

Análisis de integridad de datos meteorológicos de la Estación Automatizada La Glorieta

Jacqueline Romero-Palomares¹, Ricardo Trezza², Yliana Araque³
Programa de Formación de Grado, Ingeniería de la Producción Agropecuaria
Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprúm”¹
Santa Bárbara de Zulia, Venezuela
Kimberly Research and Extension Center, University of Idaho.²
Kimberly, Idaho, USA
Dirección General de Creación, Promoción,
Producción y Divulgación
Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprúm”
Santa Bárbara de Zulia, Venezuela ³
jacquelinecarmen@gmail.com, rtrezza@uidaho.edu, araquey@unesur.edu.ve

Fecha de recepción: 22/02/2017

Fecha de aceptación: 01/11/2017

Pág: 53– 65

Resumen

Las estimaciones de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o) deben tener la misma calidad que los datos climáticos sobre los cuales están basados. El objetivo de esta investigación fue evaluar la integridad y calidad de los datos meteorológicos de la Estación Meteorológica Automatizada (EMA) La Glorieta, ubicada en la Hacienda La Glorieta de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprúm”. Se analizaron los datos climáticos horarios y diarios de radiación solar, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima, humedad relativa promedio y velocidad de viento, para el año 2013. Se empleó el programa REF-ET de la Universidad de Idaho versión 3.1.07 y 4.1, y una hoja de cálculo de MS Excel. Al analizar los datos de radiación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento de la estación, se comprobó que los mismos cumplen con condiciones similares a las asumidas para el cultivo de referencia, por lo que se pueden estimar los valores de ET_o a partir de los datos meteorológicos colectados por la EMA La Glorieta.

Palabras Clave: Datos Meteorológicos, Estación Meteorológica Automatizada, Análisis de Integridad.

Introducción

Las estaciones agrometeorológicas suministran diariamente datos que son de gran importancia en diversas actividades. La aplicación que tenga una variable meteorológica en

el contexto de ciertas actividades, no necesariamente se refleja directamente, pues, ésta puede tener un gran espectro de destinos.

Con respecto a la agricultura se pueden identificar distintas actividades que se ven afectadas por variables meteorológicas, como son: Almacenamiento de agua; manejo de calidad de productos agrícolas; elección e introducción de nuevas especies agrícolas y animales; establecimiento de épocas de siembra y cosecha; manejo de plagas y enfermedades de plantas; producción vegetal y animal; pronóstico de cosecha; programación de riego; selección de zonas aptas para los cultivos; uso y recuperación de tierras (Maldonado, I., Aravena, R., Hernández, R., 2006.)[5].

En este sentido, para la recolección de las variables meteorológicas existe una diversa gama de instrumentos meteorológicos. La principal clasificación se realiza pensando en los elementos que se utilizan para medir o registrar dichas variables para las cuales fueron diseñados, y por la forma de obtener esta información. Así, se pueden dividir en convencionales y electrónicos.

En lo que concierne a los sensores electrónicos, éstos se integran en un sistema llamado Estación Meteorológica Automatizada (EMA). En este tipo, las mediciones no requieren de la presencia de un operador para obtener los datos. Normalmente esta información es almacenada y procesada por un sistema computacional (Datalogger), con el que el usuario puede comunicarse directamente, no existiendo limitaciones de distancia[5].

A su vez, hoy en día hay una alta demanda entre los usuarios de datos climáticos, así como de poder contar con datos completos y con un adecuado control de calidad. Esto es particularmente cierto cuando se hace referencia a los estudios de cambio climático, o su empleo para correr modelos que permitan tomar decisiones, de ahí que la aplicación y desarrollo de herramientas para tal efecto resultan beneficiosos para aquellos que requieran un uso a profundidad de los datos [5].

Por consiguiente, hay que agregar que la evaluación de la integridad de los datos meteorológicos de una estación meteorológica tiene dos objetivos principales: Comprobar que los instrumentos de medición funcionen adecuadamente; y comprobar que los sitios de ubicación de las estaciones sean similares a las esperadas en un cultivo de referencia (Allen, R.G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M., 2006.)[2].

Además, hay que indicar que con respecto a las estimaciones de la Evapotranspiración de Referencia (ET_o), estas deben tener la misma calidad y precisión que los datos climáticos sobre los cuales están basados, por lo que hay que realizar previamente el análisis de integridad de los datos meteorológicos [2]. Por lo tanto, la investigación cumple con el objetivo de evaluar la integridad y calidad de los datos meteorológicos de la EMA La Glorieta, ubicada en la Parroquia Santa Bárbara, Municipio Colón, estado Zulia, Venezuela.

