



Facultad de Ciencias Agrarias

Tesis para Optar por el Título de Ingeniero Agrónomo

Establecimiento de un Sistema de Atención a Regantes en
la Empresa Agropecuaria Horquita.

Autora: Taimi Gonzáles Hernández.

Tutor: Msc. Reinaldo Pérez Armas

Curso 2014– 2015

Resumen.

Con el objetivo de establecer un sistema de asesoramiento a regantes para la Empresa Agropecuaria Horquita se desarrolló el presente trabajo en el periodo comprendido de enero del 2014 a mayo del 2015. Se desarrolló una investigación no experimental de tipo explicativa. Se realizaron observaciones, entrevistas y encuestas para diagnosticar el estado de la temática objeto del estudio. Se determinaron las necesidades hídricas de los cultivos principales de la Empresa Agropecuaria Horquita a partir de los datos aportados por el Centro Meteorológico Provincial y procesado con el Software CROPWAT. Se evaluó el comportamiento de los parámetros de explotación de las máquinas de pivote central 1, 3, 4, 9, 11, 16 y 22 procesando la información con el paquete Pluviopivot y se estableció un Sistema de Asesoramiento a Regantes partiendo de las características del suelo, el clima y el cultivo que deciden las necesidades de riego y el momento adecuado para su aplicación. Como resultados principales se obtienen: la determinación de las necesidades hídricas de los seis cultivos principales mostró las diferencias entre los requerimientos de riego que no siempre son tenidos en cuenta en la planificación del régimen de riego. Los sistemas trabajan con coeficiente de uniformidad de 77,8 y 88.4 % por lo que la calidad del riego es insatisfactoria y se dejó a los productores de la Empresa Agropecuaria Horquita con un Sistema de Asesoramiento a Regantes que les permite predecir el momento oportuno y la norma de riego según el cultivo y recomendaciones para perfeccionar la explotación del sistema

Palabras clave:

Sistema de asesoramiento a regantes, necesidades hídricas, pivote central, pluviometría, evapotranspiración.

Abstrac.

This paper, developed from January, 2014 to May, 2015, has as a main objective the establishment of an **irrigators' advising system** for the Horquita Agriculture Enterprises. In order to achieve this purpose several factors were taken into consideration such as the development of a non experimental research of explanatory type. Also, interviews, observations and surveys were realized to diagnose the situation existing in this area. Moreover, the hydric needs of the main crops at the Empresa were determined from the data provided by the Provincial Meteorological Center and processed with the CROPWAT Software. The behavior of the exploitation parameters of the 1, 3, 4, 9, 11, 16 and 22 central pivot machines was evaluated by processing the information with the Pluviopivot Software and an irrigators' advising system was developed by analyzing the characteristics of the soil, the weather and the crop which decide the needs of irrigation and the right moment for its application. The main results were: the determination of the hydric needs of the six main crops showed the differences between the irrigation's requirements that there are not always taken into account in the planning of the irrigation process. The systems worked with a uniformity rate of 77,8 and 88.4 %. Therefore the irrigation quality is not satisfactory an irrigators' advising system was given to the producers of the Empresa Agropecuaria Horquita. This system allows them to predict the right moment and the irrigation rule according to the crop. Also, it offers recommendations to improve the exploitation of the system.

Key words:

Irrigators' advising system, hydric needs, central pivot, pluviometry, evapotranspiration.

Índice

Introducción	1
I. Revisión Bibliográfica	4
1.1. Necesidades Hídricas	5
1.2. Máquinas de Pivote central	12
1.3. Sistemas de Asesoramiento a Regantes	17
II Materiales y Métodos	22
2.1. Cálculo de las necesidades hídricas	24
2.2 Evaluaciones de sistemas de riego	26
2.3. Sistema de Atención a Regantes	29
III Resultados y Discusión	31
3.1. Determinación de las necesidades hídricas de los cultivos bajo riego en la Empresa Agropecuaria Horquita	31
3.2. Evaluación del comportamiento de los parámetros de explotación de los sistemas de riego en la Empresa Agropecuaria Horquita	39
3.3. Establecimiento del SAR para la Empresa Agropecuaria Horquita	44
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Bibliografía	52
Anexos	55

Capítulo I: Revisión Bibliográfica.

1.1 Necesidades Hídricas.

Se entiende por necesidades hídricas de un cultivo como “el volumen de agua requerido para el proceso de evapotranspiración, desde la fecha de la siembra o plantación hasta el día de la recolección, cuando el contenido de agua en el suelo es mantenido suficientemente por las precipitaciones y/o riego, de tal forma que el agua no limita el crecimiento de las plantas o el rendimiento de los cultivos”.

Por tanto se puede aceptar que la Evapotranspiración de un cultivo determinado representa las necesidades hídricas de dicho cultivo.

La evapotranspiración de un cultivo se define como “la pérdida total de agua de una cubierta vegetal en forma de vapor a través de la evaporación y transpiración durante un intervalo de tiempo dado”.(Montero, 2000)

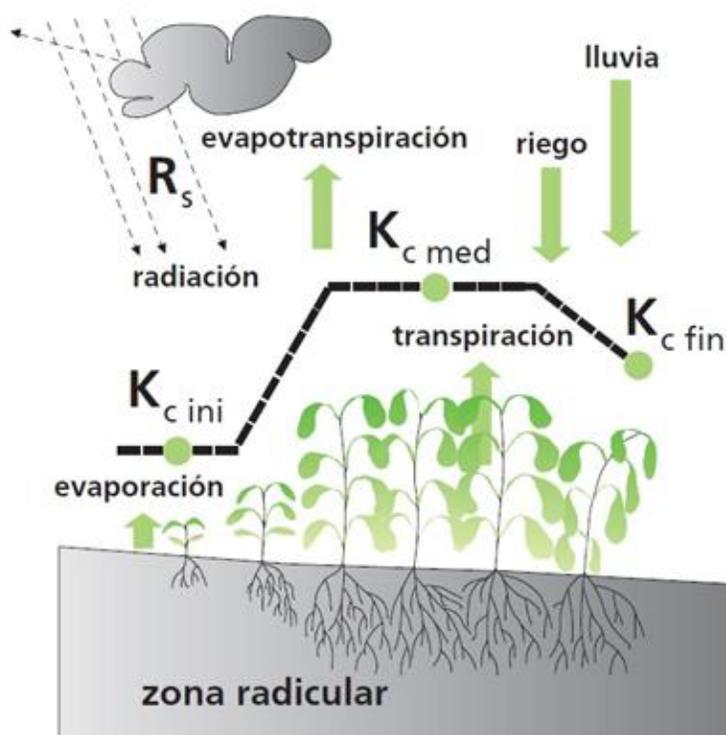


Fig.1: Evapotranspiración del cultivo.

1.1.1 Factores que afectan la evapotranspiración.

1.1.1.1 Variables climáticas.

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros.

1.1.1.2 Factores de cultivo.

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en áreas grandes y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas.

1.1.1.3 Manejo y condiciones ambientales.

Los factores tales como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. Otros factores que se deben considerar al evaluar la ET son la cubierta del suelo, la densidad del cultivo y el contenido de agua del suelo. El efecto del contenido en agua en el suelo sobre la ET está determinado primeramente por la magnitud del déficit hídrico y por el tipo de suelo. Por otra parte, demasiada agua en el suelo dará lugar a la saturación de este lo cual puede dañar el sistema radicular de la planta y reducir su capacidad de extraer agua del suelo por la inhibición de la respiración. Cuando se evalúa la tasa de ET, se debe considerar adicionalmente la gama de prácticas locales de manejo que actúan sobre los factores climáticos y de cultivo afectando el proceso de ET. Las prácticas del cultivo y el método de riego pueden alterar el microclima, afectar las características del cultivo o afectar la capacidad de absorción de agua del suelo y la superficie de cultivo.

Una barrera rompe vientos reduce la velocidad del viento y disminuye la tasa de ET de la zona situada directamente después de la barrera. El efecto puede ser significativo especialmente en condiciones ventosas, calientes y secas aunque la evapotranspiración de los mismos árboles podría compensar cualquier reducción en el campo.

1.1.2 Evapotranspiración de referencia (ET_o).

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_o. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. No se recomienda el uso de otras denominaciones como ET potencial, debido a las ambigüedades que se encuentran en su definición.

El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. Debido a que hay una abundante disponibilidad de agua en la superficie de evapotranspiración de referencia, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre la evapotranspiración. Al relacionar la ET a una superficie específica permite contar con una referencia a la cual se puede relacionar la ET de otras superficies. Además, se elimina la necesidad de definir un nivel de ET para cada cultivo y periodo de crecimiento. Se pueden comparar valores medidos o estimados de ET_o en diferentes localidades o en diferentes épocas del año, debido a que se hace referencia a ET bajo la misma superficie de referencia.

Los únicos factores que afectan ET_o son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ET_o es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ET_o expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Desde este punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de ET_o con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado debido a que aproxima de una manera cercana la

ET_o de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos.

1.1.2.1 Ecuación de Penman-Monteith.

El método de FAO Penman-Monteith fue seleccionado como el método por el cual la evapotranspiración de esta superficie de referencia (ET_o) puede ser inequívocamente determinada y con el cual se obtienen valores consistentes de ET_o en todas las regiones y clima.

La ecuación utiliza datos climáticos tales como:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad del viento:
- Radiación o de la duración real de las horas diarias de insolación

1.1.3 Evapotranspiración del cultivo (ET_c).

La evapotranspiración del cultivo se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas existentes.

La evapotranspiración de un cultivo (ET_c) será diferente a la de referencia (ET_o) en la medida en que sus características de cobertura del suelo, propiedades de la vegetación y resistencia aerodinámica difieran de las correspondientes al pasto. Los efectos de las características que distinguen al cultivo del pasto están incorporados en el coeficiente del cultivo (K_c). En la metodología del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando ET_o por K_c.

De acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_o y el coeficiente del cultivo K_c :

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Donde:

- ET_c evapotranspiración del cultivo [mm d^{-1}],
- K_c coeficiente del cultivo [adimensional],
- ET_o evapotranspiración del cultivo de referencia [mm d^{-1}].

La mayoría de los efectos de los diferentes factores meteorológicos se encuentran incorporados en la estimación de ET_o . Por lo tanto, mientras ET_o representa un indicador de la demanda climática, el valor de K_c varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando solo en una pequeña proporción en función del clima. Esto permite la transferencia de valores estándar del coeficiente del cultivo entre distintas áreas geográficas y climas.

1.1.4 Factores que determinan el coeficiente del cultivo (K_c).

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del coeficiente K_c . Por último, debido a que la evaporación es un componente de la evapotranspiración del cultivo, los factores que afectan la evaporación en el suelo también afectarán al valor de K_c .

1.1.4.1 Influencia de las etapas de crecimiento del cultivo en el K_c .

A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de

desarrollo del cultivo, el valor de K_c correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del período de crecimiento del mismo. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, mediados de temporada y de final de temporada.

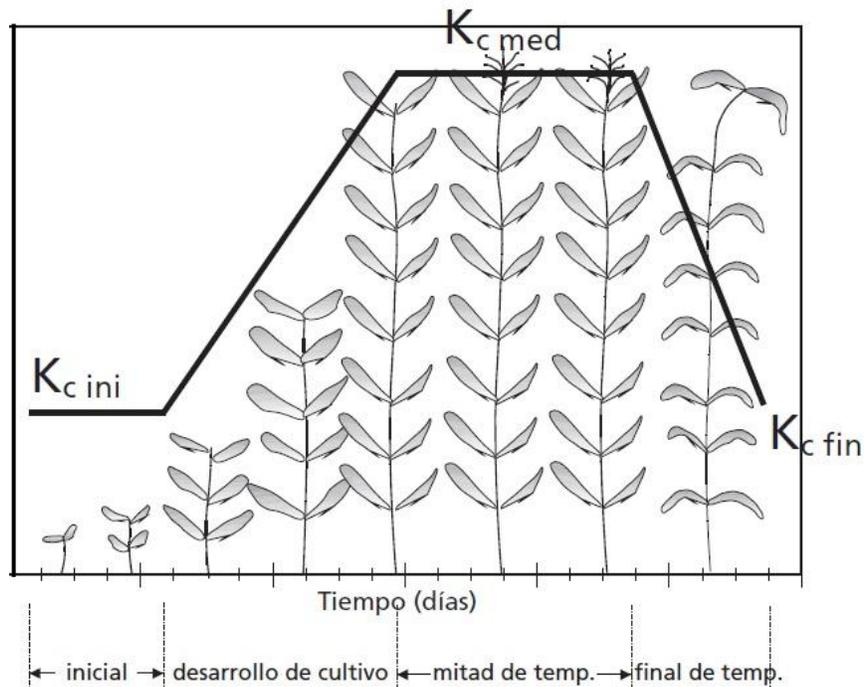


Fig. 2: Curva generalizada del coeficiente del cultivo.

(FAO, 2006)

1.1.5 Las Necesidades Hídricas en la Programación de Riego

Programación del riego, se define generalmente como, la determinación del cronograma y las cantidades de agua a suministrar, o como la definición de ciclos de riego. (Cisneros, 2009)

Según Faci (2012) una vez que se conoce las necesidades de riego del cultivo se pasa a programar los riegos, estableciendo las dosis e intervalos de riego, además plantea que el principio fundamental de una buena programación es que durante todo el ciclo del cultivo las necesidades hídricas del mismo deben estar cubiertas por el riego y lluvia sin que se produzca déficit hídrico. También plantea que en principio la programación utiliza los valores de la Evapotranspiración de referencia (ETo) la cual se

calcula a partir de variables meteorológicas (temperatura, humedad, viento y radiación solar) con el método de Penman–Monteith. Pero que a veces se utilizan sondas para el control de la humedad del suelo, las cuales brindan un importante apoyo.

La programación del riego se basa en el balance hídrico que toma en cuenta el suelo, los cultivos y el clima, porque los cultivos demandan diferentes cantidades de agua, dependiendo de las condiciones climáticas y de su desarrollo. Esto indica que la extracción de agua que realizan las plantas varía durante la estación de crecimiento. Por otra parte, el suelo es el agente almacenador o reservorio del agua disponible para ser extraída por los cultivos, y esta capacidad de almacenamiento es variable, dependiendo principalmente de la textura. El clima juega también un rol fundamental al condicionar la demanda de agua del cultivo o tasa de evapotranspiración. Como consecuencia de lo anterior, conociendo la cantidad de agua que puede almacenar ese suelo, y por otro lado, la cantidad de agua que ese cultivo extrae, por medio de datos climáticos principalmente, es posible conocer con qué frecuencia se debe regar. Se infiere además, que un cultivo no tiene una frecuencia de riego fija; esta variará con el tipo de suelo, la zona donde se desarrolla y con la etapa fenológica es que se encuentre.

