniformidad del riego por aspersión conforme aumenta la velocidad del viento. En la figura 4 se observa claramente la distorsión del riego con velocidades desde 0 a 6 m/s (21,6 Kms./Hr)

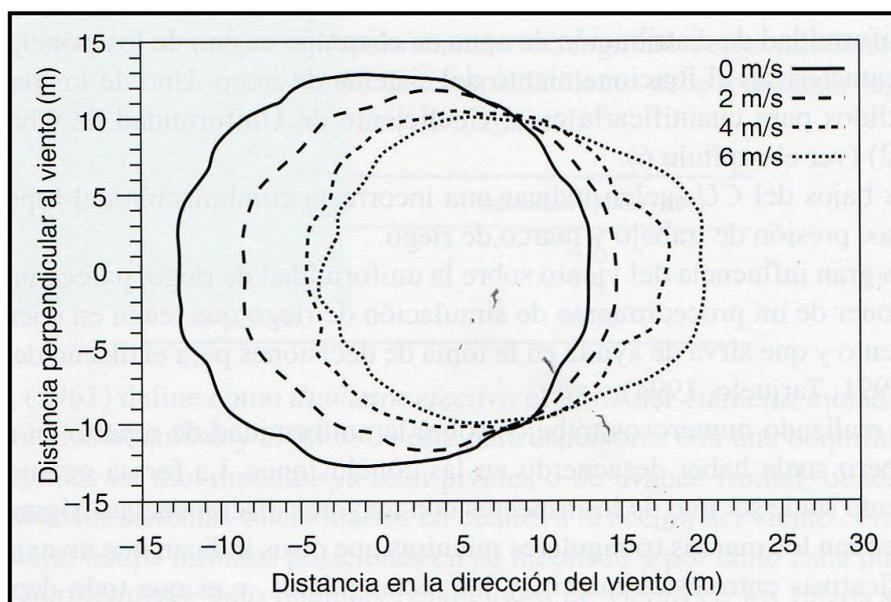


Figura 4. Perímetro mojado de un aspersor naan 3/4" a 300 kPa

Una evaluación realizada en las comunidades de Cangahua, sobre la eficiencia del riego por aspersión y por goteo en papas, Quishpe (16) determina, entre algunas de las conclusiones, que la pérdida de agua con riego por aspersión en los meses de influencia de viento supera el 43%, lo cual reduce la superficie de riego en el mismo porcentaje.

Según datos de IEDECA (11), sobre velocidades del viento, recopilados cada hora por medio de un anemómetro automático desde noviembre 2009 a octubre 2010 en la Asociación San Vicente de Porotog, el promedio de la velocidad del viento fluctúa de 4 a 8 Km/hora, las velocidades mínimas promedian de 0 a 3 Km/hora, y las velocidades máximas están entre 10 y 18 Km/hora.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

La presente investigación, se realizó en la Sierra Norte Ecuatoriana, en la Asociación San Vicente de Porotog, perteneciente a la Provincia de Pichincha, en el cantón Cayambe, Parroquia Cangahua, a distancia 79 Km de la ciudad de Quito y 19 Km de Cayambe con coordenadas geográficas 78° 07'35'' de longitud occidental y 0° 03'19'' de latitud sur y una altitud de 3360 msnm.

Las características agroclimáticas son: temperatura media anual fue de 10.30 °C, precipitación media anual de 560.80 mm, humedad relativa 84.92 %, velocidad del viento 6.22 km/h². El suelo es de textura franco arenoso, ya que contienen 56 % de arena, 28 % limo y 16 % de arcilla; pH de 5.90 (ligeramente ácido)

3.2. Material de siembra

Como material de siembra se utilizó semillas de pasto, cuya mezcla de gramíneas y leguminosas con las respectivas proporciones por cada especie se presentan en el Cuadro 1

Cuadro 1. Mezcla de pastos utilizada en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Tipo | Especie | Variedad | Cant. (kg) | % | |
|----------------------|---|----------------|------------|-------|-------|
| Gramíneas | Pasto azul (<i>Dactylis glomerata</i>) | Orchagrass Sta | 8.69 | 31.48 | 87.04 |
| | Ray – grass anual (<i>Lolium multiflorum</i>) | Top one | 7.67 | 27.78 | |
| | Ray – grass perenne (<i>Lolium peremmne</i>) | Boxer | 7.67 | 27.78 | |
| Leguminosas | Trebol blanco (<i>Tryfoluim repens</i>) | Ladino | 0.77 | 2.78 | 12.04 |
| | Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) | Super Lechero | 2.56 | 9.26 | |
| Pasto complementario | Llanten (<i>Plantago major</i> L.) | | 0.26 | 0.93 | 0.93 |
| TOTAL | | | 27.61 | 100 | 100 |

² Datos obtenidos en IEDECA (Instituto de Ecología y desarrollo de las Comunidades Andinas). 2010

3.3. Factores estudiados

- Variable independiente: Parcelas con mezclas forrajeras.
- Variable dependiente: Tres tipos de aspersores

3.4. Tratamientos

Se evaluaron diferentes tipos de aspersores en tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos en estudio se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos estudiados en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. FACIAG, UTB. 2010

| Tratamientos (Tipos de Aspersores) | |
|---|----------------|
| T1 | Senninger 3/4" |
| T2 | Tropper 3/4" |
| T3 | Rosi 3/4" |

3.4.1. Características de los Aspersores

Los tres aspersores a utilizar en la evaluación tienen algunas características similares, pero tienen su particularidad, con relación a la descarga de caudal a la velocidad de giro y a los dispositivos para calibrar el grosor de la gota.

Similitudes de funcionamiento

- Son aspersores giratorios
- De giro lento
- Su mecanismo es de choque
- Son de media presión de trabajo (40 PSI)
- Dos boquillas cada uno
- Según el área mojada son circulares
- El ángulo de lanzamiento de chorro es normal
- Tienen un diámetro de humedecimiento que promedia los 24 metros

Diferencias de funcionamiento

- Según su estructura, uno es de plástico, otro de metal y otro mixto
- No descargan un mismo caudal
- El tamaño de la gota no es el mismo
- No coinciden exactamente en la velocidad de giro
- Dos tienen regulación de la gota y uno no

3.5. Métodos

En la presente investigación se aplicaron los métodos inductivo – deductivo, análisis – síntesis y el método empírico denominado experimental

3.6. Diseño experimental

El diseño utilizado fue Bloques Completamente al Azar DBCA con tres tratamientos y tres repeticiones.

Para las comparaciones de las medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de Rangos Múltiplos de Duncan, al 5% de probabilidades.

3.6.1. Características del lote experimental

- Área total de la unidad experimental 5625,00 m²
- Área útil de la unidad experimental 4071,51 m² (452,39 m * 9)

3.6.2. Análisis de varianza

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Tratamientos | 2 |
| Bloque | 2 |
| Error Experimental | 4 |
| Total | 8 |

3.7. Manejo del ensayo

Se realizaron todas las labores agrícolas que precisa el cultivo de pasto para su normal desarrollo.

3.7.1. Toma de datos meteorológicos

Para la presente investigación se utilizó información de pluviosidad desde 15 años, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento desde 1 año de la zona de Cangahua. (Anexo 4).

3.7.2. Análisis de suelo

Previo al establecimiento de la parcela de pastos, se realizó el análisis físico y químico del suelo; los resultados determinaron la textura del suelo como franco arenoso ya que contiene 56% arena, 28% limo y 16% arcilla; pH de 5.90, ligeramente ácido, 3.42 % de materia orgánica, suficiente, los macro elementos disponibles: NH = 52.90 ppm, medio, P = 5.10 ppm, bajo, K = 0.08 meq/100 ml, bajo. (Anexo 5).

La velocidad de infiltración para textura franco arenoso es de 2,5 cm/hora, la capacidad de campo es de 14% y el punto de marchitez permanente es de 6% (Cuadro 3)

Cuadro 3. Tabla de referencia propiedades físicas del suelo

| Textura del suelo | Velocidad de Infiltración (cm/hr) | Espacio Poroso Total (%) | Densidad Aparente (g/cc) | Capacidad de Campo CdeC (%) | Porcentaje de Marchitez Permanente PMP (%) | Humedad Total Utilizable | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | | | | Peso Seco (%) | Peso Volumen (%) | cm/cm |
| Arenoso | 5 (2,5-25,5) | 38 (32-42) | 1,65 (1,55-1,80) | 9 (6-12) | 4 (2-6) | 5 (4-6) | 8 (6-10) | 8 (7-10) |
| Franco arenoso | 2,5 (1,3-7,6) | 43 (40-47) | 1,5 (1,40-1,60) | 14 (10-18) | 6 (4-8) | 8 (6-10) | 12 (9-15) | 12 (9-15) |
| Franco | 1,3 (0,8-2,0) | 47 (43-49) | 1,4 (1,35-1,50) | 22 (18-26) | 10 (8-12) | 12 (10-14) | 17 (14-20) | 17 (14-19) |
| Franco arcilloso | 0,8 (0,25-1,5) | 49 (47-51) | 1,35 (1,30-1,40) | 27 (23-31) | 13 (11-15) | 14 (12-16) | 19 (16-22) | 19 (17-22) |
| Arcillo arenoso | 0,25 (0,03-0,5) | 51 (49-53) | 1,3 (1,25-1,35) | 31 (27-35) | 15 (13-17) | 16 (14-18) | 21 (18-23) | 21 (18-23) |
| Arcilloso | 0,5 (0,01-0,1) | 53 (51-55) | 1,25 (1,20-1,30) | 35 (31-39) | 17 (15-19) | 18 (16-20) | 23 (20-25) | 23 (20-25) |

Nota 1= Los intervalos normales son consignados entre paréntesis

Nota 2= Los intervalos de velocidad de infiltración varían mucho con la estructura del suelo y su estabilidad estructural. Incluso aún más de lo indicado en esta tabla

Nota = La humedad fácilmente utilizable representa un 75% de la total utilizable

3.7.3. Preparación de suelo

La preparación del terreno se realizó mediante dos pases de arado y uno de rastra, con el propósito que el suelo quede suelto para depositar la semilla.

3.7.4. Abonamiento y fertilización

De acuerdo a las recomendaciones técnicas del laboratorio de suelos fue necesario complementar la fertilidad del suelo con el aporte de N – P – K para lo cual se incorporó al suelo la dosis de 260 sacos de gallinaza/Has (aporta con 2393 Kg de materia orgánica, 327,95 Kg de NH₄, 140,93 Kg de P₂O₅ y 88,64 Kg Cl K) relacionando la proporción para la parcela de la evaluación.