Metodología

La investigación se realizó en la Unidad de Producción Hacienda La Glorieta, donde se encuentra ubicada la EMA La Glorieta, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud Norte 8° 58' 58.1" y Longitud Oeste: 71° 55' 21,4", y altitud: 4 msnm; el sitio de ubicación presenta

grama corta, y además cuenta con una cerca perimetral. La EMA La Glorieta está adscrita a la Dirección General de Creación, Promoción, Producción y Divulgación de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprum" (UNESUR), localizada en la Parroquia Santa Bárbara, Municipio Colón del estado Zulia, Venezuela.

El trabajo se desarrolló para un período de datos climáticos de un año, comprendido entre los meses de enero de 2013 a diciembre de 2013. Durante este lapso de tiempo los elementos climáticos horarios y diarios de radiación solar, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura promedio, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima, humedad relativa promedio y velocidad de viento fueron capturados por una EMA Campbell Scientific, la que está comprendida por los siguientes instrumentos y/o sensores: Datalogger CR10X, Monitor viento RM Young 05103, Sensor de temperatura y humedad relativa HMP45CL con escudo protector 41002, Pluviómetro TE-525WS, Piranómetro LI200X-L, Software Loggernet 2.1, Keyboard CR10KD, Nema Case 15873, Celda Fotovoltaica MSX10R, Batería de 12V, Trípode de 3 m.

Para la evaluación de la integridad de los datos climáticos de la EMA La Glorieta se procedió a aplicar la metodología recomendada por Allen *et al*, 2006 [2], Allen, R., 2008[3] y Allen, R., 1996[1]:

1. Evaluación de los datos de radiación solar

El funcionamiento del piranómetro y la exactitud de la calibración pueden ser evaluados para un lugar determinado representando gráficamente las lecturas promedio horarias o diarias de la radiación solar (R_s) en relación a la radiación de onda corta calculada que se espera que ocurra bajo condiciones de cielo despejado (R_{so}). R_{so} se puede calcular para cualquier día u hora como:

$$R_{so} = K_T * R_a \quad (1)$$

Donde: R_a es la radiación extraterrestre y K_t es un índice de claridad o de transmisión; R_{so} calculado en la ecuación 1 debería notarse como una línea superior que cubra el conjunto de datos de la R_s medida y es útil para comprobar la calibración de los piranómetros.

2. Evaluación de los datos de radiación neta

Las ecuaciones para estimar los promedios horarios y diarios de radiación neta (R_n) que usan medidas de R_s son generalmente aceptables en la mayoría de las condiciones. Por lo tanto, los datos medidos de R_n se deben trazar siempre con relación a R_n que ha sido estimada usando ecuaciones basadas en R_s medida, temperatura del aire y presión del vapor. El valor para el albedo (α) usado en la ecuación de estimación de R_n debe representar las condiciones de la superficie debajo del radiómetro.

Si los valores medidos de R_n se desvían permanentemente de los valores estimados por más de 3 a 5 %, entonces la calibración o la operación del instrumento de medición de R_n (radiómetro) debe ser revisada. Este tipo de comparación puede identificar fácilmente los días o los períodos durante los cuales el radiómetro ha funcionado incorrectamente por efecto del polvo, de la acción de los pájaros, de la condensación de humedad dentro de las bóvedas del plástico, de

una falta de nivelación del instrumento, o de falta de vegetación verde debajo del sensor. Por supuesto, los registros de R_s usados en las ecuaciones de R_n deben también ser revisados según se describió anteriormente.

3. Flujo de calor del suelo

Para predecir la densidad del flujo de calor del suelo (G), se puede utilizar la relación propuesta por Choudhury (1989) para cálculos que reflejen las condiciones durante el día.

$$G = 0.4 \exp^{-0.5IAF} R_n \quad (2)$$

Donde: IAF es el índice de área foliar; $\exp()$ es el número natural elevado al exponente; G tiene las mismas unidades que R_n .