Según lo anteriormente expuesto, la capacidad de retención de agua por unidad de volumen de suelo o humedad aprovechable, es uno de los factores más importantes en la programación de riego. Esta humedad aprovechable o disponible depende de características intrínsecas de suelo como: textura, estructura, pedregosidad, entre otras.

Por otra parte hay que tener en cuenta que para poder realizar una efectiva programación de riego, es necesario estimar la evapotranspiración o como bien se conoce necesidades hídricas. (Martín, 2010)

1.2 Máquinas de pivote central

Numerosos han sido los cambios ocurridos en la agricultura desde que en 1954 comenzó a girar la primera máquina de pivote central en el mundo. La gran cantidad de modificaciones que se han introducido desde entonces en estas máquinas ha propiciado su diseminación por todo el mundo sobre los más diversos suelos y cultivo con los más disímiles modelos. Esto ha posibilitado no sólo el riego; sino también la combinación con otras labores como la fertirrigación con el consiguiente ahorro de equipamientos e insumos, el incremento de la productividad y la eficiencia de las labores.

Las máquinas de pivote central, Definidas según Tarjuelo (1999) como ramales autodesplazables, donde el agua es aplicada a través de emisores localizados sobre o bajo una tubería elevada (aspersores de alta presión tipo impacto, de media presión tipo spray, wobblers, rotadores, spiners y de baja presión, LDN y LEPA). La tubería se divide en tramos, que son soportados por un número variable de torres automotrices que se desplazan en círculo sobre el terreno, alrededor del punto fijo denominado punto pivote (Martínez *et al.*, 2001).

La sustitución de los aspersores por boquillas difusoras en los pivotes marcó una nueva era en el riego con un notable incremento en la uniformidad, la eficiencia de riego y un uso más racional de la energía (Tarjuelo, 1999)

En Cuba, con más de dos décadas de experiencia en el uso de esta técnica, se riegan actualmente más de 25.000 hectáreas con máquinas de pivote de diferentes generaciones y modelos (IIRD, 2012).

A inicios del 1990 se comenzó a analizar la necesidad transformar las viejas máquinas existente con aspersores de impacto en máquinas con boquillas difusoras de baja presión debido a la creciente necesidad del ahorro energético, del consumo de agua y de hacer más eficiente la labor de riego (Domínguez *et al.*, 1998)

En los últimos años se ha popularizado en el mundo la utilización de boquillas que trabajan entre 10 y 18 m. c. a. (metros de la columna de agua) con un ahorro

considerable de energía. El modelo Spray es un emisor fijo de baja presión donde el agua al salir por la boquilla choca contra el plato estático que está ranurado formando un chorro de agua a una presión que oscila entre 4 y 18 m. c. a.

Existen varios tipo de platos que pueden proporcionar diferentes chorros de salida de agua (chorros fino, chorro medianos y chorro fuertes) debido a que la entrega de agua es fija la aplicación instantánea es alta y se recomienda en suelo de poca pendiente y alta velocidad de infiltración.

La última tecnología disponible en el mercado internacional es el rotatorio, sólo gira a una velocidad lenta debido a un freno en el plato y necesita una presión de operación superior, tiene un radio de alcance de más de 8 m, riega con una gota más grande y maneja el viento mejor que todos los emisores, presenta un coeficiente de uniformidad superior al 86%.

1.2.1 Ventaja y desventajas de las rampas giratoria ó máquina de riego por aspersión.

(Allen et al., 2000)

Ventajas:

- Permite un mayor control de riego.
- La obtención de una mayor uniformidad en la lámina de agua.
- Permite control fácil e inmediato de la precipitación aplicada en cada riego
- Es un sistema de alta frecuencia.
- Permite ahorros de la mano de obra o fuerza de trabajo.
- Permite el fertirriego.
- Brinda posibilidades de automatización total.
- Puede atender varios cultivos a la vez con diferentes normas de riego

Desventaja:

- Alto costo inicial por la compra del equipo.
- Consume alta cantidad energía.
- Es un equipo complejo que requiere personal especializado.
- Realiza riego circular, dejando relengos.
- Se necesita área libre de obstáculo para su explotación.

Estas desventajas pueden ser minimizadas o contrarrestadas con los incrementos de los rendimientos que generarán los cultivos atendidos con este sistema lo que permitirá recuperar con rapidez los costos de la inversión y los gastos de energía.

Una adecuada y sistemática preparación y capacitación del personal que operará con el sistema ayudarán a que lo conozca, lo evalúe y lo explote de manera eficiente. En cuanto a la problemática de los campos circulares y los realengos que la máquina deja se ha trabajado en modificaciones a la máquina que han incluido el acoplamiento de un brazo flexible al final, como si fuera un doble pivot, pues al acercarse a las esquinas se despliega el brazo y luego se recoge. Hay otras variantes como regar estas pequeñas áreas con sistemas portátiles o con sistemas de gravedad

El origen del riego con máquinas de pivote central se remonta a 1949 con la creación de las rampas giratorias construida en el estado de Nebraska (Estados Unidos), este sistema permitía el riego en círculos de gran radio prácticamente sin mano de obra, utilizándose una cantidad muy pequeña energía hidráulica para mover al equipo.

Así comenzó a girar el primer modelo rústico de accionamiento hidráulico y que posteriormente fue perfeccionado. Existen en la actualidad más de 10 millones de hectáreas regadas con la técnica de pivote central en el mundo.

En 1977 se introdujo en Cuba los primeros pivotes que fueron los de la marca "Fregat" (de tracción hidráulica), procedentes de la antigua URSS, los que muy pronto se convirtieron en una técnica aceptada por los productores y generalizada en todo el país. Al principio se beneficiaron 469. 7 ha y diez años después ya existían 209

máquinas regando 3 247. 64 hectáreas, en los finales de la década de los 80 y principios de los 90 se llegaron a tener en explotación 1 200 máquinas.

El máximo de superficie regada por esta técnica de riego fue alcanzado en 1992, cuando se superaron las 43 mil hectáreas. A partir de este año se inicia una reducción paulatina del área bajo riego a consecuencia de la crisis económica que atravesó el país. Al iniciar la presente centuria y más aún en los últimos 5 años, se han operado cambios cualitativos en estos sistemas de riego que apuntan a una mayor eficiencia en el empleo de esta técnica de riego y una contribución importante al medio ambiente en varios aspectos.

La separación entre las torres varía de acuerdo a los diferentes tipos de máquinas y modelos, por lo general la separación mínima es del orden de los 25 metros y la máxima 75 metros aunque es frecuente encontrar las de 30 metros y 38 metros, por ejemplo la firma VALLEY en el modelo 8120 utiliza tramos entre 43 metros y 60 metros. Los modelos de tramos largos resultan más económicos debido a que la torre es uno de los elementos más costosos del sistema.

Durante el tiempo transcurrido desde la instalación de la primera máquina de pivote central en Cuba hasta la actualidad han pasado por nuestros campos varias generaciones, modelos y marcas o prototipos entre ellas se encuentran: la Fregat, Valmont, Agrocaja, Valley, Kuban, Nieper, entre otras hasta llegar a las actuales Western, Urapivot, Ballama, etc,. Aunque en extensión, el área regada con estas máquinas representa un 7 % del área total del país, es importante señalar que un monto significativo de las inversiones de riego recae sobre dichas máquinas, encargadas de garantizar el riego del 70 % del área que se siembra de papa y que además, están ubicadas sobre los suelos más productivos del país.

Estas máquinas logran relativamente altas uniformidades de aplicación de agua debido al movimiento continuado del sistema de aspersion, logran hacer buenos manejos del riego y aplicaciones oportunas del agua, fertilizantes y otros productos químicos, amplio rango de intensidades que se traduce en aplicación de diferentes láminas de riego a

través del ciclo fonológico del cultivo, aplicación rápida de láminas ligeras de riego los cuales son beneficiosas en la germinación de las semillas (González, 2005).

En los últimos 12 años el comportamiento de las áreas regadas con máquinas de pivote central en la agricultura no cañera ha estado marcado por cambios cuantitativos y cualitativos.

A pesar de las limitaciones económicas, las inversiones y estrategias que se han estado llevando a cabo en el riego de las máquinas de pivote central reducen de forma considerable ciertos impactos negativos del riego sobre el medio ambiente, además de tener una marcada influencia sobre el incremento de los rendimientos agrícolas y la eficiencia económica de la labor.

Aunque no se reportan estudios que cuantifiquen sus aportes, la modernización de las máquinas de pivote central ha permitido importantes beneficios a los ecosistemas.

1.2.2 Evaluación de la uniformidad y calidad del riego con las máquinas de pivote central.

La evaluación técnica de una máquina de pivote central, considera entre otros aspectos, la determinación de dos coeficientes que reflejan la calidad del riego y que se asocian a la uniformidad del cultivo (Rodríguez y Troncoso, 2005). Estos son la Uniformidad de Distribución, indicador de la magnitud de los problemas en el proceso de aplicación de agua y el Coeficiente de Uniformidad de Heerman y Hein. Este último, corresponde a una modificación del Coeficiente de Christiansen, donde cada pluviómetro representa una corona circular de área creciente a medida que se aleja del punto pivote (Hermann y Hein, citado por Pacheco, 2006).

La evaluación de las máquinas de riego de pivote central, resulta necesaria para conocer con exactitud el comportamiento real de los parámetros de funcionamiento y con ello decidir el régimen más adecuado para su operación. Generalmente, un conjunto de evaluaciones pluviométricas proporcionan la información necesaria para interpretar el funcionamiento de la máquina, relacionándola con otros elementos que afectan la uniformidad del riego como la velocidad y dirección del viento, la

temperatura, la humedad del aire, la altura de la boquilla o emisor, el grado de desarrollo del cultivo, entre otros.

Las máquinas de riego de pivote central logran relativamente altas uniformidades de aplicación de agua debido al movimiento continuado del sistema de aspersión, logran hacer buenos manejos del riego y aplicaciones oportunas del agua, fertilizantes y otros productos químicos, amplios rangos de intensidades de aplicación que se traduce en aplicación de diferentes láminas de riego a través del ciclo fonológico del cultivo, aplicación rápida de láminas ligeras de riego las cuales son beneficiosas en la germinación de las semillas (González, 2005).

El análisis del comportamiento real de un sistema de riego permite:

- Identificar las deficiencias de diseño y de funcionamiento del sistema, y consecuentemente, las alternativas a realizar para corregir las condiciones de la explotación.
- Determinar los niveles de eficiencia del sistema referidos a la aplicación y uniformidad de distribución de agua, y su comparación con los niveles potenciales admitidos
- La obtención de datos que conduzca a la mejora de la concepción de futuros sistemas semejantes
- Hacer acopio de información en relación a la comparación de distintos métodos, sistemas de distribución y condiciones de operación en bases económicas, con el fin de determinar su validez
- La evaluación de la normativa que rige el funcionamiento del sistema de riego, y la propuesta de las mejoras oportunas, en su caso.

Para el análisis hidráulico de estas máquinas existen en el país varios programas como por ejemplo el “**Pivot**” referido por González y Navarro (1999) y el “**Simufre**” referido por Pérez (1998), los cuales como resultado ofrecen las soluciones para mejorar la distribución del agua. El análisis hidráulico, sin embargo, debe estar siempre acompañado de una correcta evaluación pluviométrica.

1.3- Sistema de Asesoramiento al Regante (SAR).

Los Sistemas de Asesoramiento al Regante (SAR) surgen en España en 1999; son sin duda una de las herramientas más interesantes para hacer del regadío una actividad sostenible, al tener como finalidad principal la mejora en la eficiencia en el uso y la gestión integral del agua de riego. Además de que aumentan las capacidades y la concienciación de los agricultores, disminuyendo los costos de producción y minimizando los impactos ambientales negativos del riego, contribuyendo así a la sostenibilidad de la agricultura de regadío. En áreas donde el agua es escasa y cara es donde los SAR son más estrechamente seguidos por los agricultores y donde los resultados de la mejora de los regadíos son más significativas. Sin embargo existen limitaciones técnicas, sociales y económicas importantes que hay que superar para conseguir alcanzar los objetivos de un SAR.

1.3.1 Objetivos del SAR

- Responder a las demandas tecnológicas de los regantes ante la consolidación y mejora de los regadíos.
- Asesorar a los regantes sobre el manejo del riego en función de la tecnología existente, del sistema utilizado, del estado del cultivo y de los suelos.
- Crear y difundir una base de datos de necesidades de agua de los principales cultivos a nivel local y suministrar a los agricultores las bases para una programación óptima del riego.
- Mejorar el medio ambiente ligado a los regadíos y asegurar su adaptación a la normativa vigente.
- Apoyar la mejora en la gestión técnico-económica de las Comunidades de Regantes para favorecer el uso eficiente de los recursos agrarios, y principalmente del agua.

Estos objetivos deben alcanzarse actuando de modo integrado con el agricultor, haciéndole partícipe de las soluciones ofrecidas, suministrándole una información que le sea útil, y contribuyendo, en la medida de lo posible, a complementar su formación en aquellos temas que le sean necesarios, de modo que el agricultor disponga de las suficientes herramientas para tomar las decisión que le corresponde como empresario responsable de la gestión de su explotación.

Cabe destacar que este tipo de iniciativas contribuyen a preservar y mejorar el valor patrimonial de los recursos naturales, entre otros de los recursos hídricos, al:

- Poner en marcha herramientas de gestión, de información, de educación y de sensibilización adecuadas para realizar un uso racional del agua en el regadío y atender la demanda creciente, tratando de no producir un freno en las actividades económicas, pero contemplando el regadío como una actividad sostenible.
- Fomentar el intercambio de información y experiencias de buenas practicas agrícolas que permitan disminuir, entre otros, la posible contaminación difusa de los regadíos por fertilizantes y otros agroquímicos, contribuyendo a la integración de políticas sectoriales
- Contribuir a reducir el exceso de explotación hidrológica, tanto por insuficiencia de recursos como por exceso de demanda.
- Favorecer el acercamiento de los responsables de la gestión patrimonial y medioambiental (Administraciones Públicas, Universidades, usuarios).

1.3.2 El proceso de implantación de un SAR.

En su inicio de actividades, todo SAR se sustenta en cuatro pilares fundamentales:

- La programación de los riegos (PR).
- La optimización del diseño y manejo de los sistemas de distribución y aplicación del agua en la parcela.
- La divulgación de la información.
- La formación de técnicos y regantes.