3.7.5. Siembra

Para la siembra de pasto se utilizó 49 Kg/ha de semilla. Previamente antes de la siembra se efectuó un riego en la parcela, con la finalidad de obtener un nivel adecuado de humedad para la germinación.

3.7.6. Riego

Con el fin de garantizar una buena germinación de la semilla de pasto, como paso previo a la evaluación del riego, se aplicaron 11 riegos desde la siembra hasta el primer corte del pasto. Se aplicó 107,82 mm de agua en los 5625 m² considerando que el ETC (evapotranspiración) promedio semanal fue de 15,60 mm/ha.

La evaluación del riego por aspersión se realizó luego del primer corte del pasto a partir de la siembra.

3.7.7. Primer corte de pasto

Transcurridos 77 días desde la siembra se procedió a realizar un primer corte de pasto, con la finalidad de realizar una igualación de la altura de la hierba y dejar lista la parcela para iniciar la evaluación del riego.

3.7.8. Control de malezas

El control de nabo (*Brassica napus*) se realizó manualmente, por lo cual no fue necesario aplicar químicos para su eliminación.

3.7.9. Control de plagas y enfermedades

Durante la investigación no existió presencia de plagas y enfermedades, por lo tanto no se aplicó ningún compuesto químico.

3.7.10. Diseño agronómico y planificación del riego

El diseño agronómico permitió establecer los principales parámetros para el riego en la parcela de pastos: a) estimación de las necesidades de agua en los cultivos; b) determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia, duración del riego, número de emisores por postura, caudal necesario; c) disposición de los emisores en el campo.

Estos resultados se obtuvieron en base a un proceso matemático de análisis y tabulación de datos (suelo, clima, cultivo); esta información sirvió para planificar los riegos de la parcela de pastos.

Para determinar las necesidades de agua se inició desde los siguientes datos:

Cuadro 4. Datos iniciales para diseño agronómico en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Datos Iniciales | | |
|-----------------|--|-------|
| CC | : Contenido humedad del suelo en Capacidad de Campo (% en peso) | 14.00 |
| PMP | : Contenido humedad del suelo en Punto de Marchitez Permanente (% en peso) | 6.00 |
| Da | : Densidad Aparente (Mg/m ³) | 1.50 |
| P | : Profundidad efectiva (m) | 0.40 |
| Ef | : Eficiencia de aplicación (%) | 71.00 |
| At | : Área útil de unidad experimental a regar (ha) | 0.41 |
| Vi | : Velocidad de infiltración (cm/hr) | 2.50 |
| Hr | : Horas de riego | 2.00 |
| Fa | : Fracción de agotamiento | 0.50 |
| Pv | : Periodo vegetativo días | 77.00 |

Primero se calculó el intervalo entre riegos, (Cuadro 5) para lo cual se determinó la dosis neta de agua (Dn) requerida en m³/ha, en base a una fórmula ya establecida por Fuentes (7)

Cuadro 5. Cálculo de dosis neta (m³/ha) en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Dn (Dosis Neta) | |
|------------------------|---------------------------------------|
| Dn | : 100 * H (m) * Da * (CC – Pm) * f |
| Dn | : 100 * 0.40 * 1.50 * (23 – 14) * 0.5 |
| Dn | : 240.00 (m ³ /ha) |

Adicionalmente (Cuadro 6) se estableció la evapotranspiración (Etc) del cultivo de pastos, para lo cual se multiplica la evaporación de referencia (Eto obtenida en base al método de Blaney-Criddle) por el coeficiente Kc del cultivo (expresa la variación de la capacidad para extraer el agua del suelo durante su período vegetativo).

Cuadro 6. Cálculo Evapotranspiración de cultivo en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Eto promedio (mm/día) | Kc | Etc (mm/día) |
|------------|------------------------------|-----------|---------------------|
| Agosto | 4.83 | 0.85 | 4.11 |
| Septiembre | 3.08 | 1.10 | 3.39 |
| Octubre | 2.18 | 0.95 | 2.07 |

$$\text{Etc} = \text{Eto} * \text{Kc}$$

El Etc obtenido permitió determinar las necesidades netas de agua (Cuadro 7), restando el aporte de la precipitación efectiva (Pe obtenida de la estación de medición de pluviosidad de IEDECA) al Etc, y luego se multiplicó este resultado por el período en días del mes que continuará en crecimiento el pasto, dándonos las necesidades netas (Nn) por período.

Cuadro 7. Cálculo de necesidades netas de agua (m^3 /periodo) en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Etc (mm/día) | Pe (mm/mes) | Pe (mm/día) | Nn (mm/día) | Periodo (días) | Nn (mm/periodos) | Nn (m ³ /periodos) |
|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------------------------|
| Agosto | 4.11 | - 1.78 | - 0.06 | 4.16 | 17 | 70.78 | 707.81 |
| Septiembre | 3.39 | 5.12 | 0.17 | 3.22 | 30 | 96.45 | 964.54 |
| Octubre | 2.07 | 22.93 | 0.74 | 1.33 | 31 | 41.13 | 411.27 |

$$Nn = Etc * Pe$$

El siguiente paso fue establecer la evapotranspiración (Etc) diario del cultivo (Cuadro 8) para lo cual se dividió la Nn para los días determinados por cada período.

Cuadro 8. Cálculo Etc diario del cultivo en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Nn (m ³ /periodos) | Periodo (días) | Etc m ³ /ha |
|------------|----------------------------------|-------------------|------------------------|
| Agosto | 707.81 | 17 | 41.64 |
| Septiembre | 964.54 | 30 | 32.15 |
| Octubre | 411.27 | 31 | 13.27 |

Etc (cultivo) diario

Para determinar el intervalo entre riegos (Cuadro 9), se dividió la Etc para la Dn; y para establecer el número de riegos a aplicar se dividió el período para el intervalo.

Cuadro 9. Cálculo intervalo entre riegos en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Etc m ³ /ha | Dn m ³ | Dn mm | Intervalo de días | Intervalo de días ajustado | Periodo (días) | Nº Riegos |
|------------|---------------------------|-------------------|----------|----------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|
| Agosto | 41.64 | 240.00 | 24.00 | 5.76 | 5 | 17 | 3.40 |
| Septiembre | 32.15 | 240.00 | 24.00 | 7.46 | 7 | 30 | 4.29 |
| Octubre | 13.27 | 240.00 | 24.00 | 18.09 | 18 | 31 | 1.72 |

Con los datos obtenidos se estableció un cronograma de aplicación de riegos (Cuadro 10), los datos del cuadro en color anaranjado son Nn del pasto por cada mes, los datos coloreados en verde es la aplicación de Dn de riego en mm, los datos en blanco son la Nn que queda por cubrir en el período, por último los datos en verde son el número de riegos a realizar por mes.

Cuadro 10. Cronograma de riegos en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| CrR (Cronograma de riegos) | Agosto | Septiembre | Octubre |
|--|--------|------------|---------|
| Nn de la planta (mm/periodos) | 70.78 | 96.45 | 41.13 |
| Reserva de agua fácilmente utilizada (mm/periodo) | 24.00 | 95.24 | 40.36 |
| | 46.78 | 24.00 | 24.00 |
| | 24.00 | 71.24 | 16.36 |
| | 22.78 | 24.00 | 24.00 |
| | 24.00 | 47.24 | 7.64 |
| | 1.22 | 24.00 | |
| | | 23.24 | |
| | | 24.00 | |
| | 0.76 | | |
| Nº de Riegos | 3 | 4 | 2 |

Luego se calculó la dosis de riegos, para lo cual primeramente se obtuvo la dosis neta ajustada (Dn ajustada), misma que se resultó de la multiplicación del intervalo por la Etc. (Cuadro 11)

Cuadro 11. Cálculo dosis ajustada de riegos en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Intervalo de días ajustado | Etc m ³ /ha | Dn ajust m ³ /ha |
|------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Agosto | 5 | 41.64 | 208.18 |
| Septiembre | 7 | 32.15 | 225.06 |
| Octubre | 18 | 13.27 | 238.80 |

$$Dn \text{ ajustada} = \text{Intervalo} * Et \text{ (cultivo)}$$

Para establecer la dosis total ajustada (Dt ajustada) fué necesario primero determinar la eficiencia de aplicación del riego y el coeficiente de uniformidad del riego (Cuadro 12). Estos se obtuvieron con las siguientes relaciones:

Cuadro 12. Establecimiento de rango teórico de eficiencia en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Dt ajustada = Dn ajust /Ea | |
|-----------------------------------|--|
| Ea | : Rp (relación percolación)* CU (Coeficiente uniformidad de sistema de riego) |
| Si | : Rp menor FL (Factor de lavado sales) entonces Ea= Rp * CU |
| Si | : FL menor Rp entonces Ea = FL * CU |
| FL | : Cea (conductibilidad eléctrica agua de riego)/5 * CEe (Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo) - CEa |
| FL | : 1.41/((5*2.00)-1.41) |
| FL | : 0.16 |
| Rp | : 0.95 |
| | FL (0.16) menor Rp (0.95) |
| Ea | : FL (1 – 0.16) * CU |
| CU | : 85 % |
| Ea | : 71 % |

La Dt ajustada se obtuvo por la relación de la Dn ajustada con la eficiencia de aplicación, que ajustada a la superficie real de la evaluación (0,41 hectáreas) determinándose los requerimientos de agua para esa superficie (Cuadro 13)

Cuadro 13. Dosis ajustada en mm por superficie a regar en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Dn ajustada (m ³ /ha) | Ea | Dt ajustada (m ³ /ha) | Dt ajustada (mm/ha) | Dt ajustada (m ³ /0.41 ha) | Dt ajustada (mm/0.41 ha) | Dt ajustada (mm/0.045 ha regar por aspersor) |
|--------------|----------------------------------|------|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| Agosto | 208.18 | 0.71 | 293.01 | 29.30 | 120.14 | 12.01 | 1.33 |
| Septiembre | 225.06 | 0.71 | 316.77 | 31.68 | 129.88 | 12.99 | 1.44 |
| Octubre | 238.80 | 0.71 | 336.11 | 33.61 | 137.81 | 13.78 | 1.53 |
| TOTAL | | | 945.90 | 94.59 | 387.82 | 38.78 | 4.31 |

Seguidamente se determinó el aspersor a utilizar; como planteamiento de esta evaluación, los aspersores estaban definidos desde el inicio, entonces se estableció si la velocidad de infiltración de agua en el suelo de la parcela en estudio era más alta que la pluviometría de los aspersores. En el cuadro siguiente se puede observar que la velocidad de infiltración del agua en el suelo dada por la interpretación del análisis de suelo (25 mm/hr) si es más alta que la pluviometría de los aspersores (3,90; 6,50 y 6,85 mm/hr respectivamente) lo cual garantiza la nulidad de pérdidas de agua por escorrentía y compactación del suelo (cuadro 20)

Cuadro 14. Elección del aspersor y pluviometría en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Marca/modelo | Senninger 3023 – 2 – ¾" | Rosi 3B ¾" | Tropper ¾" |
|---------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Presión PSI | 40 PSI | 40 PSI | 40 PSI |
| Descarga L/hr | 1764.00 | 2700.00 | 2844.00 |
| Sup irrig m2 | 452.39 | 415.48 | 415.48 |
| Plu asp mm/hr | 3.90 | 6.50 | 6.85 |

Elección del Aspersor

V_i = velocidad de Infiltración

V_i = 2.50 (cm/hr) ; 25.00 (mm/hr)

Plu asp = Pluviometria aspersor (mm/hr)

Plu asp = Q (l/hr)/ S (m2)

Finalmente el diseño agronómico permitió determinar el tiempo de riego requerido para que cada aspersor cubra con los requerimientos de agua de la parcela de pastos. En el Cuadro 15 se detalla los tiempos de riego que cada aspersor debe trabajar por cada riego y por cada mes.