4. Evaluación de los datos de velocidad del viento

La calidad de los registros de la velocidad del viento es difícil de determinar a menos que se utilicen instrumentos duplicados. Se deben revisar permanentemente los registros de viento para detectar mediciones constantemente bajas en la velocidad del viento. Para los instrumentos electrónicos, estos registros pueden representar una compensación numérica de la ecuación de calibración del anemómetro. La presencia de estas compensaciones constantes y consistentes en los registros indica ya sea la ocurrencia de condiciones de calma excepcional (velocidades de viento menores que 0,5 m s⁻¹ durante el completo período de muestreo (lo cual es raro) o el funcionamiento incorrecto del sensor de la velocidad del viento.

5. Evaluación de los datos de humedad relativa y presión de vapor

El vapor de aire es difícil de medir con precisión. Algunos sensores electrónicos antiguos de humedad estuvieron plagados de errores ocasionados por la histéresis, la no-linealidad y la calibración. Algunos de estos errores son inherentes al diseño del sensor y todavía afectan algunos sensores modernos. Otros errores son provocados por el polvo, la humedad, los insectos, la contaminación, y el tiempo de funcionamiento. En el presente trabajo los valores de presión de vapor serán estimados a partir de la humedad relativa y temperatura del aire.

Replicación de los instrumentos de Humedad Relativa

Es muy importante que sensores duplicados de humedad relativa y de temperatura del aire sean empleados permanentemente en estaciones meteorológicas electrónicas, por lo menos durante cierto período de cada año. Cuando los sensores duplicados de humedad relativa y de temperatura del aire producen valores similares, es probable que ambos sensores funcionen correctamente, si es que se han utilizado ecuaciones apropiadas de calibración. Sin embargo, aunque los sensores duplicados produzcan resultados similares, esto no significa que las lecturas estén libres de errores de calibración, de desviación y de no-linealidad.

En este caso se tienen dos instrumentos de medición de la humedad relativa, una en cada estación meteorológica, lo que permitirá evaluar el comportamiento de estos datos.

Tendencias en el cálculo de la temperatura del punto de rocío en función del tiempo.

Cuando se mide la humedad del aire usando sensores de humedad relativa, la presión real del vapor de aire (e_a) se calcula como:

$$e_a = \frac{HR}{100} * e^0(T) \quad (3)$$

Donde: $e^0(T)$ es la presión de vapor de saturación a la temperatura del aire T; HR es la humedad relativa y está expresada en porcentaje. La humedad relativa y la temperatura deben ser registradas para el mismo período de tiempo, preferiblemente para ≤ 1 hora.

Las mediciones horarias (o más cortas) de la HR, de la temperatura del punto de rocío ($T_{rocío}$) o de la presión real de vapor (e_a) pueden ser determinadas preliminarmente representando los valores horarios de $T_{rocío}$ calculado o e_a en relación al tiempo. La humedad relativa variará perceptiblemente con la hora, e inversamente con la temperatura del aire. Sin embargo, $T_{rocío}$ y e_a , ya sea medidos directamente, o calculados usando registros de HR y T, deberían permanecer relativamente constantes durante un periodo de 24 horas suponiendo que no existe mucho movimiento del aire y no se presenta el fenómeno de advección del aire seco proveniente de zonas fuera del área estudiada. Durante estos periodos estables, se puede esperar un cierto incremento en los valores de $T_{rocío}$ y e_a durante las horas del día, cuando el flujo de la evapotranspiración humidifica el ambiente. Sin embargo, este incremento generalmente se restringe a alrededor del 10 al 20%. La variación en $T_{rocío}$ aumenta perceptiblemente cuando un frente meteorológico atraviesa la zona. Dado que e_a se calcula como el producto de la HR y de la presión de vapor de saturación a la temperatura del aire, cualquier error en la calibración de HR tiende a causar una falsa variación de $T_{rocío}$ y de e_a especialmente con temperaturas de aire muy cambiantes.

6. Observaciones durante períodos de rocío y de precipitación

En muchos climas, especialmente aquellos donde ocurre el rocío durante la noche, la temperatura del aire durante horas tempranas de la mañana o antes de la salida del sol debería coincidir de cerca con la temperatura mínima (T_{min}) registrada y la humedad relativa debería estar cerca del 100%. En estaciones meteorológicas automáticas que usan registros permanentes de lluvia, se puede esperar que los valores de humedad relativa, durante periodos de llovizna o lluvia, excedan el 95%. Registros de humedad relativa con valores superiores al 100% por más de 3 a 5% durante horas tempranas de la mañana o durante periodos de lluvia indican la necesidad de re-calibración y ajuste numérico de los datos recogidos.