Una vez consolidados, los SAR pueden ampliar su campo de tareas al conjunto de técnicas que intervienen en el proceso productivo agrícola:

- Asesoramiento sobre la fertilización de los cultivos, así como la elaboración y la divulgación de programas de abonado.
- Planificación de cultivos en explotaciones agrícolas con limitaciones en la disponibilidad de agua y otros medio de producción, mediante la utilización de modelos de ayuda a la toma de decisiones que buscan el manejo del riego y el abonado, que conduce al óptimo económico en una agricultura sostenible.
- Asesoramiento sobre el manejo de suelos y aguas salinas.
- Seguimiento y control de la fertilidad de los suelos y de la calidad de las aguas de riego.
- Divulgación de técnicas culturales eco-compatibles.

1.3.3 Necesidades del SAR.

La implantación de un SAR exige, además de contar con los medios humanos, equipos y metodologías idóneas, conocer en profundidad el entorno agronómico en que va a desarrollar sus actividades (Ortega *et al.* 2005, English, 2002), pudiendo concretarse en los siguientes aspectos:

- El clima local y las condiciones climáticas de la campaña agrícola. Las estaciones meteorológicas automáticas, constituyen un pilar importante en las estrategias de asesoramiento que optimizan el uso del agua. El SAR ha de disponer de una amplia red de información agroclimática de calidad que abarque la mayor parte de la superficie regada. Una serie histórica de datos es también imprescindible para poder establecer calendarios medios y realizar previsiones de Programación de Riego.
- La naturaleza de los suelos de la zona, de las explotaciones piloto y de las parcelas de los agricultores colaboradores.
- El origen, la disponibilidad y la calidad del agua de riego.

- Los sistemas de producción, con sus sistemas de cultivo e itinerarios técnicos de las distintas actividades agrícolas dominantes en la zona. También, es necesario conocer sus producciones medias, el coste del agua, los costes de explotación, los ingresos bruto, los márgenes brutos y el beneficio neto de cada actividad agrícola.
- Los sistemas de riego utilizados: materiales, características, condiciones de funcionamiento, etc. Esta información es imprescindible para planificar las evaluaciones de las instalaciones de donde sacar información de base para la mejora y la programación del riego.
- Los programas de mantenimiento y conservación de las infraestructuras de riego.
- Las necesidades de los agricultores y los problemas del manejo del riego: estado de los sistemas de riego y del proceso de aplicación del agua en parcela, criterios de programación de riegos utilizados, relaciones con la Comunidad de Regante, Cooperativa, formación técnica del regante, tamaño de las parcelas. (Tarjuelo, 2007)

1.3.4 Desarrollo de los Sistemas de Asesoramiento a Regadores en Cuba.

En Cuba el riego y el drenaje son imprescindibles para tener producciones de calidad, es por ello que no podemos renunciar a su ejecución. Por otra parte la mecanización masiva del riego, mediante la extensión de las máquinas de pivote central y otras, aunque logran elevadas productividades de áreas regadas por hombre, muestran signos de poca efectividad agrícola y baja eficiencia en el uso del agua, que están relacionada generalmente a su empleo incorrecto y al desconocimiento del modo de operar estas tecnologías, una de las vías para mejorar esta situación es a través de los SAR. En nuestro país se pretende poner en funcionamiento este servicio y ya se cuenta con algunas experiencias, las que están propiciando un flujo de información y conocimientos.

La situación actual y perspectiva que presenta la economía cubana es muy compleja y la nación tiene numerosas necesidades de capital, mercado, tecnologías y una gran urgencia de elevar la competitividad (Zamora y Chaterlán, 2003).

En el período comprendido desde el 2004 hasta el 2007, se desarrolló un proyecto de investigación titulado Servicio de Asesoramiento al Riego en la provincia de La Habana, como parte del mismo Cisneros (2005) presentó parte de los resultados de este trabajo donde a partir de un levantamiento realizado en una de las empresas piloto se pudo conocer algunos de los factores que estaban incidiendo en un mal aprovechamiento de los recursos agua y energía unido a un bajo rendimiento, después de un trabajo de asesoramiento al riego en la empresa que incluyó evaluaciones de campo de diferentes sistemas de riego, recomendaciones del manejo de agua en el cultivo la papa y capacitación fundamentalmente, se lograron mejorías en cuanto al uso racional del agua, el trabajo arribó, entre otras, a las siguientes conclusiones:

- Cuando se cumple con las recomendaciones dadas a través del servicio de asesoramiento (SAR), se estima que se puede llegar a conseguir un ahorro de agua para riego entre un 4 y un 10 % en la campaña, con una reducción considerable de los costos asociados al riego.
- Durante las dos campañas estudiadas la programación del riego, aun cuando no se cumplió en su totalidad, sirvió como punto de referencia del manejo del agua en las condiciones actuales, con la obtención de resultados aceptables en los rendimientos.
- Es imprescindible una mayor integración entre agricultores y el SAR para lograr elevada efectividad del servicio y una explotación óptima del sistema de riego.
- Con el avance hacia una agricultura sostenible y compatible al medio ambiente, se ha convertido en una labor imprescindible el uso eficiente del agua y con ella el riego. El costo de la energía cada vez mayor ha hecho que se utilice más racionalmente el ahorro del consumo energético durante el riego. Por otro lado, el reparto más eficaz del agua tiene una gran repercusión en el uso eficiente del recurso que notoriamente es cada vez más escaso, incrementándose los rendimientos de las cosechas y reduciéndose, o incluso eliminándose, otros efectos no deseados de un riego ineficaz; como por ejemplo, la contaminación de acuíferos.

Así mismo, no hay que olvidar la labor tan importante que realizan las Universidades, los centros de investigación, y los servicios de extensión, en particular los de asesoramiento a los regantes, a la hora de ayudar a éstos a controlar los aportes de agua a los cultivos, informando sobre cuándo y con qué volúmenes se debe regar, para alcanzar los rendimientos deseados.

Otra experiencia sobre el SAR, fue llevada a cabo en la provincia de Villa Clara por Pacheco (2008) donde después de prestar varios servicios en temas de riego a diferentes empresas entre los que se encontraba la evaluación de diferentes maquinas de riego de pivote central, le permitió conocer el estado de funcionamiento y realizar recomendaciones pertinentes en función de mejorar la calidad del riego unido a un uso eficiente del agua. A través del mismo proyecto logró establecer un mecanismo para brindar la información de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) a diferentes municipios con una frecuencia semanal y cada 10 días acorde con las facilidades brindadas por la emisora de radio CMHW de Villa Clara lo que constituye un paso de avance en la forma de poner disponible una información útil a los regadores.

En un trabajo desarrollado por Leyva (2008), donde se utiliza el SAR como vía para la extensión agraria, en la empresa “Miguel Soneira” del municipio Güines, provincia Mayabeque, la autora plantea que el SAR, puede constituir una vía del trabajo de la extensión Agraria en la Empresa de Cultivos Varios, luego de su perfeccionamiento a partir de las recomendaciones dadas, mas adelante añade que entre las principales amenazas que influyen en un mejor desarrollo del SAR en la Unidades evaluadas, son la inestabilidad en el suministro en tiempo de los insumos básicos, envejecimiento del personal vinculado al área y competitividad de otros sectores. Por último recomienda, desarrollar en la ECV “Miguel Soneira”, un plan de acciones el cual puede constituir un elemento para potenciar el seguimiento y profundización del trabajo del SAR, y de forma general contribuir en la extensión de este sistema hacia otras Empresas dentro del Ministerio de la Agricultura unido a un perfeccionamiento del Servicio de Asesoramiento al Regante con la inclusión de extensionistas integrales y la participación directa de los medios locales de difusión radial y escrita.

La formación de técnicos, gestores del agua y regantes es una actividad que necesariamente debe acompañar a toda iniciativa para la mejora del uso del agua en los regadíos. Actualmente se desarrollan actividades formativas dirigidas a técnicos y a regantes, ligadas al proceso de apoyo a los Servicios de Asesoramiento locales en implantación. Estas actuaciones revisten distinta forma en función de las necesidades del colectivo al que se dirigen: Cursos presenciales para regantes y para técnicos, charlas, jornadas de especialización para técnicos.

Un punto de considerable interés e importancia para lograr el objetivo de posibilitar un uso más eficiente del agua, lo constituye la recomendación de la dosis de riego más adecuada para los diferentes cultivos. En este sentido, el Servicio de Asesoramiento al Regante ha comenzado a ofrecer recomendaciones de riego para varios cultivos, en específico la papa, y los cultivos de interés para diferentes zonas regables de la provincia La Habana.

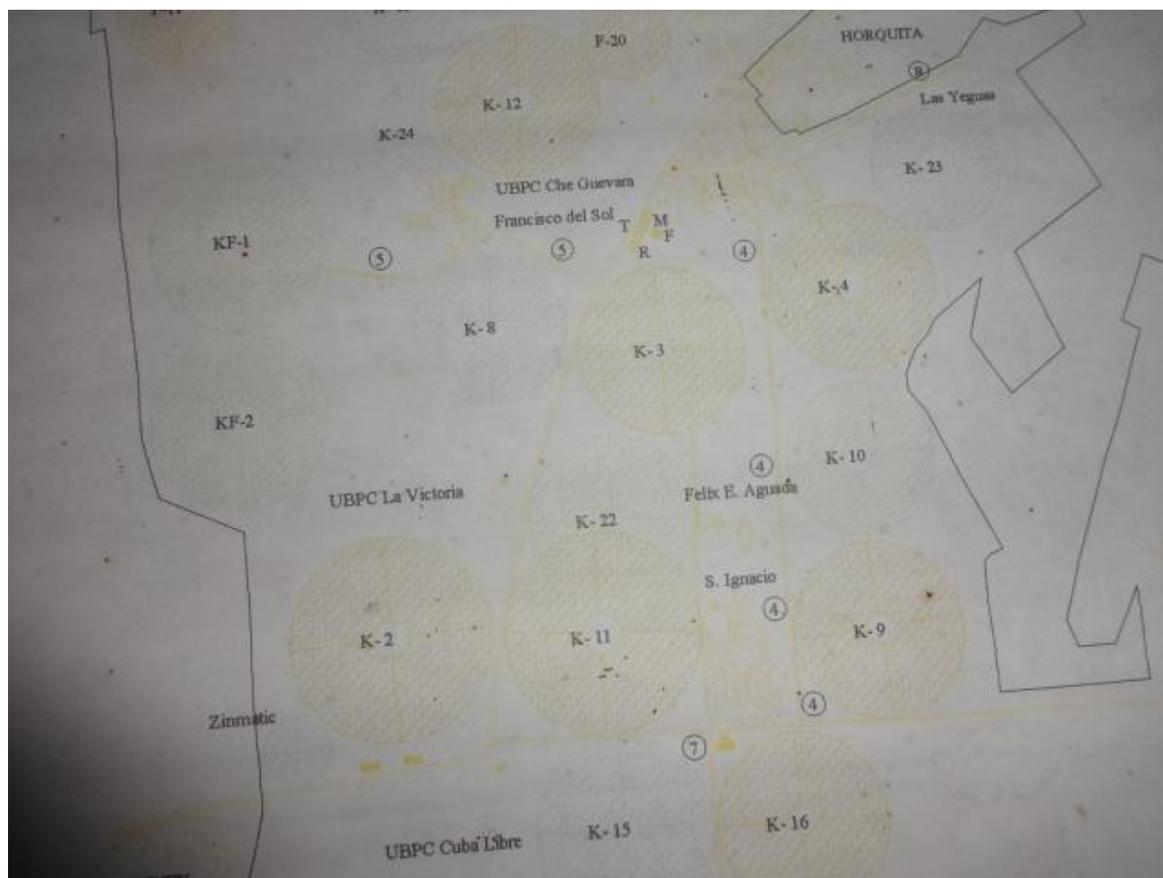
A pesar de los importantes esfuerzos que se están realizando en nuestro país para poner en funcionamiento este importante servicio, existen varias limitaciones para su desarrollo presente y futuro que es importante conocer. Estas limitantes, que incluso, pueden amenazar su existencia, como plantea Tarjuelos (2001), pueden ser de naturaleza muy diversa: política, económica y técnica. Algunas de ellas surgen con el mismo inicio del servicio y otras surgen en su desarrollo, pudiendo llegar a constituir un freno en su eficacia. Entre ellas, cabedestacar:

- La supeditación de los SAR a las decisiones estatales de financiamiento.
- La escasa o nula participación de las entidades productivas del sector cooperativo que se benefician del servicio en su financiación, aunque sea parcial.
- La posible “burocratización” de la ejecución de una parte de sus cometidos.
- La posible falta de contrastación *in situ* de la información de base agronómica necesaria, lo que merma el soporte científico- técnico y el rigor de las metodologías utilizadas en la programación del riego. Para evitarlo, es preciso mantener un mínimo número de técnicos de campo que visiten las zonas regables donde se aplica el servicio.

- La posible falta de idoneidad en la ubicación de las estaciones agroclimatológicas dentro de las áreas regables y en condiciones, a veces, no estandarizadas.
- La posible falta del adecuado mantenimiento de dichas estaciones, en lo que se refiere a la calibración, limpieza y reposición de los sensores de medición, y al mantenimiento de la cubierta vegetal sobre las que se sustentan.
- La deficiente conexión entre los beneficiarios (usuarios) y los técnicos responsables del servicio. (Cisneros 2011).

Capítulo II: Materiales y Métodos.

La investigación se realizó en la Empresa Agropecuaria Horquita ubicada en el municipio de abreus, provincia Cienfuegos, la misma se dividió en 2 etapas, la primera fase del estudio se realizó desde enero a diciembre del 2012 el cual fue de toma de datos y observación de las variables climáticas y la segunda fase del análisis y evaluación que fue entre enero hasta mayo del 2014.



El estudio abarcó la distribución representativa de los valores medios diarios anuales de temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento. El comportamiento de las variables climáticas se tomó del Centro Meteorológico Provincial a partir de lo reportado por la Estación Meteorológica de Aguada de Pasajeros.

Del Departamento Provincial de Suelo se tomó la caracterización de los suelos predominantes de la unidad objeto de estudio.

	UBPC VICTORIA DE GIRÓN	Granja 7	UBPC Libre Cuba	UBPC La Victoria
Tipo de suelo	Ferralítico-rojotípico	Ferralítico-rojotípico	Ferralítico-rojotípico	Ferralítico-rojohidratado
Profundidad efectiva (cm)	208 y 50	50	208-145	63
Capacidad de campo (% pss)	24,4	35	35	34
Coefficiente de marchitez (% PSS)	13,3	22.1	23	20.5
Límite productivo (% pss)	19,54	28	28	27.2
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	2,4	1.3	1.3	1.12
Velocidad de infiltración (mm.h ⁻¹)	51	45	40	28
Máquinas	4 y 9	16	3,11 y 22	1

En el trabajo se emplearon métodos del nivel teórico como: el analítico-sintético, el inductivo-deductivo y el histórico lógico. Del nivel empírico se emplearon la encuesta, entrevistas, observaciones y mediciones en el lugar y del nivel matemático se empleó el procesamiento de información con los Softwares Pluviopivot y CROPWAT, cálculo de medias.