Cuadro 15. Tiempo de riego en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Mes | Nº riegos | Riego en Horas | | |
|------------|------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | Senninger 3023 – 2 – ¾" | Rosi 3B ¾" | Tropper ¾" |
| Agosto | 3 | 0.11 | 0.07 | 0.07 |
| Septiembre | 4 | 0.09 | 0.06 | 0.05 |
| Octubre | 2 | 0.20 | 0.12 | 0.11 |

Duración del riego (horas) para 0.41 ha (0.045 ha para cada uno de los 9 aspersores

$T_r = D_t$ ajustada (mm)/ plu asp (mm/hr)/no riegos

3.7.11. Diseño del sistema de riego parcelario

La Asociación San Vicente de Porotog implementó en los años 2004 a 2009 un sistema comunitario de riego por aspersión, que irriga potencialmente todas las superficies trabajables (211 hectáreas). De acuerdo a su disponibilidad de agua (36.00 L/s) determinó un esquema socio organizativo de distribución de agua con criterios de equidad y solidaridad, que permitió a cada uno de los socios de la Asociación (30 familias) disponer y utilizar diariamente un emisor de agua de riego que descarga 2.40 L/s aproximadamente (aspersor Jolly 1 ^{1/4}"). Para entregar el caudal en mención a cada socio, se adecuó 3 reservorios de agua de riego nocturnos que cumplen la función de almacenar el agua en las noches y duplicar la descarga en el día.

Este sistema de riego comunitario es semifijo; toda la infraestructura hasta las acometidas es fijo, el equipo de riego es móvil (manguera, torre, acoples y aspersor). La propiedad donde se realizó la evaluación del riego, cuenta con 4 tomas de agua de 1 ½" de diámetro (el número de tomas facilita el manejo de mangueras, pero solo tiene derecho a utilizar una toma diaria). Cada una de esta toma, descarga aproximadamente hasta 3,50 L/s a una presión promedio de 60 PSI.

Para la presente evaluación, se determinó utilizar tres aspersores de acople ¾" pero de diferente descarga. A 40 PSI de presión hidrostática de trabajo entre los tres aspersores suman 2,03 L/s; tomando en cuenta que son tres repeticiones (9 aspersores) se requirió conducir 6,09 L/s en cada aplicación del riego. En la práctica, se acopló a dos tomas, dos mangueras de 100 metros de longitud y de 2" de diámetro (una a cada toma). En cada una de estas mangueras se acoplaron 5 y 4 aspersores respectivamente. En el acople de cada aspersor se adaptó una válvula de bola y un manómetro controlar la presión y el caudal.

3.7.12. Aplicación de Riego

En la presente evaluación, se utilizó el diseño agronómico como un elemento de partida para diseñar el sistema de riego parcelario y para planificar la aplicación del agua en la parcela de pastos.

Debido que el diseño agronómico fue realizado con datos climáticos de años anteriores de la zona de Cangahua, tiene la limitación de ser empírico; con esta consideración se decidió implementar en la parcela de la evaluación, una mini estación meteorológica, con equipos que calcularon: velocidad del viento, humedad relativa, temperatura ambiental, evaporación y pluviosidad. Además se incorporaron en la parcela tres tensiómetros, como un elemento de guía para entender el comportamiento del agua en el suelo. El objetivo de implementar esta estación en la parcela de la evaluación, fue la de contar con datos reales de pérdidas de agua, para en base a esta información determinar el volumen de agua a regar.

El procedimiento para determinar el volumen de agua a regar, fue el siguiente:

- a. El intervalo real entre riegos estuvo determinado por la lectura de los tensiómetros; se instalaron a 0,40 m de profundidad, la lectura de 35 a 40 centibares (cB) determinó que es necesario regar, porque además se observó al suelo en transición de capacidad de campo a punto de marchitez permanente.
- b. Se cuantificó la evaporación generada desde el riego anterior hasta el día a regar, mediante la utilización de un tanque evaporimétrico clase A. Estos datos fueron ajustados tomando en cuenta los datos de la velocidad del viento, también registrados.
- c. La evaporación registrada en el período fue restada con los aportes de agua lluvia, si es que ha llovido
- d. Al final, los datos de evaporación se completaron con los del Kc del pasto y se determinó el volumen de agua a aplicar con los 9 aspersores.

A continuación (Cuadro 16) se resume la planificación realizada en base a los datos reales de campo, con los cuales se determinó el volumen de agua a aplicar en la parcela de pastos y el tiempo de cada aspersor por posición en horas.

Cuadro 16. Planificación de riego aplicado en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| No Riego | Fecha | Período (día) | Ep (mm) | Vel Viento (Km/hr) | Hum Rel (%) | Kp | Eto (mm) | Kc | Etc (mm) | Precipitación (mm) | Etc real (mm/ha) | Aspersor | Etc real (mm/0,045 ha) | Caudal desc (L/s) | Tiempo riego (hr) |
|----------|------------|---------------|---------|--------------------|-------------|------|----------|------|----------|--------------------|------------------|-----------|------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 21/08/2010 | 7,00 | 19,00 | 19,44 | 100,00 | 0,60 | 11,40 | 0,85 | 9,69 | 1,56 | 8,13 | SENNINGER | 0,37 | 0,49 | 2,08 |
| | 21/08/2010 | 7,00 | 19,00 | 19,44 | 100,00 | 0,60 | 11,40 | 0,85 | 9,69 | 1,56 | 8,13 | ROSI | 0,34 | 0,75 | 1,25 |
| | 21/08/2010 | 7,00 | 19,00 | 19,44 | 100,00 | 0,60 | 11,40 | 0,85 | 9,69 | 1,56 | 8,13 | TROPPER | 0,34 | 0,79 | 1,19 |
| 2 | 26/08/2010 | 5,00 | 19,00 | 6,84 | 100,00 | 0,75 | 14,25 | 0,85 | 12,11 | 0,00 | 12,11 | SENNINGER | 0,55 | 0,49 | 3,11 |
| | 26/08/2010 | 5,00 | 19,00 | 6,84 | 100,00 | 0,75 | 14,25 | 0,85 | 12,11 | 0,00 | 12,11 | ROSI | 0,50 | 0,75 | 1,86 |
| | 26/08/2010 | 5,00 | 19,00 | 6,84 | 100,00 | 0,75 | 14,25 | 0,85 | 12,11 | 0,00 | 12,11 | TROPPER | 0,50 | 0,79 | 1,77 |
| 3 | 31/08/2010 | 5,00 | 22,00 | 16,56 | 69,10 | 0,60 | 13,20 | 1,10 | 14,52 | 0,00 | 14,52 | SENNINGER | 0,66 | 0,49 | 3,72 |
| | 31/08/2010 | 5,00 | 22,00 | 16,56 | 69,10 | 0,60 | 13,20 | 1,10 | 14,52 | 0,00 | 14,52 | ROSI | 0,60 | 0,75 | 2,23 |
| | 31/08/2010 | 5,00 | 22,00 | 16,56 | 69,10 | 0,60 | 13,20 | 1,10 | 14,52 | 0,00 | 14,52 | TROPPER | 0,60 | 0,79 | 2,12 |
| 4 | 04/09/2010 | 4,00 | 9,00 | 12,96 | 79,30 | 0,75 | 6,75 | 1,10 | 7,43 | 6,21 | 1,22 | SENNINGER | 0,05 | 0,49 | 0,31 |
| | 04/09/2010 | 4,00 | 9,00 | 12,96 | 79,30 | 0,75 | 6,75 | 1,10 | 7,43 | 6,21 | 1,22 | ROSI | 0,05 | 0,75 | 0,19 |
| | 04/09/2010 | 4,00 | 9,00 | 12,96 | 79,30 | 0,75 | 6,75 | 1,10 | 7,43 | 6,21 | 1,22 | TROPPER | 0,05 | 0,79 | 0,18 |
| 5 | 12/09/2010 | 8,00 | 37,00 | 16,20 | 66,90 | 0,60 | 22,20 | 1,10 | 24,42 | 5,41 | 19,01 | SENNINGER | 0,86 | 0,49 | 4,88 |
| | 12/09/2010 | 8,00 | 37,00 | 16,20 | 66,90 | 0,60 | 22,20 | 1,10 | 24,42 | 5,41 | 19,01 | ROSI | 0,79 | 0,75 | 2,93 |
| | 12/09/2010 | 8,00 | 37,00 | 16,20 | 66,90 | 0,60 | 22,20 | 1,10 | 24,42 | 5,41 | 19,01 | TROPPER | 0,79 | 0,79 | 2,78 |
| 6 | 17/09/2010 | 5,00 | 20,00 | 24,84 | 68,80 | 0,50 | 10,00 | 1,10 | 11,00 | 2,23 | 8,77 | SENNINGER | 0,40 | 0,49 | 2,25 |
| | 17/09/2010 | 5,00 | 20,00 | 24,84 | 68,80 | 0,50 | 10,00 | 1,10 | 11,00 | 2,23 | 8,77 | ROSI | 0,36 | 0,75 | 1,35 |
| | 17/09/2010 | 5,00 | 20,00 | 24,84 | 68,80 | 0,50 | 10,00 | 1,10 | 11,00 | 2,23 | 8,77 | TROPPER | 0,36 | 0,79 | 1,28 |
| 7 | 21/09/2010 | 4,00 | 20,00 | 12,24 | 40,50 | 0,55 | 11,00 | 0,95 | 10,45 | 0,00 | 10,45 | SENNINGER | 0,47 | 0,49 | 2,68 |
| | 21/09/2010 | 4,00 | 20,00 | 12,24 | 40,50 | 0,55 | 11,00 | 0,95 | 10,45 | 0,00 | 10,45 | ROSI | 0,43 | 0,75 | 1,61 |
| | 21/09/2010 | 4,00 | 20,00 | 12,24 | 40,50 | 0,55 | 11,00 | 0,95 | 10,45 | 0,00 | 10,45 | TROPPER | 0,43 | 0,79 | 1,53 |
| 8 | 25/09/2010 | 4,00 | 15,00 | 7,92 | 63,90 | 0,65 | 9,75 | 0,95 | 9,26 | 0,00 | 9,26 | SENNINGER | 0,42 | 0,49 | 2,38 |
| | 25/09/2010 | 4,00 | 15,00 | 7,92 | 63,90 | 0,65 | 9,75 | 0,95 | 9,26 | 0,00 | 9,26 | ROSI | 0,38 | 0,75 | 1,43 |
| | 25/09/2010 | 4,00 | 15,00 | 7,92 | 63,90 | 0,65 | 9,75 | 0,95 | 9,26 | 0,00 | 9,26 | TROPPER | 0,38 | 0,79 | 1,35 |