En este caso se graficarán los valores horarios de temperatura del aire y de temperatura de punto de rocío, para poder determinar si los valores de T_{min} y $T_{rocío}$ son similares, lo que es un indicativo de que las estaciones están ubicadas en condiciones similares al cultivo de referencia.

7. Humedad relativa máxima diaria

Cuando los datos de humedad se miden con cuidado, la humedad relativa a horas tempranas de la mañana se acercara a menudo al 100 %, incluso en áreas semiáridas si las mediciones se toman dentro de una zona regada. Los valores de humedad relativa máxima (RH_{max}) que consistentemente se encuentran por debajo del 80 % o 90 % dentro de una zona bajo riego, pueden indicar problemas en la calibración o funcionamiento del instrumento o pueden indicar la aridez del sitio de medición y la desviación de las condiciones de referencia.

Ajuste de datos meteorológicos registrados en condiciones diferentes a las de referencia

En cuanto a la corrección de los datos climáticos de la Estaciones Meteorológicas Automatizadas que no cumplan las condiciones de referencia para el cálculo de la ETo, se procederá de la siguiente forma:

8. Ajustes de T_{max} , T_{min} y $T_{rocío}$

El método empírico descrito aquí, pretende corregir las temperaturas observadas T_{max} y T_{min} en proporción de la diferencia ($T_{min} - T_{rocío}$), la cual es un indicador de la sobre estimación de ($T_{n/ref} - T_{ref}$). Como $T_{rocío}$ determina el valor de la presión de vapor real ($e_a = e^o(T_{rocío})$), la corrección de $T_{rocío}$ también proporciona un ajuste del Déficit de Presión de Vapor (DPV). El método consiste en lo siguiente:

- Comparar $T_{min} - T_{rocío}$ del sitio que no cumple las condiciones de referencia con aquellas de un sitio que si presenta las condiciones de referencia, usando un gráfico y usando datos mensuales para calcular P/ETo como la abscisa. Para el cálculo de $T_{min} - T_{rocío}$ se utilizan datos diarios o mensuales.
- Cuando las diferencias para $T_{min} - T_{rocío}$ para el sitio que no reúne las condiciones de referencia son sistemáticamente mayores a 2°C con relación al sitio de referencia, entonces se calcula el promedio de las diferencias.

$$\Delta T = T_{min} - T_{rocío} \quad (4)$$

para los meses que requieren corrección (en general esto ocurrirá cuando la relación P/ETo no supera el valor de 0,5) o cumple las condiciones de referencia con $T_{min} - T_{rocío}$ del sitio, ΔT se puede calcular como:

$$\Delta T = (T_{min} - T_{rocío})_{n/fer} - (T_{min} - T_{rocío})_{fer} \quad (5)$$

- Corregir las temperaturas para cada mes (o día) usando:

$$(T_{max})_{cor} = (T_{max})_{obs} - \left(\frac{\Delta T - K_o}{2}\right) \quad (6)$$

$$(T_{min})_{cor} = (T_{min})_{obs} - \left(\frac{\Delta T - K_o}{2}\right) \quad (7)$$

para $\Delta T > K_o$, donde los subíndices cor y obs se refieren a los valores corregidos y observados respectivamente. K_o es un factor “conservativo” igual a 2°C cuando la estación que no cumple las condiciones de referencia no se compara con una estación considerada de referencia (ΔT se obtiene de la ecuación 4), asumiendo 2°C como el máximo valor de $T_{min} - T_{rocío}$ en el sitio referencial. En cambio, $K_o = 0$ cuando ΔT se calcula con la Ecuación 5.

- Se corrige $T_{rocío}$ para los mismos días o meses usando:

$$(T_{rocío})_{cor} = (T_{rocío})_{obs} - \left(\frac{\Delta T - K_o}{2} \right) \quad (8)$$

Donde: K_o tiene el mismo valor al de las ecuaciones 6 y 7, y utilizando ya sea los valores calculados u observados de $T_{rocío}$. Se debe siempre verificar que $(T_{min})_{cor} \geq (T_{rocío})_{cor}$.