2.1 Cálculo de las necesidades hídricas.

La metodología seguida por el SAR para el cálculo de las Necesidades Hídricas de los cultivos es el propuesto por la FAO en el 2006.

Se determinaron cuáles eran los cultivos principales bajo riego en la unidad objeto de estudio, con los cuales se trabajó en la determinación de las necesidades hídricas.

Para conocer la evapotranspiración y por tanto las necesidades hídricas se realiza el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o), que permite predecir los efectos del clima en la Evapotranspiración del Cultivo (ET_c). Para el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) utilizamos el software CROPWAT (FAO, 2006), este programa se fundamenta en el empleo de la fórmula de Penman-Monteith que se basa en la relación que existe entre la radiación solar y la evapotranspiración.

$$ET_o = \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{10}{L} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{90}{T + 275} u_2 (e_s - e_a) \right]$$

Ecuación de Penman-Monteith.

Donde:

- ❖ ET_o: evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)
- ❖ γ^* : Constante psicométrica modificada utilizada en el método de Penman-Monteith (mbar/°C)
- ❖ $e_s - e_a$: déficit de presión de vapor (mb)
- ❖ e_s : presión de vapor a saturación a la temperatura promedio del aire (mb)
- ❖ e_a : presión de vapor tomada a la temperatura a punto de rocío (mb)
- ❖ L: calor latente de vaporización (cal/gr)
- ❖ γ : constante psicométrica
- ❖ Δ : pendiente de la curva de presión de la saturación de vapor a una temperatura específica (mbar/°C)
- ❖ R_n : energía de radiación neta (cal/(cm² día))

- ❖ T: temperatura promedio ($^{\circ}\text{C}$)
- ❖ G: flujo termal del suelo (cal/cm^2)

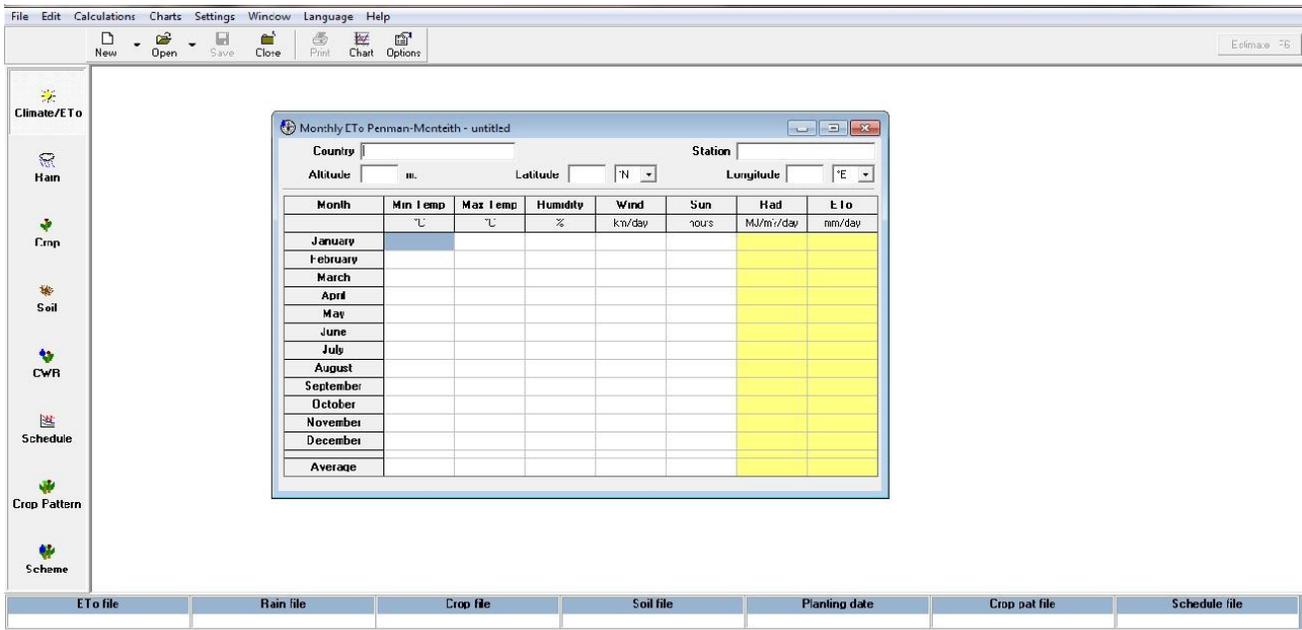


Figura 3: Ventana principal del Software para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia, CROPWAT.

Conocida la ETo y con los valores de Kc de los distintos cultivos presentes en la unidad productiva objeto de estudio, se calcula la Evapotranspiración del cultivo y por tanto, las necesidades hídricas de los mismos a partir de la expresión:

$$ET_C = ET_o \times K_c$$

Donde:

- ❖ Etc: evapotranspiración del cultivo
- ❖ Kc: coeficiente del cultivo
- ❖ ETo: evapotranspiración de referencia

2.2 Evaluaciones de equipos de riego.

El objetivo que se persigue con las evaluaciones de los equipos de riego es el informar a los regadores de las características de funcionamiento de los equipos, detección de posibles fallos, información de dotaciones reales, uniformidad de distribución del agua,

criterio de la calidad del riego, para poner en manos del agricultor un informe detallado del estado de funcionamiento de su sistema.

La evaluación de las máquinas de pivote central (pivots) sigue la metodología propuesta en las normas internacionales ISO-11545 (2002) y ANSI/ASAE STANDARDS S 436 (1995).

El material necesario para realizar una evaluación completa es:

- Un número de pluviómetros suficientes en dependencia de la longitud de la máquina.
- Unacintamétrica
- Un cronómetro
- Manómetro calibrado para control de la presión en los puntos fijados.
- Probetas
- Anemómetro
- Termómetros (de bulbo húmedo y seco)
- Evaporímetro
- Registro de campo

Se eligió la zona de la evaluación, sin que el porte del cultivo influyera en la captura del agua por los pluviómetros. Para este estudio siempre se escogió uno de los viales de acceso al pivot para la colocación de los pluviómetros.

En la zona de ensayo se midió la separación entre torres, conociendo así cual era la longitud del pivot hasta la última torre y la longitud del alero, y por tanto la superficie regada.

Seguidamente se dispuso los pluviómetros siguiendo la dirección de un radio, comenzando desde el centro del pivot. La separación entre los pluviómetros en el radio fue de 1.5 m.

Se prescindió de los primeros 22 pluviómetros adyacentes al centro pivot (representando este un 13,2 %), sin que por ello se produjera efectos adversos en la evaluación.

Los pluviómetros se colocaron lo suficientemente lejos del pivot con el fin de que cuando el frente mojado llegara a los pluviómetros el pivot esté funcionando en su régimen normal y en plena carga. Siempre se tuvo en cuenta la velocidad y sentido de giro de la cabeza del pivot.

Los parámetros que se midieron en el campo fueron:

- ❖ La velocidad media de desplazamiento de la última torre: para ello se determinó el tiempo que tardó el equipo en recorrer una distancia previamente establecida.
- ❖ La presión fue medida en la cabeza del pivot con el manómetro.
- ❖ Se comprobó las características de la máquina (marca, modelo, nº de boquilla, altura de la boquilla).
- ❖ Se verificó la distribución de boquillas en cuanto a la separación entre ellas y el tipo de acuerdo a la posición que ocupan en la máquina.
- ❖ Se midió el volumen de agua recogida en los pluviómetros, comenzando por los situados en el extremo de la parcela, que son por los que primero pasó el pivot. Justo antes de iniciar la lectura se midió uno de los pluviómetros de evaporación y el otro cuando se terminó la recogida de agua de los pluviómetros.

Durante el tiempo de la evaluación, se tuvo en cuenta las condiciones climáticas, midiendo en intervalos de 15 minutos la temperatura, la humedad relativa y la velocidad y dirección del viento, así como la evaporación existente durante el proceso de riego y de lectura.

Durante el ensayo se hicieron distintas observaciones de interés para el estudio, tanto del equipo, como del terreno. Se chequeó el modelo de los emisores para ver si éstos llevaban reguladores de presión, si existían algunos emisores obstruidos y/o para ver el efecto del goteo continuo por las juntas de unión de la tubería o por la parte baja de los

tirantes, así mismo para observar cualquier otra anomalía que pueda comprobarse, tipo de terreno y la posible escorrentía o encharcamiento.

Posteriormente con todos los datos recogidos en el campo se procesó la información con el software Pluviopivot que permitió obtener los siguientes parámetros:

- Pluviometría media recogida al nivel del suelo.
- Pluviometría media recogida en el 25 % de la superficie de la parcela menos regada.
- Eficiencia de recogida.
- Uniformidad de distribución.
- Superficie que recibe un 15 % por encima y por debajo de la altura media recogida.
- La superficie bien regada.
- Coeficiente de uniformidad de Heermann y Hein. Calificándolos según la siguiente graduación (Tarjuelos, 2005):
 - ❖ Menor del 80 %: riega mal
 - ❖ Entre 80 y 85 %: puede mejorar
 - ❖ Entre 85 y 90 %: riega bien
 - ❖ Mayor de 90 %: riega muy bien

2.3 Sistema de Atención a Regantes.

Para el establecimiento del SAR se realizaron varias tareas, como:

- ❖ Se diagnosticó la determinación del momento de riego y la dosis de agua que se aplica a los diferentes cultivos, para lo que se aplicó una encuesta al técnico de riego y a los operadores de las unidades objeto de este estudio. (Ver Anexo 1).
- ❖ Se determinó el vínculo entre los productores y el Centro Meteorológico Provincial, en cuanto al conocimiento y utilización de la información meteorológica. Para ello se visitó dicho centro, contactándose con los especialistas de climatología de esta institución lo que permitió conocer el

comportamiento de las variables climáticas en una serie estadística de 10 años y las facilidades de uso que ellos dan.

- ❖ Se ensayó el procesamiento de la información meteorológica de una decena con el Software CROPWAT para incluir la evapotranspiración de referencia en el boletín agrometeorológico que emite decenalmente el centro meteorológico provincial.
- ❖ Se realizaron actividades demostrativas con los técnicos de riego de las dos unidades objetos de estudio, para que a partir del nuevo diseño del boletín meteorológico y el software CROPWAT determinen la evapotranspiración de cada cultivo y con ello realizar la programación de riego, considerando los criterios de uniformidad y calidad con que riegan los sistemas instalados.

Capítulo III: Resultados y Discusión.

La Empresa Agropecuaria Horquita, considerado el principal polo productivo de la provincia, cuenta con un superficie total de 4003.26 ha, de ellas bajo riego 2 495,33 ha 39.8 ha son instalaciones y 74.7 ha no aptas.

Está comprendida en la región climática Tropical. Son territorios calientes, ligeramente lluviosos en el período húmedo y en invierno presentan humedad baja, sometida a la influencia de vientos locales. Las temperaturas medias anuales fluctúan entre 23 y 26 °C durante el período seco y 26 y 28 °C en el período húmedo. Las precipitaciones son relativamente abundantes con una media anual de 1384 mm. La humedad relativa media es del 77 % y la dirección predominante de los vientos es del NE, siendo su velocidad predominante de 1,97 m.s⁻¹. Las variables climáticas durante el año 2014 mostraron un comportamiento muy similar a la media histórica anual variando solamente en la velocidad del viento que fue de 2,64 m.s⁻¹ y las precipitaciones totales que fueron de 1440 mm.

3.1 Determinación de las necesidades hídricas de los cultivos bajo riego representativas en la Empresa Agropecuaria Horquita

Las características principales de los suelos presentes en la entidad objeto de este trabajo comprende fundamentalmente dos tipos de suelos (Instituto de Suelo, 1989):

II AFerralítico Rojo; Típico; Caliza Dura, Saturado; Muy Profundo, Poco Humificado; Arcilla Caolinítica; Profundidad Efectiva 208 cm; Topografía Llana (UBPC Victoria de Girón, Máquina 16). Perfil del tipo ABC de color rojo a través de todo el perfil, friable, su horizonte A contiene de 2-4 % de Materia Orgánica (Calificación de Mediana); el pH en el Contorno No. 1 es evaluado de Medianamente Acido (5.4), en el No. 2 como neutro (7.0) y Ligeramente Alcalino (7.1), en el tercero, recomendable para la generalidad de los cultivos de interés agrícola

II AFerralítico Rojo; Típico; Caliza Dura, Saturado; Muy Profundo, Medianamente Humificado; Arcilla Caolinítica; Profundidad Efectiva 50 cm; Topografía Casi Llana. Perfil del tipo ABC de color rojo a través de todo el perfil, Profundo, friable, su horizonte A puede contener de 2 - 4 % de Materia Orgánica (Calificación de Mediana); el pH

muestra valores de 6.2 a 7.0, evaluado como Neutro, recomendable para la generalidad de los cultivos de interés agrícola (Granja 7, máquina 16)

II AFerralítico Rojo; Típico; Caliza Dura, Saturado; Muy Profundo, Poco humificado; a humificado. Arcilla Caolinítica; Profundidad Efectiva 208 cm; Topografía Llana. Perfil del tipo ABC de color rojo a través de todo el perfil, friable, su horizonte A contiene de 2-4 % de Materia Orgánica (Calificación de Mediana); el pH en el Contorno No. 1 es evaluado de Medianamente Acido (5.4), en el No. 2 como neutro (7.0), recomendable para la generalidad de los cultivos de interés agrícola (UBPC Cuba Libre, máquinas 3,11 y 22)

II AFerralítico Rojo; Típico; Caliza Dura, Saturado; Muy Profundo, Medianamente Humificado; Arcilla Caolinítica; Profundidad Efectiva 120 cm; Topografía casi Llana. (Cuadrantes de la parte norte de la máquina 1 UBPC La Victoria) Perfil del tipo ABC de color rojo a través de todo el perfil, friable, su horizonte A contiene de 2-4 % de Materia Orgánica (Calificación de Mediana); el pH es evaluado de Neutro (6.2 – 7.0), recomendable para la generalidad de los cultivos de interés agrícola y IVA Ferralítico Amarillento; Típico; Caliza Dura, Medianamente Desaturado; Muy Profundo, Poco Humificado, Poco Concesionario; Loam Arenoso; Profundidad Efectiva 38 cm; Topografía Llana (cuadrantes de la parte sur de la máquina 1 UBPC La Victoria).se caracteriza por una extrema Hidratación en medio Hidromórfico, manifestándose el hierro Hidratado por la presencia de la Gohetita, confiriendo al Solum una coloración amarillenta y determinando variación en las propiedades Morfológicas y Físico – Químicas, esto condiciona Drenaje Interno evaluado de Moderado a Deficiente, por la alternancia del agua superficial que no percola hacia capas internas del suelo. Presenta pH en Cloruro de Potasio evaluado de Neutro, adecuado a la generalidad de los cultivos de interés agrícola

El método de riego que predomina es el de aspersion con máquinas de pivote central de las cuales hay 24 en explotación y 9 en fase de montaje. También se emplea el localizado en áreas de frutales y cultivos protegidos y el método superficial o por gravedad para los realengos que dejan las máquinas

Las necesidades hídricas de un cultivo son el resultado de la interacción entre el suelo, el agua, la atmósfera y el propio cultivo y es a su vez la base para la programación de riego y con ello el manejo sostenible de este recurso.