TOTAL 46,23

10,71

La superficie irrigada en una posición por el aspersor Senninger es de 0,045 hectáreas; por el aspersor Rosi es de 0,042 hectáreas y por el aspersor Tropper es de 0,042 hectáreas. En total los tres aspersores irrigar 0,13 hectáreas. El volumen total de agua aplicado en todo el ciclo de producción del pasto, en las 0,13 hectáreas con tres aspersores es de 10,71 mm; tomando en cuenta que la evaluación se realizó con nueve aspersores, entonces el volumen total aplicado fue de 32,13 mm, en 0,39 hectáreas. Este dato transformado a 1 hectárea nos da un volumen total aplicado de 82,38 mm; si a esto sumamos el aporte de la precipitación en el ciclo (46,23 mm) el volumen de agua aportado en 1 hectárea de pastos es de 128,61 mm de agua.

3.7.13. Corte de pasto y pesado de materia verde

Transcurridos 59 días luego del primer corte del pasto, alcanzando nuevamente a su madurez fisiológica; lo que es importante para las personas de las comunidades alimentar a su ganado con el pasto en este estado, sin que llegue a la floración y contenga niveles de fibra digeribles fácilmente para los animales.

Uno de los planteamientos de esta evaluación, fue la de valorar el volumen de producción de materia verde de pasto en los sitios donde se irriego con los aspersores predeterminados, con la finalidad de corroborar y/o relacionar los parámetros de optimización del agua y los rendimientos.

3.8. Datos evaluados

3.8.1. Medición de uniformidad de riego por aspersión (coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución)

El riego se inició en las primeras horas de la mañana, se calibraba para que todos los aspersores funcionen en los sitios determinados a la presión hidrostática y caudales definidos anteriormente. En el área donde irrigaba cada aspersor, se ubicaron pluviómetros a un espaciamiento de 2 metros de longitud entre cada uno de ellos. Una vez concluido el riego, se aforó cada uno de los pluviómetros, con la ayuda de una probeta calibrada. Los resultados de estas mediciones se tabularon en una hoja Excel y se determinó la uniformidad de distribución del riego con cada uno de los aspersores, tomando en cuenta las condiciones climatológicas de ese día (velocidad del viento, humedad relativa, temperatura).

Como una actividad complementaria, también se midió la humedad del suelo con la ayuda de un barreno, luego del riego, en los mismos sitios donde se encontraban los pluviómetros.

3.8.2. Eficiencia de aplicación del riego por aspersión

La eficiencia de aplicación del riego por aspersión se obtuvo en base al volumen de agua emitido por el aspersor y el caudal receptado por los pluviómetros, esta división nos generó la eficiencia de riego en % en cada uno de los aspersores y se realizó en 4 de los 8 riegos realizados.

3.8.3. Medición de biomasa de pasto

La medición de biomasa de pasto se realizó al segundo corte del pasto a los 59 días del primer corte. Para medir el volumen la producción del pasto, se tomo muestras en cada uno de los sitios donde estuvieron asentados los aspersores; por cada aspersor se

cortaron 24 muestras de 1 m² cada una, tomada a 2 metros de distancia de una a otra y sus resultados se expresaron en kg/ha.

IV. RESULTADOS

4.1. Medición de uniformidad de riego por aspersión

4.1.1. Coeficiente de uniformidad

En el Cuadro 17, se presentan los valores promedios del coeficiente de uniformidad de riego por aspersión a los 12, 21, 29 y 42 días después del segundo corte del pasto. El análisis de varianza no reportó significancia estadística a los 12 y 42 días y diferencias significativas a los 21 y 29 días. Los coeficientes de variación fueron 4.90; 3.60 % 2.71 y 5.80 %, respectivamente.

En la evaluación efectuada a los 12 días, el mayor valor (20.92 %) lo presentó el aspersor Rosi $\frac{3}{4}$ " y el menor valor (10.96 %) el aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ ". A los 21 días, el aspersor Rosi $\frac{3}{4}$ " obtuvo el mayor valor con 24.43 %, estadísticamente igual al aspersor Senninger $\frac{3}{4}$ " con 23.39 % y superior estadísticamente al aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ " con 5.13 %.

En la evaluación a los 29 días, el mayor valor (13.77 %) se presentó en el aspersor Rosi $\frac{3}{4}$ ", igual estadísticamente al aspersor Senninger $\frac{3}{4}$ " (12.16 %) y superiores estadísticamente al aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ " (2.71 %). A los 42 días, el mayor valor se encontró con el aspersor Senninger $\frac{3}{4}$ " (27.63 %) y el menor valor con el aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ " con 11.06 %.

Cuadro 17. Coeficiente de uniformidad en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Tratamientos | Coeficiente de Uniformidad del riego por aspersión | | | |
|-------------------|--|---------|---------|---------|
| | 12 días | 21 días | 29 días | 42 días |
| T1 Senninger 3/4" | 13.93 | 23.39 a | 12.16 a | 27.63 |
| T2 Tropper 3/4" | 10.39 | 5.13 b | 2.71 b | 11.06 |
| T3 Rosi 3/4" | 20.92 | 24.43 a | 13.77 a | 21.82 |
| Promedio | 15.08 | 17.65 | 9.55 | 20.17 |
| F. cal | ns | * | * | ns |
| CV | 4.90 | 3.60 | 2.71 | 5.80 |

Valores originales transformados Arco seno

Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan

4.1.2. Uniformidad de distribución

En el Cuadro 18, se presentan los valores promedios de uniformidad de distribución del agua de riego por aspersión a los 12, 21, 29 y 42 días después del segundo corte del pasto. El análisis de varianza no reportó significancia estadística a los 12, 29, 42 días y diferencias significativas a los 21 días. Los coeficientes de variación fueron 6.26; 4.14; 2.85; y 4.60 %, respectivamente.

A los 12 días, el aspersor Senninger ¾" obtuvo el mayor valor con 23.49 % y el menor valor el aspersor Tropper ¾" con 12.97 %. En la evaluación a los 21 días, el mayor valor (24.71 %) se presentó en el aspersor Senninger ¾", igual estadísticamente al aspersor Rosi ¾" (19.37 %) y superiores estadísticamente al aspersor Tropper ¾" (7.68 %)

En la evaluación efectuada a los 29 días, el mayor valor (16.40 %) lo presentó el aspersor Rosi ¾ y el menor valor (12.90 %) el aspersor Senninger ¾". A los 42 días, el mayor valor se encontró con el aspersor Senninger ¾" (28.84 %) y el menor valor con el aspersor Tropper ¾" con 16.30 %

Cuadro 18. Uniformidad de distribución del agua en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Tratamientos | Uniformidad de distribución | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|---------|---------|
| | 12 días | 21 días | 29 días | 42 días |
| T1 Senninger 3/4" | 23.49 | 24.71 a | 12.90 | 28.84 |
| T2 Tropper 3/4" | 12.97 | 7.68 b | 9.32 | 16.30 |
| T3 Rosi 3/4" | 22.75 | 19.37 ab | 16.40 | 24.33 |
| Promedio | 19.74 | 17.25 | 12.87 | 23.16 |
| F. cal | ns | * | ns | ns |
| CV | 6.26 | 4.14 | 2.85 | 4.60 |

Valores originales transformados Arco seno

Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan

4.2. Eficiencia de aplicación en riego por aspersión

En el Cuadro 19, se presentan los valores de la eficiencia de riego por aspersión a los 12, 21, 29 y 42 días después del segundo corte del pasto. El análisis de varianza determinó diferencias significativas en las evaluaciones a los 12, 21 y 29 días y diferencias altamente significativas a los 42 días. Los coeficientes de variación fueron 3.28; 9.81; 9.42 y 5.96 %.

En la evaluación efectuada a los 12 días, el aspersor Tropper ¾" presentó el mayor valor con 73.95 %, estadísticamente igual al aspersor Rosi ¾" con 68.92 % y superior estadísticamente al aspersor Senninger ¾" con 62.66 %. A los 21, el aspersor Rosi ¾" obtuvo el mayor valor con 66.81 %, estadísticamente igual al aspersor Tropper ¾" con 61.99 % y superior estadísticamente al aspersor Senninger ¾" con 45.68 %.

En la evaluación efectuada a los 29 días, el mayor valor (57.22 %) se presentó en el aspersor Rosi ¾", igual estadísticamente al aspersor Tropper ¾" (56.93 %) y superiores estadísticamente al aspersor Senninger ¾" (41.94 %). A los 42 días, el mayor valor se encontró con el aspersor Tropper ¾" (78.07 %), estadísticamente superior a los aspersores Rosi ¾" y Senninger ¾" con 64.62 y 47.91 %

Cuadro 19. Eficiencia de aplicación en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Tratamientos | Eficiencia de aplicación | | | |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|---------|
| | 12 días | 21 días | 29 días | 42 días |
| T1 Senninger 3/4" | 62.66 b | 45.68 b | 41.94 b | 47.91 c |
| T2 Tropper 3/4" | 73.95 a | 61.99 a | 56.93 a | 78.07 a |
| T3 Rosi 3/4" | 68.92 a | 66.81 a | 57.22 a | 64.62 b |
| Promedio | 68.51 | 58.16 | 52.03 | 63.53 |
| F. cal | * | * | * | ** |
| CV | 3.28 | 9.81 | 9.42 | 5.96 |

Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan

4.3. Medición de volumen de biomasa de pasto

En el Cuadro 20, se presentan los valores medición de volumen de materia verde. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas y coeficiente de variación fue 17.45 %.