- Calcular ETo con los valores corregidos de T_{max} , T_{min} y $T_{rocío}$.
- Ajustes de $T_{rocío}$ solamente

Cuando los datos de humedad relativa, e_a , o $T_{rocío}$ no son confiables o en casos en que no sea conveniente realizar la corrección de T_{max} y T_{min} , un segundo método de “corrección” de los datos meteorológicos, para reducir el problema de la aridez, es posible. Este segundo método consiste simplemente en utilizar:

$$T_{rocío} = T_{min} - K_o \quad (9)$$

en el cálculo de ETo donde $K_o = 0C$ en climas húmedos y sub-húmedos y $K_o = 2C$ en climas áridos y semiáridos. Como resultado de este procedimiento $T_{rocío}$ se incrementa reflejando la elevada humedad que existiría en condiciones referenciales. En las condiciones de las estaciones que no cumple las condiciones de referencia la T_{min} medida podría ser muy alta comparada con la T_{min} esperada en un sitio de referencia. De esta manera la ecuación 9 podría generar valores de $T_{rocío}$ sobre estimados incluso en condiciones referenciales. Sin embargo, como el cálculo del DPV en la ecuación de ETo, donde

$$DPV = 0,5(e^0(T_{max}) + e^0(T_{min})) - e^0(T_{rocío}) \quad (10)$$

utiliza valores de la temperatura del aire y del punto de rocío que podrían ser muy altas, esta sobreestimación en todos los parámetros de temperatura neutralizará el incremento, produciendo, por lo tanto valores de DPV que son típicos de una superficie de referencia.

9. Índice para medir la aridez de la estación meteorológica

Para localizaciones que no cumplen las condiciones de referencia, en caso que los datos de humedad relativa estén disponibles, se puede calcular un índice de aridez A_{bi} (para escalas de tiempo mensuales).

$$A_{bi} = [(ETo)_{obs}/(ETo)_{T_{rocío}=T_{min}}] - 1 \quad (11)$$

Entre la ETo calculada de los datos observados (no corregidos) para el mismo periodo y usando T_{min} como un estimador de $T_{rocío}$, si no hay una diferencia muy grande entre T_{min} y $T_{rocío}$, entonces $A_{bi} \sim 0$. Cuando $\Delta T = T_{min} - T_{rocío}$ es grande (por ejemplo, para condiciones no-referenciales) el índice de aridez A_{bi} toma valores > 0 .

Se deben comparar los índices de aridez para meses húmedos y secos y decidir si los valores altos de A_{bi} son el resultado de la aridez o de otras causas. Se podría requerir una corrección si A_{bi} es consistentemente mayor a 0,05.

Es importante estar consciente que estas correcciones se realizan para mejorar los cálculos de ETo, dado que ésta se define claramente para la superficie de referencia. En estudios hidrológicos en los que se requiera conocer el valor real de ET, no se debe hacer ninguna corrección a los datos de temperatura y punto de rocío ya que $ETo_{n/ref}$ caracteriza las demandas evaporativas naturales del clima.

Finalmente para la medición y determinación de la integridad de los datos meteorológicos, así como la corrección de los datos climáticos que no cumplan con las condiciones de referencia para el cálculo de la ETo, se empleó el programa REF-ET de la Universidad de Idaho 4.1 (allen, R., 2008) *citerf3*, así como una hoja de cálculo de MS Excel para la aplicación de las ecuaciones que permitieron realizar los cómputos requeridos y generar gráficos

Resultados y Discusión

Análisis de los datos de Radiación Solar diaria y horaria de la EMA La Glorieta, Año 2013.

En la figura 1, al comparar los valores de Radiación Solar (Rs) diarios del año 2013, obtenidos en la estación meteorológica, con los valores teóricos de R_{so} correspondientes a días sin nubes, se puede observar que la Rs está un poco por debajo de la R_{so} , por lo que habría que ajustar los datos diarios para que coincidan con la curva de R_{so} . El programa REF-ET permitió calcular los factores de ajuste de la Rs, que se presentan en la figura2, que permitieron obtener una Rs ajustada. Al detallar la figura 3 se puede observar que los valores horarios de Rs ajustada y los valores teóricos de R_{so} coinciden, lo que posteriormente permitió medir la ETo por el método de Penman Monteith, de tal forma que cumpliera con las condiciones de un cultivo de referencia [2][3][1].

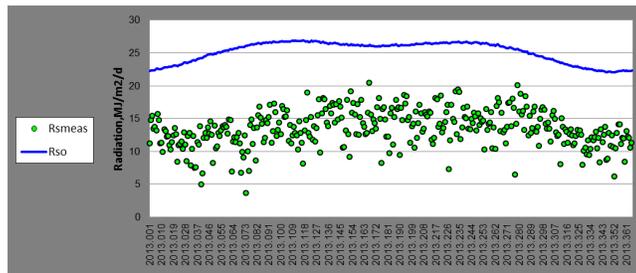


Figura 1: Radiación Solar diaria de la EMA La Glorieta. Año 2013.