Para la realización de este trabajo se determinó a través de las variables climáticas la evapotranspiración de referencia (ET_o) del año 2014, este cálculo se hizo con una periodicidad decenal, teniendo en cuenta que el Centro Meteorológico Provincial emite un boletín agrometeorológico cada 10 días el que contiene el comportamiento de las variables climáticas para ese lapso a partir de la información que reportan las dos estaciones meteorológicas de la provincia, además incluye un conjunto de recomendaciones para los cultivos desde el punto de vista agrotécnico, no obstante desde la perspectiva de riego este boletín no aporta lo que el productor necesita para decidir cuándo debe regar y con qué dosis, este criterio fue vertido en entrevistas y encuestas con operadores y técnicos de riego. A partir de la interacción nuestra con los compañeros del citado departamento meteorológico y después de un análisis del boletín que se emite, del criterio de operadores y técnicos y del Software CROPWAT se decidió incluir en el boletín decenal la variable de evapotranspiración de referencia (ET_o), con la que se opera a nivel de área para en función de las características del suelo y del cultivo determinar la evapotranspiración real del cultivo (ET_c).

Los valores de evapotranspiración de referencia para el año 2014 se muestran en la tabla 1, los que reflejan que en los meses de abril a septiembre se concentran los mayores valores de ET_o teniendo en cuenta que es precisamente en estos meses donde se presentan los mayores valores absolutos de temperatura, intensidad luminosa y duración de los días provocando con ello la necesidad de mayor consumo de agua por las plantas para mantener el equilibrio térmico y responder a la situación atmosférica creada alrededor de cada una de ellas. Luego los valores comienzan a descender en lo que resta del año por disminución de las propias variables antes mencionadas. Según Pacheco (2012) este comportamiento de la variable de la ET_o es normal pero a medida que han pasado los años el valor de la ET_o ha ido aumentando como bien se observa en el gráfico 2, donde se representa el comportamiento de esta en el 2014 comparándola con la media mensual para la serie 2000- 2013 calculada a través del método de Penman-Monteith por el Software CROPWAT destacándose

quelos valores de ETo del año 2014 han sido más elevados que la media histórica, debido al aumento de temperaturas, a mayores velocidades de viento y menor humedad relativa como resultado del cambio climático que según Schuster (2003) es el causante de muchos de los problemas actuales y futuros.

Tabla 1: Valores de la evapotranspiración de referencia (ETo) para el año 2014

Valores de la Eto en el año 2014 (mm.día ⁻¹)												
Decena/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	3.3	3.7	4.5	5.5	5.6	6.01	5.7	5.9	5.2	4.4	3.7	3.3
2	3.6	3.8	4.9	5.7	5.8	5.9	5.7	5.8	4.8	4.1	3.5	3.2
3	3.8	4.3	5	5.6	5.4	5.5	5.6	5.9	4.8	3.8	3.3	3

Fuente: a partir del Software CROPWAT.

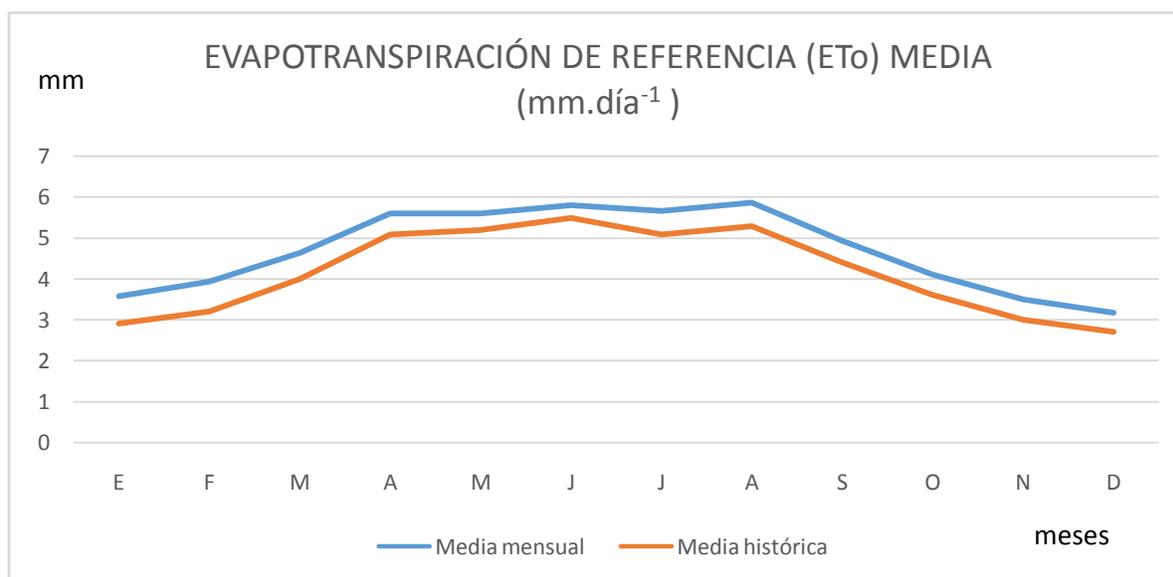


Gráfico 2: Comparación de la ETo histórica (2000-2013) y 2014.

En entrevista realizada al Director de la UEB riego de la Empresa Agropecuaria Horquita se pudo conocer los cultivos principales a partir del área que ocupan de la superficie total de la unidad, así como la planificación de las normas e intervalos de riego los cuales según su criterio se determinan empíricamente a partir de la experiencia acumulada a través de los años, regando semanalmente o en dependencia de lo que ellos decidan a través de la observación del terreno.

La papa, el cultivo principal de la Empresa tiene un intervalo de riego promedio de 4 días y con este han obtenido rendimientos de hasta 10 t.ha⁻¹, sin embargo no han considerado que la alta velocidad de infiltración de los suelos, que supera en casi todas las áreas los 40 mm.h⁻¹, ha reducido los efectos negativos de ese exceso de humedad y por otro lado es necesario señalar que en Cuba no se evalúa rendimiento por m³ de agua usado restándosele valor a ese recurso natural. Un análisis del régimen de riego del cultivo de la papa fue hecho por Merejón (2012) en esta propia empresa proponiendo una reducción del número de riegos con el aumento de las normas e intervalos y reduciendo con ello el número de riegos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pacheco (2010), quien al estudiar la programación del riego para el cultivo de la papa en la Empresa Valle del Yabú de Santa Clara, demostró que un aumento de las normas o láminas de riego y el alargamiento de los intervalos de riego, se redujo hasta 13 el número de aplicaciones con el consiguiente ahorro de energía eléctrica, a la vez que se evitó los atascamientos de la máquina

Con los cultivos principales se realizó de manera experimental la determinación de las necesidades hídricas. Los datos del coeficiente del cultivo (Kc) utilizados son los propuestos por la FAO (2006), a partir del estudio en varias regiones del mundo durante de una serie estadística de años lo suficientemente representativa. Con esta información se confeccionó la tabla 2, con la que se trabajara a nivel de unidad donde el técnico de riego después de recibir el boletín agrometeorológico con la información de la ETo determina la ETc y con ello conoce cuales son las necesidades hídricas de la planta en dependencia del cultivo que se trate y de la fase de desarrollo en que el mismo se encuentra.

Tabla 2: Valores del Kc para los cultivos principales de la empresa agropecuaria horquita.

Cultivos principales		Coeficiente del cultivo (Kc)		
Nombre vulgar	Nombre Científico	Inicial	Medio	Final
Papa	<i>Solanumtuberosum</i> Sw.	0.80	1.10	0.70
Frijol	<i>Phaseolusvulgaris</i> L.	0.15	1.1	0.25
Yuca	<i>Minihotesculenta</i> Crantz.	0.15	0.7	0.2
Boniato	<i>Ipomoea batata</i> L.	0.15	1.1	0.55

Calabaza	<i>Cucurbita máxima</i> Duch.	0.15	0.95	0.7
Tomate	<i>Lycopersicumlycopersicum</i> Karst.	0.15	0.7-0.9	0.6
Plátano	<i>Musa sp</i>	0.6	1.1	1.05

Fuente: la propia autora.

A modo de ilustración y como aporte del presente trabajo se determinó la ETc para estos seis cultivos principales teniendo en cuenta la fecha de siembra, las variables climáticas del año 2012 tomadas del Centro Meteorológico Provincial y las características del suelo. Ver tabla 3

Tabla 3: Valor de la evapotranspiración del cultivo (mm d⁻¹) por decena.

Valor de la evapotranspiración del cultivo por decena								
Mes/Decena		Cultivos						
		Papa	Tomate	Frijol	Yuca	Calabaza	Plátano	
Enero	1	6.20	0.50				2.00	3.67
	2	6.34	0.54				2.17	3.98
	3	5.94	0.58				2.32	4.25
Febrero	1	3.32	2.94		0.55		2.20	4.04
	2	3.21	3.11		0.58		2.33	4.28
	3	3.06	3.47		0.65		2.60	4.77
Marzo	1		3.65		0.68		2.74	5.02
	2		3.97		0.74		2.98	5.46
	3		3.08		0.77		3.08	5.64
Abril	1				3.78	0.81	3.24	5.94
	2				4.06	0.87	3.48	6.38
	3				3.94	5.35	3.38	5.91
Mayo	1				3.95	5.36	3.38	5.92
	2				4.03	5.47	3.46	6.05
	3				3.78	5.13	3.24	5.67
Junio	1				4.23	5.74	6.64	6.34
	2				4.09	5.55	6.42	6.13
	3				3.90	3.90	6.13	5.85
Julio	1				4.05		6.36	
	2				3.97		6.24	
	3				4.12		6.48	
Agosto	1				4.10		6.45	
	2				4.09		6.42	
	3				3.93		6.17	
Septiembre	1				3.72		5.84	
	2			0.76	3.53		5.54	
	3			0.72	3.35		5.27	
Octubre	1			1.02	0.91		5.02	

	2			4.70	0.85		4.70	
	3			4.24	0.77		4.24	
Noviembre	1	0.68		4.02	0.73		4.02	
	2	0.74		3.74	0.68		3.74	
	3	0.77		3.65	0.66		3.65	
Diciembre	1	5.94		0.83			3.64	
	2	6.38					3.51	
	3	6.19					3.34	

Los datos obtenidos de la ETc reflejan la integración de las variables antes mencionadas en las necesidades hídricas del cultivo con el nivel de diferenciación que aporta la fisiología de cada uno de ellos manifestando que en las primeras fases los cultivos demandan menor cantidad de agua teniendo en cuenta su índice de área foliar que es pequeño al no estar aún bien desarrollado, al igual que su sistema de raíces que es también poco profundo, luego en la segunda etapa también llamada gran periodo de crecimiento al variar estas condiciones del cultivo aumentan las exigencias hídricas y a su vez la Etc, para así desarrollar todos sus procesos fisiológicos. Ya en la tercera etapa el consumo desciende como resultado del estado fisiológico de la planta que se acerca al fin de su ciclo (Vázquez *et al.* 2007). En el caso de los cultivos permanentes como el plátano este comportamiento no es visible en un año pues su ciclo vegetativo dura aproximadamente de tres a cinco años, a diferencia de los cultivos temporales o de ciclo corto donde sí se puede observar el comportamiento antes descrito.

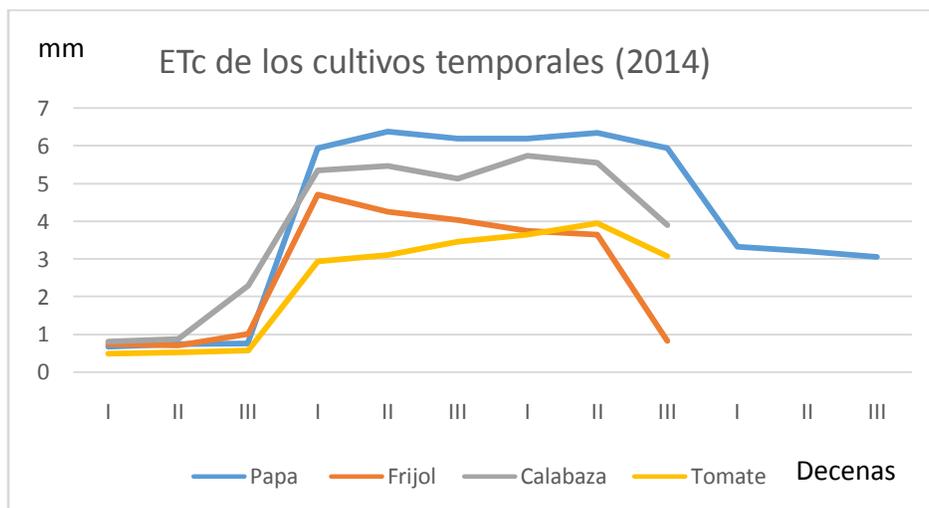


Gráfico-3: Comportamiento de la ETc en cultivos de ciclo corto.