En esta variable se determinó que el mayor valor de producción (1697.12 Kg/Ha) se presentó en el aspersor Tropper ¾" y el menor valor el aspersor Senninger ¾" con 1344,64 Kg/Ha.

Cuadro 20. Rendimiento del pasto en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| Tratamientos | Rendimiento |
|-----------------|---------------|
| | Kg Parcela |
| T1 Senninger ¾" | 1344.64 |
| T2 Tropper ¾" | 1697.12 |
| T3 Rosi ¾" | 1462.13 |
| Promedio | 1501.30 |
| F. cal | ns |
| CV | 17.45 |

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos en la presente investigación “Evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores en zona con alta incidencia de viento, en parcelas con mezcla forrajera de pastos en cantón Cayambe, provincia Pichincha”, se señala lo siguiente:

El proceso de desarrollo de las comunidades de Cayambe, en esta primera década del siglo XXI, permite evidenciar que existe un gran interés por parte de los beneficiarios, por mejorar los sistemas comunitarios de riego y optimizar al máximo el agua, quienes con su propia gestión han tecnificado el riego con un esquema socio organizativo que propicia la participación y la distribución equitativa de los bajos caudales existentes a todos los comuneros.

La información investigada sobre el riego en las comunidades de Cayambe, sustenta el criterio emitido por CISNEROS, cuando manifiesta que el riego en sector campesino es el componente de desarrollo más importante para fortalecer la organización social, permite diversificar la producción, mejorar la productividad, disminuir los riesgos climáticos, mejorar los niveles de empleo familiar en la unidad productiva, acceder a la soberanía alimentaria de la familia y contar con excedentes para el mercado.

En esta investigación, se realizó como actividad previa, una planificación guía, del diseño agronómico del riego, en base a datos meteorológicos basados en información bibliográfica; en la práctica esta planificación no pudo ser ejecutada, puesto que la información climática obtenida diariamente en la parcela de evaluación, difería constantemente de la tabulada en la planificación. Para la aplicación del riego se utilizó los datos de campo de la parcela en mención.

Un sistema de riego por aspersión diseñado para empresas y/o haciendas, contiene es su esquema físico de funcionamiento un marco determinado de instalación entre aspersores con el fin de elevar la uniformidad de aplicación del agua, tal cual lo menciona BAUDREZ; este elemento no es válido para sistemas comunitarios de riego por aspersión en Cayambe, ya que los caudales existentes son bajos y no facilitan un diseño de

funcionamiento de varios aspersores en marco; a esto también se añade la limitación por costos de inversión, un sistema de riego en marco con varios aspersores requiere de una inversión mucho más alta en ramales principales y domiciliarios, lo cual es casi inaccesible costear para las comunidades.

Los resultados de la variable de coeficiente de uniformidad del riego por aspersión de la evaluación, resultan ser bajos (2.71 al 27.63 %) con relación al establecido como mínimo aceptable según información de Keller y Bliesner (13) de 70 al 84 % y en el caso del riego en las comunidades de Cayambe no permiten hacer un uso más eficiente del agua en la aplicación como manifiesta Tayupanda (20), debido a la incidencia de vientos con velocidades entre 10 y 18 Kms. /hr de acuerdo a los datos obtenidos por el IEDECA

La uniformidad de distribución es un indicador de altura de agua infiltrada en el conjunto de la parcela según concepto de Tarjuelo (19); esta variable es utilizada para evaluar la calidad del marco entre aspersores (distancia y espaciamiento), en el caso de la presente investigación, no se trabajó con marco sino como aspersores individuales, ya que así lo determina el esquema socio organizativo de las comunidades. Aún así se aplicó esta variable con el fin de conocer la uniformidad de cada aspersor. Los resultados de las mediciones, son casi idénticos a los del coeficiente de uniformidad y son inaceptables (menos del 75%).

La eficiencia de aplicación del riego por aspersión valorada como buena en los rangos de 80 a 85% según Fuentes (7), no fue alcanzada en los resultados de la presente evaluación, los valores obtenidos se encuentran entre los rangos de 41.94 al 78.07 %. La reflexión es que a mayor velocidad del viento mayor pérdida de agua por arrastre de la misma.

Tarjuelo (19), indica que en sus evaluaciones determina que con velocidades del viento de 14,40 Kms. /Hr existen pérdidas de agua entre el 40 al 75 %; en los 4 riegos evaluados, la máxima velocidad del viento fue de 16,20 Kms/Hr y las pérdidas si han superado el 60 %. La característica del viento es que cambia continuamente de dirección.

Con respecto a la producción en biomasa del pasto, datos de IEDECA (11), aseguran que en pastizales de más de 2.5 años de establecimiento fertilizados con gallinaza, genera producciones de entre 24000 a 32000 Kg /Has. En la presente evaluación, la producción más alta se cuantificó en 1697 Kg /Has. Esta diferencia se puede entender ya que la parcela donde se realizó la evaluación es relativamente nueva, con apenas 4.5 meses desde su establecimiento y aún no germinado completamente el pasto azul y no han macollado completamente el resto de especies. Se estima que a partir de los 9 meses desde la siembra el pasto debería generar las producciones enunciadas por el IEDECA.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente expuesto se concluye:

- El requerimiento de agua para una hectárea de pastos en un ciclo de producción en la Asociación San Vicente de Porotog es de 128 mm de agua, de los cuales 82.38 mm se aportó con riego y 46.23 mm fue aporte de precipitación natural.
- Con respecto a la calidad del riego según el tipo de aspersor, las variables coeficiente de uniformidad (CU) y uniformidad de distribución (UD), los mayores valores lo obtuvo la utilización del aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ ".
- En la variable eficiencia de aplicación (EA), el aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ " y Tropper $\frac{3}{4}$ " obtuvieron los mejores resultados en las evaluaciones desde los 12 a 42 días.
- El viento ejerce menos incidencia negativa utilizando el aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ " y Tropper $\frac{3}{4}$ ", para mejorar la uniformidad de distribución del agua.
- En la variable de producción, la utilización del aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ " obtuvo el mayor rendimiento con 1697.12 kg/ha en el primer corte.

De acuerdo a las conclusiones se recomienda:

- Utilizar el aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ ", considerado como alternativo, ya que el aspersor que utilizan las comunidades es Senninger $\frac{3}{4}$ ".
- Instalar el aspersor secuencialmente dentro de la parcela en contra del sentido del viento, esto reduce las pérdidas y mejora la uniformidad de distribución.
- Realizar barreras vivas con plantas nativas, en las zonas donde más incidencia tiene el viento, esto disminuirá los efectos negativos del viento en el riego por aspersión.

- Propiciar investigaciones sobre el riego campesino, que es el que genera la alimentación básica de nuestra población.
- Implementar estaciones meteorológicas, que conjuntamente con capacitación, permita a los productores tomar decisiones oportunas con relación al riego y otras variables productivas que inciden en la optimización de los recursos y los rendimientos agropecuarios.
- Ejecutar investigaciones complementarias en la misma parcela, luego que las especies de pastos germinen y macollen con el aspersor recomendado, en círculo parcial y a diferentes distanciamientos entre cada posición, con la finalidad de optimizar cada vez más el agua.

VII. RESUMEN

La presente investigación, se realizó en la Sierra Norte Ecuatoriana, en la Asociación San Vicente de Porotog, perteneciente a la Provincia de Pichincha, en el cantón Cayambe, Parroquia Cangahua, a distancia 79 Km de la ciudad de Quito y 19 Km de Cayambe, con coordenadas geográficas 78° 07'35'' de longitud occidental y 0° 03'19'' de latitud sur y una altitud de 3360 msnm.

Las características agroclimáticas son: temperatura media anual fue de 10.30 °C, precipitación media anual de 560.80 mm, humedad relativa 84.92 %, velocidad del viento 6.22 km/h. El suelo es de textura franco arenoso, ya que contienen 56 % de arena, 28 % limo y 16 % de arcilla; pH de 5.90 (ligeramente ácido)

Como material de siembra se utilizó semillas de pasto entre mezcla de gramíneas y leguminosas. Se evaluaron diferentes tipos de aspersores (Senninger 3/4", Tropper 3/4" y Rosi 3/4") en tres tratamientos y tres repeticiones. El diseño utilizado fue Bloques Completamente al Azar DBCA, las comparaciones de las medias se efectuaron con la prueba de Rangos Múltiplos de Duncan.

Se realizaron todas las labores agrícolas que precisa el cultivo de pasto para su normal desarrollo como Toma de datos meteorológicos, Análisis de suelo, Preparación de suelo, Abonamiento y fertilización, Siembra, Riego, Corte de pasto, Control de malezas, Control de plagas y enfermedades, Diseño agronómico y planificación del riego, Diseño del sistema de riego parcelario, Aplicación de Riego, Corte de pasto y pesado de materia verde . Los datos evaluados fueron Medición de uniformidad de riego por aspersión (coeficiente de uniformidad y uniformidad de distribución), Eficiencia de aplicación del riego por aspersión, Medición de volumen de materia verde de pasto.

De los resultados obtenidos se determinó que el requerimiento de agua para una hectárea de pastos en un ciclo de producción en la Asociación San Vicente de Porotog es

de 128 mm de agua, de los cuales 82.38 mm se aportó con riego y 46.23 mm fue aporte de precipitación natural; con respecto a la calidad del riego según el tipo de aspersor, las variables coeficiente de uniformidad (CU) y uniformidad de distribución (UD), los mayores valores lo obtuvo la utilización del aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ "; en la variable eficiencia de aplicación (EA), el aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ " y Tropper $\frac{3}{4}$ " obtuvieron los mejores resultados en las evaluaciones desde los 12 a 42 días; el viento ejerce menos incidencia negativa utilizando el aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ " y Tropper $\frac{3}{4}$ ", para mejorar la uniformidad de distribución del agua y en la variable de producción, la utilización del aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ " obtuvo el mayor rendimiento con 1697.12 kg/ha en el primer corte.

De acuerdo a las conclusiones se recomienda utilizar el aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ ", considerado como alternativo, ya que el aspersor que utilizan las comunidades es Senninger $\frac{3}{4}$ "; instalar el aspersor secuencialmente dentro de la parcela en contra del sentido del viento, esto reduce las pérdidas y mejora la uniformidad de distribución y realizar barreras vivas con plantas nativas, en las zonas donde más incidencia tiene el viento, esto disminuirá los efectos negativos del viento en el riego por aspersión.

VII. SUMMARY

The present investigation, was carried out in the Ecuadorian Sierra North, in the Association San Vicente of Porotog, belonging to the County of Pichincha, in the canton Cayambe, Parish Cangahua, at distance 79 Km of the city of I Remove and 19 Km of Cayambe, with coordinated geographical 78° 07'35'' of western longitude and 0° 03'19'' of south latitude and an altitude of 3360 msnm.