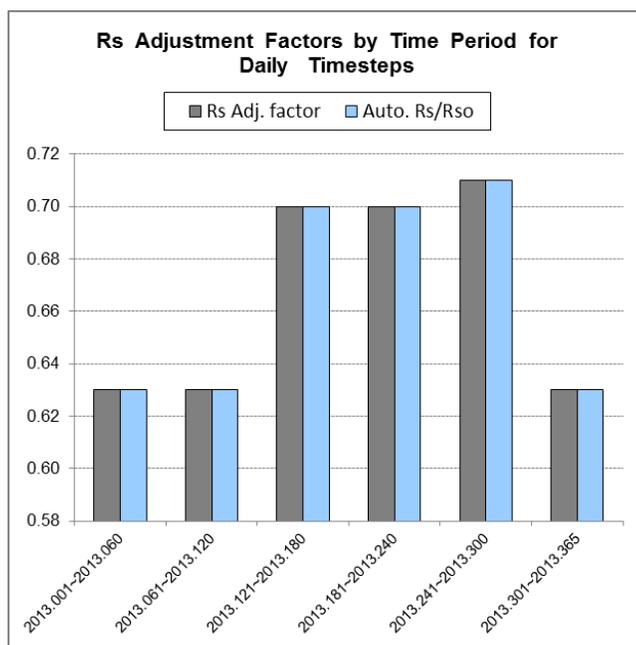


Figura 2: Factores de ajuste de la Radiación Solar diaria de la EMA La Glorieta. Año 2013.

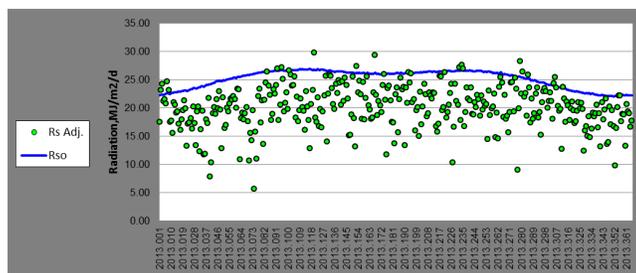


Figura 3: Radiación Solar diaria ajustada de la EMA La Glorieta. Año 2013.

Con respecto a los valores de Rs horarios, colectados por la estación, comparados con los

valores teóricos de R_{so} , en la figura 4 se observa que la R_s casi coincide con la curva de R_{so} , lo que es indicio de una buena calibración de los sensores de la EMA La Glorieta [2] [3] [1]. Sin embargo el programa REF-ET hizo el ajuste respectivo, presentándose en la figura 5 los factores de ajustes, cuya relación está por encima de 0,70; y en la figura 6 se muestran como los valores ajustados de R_s horarios y los valores teóricos de R_{so} coinciden [2] [3] [1].

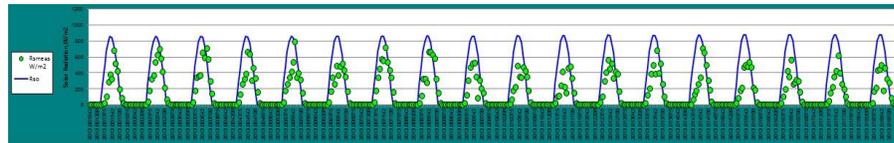


Figura 4: Radiación Solar horaria de la EMA La Glorieta. Año 2013.

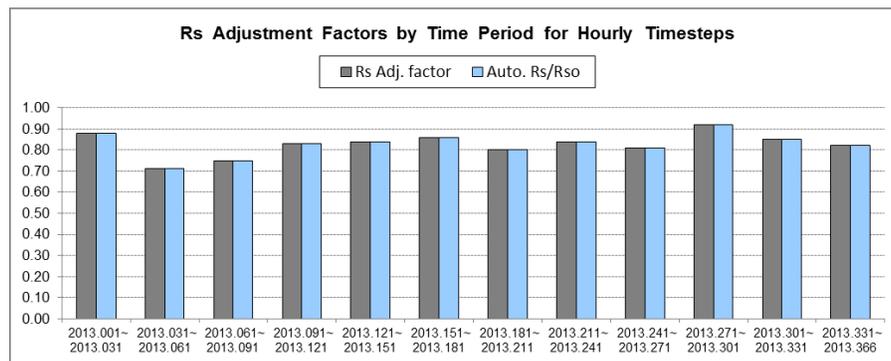


Figura 5: Factores de ajuste de la Radiación Solar horaria de la EMA La Glorieta. Año 2013.