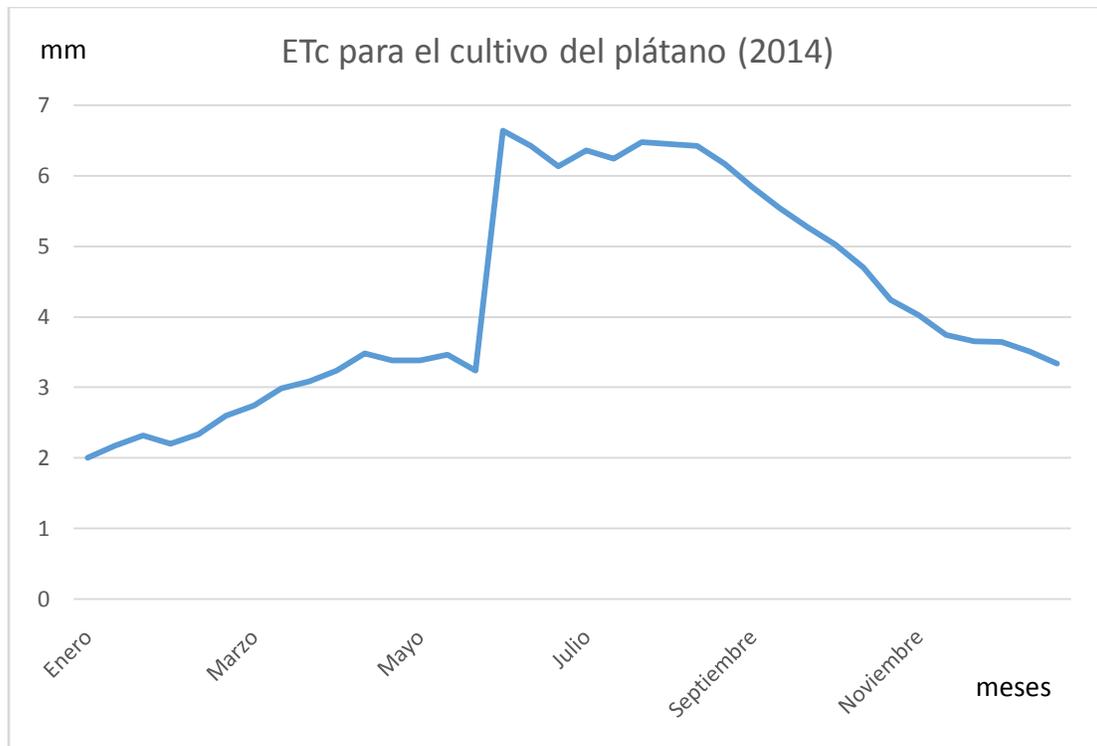


Gráfico 4: Comportamiento de la ETc en el plátano.

En los gráficos 3 y 4, mostrados anteriormente se observa este fenómeno. El primero de estos muestra el comportamiento en un periodo de tiempo de 4 meses divididos en 3 decenas por mes de los cultivos de ciclo corto (Papa, tomate, calabaza y frijol) y el segundo gráfico en una serie de enero a diciembre del cultivo del plátano el cual muestra como el valor de la ETc desde un comienzo es considerablemente elevada en comparación con otros cultivos, pues este tiene una gran cantidad de demanda de agua en todo su ciclo vegetativo y se corresponde con lo planteado en el Instructivo Técnico (MINAG, 2012) que plantea que el consumo de agua en el plátano a pleno sol es de 40 a 50 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$.

3.2 Evaluación del comportamiento de los parámetros de explotación de los sistemas de riego en la Empresa Agropecuaria Horquita.

Para evaluar el comportamiento de los parámetros de explotación de los sistemas de riego de la empresa se tomaron las máquinas de pivote central 1,3, 4, 9, 11, 14 y 22 por ser estas representativas para el resto de las instaladas en la Empresa y encontrarse vinculadas a los cultivos más importantes.

La primera evaluación a las máquinas se realizó en los primeros días de enero encontrando diferentes dosis, según el régimen de riego, y por tanto diferentes regulaciones de la velocidad de giro en correspondencia con la carta de riego de cada máquina (Tabla__).

Tabla __ Primera evaluación a las máquinas

Parámetros	1	3	4	9	11	16	22
Lámina neta a aplicar (mm)	15,1	13,5	10,15	13.53	27.05	16,9	19,2
Regulación (%)	40	30	40	30	15	30	30
Fecha	14/01	12/01	6/01	22/01	22/01	9/11	10/01

La segunda evaluación se realizó en el mes de febrero y donde las máquinas debían entregar por lo general un una norma superior y por tanto trabajaron con una velocidad menor (Tabla ____)

Tabla __: Segunda evaluación a las máquinas

Parámetros	1	3	4	9	11	16	22
Lámina neta a aplicar (mm)	15.1	20.3	22	25	23.93	25.4	28.5
Regulación (%)	40	20	20	30	30	20	20
Fecha	28/2	20/02	24/2	27/2	23/02	20/12	22/2

Una vez terminada las evaluaciones pluviométricas y registrados los datos se procesó la información con el paquete Pluviopivot (Pacheco, 2010) el que aportó los elementos que permiten evaluar la calidad de la aplicación del riego (Tabla ____)

Tabla__ Resultados de la primera evaluación pluviométrica realizada a las máquinas.

Parámetros	Máquinas						
	1	3	4	9	11	16	22
Lámina media ponderada (mm)	13,428	12.79	8,442	13.122	24.816	16,83	18.88
Lámina media ponderada del 25 % menos regado (mm)	8,604	9.19	5,652	9.612	19.5	13,53	14.62
Coefficiente de variación ponderado (CV) (%)	32,1	24.1	30	21.4	16.3	14,8	17.5
Coefficiente de uniformidad ponderado (CU) (%)	77,2	82.1	77,3	82.4	86.9	87,2	84.8
Uniformidad de la distribución ponderada (UD) (%)	64,1	71.9	67	73.3	78.6	80,4	77.4

Fuente: Software Pluviopivot

Tabla___ Resultados de la segunda evaluación pluviométrica realizada a las máquinas

Parámetros	Máquinas						
	1	3	4	9	11	16	22
Lámina media ponderada (mm)	13,644	18.696	20.3	23.2	20.18	22,64	26.90
Lámina media ponderada del 25 % menos regado (mm)	9,594	15.13	18.7	21.4	16.26	17,34	21.67
Coefficiente de variación ponderado (CV) (%)	23,6	15.5	13.8	13.2	15.1	19,4	14.8
Coefficiente de uniformidad ponderado (CU) (%)	81,6	87.4	87.8	86.9	87.7	83,6	88.4
Uniformidad de la distribución ponderada (UD) (%)	70,3	80.9	81.2	81.04	80.6	76,6	80.6

Fuente: Software Pluviopivot

Las evaluaciones realizadas permitieron ubicar a cada sistema en sus parámetros reales de explotación, identificar los problemas y las causas que los provocan para poder corregirlos llevando a las máquinas a trabajar a la altura de sus potencialidades.

El coeficiente de uniformidad refleja las insuficiencias que presentó la aplicación, sobre todo en la primera medición donde sólo dos de las siete máquinas realizaron el riego con valores superiores al 85 % y poder considerar el riego como bueno de acuerdo a los criterios de Tarjuelo (), Montero (2005). Las causas principales de este problema están en la influencia negativa de la velocidad del viento que en las cinco máquinas que regaron con CU inferior al 85 % osciló entre 3 y 4,8 m.s⁻¹, demasiado alto si se tiene en cuenta que 2 m.s⁻¹ es el límite máximo permisible para lograr una aplicación de calidad (Pacheco, 2012). La segunda causa fue la incorrecta distribución y funcionamiento de las boquillas, lo cual es visible cuando se analiza el comportamiento de la lámina de agua a lo largo de la máquina (Anexo 2)

En este sentido Faci (2011) señala: hay que tener en cuenta que cuando el riego se efectúa en condiciones de viento, se producen importantes pérdidas por evaporación y arrastre por el viento y solo una proporción del agua emitida por los aspersores llega al suelo debido a estas pérdidas operacionales del riego.

En la segunda medición se observan resultados superiores en los parámetros de explotación de las máquinas respecto a la primera y sólo una decrece lo que evidenció que al disminuir la velocidad del viento y tratar de corregir las deficiencias señaladas en la primera evaluación se pudo incrementar la calidad del riego. De las siete máquinas sólo dos (28,6 %) regaron por debajo del 85 % en el CU, es decir que en esta segunda evaluación se pone de manifiesto el potencial real de estos modernos sistemas para hacer una aplicación eficiente del agua con uniformidad cercana al 90 % y con ello satisfacer las demandas reales de la planta.

Keller *et al.*, (1981) indicaron que la uniformidad depende mucho más del manejo de los sistemas de riego que del tipo de sistema utilizado.

Estos valores son inferiores a los obtenidos por Pacheco (2006) que evaluó sistemas de riego con máquinas de pivote central en la Empresa Valle del Yabú de Santa Clara donde se logró valores cercanos al 90 % lo que evidencia las potencialidades de esta tecnología.

La diferencia entre el 25 % menos regado y la media ponderada en cada evaluación, expresa que aún hay que seguir trabajando por resolver las insuficiencias que hacen

que la uniformidad de la distribución esté baja en estos sistemas técnicamente bien avanzados.

Dechmiet *al.*, (2000) son del criterio que la uniformidad de distribución del agua en los sistemas de aspersión es necesaria para un uso más eficiente del agua disponible, y que además, un riego eficiente permite maximizar la producción y limitar las pérdidas por percolación profunda.

El comportamiento de la pluviometría a lo largo de las máquinas en las dos evaluaciones, que aparecen en el Anexo 2, es un elemento de vital importancia para identificar donde están los problemas en cada sistema incluso en aquellos que logran Uniformidad superior al 85 %. No obstante la función del operador del sistema en este sentido es prever el problema antes que la máquina comience a regar o en los primeros momentos después de haber comenzado el riego y después observar porque se mantenga el correcto funcionamiento de todo el sistema

Los gráficos de lámina contra distancia referidos en el anexo 2 permiten identificar las zonas en la que los pluviómetros capturan agua con una desviación igual o superior a 1,15 de media que se considera como las aéreas regadas excesivamente (ARE), así como las que representan una desviación de 0,85 de la media consideradas como las áreas regadas insuficientemente (ARI) y entre ambos extremos estaría las zonas que reciben la cantidad de agua requerida, es decir el área regada adecuadamente (ARA) que debe ser la aspiración de todo regador para alcanzar los rendimientos esperados y la eficiencia en el uso del agua. Este es un elemento de vital importancia para poder evaluar y corregir los problemas del riego y su incidencia en los cultivos según Jiménez (2010).

3.3 Establecimiento del Sistema de Asesoramiento a Regantes de la Empresa Agropecuaria Horquita.

Las causas principales de las insuficiencias encontradas no están en el componente tecnológico pues las máquinas están diseñadas y probadas para lograr coeficientes de uniformidad cercanos al 90 %, sin embargo el no tener en cuenta la velocidad del

viento, la correcta distribución de las boquillas cuando se hace necesario cambiar algunas de ellas, los bajantes a igual altura, entre otras, son las responsables de estos problemas

El sistema de atención o asesoramiento al regante que estamos proponiendo está centrado en tres direcciones principales:

- Caracterización y evaluación de los sistemas de riego de la Empresa Agropecuaria Horquita.
- Recomendaciones de riego en función del cultivo, su ciclo de desarrollo y la época del año; las características de cada suelo, el comportamiento del clima en tiempo real y las particularidades de la técnica de riego.
- Capacitación a los regadores a partir de sus necesidades y potencialidades.

El SAR profundiza de manera participativa en el conocimiento de las nuevas tecnologías instaladas en el escenario objeto de este estudio, su funcionamiento y realiza un diagnóstico de los principales problemas que en su operación se manifiestan. Todo ello con el objetivo de mejorar los futuros proyectos de regadío en base a las experiencias de los ya realizados.

El SAR es un servicio gratuito, actualizado y abierto a los agricultores de la Empresa y en un futuro de la provincia de Cienfuegos tanto del sector estatal como del sector no estatal que se inició con la CPA Mártires de Barbados de forma experimental y está en fase de extensión a otros escenarios como la Empresa Agropecuaria Horquita.

Por otro lado el SAR establece los consumos de referencia por cultivos y suministra la recomendación decenal de dosis de agua a cubrir con el riego para orientar al agricultor sobre el uso eficiente del agua aplicando en cada momento la cantidad que necesita el cultivo. Se apoya en las dos estaciones meteorológicas ubicadas en Cantarrana y Aguada de Pasajeros con que cuenta la provincia y en las estaciones automáticas instaladas en cada municipio y centro priorizados como parte del sistema de alerta temprana para enfrentar las situaciones excepcionales.

Estas estaciones recogen una información más precisa del comportamiento de las variables climáticas tanto por el número que de estas evalúa como por la frecuencia

con que hace los registros emitiendo partes cada 10 minutos, estas han sido instaladas en los órganos locales del Poder Popular de cada municipio con lo que se puede obtener una información más fidedigna por su cercanía a cada una de las unidades agrícolas donde se precisa de esta información para el manejo del riego.

La capacitación a los regadores forma parte del sistema de atención al regante y se desarrolla en diferentes momentos. El primero de ellos es en el que se realiza la evaluación de los sistemas donde se le enseña cómo realizar una correcta comprobación de los parámetros de explotación de la máquina y la interpretación de estos resultados, se demuestra la implementación de la metodología de evaluación que incluye la obtención de la información y su procesamiento. El otro momento es cuando se le instruye en la determinación de las necesidades hídricas y su uso en la programación de riego.

El flujo de información desde la Estación Meteorológica hasta el productor, se muestra en la figura 3, donde en un esquema simplificado se representa este servicio de asesoramiento al regante.

La información parte de las estaciones meteorológicas hacia el Centro Meteorológico Provincial donde se calculan los valores de ETo a partir de las variables climáticas aportadas por la estación.

Basados en estos datos climáticos el centro Meteorológico Provincial confecciona un parte agrometeorológico (Ver Anexo 3), el cual fluye decenalmente vía correo electrónico, a la Delegación Provincial del MINAG y de aquí a las empresas y unidades productoras que para este primer momento de dicho trabajo será la Empresa Agropecuaria Horquita.

Ese propio boletín también es emitido a través de la emisora provincial Radio Ciudad del Mar, lo que da un mayor valor de uso porque permite que productores independientes de zonas alejadas, intrincadas y de difícil acceso puedan recibir esta información y que sea con mayor inmediatez, además que si en un momento determinado la información no llegara a las empresas de la agricultura estas pudieran servirse del boletín radial.

Cabe destacar que este parte agrometeorológico también llega a la Universidad de Cienfuegos específicamente a la Facultad de Ciencias Agrarias por su contribución a la elaboración del boletín y su difusión para su uso en la capacitación a los productores.