The characteristic agroclimáticas is: temperature annual average was of 10.30 °C, precipitation annual average of 560.80 mm, humidity relative 84.92%, speed of the wind 6.22 km/h. The floor is of texture sandy franc, since they contain 56% of sand, 28% files and 16 clay%; pH of 5.90 (lightly sour)

As siembra material it was used grass seeds among mixture of gramineous and leguminous. Different aspersores types were evaluated (Senninger 3/4", Tropper 3/4" and Rosi 3/4") in three treatments and three repetitions. The utilized design was Blocks Totally at random DBCA, the comparisons of the stockings were made with the test of Ranges Multiples of Duncan.

They were carried out all the agricultural works that he/she specifies the grass cultivation for their normal development like taking of meteorological data, floor Analysis, floor Preparation, Security and fertilization, Siembra, Watering, grass Court, Control of overgrowths, Control of plagues and illnesses, agronomic Design and planning of the watering, Design of the system of land watering, Application of Watering, grass Court and heavy of green matter. The valued data were Mensuration of watering uniformity for aspersion (coefficient of uniformity and distribution uniformity), Efficiency of application of the watering for aspersion, Mensuration of volume of green matter of grass.

Of the obtained results it was determined that the requirement of water for a hectare of grasses in a production cycle in the Association San Vicente of Porotog is of 128 mm of water, of which 82.38 mm was contributed with watering and 46.23 mm was contribution

of natural precipitation; with regard to the quality of the watering according to the aspersor type, the variable coefficient of uniformity (CU) and distribution uniformity (you), the biggest securities obtained it the use of the aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ "; in the variable application efficiency (EA), the aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ " and Tropper $\frac{3}{4}$ " obtuvieron the best results in the evaluations from the 12 to 42 days; the wind exercises less negative incidence using the aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ " and Tropper $\frac{3}{4}$ ", to improve the uniformity of distribution of the water and in the production variable, the use of the aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ " he/she obtained the biggest yield with 1697.12 kg/ha in the first court.

According to the summations it is recommended to use the aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ ", considered as alternative, since the aspersor that use the communities is Senninger $\frac{3}{4}$ "; to install the aspersor sequentially inside the parcel against the sense of the wind, this reduces the lost ones and it improves the distribution uniformity and to carry out alive barriers with native plants, in the areas where more incidence has the wind, this will diminish the negative goods of the wind in the watering for aspersion.

VIII. LITERATURA CITADA

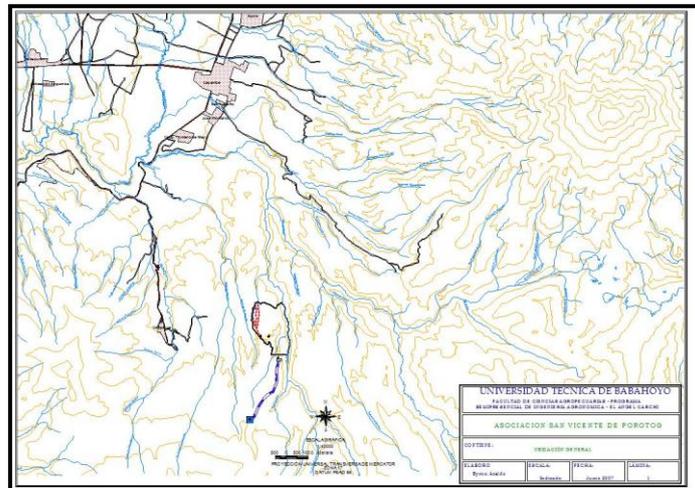
1. Alonso, D. 2010. Disponible en:
<http://www.inea.uva.es/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/El%20riego%20por%20aspersi3n.pdf>
2. Baudrez, C. 1996. Descripción de los sistemas de riego por aspersión. Pos grado en Riego Comunitario Andino. Centro de Estudios de Postgrado. Universidad Nacional de Loja.
3. Censo Nacional Agropecuario. 2002. Cámara de Agricultura de la Primera Zona. Análisis e interpretación del III Censo Nacional Agropecuario.
4. Chiriboga, Manuel. 2003. El papel de instituciones en territorios rurales sujetos a acciones de reforma agraria.
5. Cisneros, Iván. 1996. El riego campesino y el proceso de modernización.
6. Cisneros, Mauricio. 2006. La organización y los sistemas de riego, IEDECA, Cayambe.
7. Fuentes, José. 2003. Técnicas de riego, 4^{ta} Edición. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
8. Galarraga, Remigio. 2001. Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador.
9. García, Denis. 2010. Manejo y gestión del agua, el caso de Ecuador.
www.infoandina.org/system/files/recursos/Dennis_rs.doc

10. Guevara, Eunice. 2011. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero14/id14_guevara_e.pdf
11. IEDECA. 2009. Informe de evaluación de parcelas de pastos en Comunidad Carrera.
12. IEDECA-CICDA. 1998. Guía de Apoyo a la Capacitación de aguateros e inspectores de sistemas de riego.
13. Keller y Bliesner. 1990. Espolvorear y Riego por Goteo.
14. Miliarium. 2010. Disponible en http://www.miliarium.com/monografias/sequia/Metodos_Riego.htm
15. Montero, Jesús. 2000. Análisis de la distribución del agua en sistemas de riego por aspersión.
16. Quishpe, Margarita. 2009. Evaluación de dos métodos de riego (aspersión y goteo) en los cultivos de *Allium cepa* y *Solanum tuberosum*, en las comunidades de Porotog y Carrera, cantón Cayambe. Universidad Pontificia Salesiana.
17. Senninger. 2010. Disponible en www.senninger.com.comoreducorintensidadaspersion.
18. Sprinkler Irrigation Association. 1969. Manual de Sprinkler Irrigation.
19. Tarjuelo, José María. 2005. El Riego por Aspersión y su Tecnología.
20. Tayupanda, Blanca. 2009. Elaboración de una propuesta metodológica participativa para la tecnificación del riego parcelario en la zona de Césele - Chimborazo.

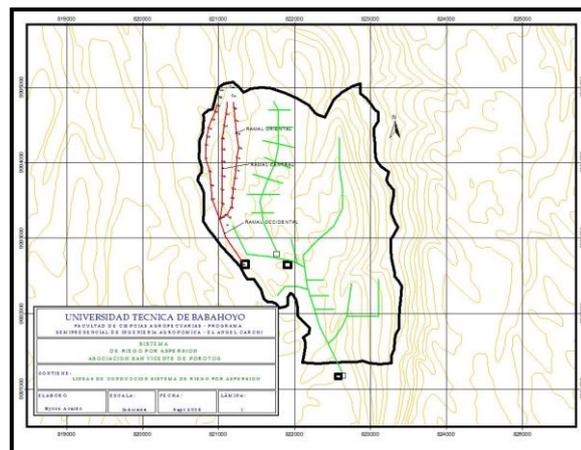
21. Universidad de Sevilla. 2010. Disponible en http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%209.%20Riego%20por%20asersion/page_04.htm

APÉNDICE

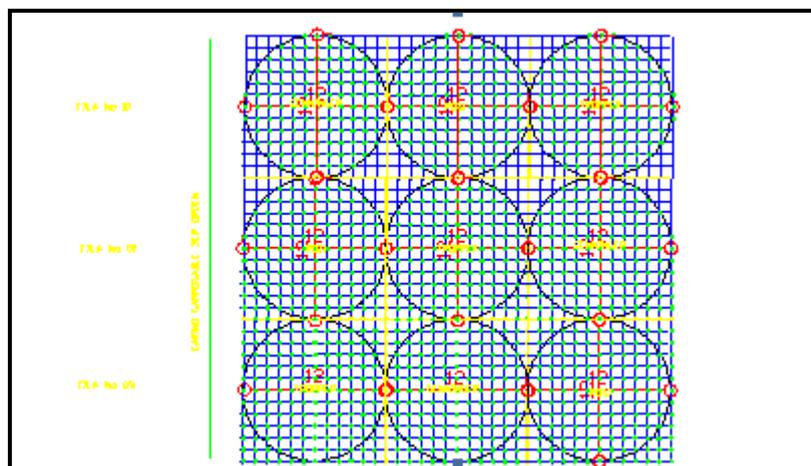
Anexo 1. Mapa de localización



Anexo 2. Líneas de conducción principales en sistema de riego por aspersión en Asociación Porotog



Anexo 3. Croquis diseño parcela para riego



Anexo 4. Promedio de pluviometría desde el año 1995 - 2009

| MESES | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Σ | X | MAX. | MIN. |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|-------|--------|-------|
| Ene | 33,10 | 81,20 | 159,00 | 21,80 | 53,60 | 11,80 | 80,40 | 28,10 | 19,30 | 22,30 | 19,90 | 11,80 | 40,70 | - | 1,00 | 584,00 | 38,93 | 159,00 | - |
| Feb | 14,40 | 154,00 | 31,80 | 17,90 | 160,60 | 13,30 | 33,20 | 22,50 | 24,00 | 60,70 | 74,20 | 13,30 | 47,60 | 36,90 | 1,00 | 705,40 | 47,03 | 160,60 | 1,00 |
| Mar | 59,40 | 163,00 | 111,00 | 97,80 | 235,60 | 1,10 | 25,60 | 40,10 | 48,80 | 27,80 | 57,80 | 1,10 | 22,10 | 144,60 | 173,01 | 1.208,81 | 80,59 | 235,60 | 1,10 |
| Abr | 69,30 | 107,00 | 58,10 | 119,20 | 114,40 | 23,40 | 34,70 | 84,90 | 67,50 | 57,70 | 65,20 | 23,40 | 54,40 | 232,50 | 176,50 | 1.288,20 | 85,88 | 232,50 | 23,40 |
| May | 45,70 | 99,30 | 27,00 | 147,40 | 56,90 | 19,00 | 28,10 | 107,00 | 31,20 | 32,70 | 47,00 | 19,00 | 44,60 | 166,00 | 29,90 | 900,80 | 60,05 | 166,00 | 19,00 |
| Jun | 10,70 | 86,30 | 28,80 | 63,80 | 20,90 | 20,80 | 62,40 | 101,30 | 48,90 | 8,80 | 33,00 | 20,80 | 64,00 | - | 4,50 | 575,00 | 38,33 | 101,30 | - |
| Jul | 22,40 | 61,30 | 24,10 | 69,50 | 31,40 | 31,70 | 39,10 | 8,80 | 21,20 | 16,30 | 33,30 | 31,70 | 30,80 | - | 0,30 | 421,90 | 28,13 | 69,50 | - |
| Ago | 6,70 | 45,30 | 5,80 | 11,10 | 6,40 | 15,10 | 2,60 | 9,00 | 0,20 | 10,60 | 8,20 | 15,10 | 55,80 | - | 0,10 | 192,00 | 12,80 | 55,80 | - |
| Sep | 14,30 | 49,00 | 28,40 | - | 89,80 | 1,10 | 0,10 | 15,20 | 28,80 | 26,80 | 40,00 | 1,10 | 58,20 | - | 1,80 | 354,60 | 23,64 | 89,80 | - |
| Oct | 17,20 | 129,00 | 52,50 | 92,90 | 52,40 | 62,20 | 37,80 | 152,10 | 19,20 | 45,30 | 13,90 | 62,20 | 31,60 | - | 1,00 | 769,30 | 51,29 | 152,10 | - |
| Nov | 53,60 | 28,60 | 75,30 | 181,40 | 37,40 | - | 42,20 | 48,30 | 58,00 | 45,00 | 1,40 | 113,50 | 130,20 | - | 10,10 | 825,00 | 55,00 | 181,40 | - |
| Dic | 33,10 | 48,40 | 45,80 | 32,30 | 70,30 | - | 156,70 | 6,90 | - | 44,10 | 30,00 | 57,00 | 62,40 | - | - | 587,00 | 39,13 | 156,70 | - |

Anexo 5. Resultados análisis de suelos



Informe de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y E.C.P.