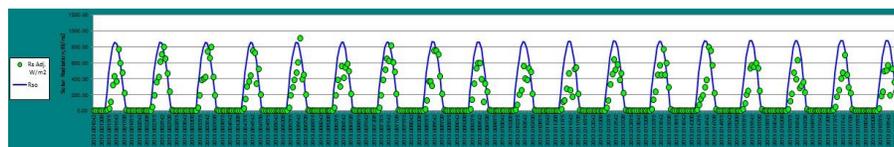


Figura 6: Radiación Solar horaria ajustada de la EMA La Glorieta. Año 2013.

Análisis de los datos de Temperatura diaria de la EMA La Glorieta, Año 2013.

En la figura 7 se presenta la diferencia entre la temperatura mínima y la temperatura de rocío, para el año 2013, a nivel diario, la misma no sobrepasa los 2°C , la casi totalidad del año, por lo tanto no hay que hacer corrección de la temperatura para la posterior estimación de la E_{To} . Además se observan valores similares de temperatura mínima y temperatura de rocío, a nivel diario, lo que indica que se presentan condiciones similares a las del cultivo de referencia [2] [3] [1].

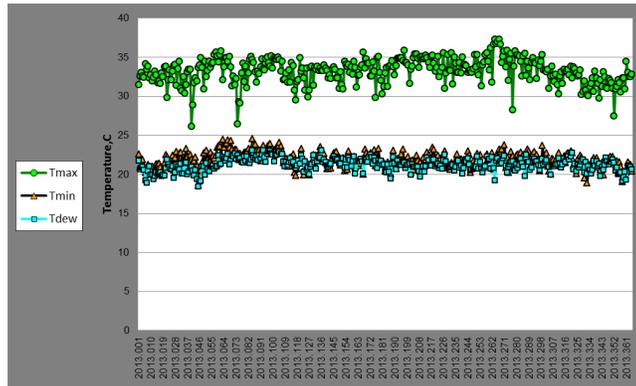


Figura 7: Comparación entre temperatura máxima, mínima y de rocío diaria, de la EMA La Glorieta. Año 2013.

Análisis de los datos de Velocidad del Viento diaria de la EMA La Glorieta, Año 2013.

La figura 8 representa el comportamiento de la velocidad del viento diaria, de acuerdo a los datos obtenidos por la EMA La Glorieta, para el año 2013. Se observan valores que no sobrepasan de 1,5 m.s⁻¹ a lo largo del año. Hay que indicar que el sensor que mide la velocidad y dirección del viento está colocado a 3 m de altura. En inspección realizada a la Unidad de Producción La Glorieta, se pudo detallar que no se observan obstáculos como edificios o árboles muy grandes cerca de la estación meteorológica, que pudieran influir en la lectura de los valores de velocidad del viento, por lo tanto los valores medidos por dicha estación pueden catalogarse como confiables [2] [3] [1].

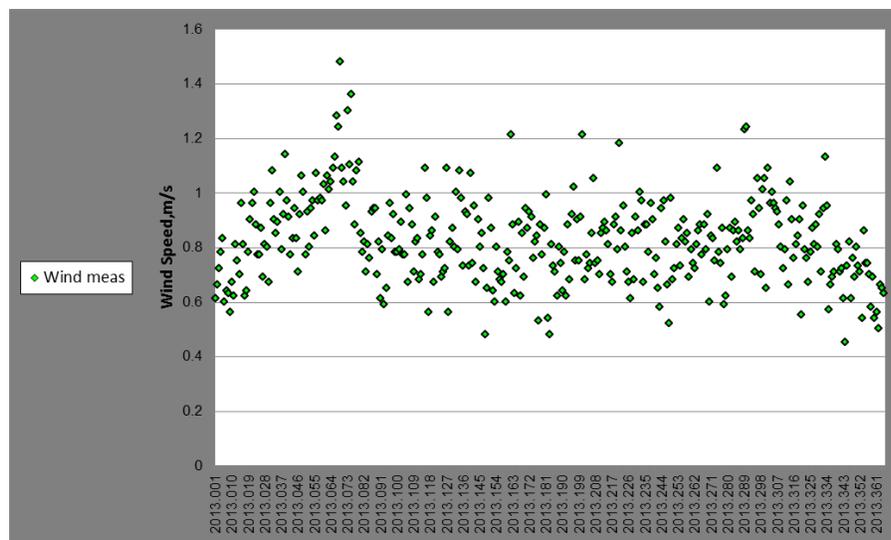


Figura 8: Velocidad del viento promedio diaria de la EMA La Glorieta. Año 2013.