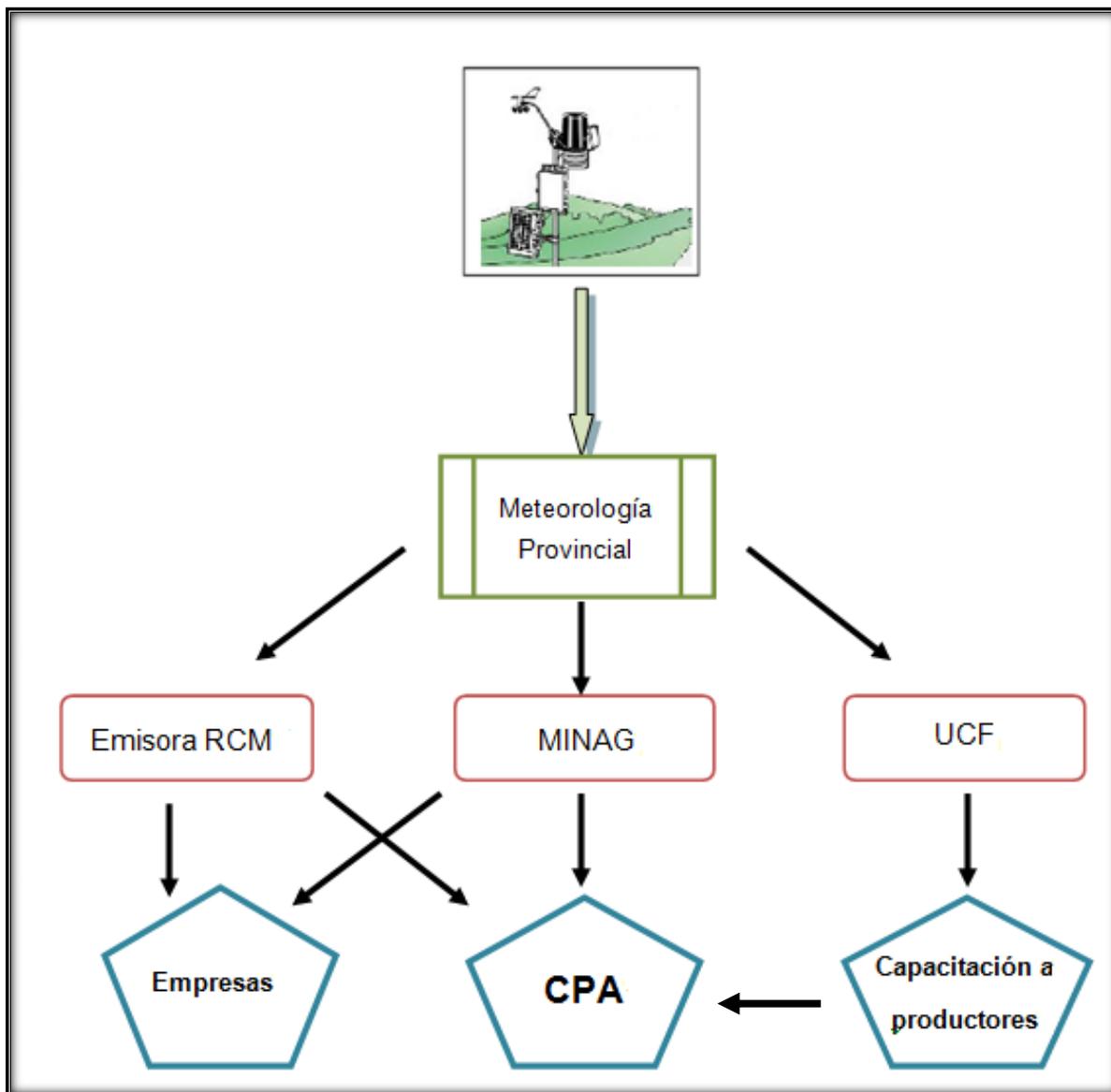


Fig. 3. Esquema simplificado de funcionamiento del Sistema de Asesoramiento a Regantes.

Tabla __ Propuesta de acciones para establecer el SAR en la Empresa Agropecuaria Horquita

Dirección	Acciones	Fecha	Participantes	Responsables
Caracterización y evaluación de los sistemas de riego	1. Evaluar el 100 % de los sistemas de riego	Diciembre- Enero	Operadores	Director de Riego de Empresa

de la Empresa Agropecuaria Horquita.	2. Desarrollar taller de socialización de los resultados de las evaluaciones	Mayo	Operadores	Director de Riego de Empresa
	3. Evaluar en cada sistema la relación entre uniformidad y rendimiento productivo y por m ³ de agua usado	Al cierre de la campaña	Técnicos y operadores	Director de Riego de Empresa
	4.			
Recomendaciones de riego en función del cultivo, su ciclo de desarrollo y la época del año; las características de cada suelo, el comportamiento del clima en tiempo real y las particularidades de la técnica de riego.	5. Determinar las necesidades hídricas de todos los cultivos de la empresa	Septiembre	Especialistas de la Empresa	Director de Empresa
	6. Establecer un registro del comportamiento de las variables meteorológicas en la Empresa	Diario	Personal seleccionado	Directo de Riego
	7. Taller de presentación del boletín meteorológico, cómo acceder a él, cómo planificar el riego en tiempo real	Septiembre	Técnicos y operadores	Especialistas del Centro Meteorológico Prov y d MINAG
	8. Taller de exposición de experiencias del trabajo con el boletín meteorológico	Mayo	Técnicos y operadores	Especialistas del Centro Meteorológico Prov y d MINAG
➤ Capacitación a los regadores a partir de sus necesidades y	9. Realizar taller de capacitación sobre la necesidad y metodologías a emplear para evaluar los	Septiembre	Técnicos y operadores de los sistemas	Escuela de Capacitación MINAG

potencialidades.	sistemas de riego			
	10. Desarrollar actividad demostrativa de evaluación de los sistemas de riego	Noviembre	Técnicos y operadores de los sistemas	Escuela de Capacitación MINAG
	11. Desarrollar cursos de capacitación sobre los cultivos, su agrotecnia y las necesidades hídricas	Septiembre	Técnicos y operadores de los sistemas	Especialistas del MINAG de Empresa profesores de la UCF
	12. Desarrollar actividades demostrativas para conocer el estado de la humedad del suelo y determinar con ello las necesidades de riego	Noviembre y febrero	Técnicos y operadores de los sistemas	Especialistas del MINAG de Empresa profesores de la UCF

Conclusiones.

1. El establecimiento de un sistema de asesoramiento a regantes en la empresa agropecuaria Horquita permite hacer un uso racional del agua, el suelo, la energía y el equipamiento disponible.
2. La determinación de las necesidades hídricas de los siete cultivos principales de la Empresa Agropecuaria Horquita mostró las diferencias en los requerimientos de riego entre estos cultivos que no son tenidos en cuenta en la planificación del régimen de riego.
3. Los sistemas evaluados reportaron coeficiente de uniformidad de 77,8 y 88,4 % que permiten evaluar la calidad de riego de insatisfactoria en siete de las 14 observaciones con los resultados más bajos en la máquina 1 y con los más estables en la 11 y la 16
4. Los productores de la Empresa Agropecuaria Horquita cuentan con un Sistema de Asesoramiento a Regantes que les permite predecir el momento oportuno y la norma de riego según el cultivo, época del año y características del suelo.

Recomendaciones.

- Extender esta experiencia a otras unidades tanto del sector privado como estatal.
- Evaluar la efectividad de este Sistema aplicando los ajustes necesarios que se deriven de su implementación.

Bibliografía.

- Allen, G. R. *et al.*, (2000). Center Pivot System Design. The irrigation association, Second Edition, Sitio Web: [www. Irrigation. Org](http://www.Irrigation.Org).
- Cisneros Zayas, E., Enrique., Yemane, B., & Gmeskel, E. (2009). Influencia de la programación de riego en los rendimientos del cítrico en la finca “Shemshemia”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4), 59-64.
- Cisneros Zayas, E., López Seijas, T., Leyva Leyva, A., & Placeres Miranda, Z. (2011). Consideraciones sobre el servicio de asesoramiento al regante para las condiciones de Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3), 41–45.
- Cisneros, E. (2005). Resultados preliminares de la implementación del servicio de asesoramiento al regante en una empresa piloto de la provincia La Habana. Congreso Internacional CUBARIEGO.
- Cuba, Instituto nacional de recursos hidráulicos (INRH). (2007). 5to Curso Nacional de Inspección Estatal (Bases Jurídicas). Noviembre. Decreto Ley No 138 de las Aguas Terrestres, La Habana.
- Domínguez, M. *et al.*, (1998). “Máquina de riego por aspersión de pivote central hidráulica, de baja presión con colgantes”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria.*, 7(1): 56-58,
- Faci JM. (2012). Determinación de las necesidades de riego de los cultivos.
- Fernández, M. D., Thompson, R. B., Bonachela, S., Gallardo, M., & Granados, M. R. (2012). Uso del agua de riego en los cultivos de invernadero. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)*, (3), 115–138.
- González, P. y Navarro, R. (1999). Programa de computación (Pívo), para el cálculo de distribución de boquillas y aspersores en las maquinas de pivote central. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 8(2), 33-35.
- González .P. (2005). Manual para el diseño y operación de máquina de pivote central. Ed. Instituto de investigación de riego y drenaje Ministerio de la Agricultura.

- González P. et al., (2004). Panorama del riego y drenaje en Cuba. Suelo y agua. Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria, Vol 13. No 002. ISSN 1010-2760. Universidad Agraria de la Habana. La Habana.
- Heermann, D.F.; Hein P .R. (1968). Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation systems. Trans of the ASAE, 2(1).
- IIRD. (2012). Áreas bajo riego por técnicas. Instituto de Investigaciones en Riego y Drenaje. La Habana. Cuba. Retrieved from <http://www.iird.gov.cu>.
- Jiménez, E.R.; et. al. (2010). Estudio de la uniformidad de riego, en una máquina de pivote central. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19(1), 73-78.
- Martin, E. C. (2010). E TENSION Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego Cuándo? Recuperado a partir de <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1220S.pdf>
- Montero, J. M. et. al. (1999). Influencia de la altura del emisor sobre la eficiencia y uniformidad en el reparto de agua con Pivots (pp. 227-234). Presented at the XVII Congreso nacional de riegos, Murcia. España: AERYD. Murcia.
- Montero, J. F.; et. al. (2005). Recomendaciones para un adecuado diseño y manejo de los sistemas de riego por aspersión. (p. 17). Albacete. España: Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla.
- Norma UNE-EN ISO 11545: (2002). Equipos de riego. Pivote central y sistemas de avance frontal con boquillas para aspersores o difusores. Determinación de la uniformidad en la distribución del riego.”
- Pacheco, J. (2008). Servicio de Asesoramiento al Regante en la provincia Villa Clara. Informe final del Proyecto Ramal del MINAG, Santa Clara, Villa Clara.
- Pacheco, J., Pérez, A., & Job, B. (2010). Programación del riego de la papa en el « Valle del Yabú », Santa Clara, Cuba. Nexo Revista Científica, 23(2), 41–46.
- Pacheco, J y Yoan, P.C.(2009). Aplicación de software Pluviopivot” para el cálculo de coeficientes de uniformidad ponderados por superficie. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 18, No. 1

- Pérez, J. R. (1998). Un Manual de Práctica Laboral de riego y drenaje para estudiantes de 4to año de Agronomía. Tesis presentada en opción al Título de M.Sc. en Riego y Drenaje., ISCAH. La Habana.
- Rodríguez Díaz, J. A., Camacho Poyato, E., López Luque, R., & Pérez Urrestarazu, L. (2005). Los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking aplicados a la mejora de las comunidades de regantes. Ingeniería del agua, 2005, vol. 12, núm. 1. Recuperado a partir de <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/2420>
- Schuster J.P. (2003). Evapotranspiración y temas a fines. Departamento de Ingeniería Civil en Obras Civiles. Universidad de Chile
- Tarjuelo, J. M. y Martín-Benito. (2007). Centro Regional de Estudios del Agua. Universidad de Castilla-La Mancha. Los Servicios de asesoramiento en la Gestión y Uso del Agua de Riego. Madrid
- Tarjuelo, J. M.(2005). El riego por aspersion y su tecnología, Madrid”: Ed. Mundi-Prensa. Tercera edición,
- Tarjuelo, J.M. (1999). El Riego por Aspersion y su Tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Tarjuelo, J. M. (2001). La integración entre investigadores, Gestores y usuarios del regadío. Formato de Archivo: PDF/Adobe Acrobat. Disponible en: www.riegosdenavarra.com/sar.
- Tornés, N. (2008). Revista Electrónica Granma Ciencia. Vol.12, No.2.
- Vázquez, E. (2006). Fisiología Vegetal. Capítulo 3: Economía del agua en las plantas. (p. 38-89). La Habana.
- Zamocra, E. y Chaterlan, Y.(2003). Estrategia Ambiental de riego y drenaje para la seguridad alimentaria en Cuba, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 12(3): 1-4p.

Anexo 1. Encuesta a Regadores

Encuesta a Regadores de la Empresa Agropecuaria Horquita

Estimado productor, estamos interesados en establecer un Sistema de Atención a los Regadores de nuestra provincia para lo cual necesitamos diagnosticar el estado del riego en diferentes puntos de la provincia de Cienfuegos, por lo que le pedimos su cooperación plena a través de la siguiente encuesta.

Muchas gracias

1-Nivel Escolar: 6to___ 9no___ 12mo___ Tecn. Medio___ Univ. ___

2-Sitio Productivo:

3-Dirección del Sitio:

4-Técnica(s) de riego que utilizan:

5-Áreas por técnica de riego (ha):

6-Cultivos que rotan por cada técnica:

Técnica de Riego	Cultivos			

7-Fuente de abasto del riego:

8-Cuándo aplica el riego (Referirse a cómo determinan el momento de regar)

9-Cómo determina la cantidad de agua que aplica en cada riego (Norma de riego).

10-Cómo decide el tiempo entre un riego y otro:

11-Qué hace cuando le corresponde regar y el día antes llueve:

12-Conoces los elementos del clima que intervienen en el momento de riego.