Gonzalo Zaldumbide N40-204 y César Frank Urb. Barroto 2 (El Inca)
 Telfs: (593-2) 241-2383 / 241-2385 Fax: (593-2) 241-3312 Quito - Ecuador
 Página Web: www.clinica-agricola.com E-mail: agrobiolab@clinica-agricola.com

SUELOS

| Datos del Cliente | | Referencia | Interpretación | | |
|---|--------------------------------------|--|--|--|---|
| Cliente : FINCA <i>Douzeito pta 2 Antan</i> Propiedad : FINCA Cultivo : CEBOLLA BULBO Ingreso : 17/05/2010 No. Lab. : Desde :107874 | Ensayo: 20/05/2010 Hasta : 107874 | No. An.: 31996 Emisión: 24/05/2010 Impreso: 24/05/2010 Página: 1 de 1 | Textura TCo = Franco Ar = Arcilloso As = Arenoso L = Limoso Ars = Arenosa Fsa = Finesca | Elementos B = Bray M = Medio S = Sulfonado A = Alto E = Escaso | pH Ac = Acido LA = Lig. Acido Pn = Prac. Neutro LAI = Lig. Alcalino Al = Alcalino |

Nombre : MUESTRA 1
 No. Lab. : 107874 Profund (cm): 0-20

| pH | C.E. (mmhos/cm) | N.O. (%) | NH4 (ppm) | P (ppm) | K (meq/100ml) | Ca (meq/100ml) | Mg (meq/100ml) | Na (meq/100ml) | C.C.C. (meq/100ml) |
|----------|-----------------|----------|-----------|---------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 6.107A | 0.22B | 3.42B | 52.90B | 5.10B | 0.00B | 6.31A | 1.94A | 0.08B | 8.41B |
| Cu (ppm) | Fe (ppm) | Mn (ppm) | Zn (ppm) | D (ppm) | DO4 (ppm) | Fe/Mn (H) | Ca/Mg (H) | Mg/K (H) | Ca+Mg/K (H) |
| 7.10B | 497.50A | 5.00B | 6.90B | 0.03B | 5.90B | 99.00A | 3.25A | 24.25B | 103.12B |



GRUPO CLINICA AGRICOLA
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES

NOTA: Si se requiere de una sugerencia de fertilización basada en este análisis, favor comunicarse con los técnicos de "CLINICA AGRICOLA"
 Símbolo decimal = (.)
 Métodos: Disen Modificado-EDTA, B Fosfato Monocálcico, pH 1: 2.5 H2O
 P (PEE:ABL03), K (PEE:ABL04)
 MAILLABIO (099523339) a Medios Analítica, si se va a fotocopiar hacer del documento íntel



Anexo 6. Cuadros de resultados de las diferentes variables

Cuadro 21. Valores de coeficiente de uniformidad (%) en riego a los 12 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 3,75 | 30,42 | 7,61 | 41,78 | 13,93 |
| TROPPER 3/4" | 3,10 | 19,24 | 8,82 | 31,17 | 10,39 |
| ROSI 3B 3/4" | 8,25 | 25,77 | 28,75 | 62,76 | 20,92 |
| Σ | 15,10 | 75,44 | 45,18 | 135,72 | 15,08 |

Cuadro 22. Valores de coeficiente de uniformidad (%) en riego a los 21 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 17,91 | 18,13 | 34,14 | 70,18 | 23,39 |
| TROPPER 3/4" | 2,40 | 6,81 | 6,17 | 15,38 | 5,13 |
| ROSI 3B 3/4" | 16,79 | 23,04 | 33,46 | 73,29 | 24,43 |
| Σ | 37,10 | 47,98 | 73,77 | 158,85 | 17,65 |

Cuadro 23. Valores de coeficiente de uniformidad (%) en riego a los 29 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 6,28 | 9,66 | 20,53 | 36,47 | 12,16 |
| TROPPER 3/4" | 0,00 | 1,72 | 6,42 | 8,14 | 2,71 |
| ROSI 3B 3/4" | 5,31 | 9,77 | 26,23 | 41,31 | 13,77 |
| Σ | 11,59 | 21,15 | 53,18 | 85,92 | 9,55 |

Cuadro 24. Valores de coeficiente de uniformidad (%) en riego a los 42 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 27,25 | 27,79 | 27,84 | 82,88 | 27,63 |
| TROPPER 3/4" | 0,96 | 27,83 | 4,39 | 33,19 | 11,06 |
| ROSI 3B 3/4" | 13,35 | 28,48 | 23,62 | 65,45 | 21,82 |
| Σ | 41,56 | 84,11 | 55,85 | 181,52 | 20,17 |

Cuadro 25. Valores de uniformidad de distribución (%) en riego a los 12 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 27,22 | 31,48 | 11,76 | 70,46 | 23,49 |
| TROPPER 3/4" | 6,21 | 21,33 | 11,38 | 38,92 | 12,97 |
| ROSI 3B 3/4" | 12,11 | 26,77 | 29,36 | 68,24 | 22,75 |
| Σ | 45,54 | 79,59 | 52,50 | 177,63 | 19,74 |

Cuadro 26. Valores de uniformidad de distribución (%) en riego a los 21 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 18,64 | 20,77 | 34,73 | 74,13 | 24,71 |
| TROPPER 3/4" | 1,83 | 10,40 | 10,80 | 23,04 | 7,68 |
| ROSI 3B 3/4" | 5,84 | 18,24 | 34,01 | 58,10 | 19,37 |
| Σ | 26,31 | 49,42 | 79,54 | 155,27 | 17,25 |

Cuadro 27. Valores de uniformidad de distribución (%) en riego a los 29 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 8,49 | 7,81 | 22,41 | 38,71 | 12,90 |
| TROPPER 3/4" | 8,41 | 7,43 | 12,13 | 27,97 | 9,32 |
| ROSI 3B 3/4" | 9,25 | 12,18 | 27,77 | 49,20 | 16,40 |
| Σ | 26,14 | 27,43 | 62,31 | 115,88 | 12,88 |

Cuadro 28. Valores de uniformidad de distribución (%) en riego a los 42 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 28,91 | 29,11 | 28,49 | 86,51 | 28,84 |
| TROPPER 3/4" | 8,55 | 29,49 | 10,86 | 48,90 | 16,30 |
| ROSI 3B 3/4" | 18,88 | 29,69 | 24,43 | 73,00 | 24,33 |
| Σ | 56,34 | 88,29 | 63,78 | 208,41 | 23,16 |

Cuadro 29. Valores de eficiencia de aplicación (%) en riego a los 12 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | \bar{X} |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 61,59 | 64,90 | 61,50 | 187,99 | 62,66 |
| TROPPER 3/4" | 71,87 | 79,25 | 70,73 | 221,84 | 73,95 |
| ROSI 3B 3/4" | 63,82 | 75,00 | 67,95 | 206,77 | 68,92 |
| Σ | 197,27 | 219,15 | 200,18 | 616,60 | 68,51 |

Cuadro 30. Valores de eficiencia de aplicación (%) en riego a los 21 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | X̄ |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 42,79 | 52,60 | 41,64 | 137,03 | 45,68 |
| TROPPER 3/4" | 57,68 | 60,30 | 67,99 | 185,96 | 61,99 |
| ROSI 3B 3/4" | 66,46 | 62,98 | 71,00 | 200,43 | 66,81 |
| Σ | 166,92 | 175,87 | 180,63 | 523,42 | 58,16 |

Cuadro 31. Valores de eficiencia de aplicación (%) en riego a los 29 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | X̄ |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 40,50 | 40,94 | 44,37 | 125,81 | 41,94 |
| TROPPER 3/4" | 48,03 | 62,92 | 59,85 | 170,80 | 56,93 |
| ROSI 3B 3/4" | 54,42 | 53,18 | 64,06 | 171,65 | 57,22 |
| Σ | 142,95 | 157,04 | 168,28 | 468,26 | 52,03 |

Cuadro 32. Valores de eficiencia de aplicación (%) en riego a los 42 días, en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | X̄ |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 -3/4" | 48,18 | 45,51 | 50,03 | 143,72 | 47,91 |
| TROPPER 3/4" | 79,82 | 79,25 | 75,13 | 234,20 | 78,07 |
| ROSI 3B 3/4" | 59,54 | 66,89 | 67,42 | 193,85 | 64,62 |
| Σ | 187,54 | 191,65 | 192,58 | 571,77 | 63,53 |

Cuadro 33. Valores de producción de pasto en volumen (Kg/ha), en la evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores, en parcelas con mezcla forrajera de pastos. Cayambe, Pichincha. UTB, FACIAG 2011

| TRATAMIENTO | REPETICION | | | Σ | X̄ |
|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | # 1 | # 2 | # 3 | | |
| SENNINGER 3023 - 2 - 3/4" | 1.214,09 | 1.131,41 | 1.688,41 | 4.033,92 | 1.344,64 |
| TROPPER 3/4" | 2.145,33 | 1.248,90 | 1.697,12 | 5.091,35 | 1.697,12 |
| ROSI 3B 3/4" | 1.731,93 | 1.153,17 | 1.501,30 | 4.386,39 | 1.462,13 |
| Σ | 5.091,35 | 3.533,48 | 4.886,83 | 13.511,66 | 1.501,30 |