Análisis de la ETo diaria, a partir de los datos de la EMA La Glorieta, Año 2013.

En la figura 9 se presenta la ETo medida por el método de Penman Monteith, para el año 2013. Debido a que los valores de R_s y R_{so} coinciden bastante, a nivel horario, esto permite establecer que la ETo se puede calcular a partir de los datos climáticos obtenidos por la estación meteorológica, ya que cumplen con el análisis de la calidad e integridad de datos [2] [3] [1].

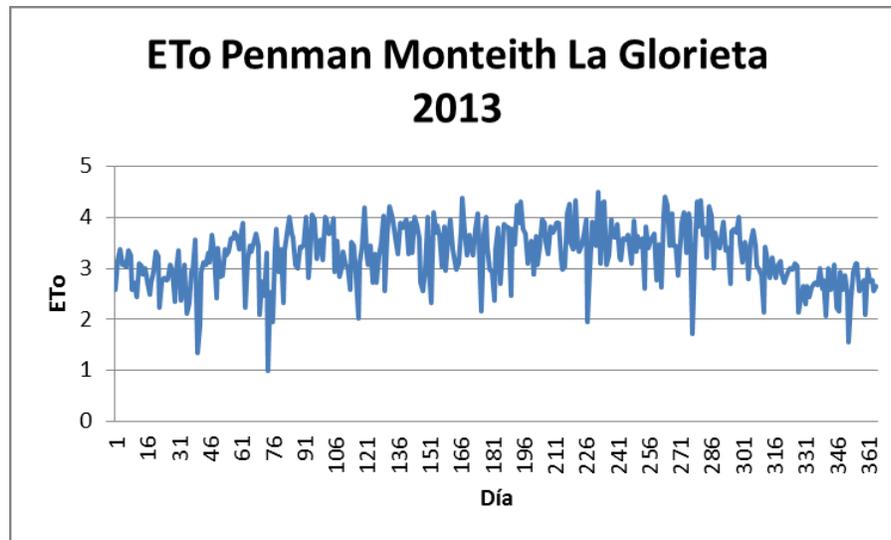


Figura 9: Evapotranspiración de Referencia diaria de la EMA La Glorieta. Año 2013.

Conclusiones

Al cotejar los valores horarios de R_s , del período estudiado, y los valores teóricos de R_{so} , coinciden en un alto grado, lo que es indicio de una buena calibración de los sensores de la EMA La Glorieta. Se observan valores similares de temperatura mínima y temperatura de rocío, a nivel diario, lo que indica que se presentan condiciones similares a las del cultivo de referencia. En cuanto a la ETo, debido a que los valores de R_s y R_{so} coinciden a nivel horario, se puede estimar a partir de los datos meteorológicos, ya que cumplen con el análisis de la calidad e integridad de datos.

Agradecimientos

Al FONACIT, a través del financiamiento del Proyecto Estratégico No 2011000311 titulado: “Estimación de la Evapotranspiración de Referencia a partir de la ecuación Penman Monteith FAO 56 y de ecuaciones empíricas, para la reposición del riego en diferentes cultivos, en las condiciones climáticas del municipio Colón del estado Zulia”.

Bibliografía

- [1] Allen, R. (1996). *Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. Journal of irrigation and drainage engineering.* March/April, 97-106.
- [2] Allen, R.G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos del cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.* Roma. 323 pp.
- [3] Allen, R. (2008). *Quality assessment of weather data and micrometeorological flux: Impacts on evapotranspiration calculation.* J. Agric. Meteorol. 64 (4), 1-14.
- [4] Allen, R. G. (2015). REF-ET. Reference Evapotranspiration. Standardized calculations. *Standardized calculations. Windows Version 4.1. Software for FAO and ASCE standardized equations.* University of Idaho, Research and Extension Center Kimberly, Idaho.
- [5] Maldonado, I., Aravena, R., Hernández, R. (2006). *Redes de estaciones meteorológicas automáticas y sus aplicaciones productivas.* Volumen 145 del Boletín INIA Chile. Editor Centro Regional de Investigación Quilamapu. 379 pp.