Si___ No___

Cuales:

13-Aplica en su trabajo de riego la información Meteorológica de :

___Perlavisión

___Noticiero de la Televisión Cubana

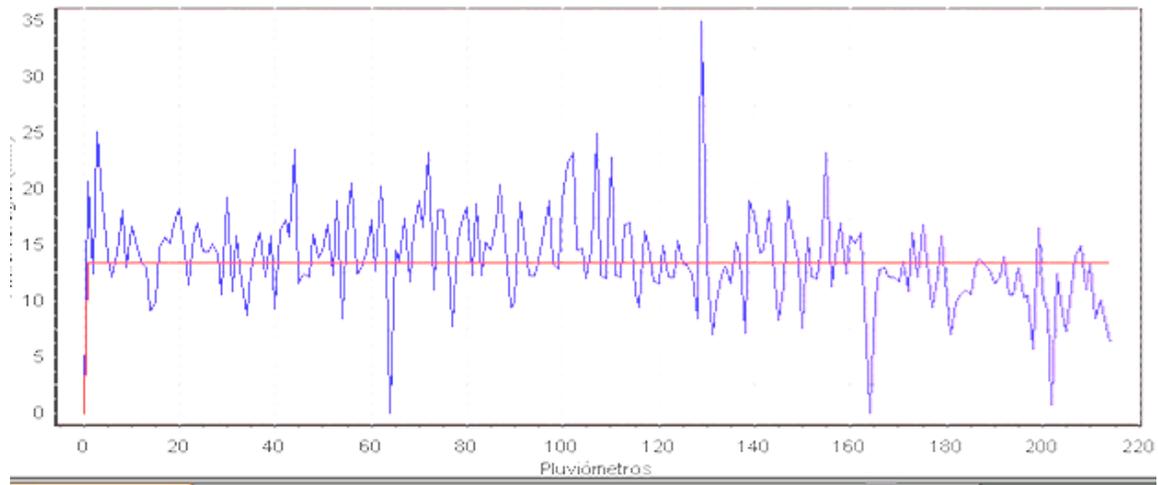
___Estación Meteorológica cercana

___Otros (¿Cuáles?)

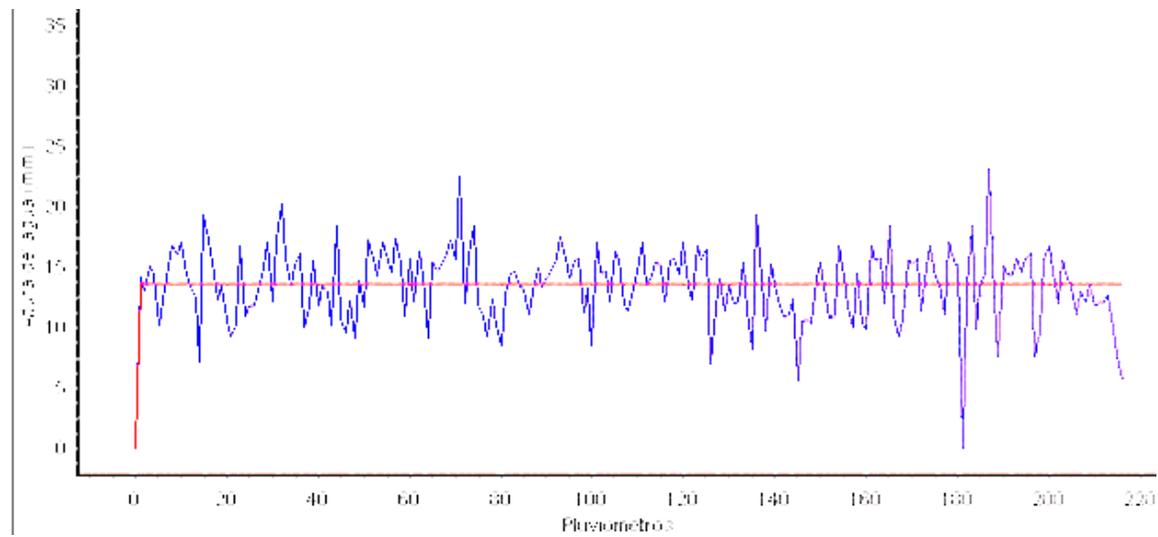
___Ninguna

Anexo 2: Comportamiento de la pluviometría a lo largo de las máquinas evaluadas.

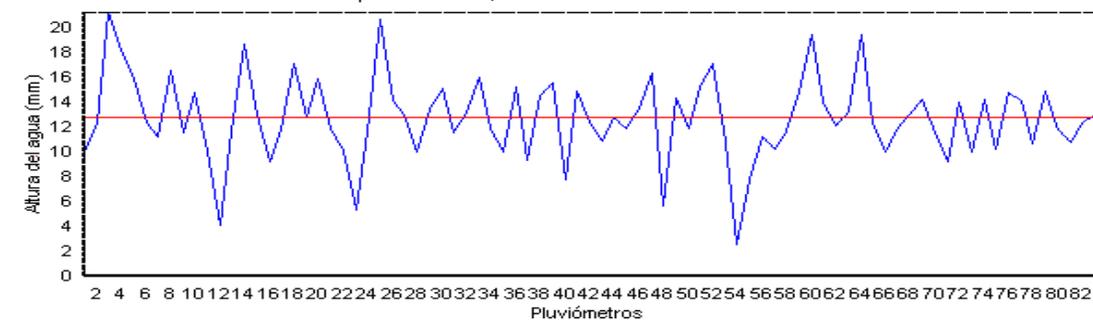
Máquina 1: Primera evaluación.



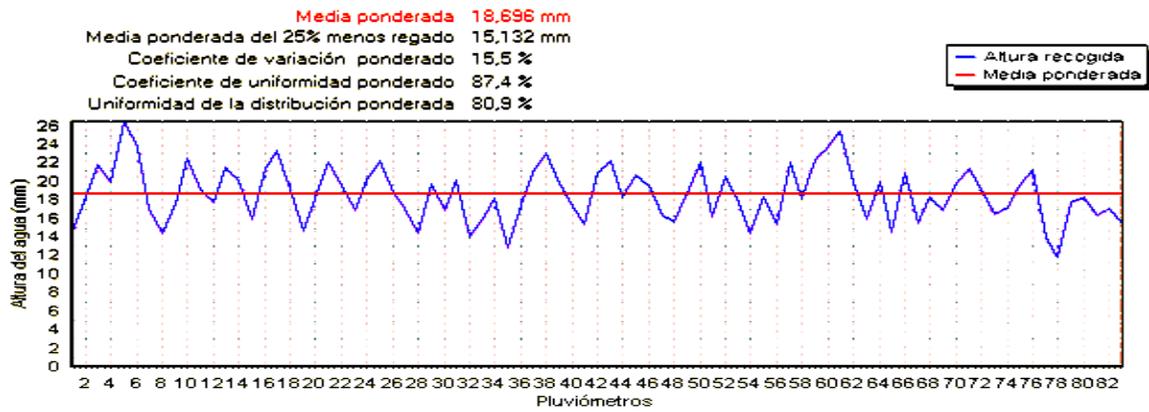
Máquina 1: Segunda evaluación.



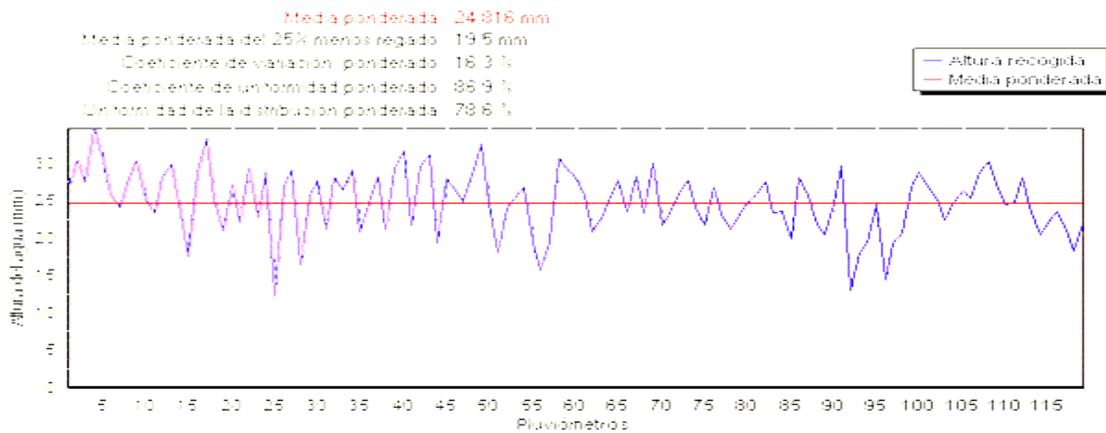
Máquina 3: Primera evaluación



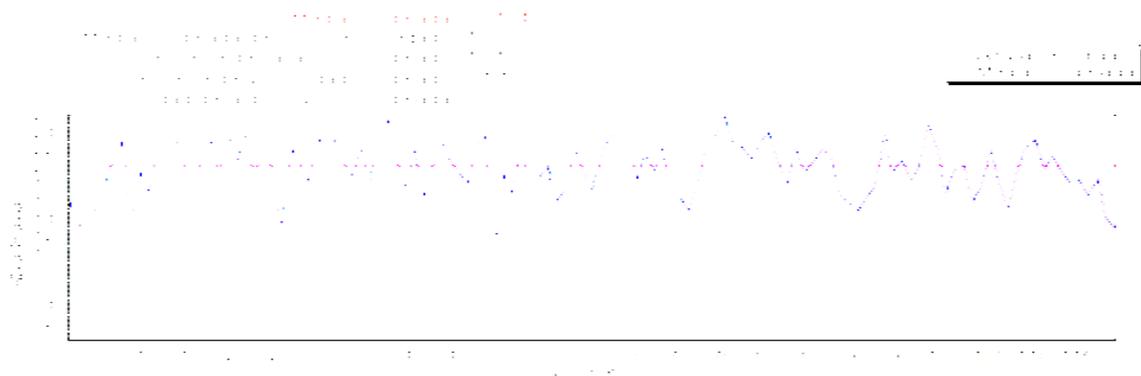
Máquina 3: Segunda evaluación



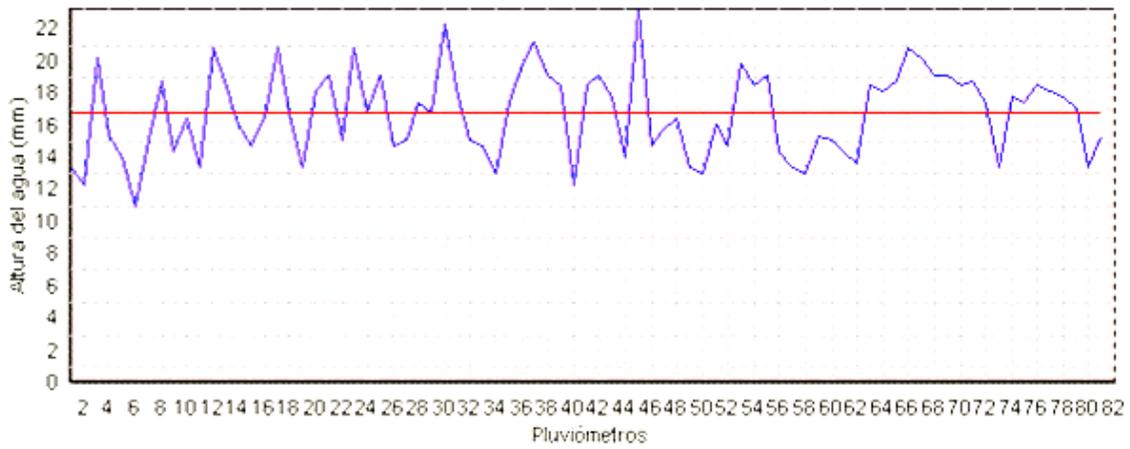
Máquina 11: Primera evaluación



Máquina 11: Segunda evaluación

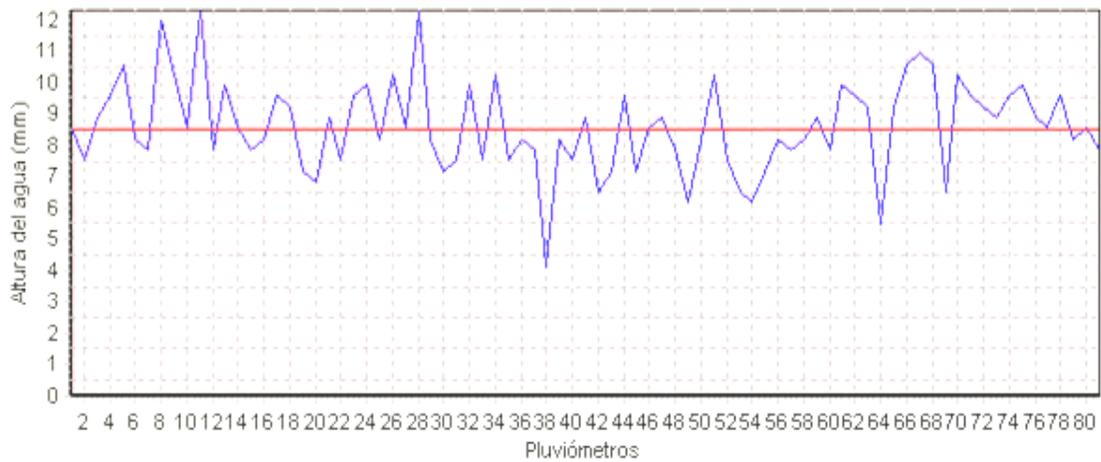


Máquina 16: Primera evaluación

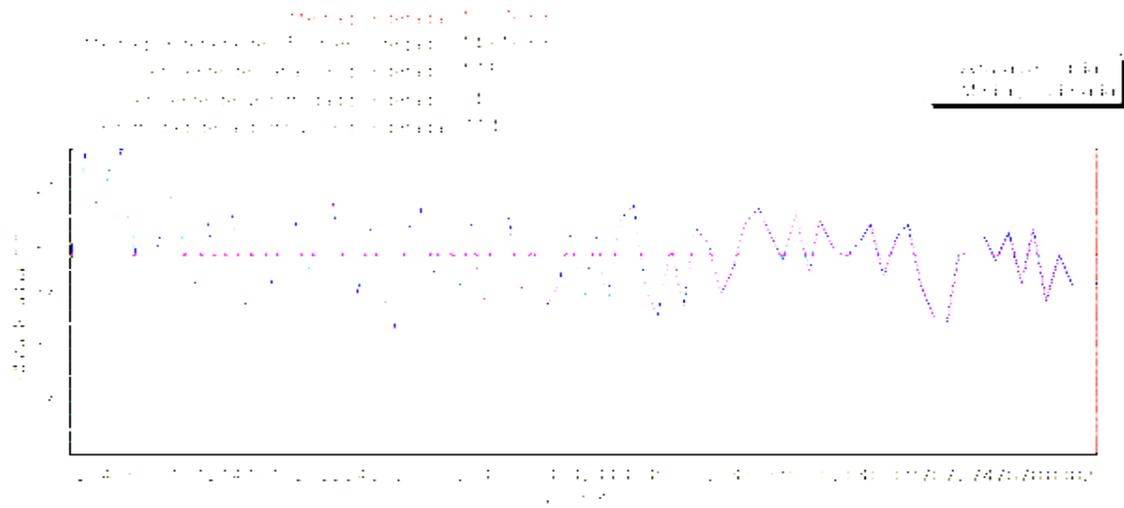


i

Máquina 16: Segunda evaluación



Máquina 22: Primera evaluación



Máquina 22: Segunda evaluación