Anexo 7. Gráficos de los Aspersores utilizados

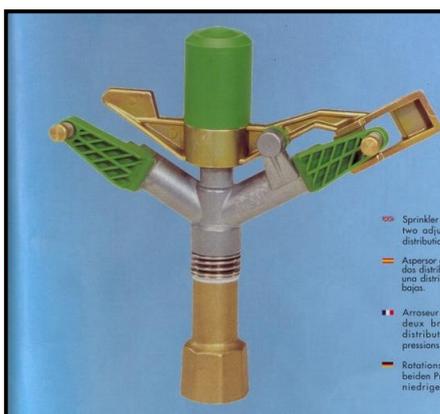
Senninger 3023 – 2 – 3/4"



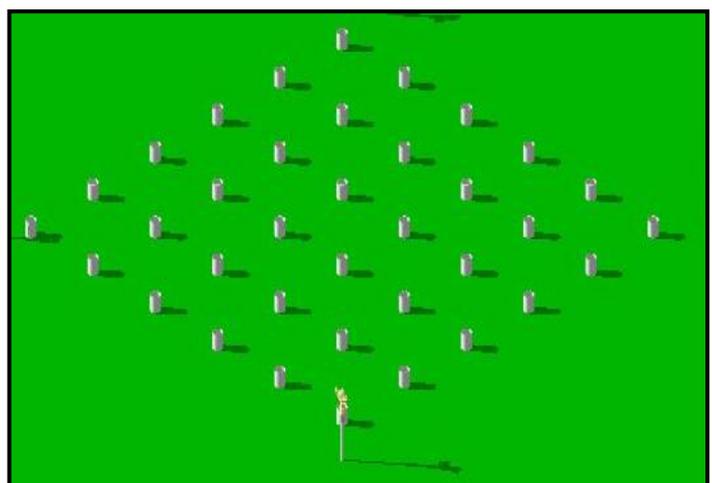
Tropper – 3/4"



Rosi 3B 3/4"

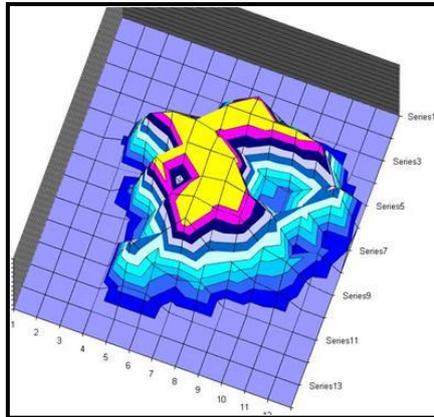


Pluviómetros en parcela de evaluación

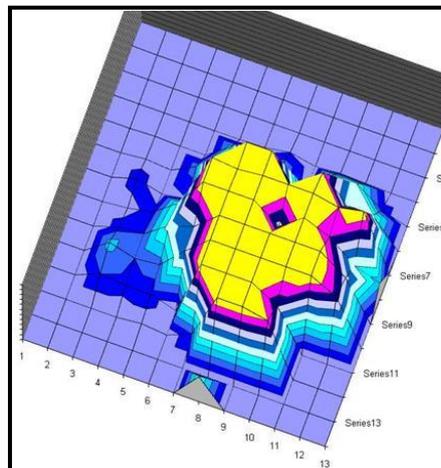


Anexo 8. Ejemplos de influencia del viento en uniformidad distribución de riego

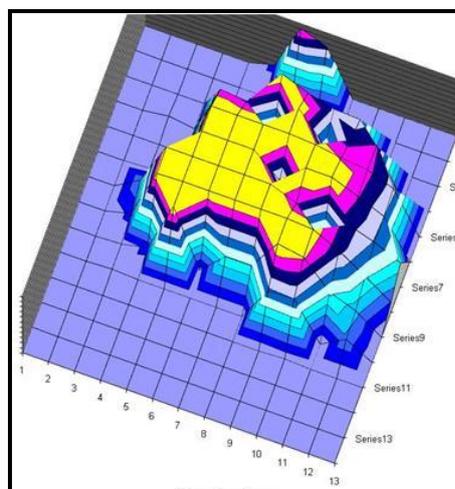
En parcela de evaluación con aspersor Senninger 3023 – 2 – $\frac{3}{4}$ ” en modelo tridimensional



En parcela de evaluación con riego aspersor Tropper $\frac{3}{4}$ ” en modelo tridimensional

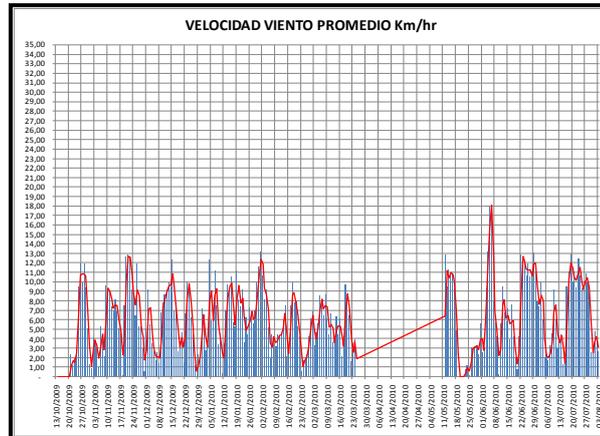


En parcela de evaluación con riego aspersor Rosi 3B $\frac{3}{4}$ ” en modelo tridimensional

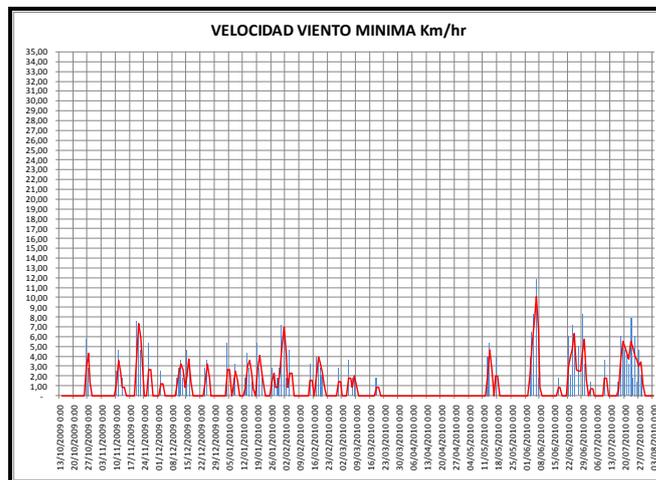


Anexo 9. Gráficos sobre Velocidad del viento

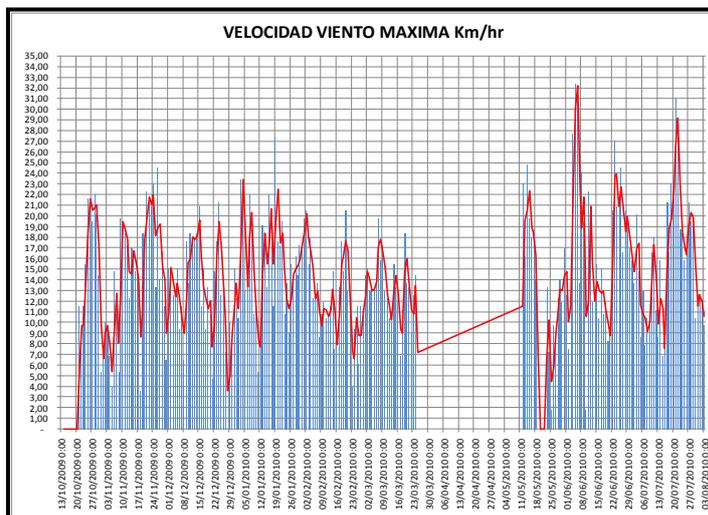
Velocidad promedio del viento en parcela de evaluación año 2010



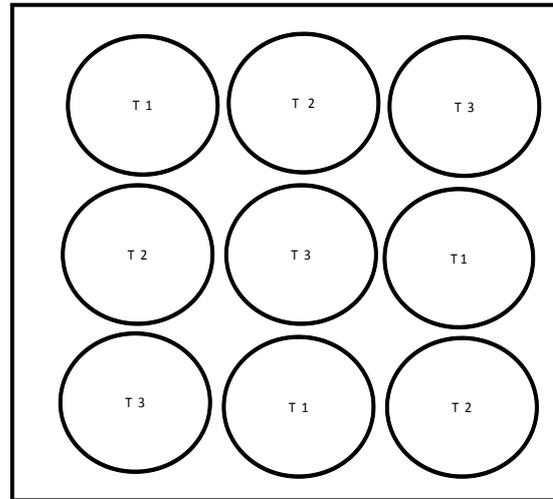
Velocidad mínima del viento en parcela de evaluación año 2010



Velocidad máxima del viento en parcela de evaluación año 2010



Anexo 10. Distribución parcela de ensayo



Anexo 11. Fotografías durante la investigación



Fig. 1. Parcela en preparación para siembra luego de arada



Fig. 2. Parcela en preparación para siembra luego de rastrada



Fig. 3. Parcela de pasto con semilla en proceso de germinación



Fig. 4. Tanque evaporímetro ubicado en parcela de evaluación



Fig. 5. Medición de agua lluvia desde pluviómetro en parcela de evaluación



Fig. 6. Equipo de medición de factores climáticos (viento, temperatura, humedad)



Fig. 7. Primer corte de pasto, previo a la evaluación del riego por aspersión



Fig. 8. Rótulo con nombre de la investigación



Fig. 9. Vista general del riego con 9 aspersores en parcela de investigación



Fig. 10. Instalación de pluviómetros en parcela de investigación



Fig. 11. Aforo de aspersores en parcela de investigación



Fig. 12. Calibración de presión hidrostática en tratamiento 1 SENNINGER 3023 -2 - $\frac{3}{4}$ "



Fig. 13. Calibración de presión hidrostática en tratamiento 2 TROPPER $\frac{3}{4}$ "



Fig. 14. Calibración de presión hidrostática en tratamiento 3 ROSI - 3B - $\frac{3}{4}$ "



Fig. 15. Aplicación del riego y recepción de agua en pluviómetros



Fig. 16. Medición de pluviometría de los aspersores receptada en cada pluviómetro



Fig. 17. Medición de la humedad del suelo con la ayuda de un barreno



Fig. 18. Ubicación de uno de los tensiómetros en parcela de investigación



Fig. 19. Lectura de medición de la relación de humedad del suelo con tensiómetro



Fig. 20. 2º corte de pasto, tomando muestras de 1 m²



Fig. 21. Medición del peso de la muestra de pasto en verde