



ARTÍCULO ORIGINAL

<https://cu-id.com/2284/v13n1e03>

Ajuste de las normas netas de riego del naranjo en un suelo ferralítico rojo

Irrigation Net Rates Adjustment in Orange Planted on a Red Ferralitic Soil

MSc. Yunier Sosa-Sánchez¹, Dr.C. Carmen E. Duarte-Díaz^{II}, Dr.C. Enrique Cisneros-Zayas^{II}, MSc. Alina Puente-Sánchez^I, MSc. Livia González-Risco^I, MSc. Alina García-Pérez^I, Lic. Dalmis Martínez-Prieto^{III}

^I Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba.

^{II} Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

^{III} Universidad de Matanzas, Centro Universitario Municipal de Jagüey Grande, Matanzas, Cuba.

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” de Jagüey Grande, provincia de Matanzas con el objetivo de ajustar las normas netas utilizadas en la programación de riego del cultivo. Se utilizó como herramienta el programa computacional CROPWAT (versión 8.0), en el cual se hicieron corridas desde el año 2011 hasta el 2020. El suelo del área de investigación es de clasificación Ferralítico rojo típico. Los datos climáticos utilizados se tomaron de la estación meteorológica de Jagüey Grande, provincia de Matanzas. Los resultados de la caracterización climática mostraron que los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) más bajos en el período, correspondieron a los meses de diciembre y enero con 2,96 y 3,07 mm día⁻¹ respectivamente. Los valores más elevados de ET_o se encontraron en los meses de abril y mayo (5,15 y 4,97 mm día⁻¹). La precipitación real tuvo sus valores máximos en mayo y septiembre, 254,1 y 228,5 mm respectivamente y los mínimos en enero con 26,3mm y diciembre 27,7 mm en toda la serie climática estudiada. En el período lluvioso (mayo-octubre) el acumulado de precipitación (1258,9 mm) alcanzó el 83% del total anual (1521,1 mm). Los estudios del cultivo mostraron un escaso desarrollo del sistema radical activo, con una media de 0,38 m de profundidad y una altura promedio de las plantas de 3,01 m. En cuanto a la estimación de las normas netas totales para la campaña de riego del naranjo, se encontró que las mismas tienen un valor de 2523 m³ ha⁻¹, inferior en 391 m³ ha⁻¹ a las que hoy se utilizan.

Palabras clave: necesidades hídricas; clima, profundidad radical, cropwat.

ABSTRACT. The results of the water needs of oranges trees in Jagüey Grande, Matanzas province are presented. The study looked forward to adjust the irrigation net rates. The software CROPWAT (version 8.0) was used as a tool to run crop data from 2011 to 2020. The soil of the research area is typical red ferralitic. The climatic data used were taken from the weather station of Jagüey Grande. The results of the climatic characterization showed that the lowest reference evapotranspiration values (ET_o) for the studied period, were recorded in December and January with 2,96 and 3.07 mm day⁻¹ respectively. The highest ET_o values were found in April and May (5.15 and 4.97 mm día⁻¹). The rainfall maxim values were found in May and September 254.1 y 228.5mm respectively and the minimum ones in january with 26.3mm and december 27.7mm Crop variables showed a scarce development of the active root system with an average of 0.38m depth and 3.01m trees height. The estimation of total irrigation net rates for orange trees showed a value of 2523 m³ ha⁻¹, underneath in 391 m³ ha⁻¹ that those currently used.

Keywords: Water Requirements, Clime, Root Depth, Cropwat.

¹ Autor para correspondencia: MSc. Yunier Sosa-Sánchez, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu yuniersosa1978@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8273-482X>

Recibido: 17/02/2022.

Aprobado: 09/12/2022.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de los cítricos se ha distribuido ampliamente por regiones tropicales y subtropicales del mundo, representando una vía importante para diversificar la economía de diferentes naciones, con la obtención de ganancias que respaldan el continuo crecimiento de la producción y la exportación, a partir de la comercialización de frutos frescos y subproductos. (Procolombia, 2021).

El riego es una de las labores agrotécnicas de mayor importancia para obtener cosechas rentables y una mejora en la calidad de los frutos cítricos ya que evita el estrés hídrico que muestra el cultivo cuando el agua aportada por las precipitaciones es inferior a su evapotranspiración (Garzón, 2012).

En Cuba, una de las empresas más importantes dedicada al cultivo de los cítricos es la “Victoria de Girón” de Jagüey Grande en la provincia de Matanzas. Es una de las empresas más desarrolladas en cuanto a su cadena agro-industrial, logrando tener desde sus viveros hasta un combinado industrial para la producción de jugos (Anaya *et al.*, 2016).

Dicha entidad productiva cuenta con unas 4500 ha plantadas de diferentes especies cítricas, todas bajo riego, de las cuales unas 1900 están dedicadas al cultivo del naranjo. La programación de riego que se utiliza para esta especie en el territorio se implementó hace más de tres décadas, bajo condiciones climáticas y agrotécnicas diferentes de las presentes. En la actualidad se desarrollan sistemas de atenciones culturales que responden a la utilización de menores distancias de plantación, al empleo de otras combinaciones cultivar patrón, así como al uso de otras técnicas de riego que influyen en los requerimientos hídricos del cultivo.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y ante las evidencias de la variabilidad y el cambio climático acontecido en las últimas décadas, es preciso realizar una actualización de las necesidades hídricas del naranjo a las condiciones agrometeorológicas actuales y que además esté a tono con la predicción de la reducción de las precipitaciones anuales en relación con el aumento de la evapotranspiración de referencia en Cuba, según Duarte *et al.* (2017, 2018, 2020). Por todo lo antes expuesto se realizó el presente trabajo con el objetivo de ajustar las normas netas utilizadas en la programación de riego del naranjo en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” de Jagüey Grande.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características generales, y descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” en Jagüey Grande, provincia de Matanzas. Los datos de la base experimental del suelo se adquirieron de la dirección de producción de dicha entidad y los del cultivo a partir de investigaciones de campo realizadas en el área de estudio en el segundo semestre de 2020 y de la base de datos del historial científico de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Jagüey Grande.

Los datos climáticos utilizados, correspondientes al período 2011-2020, se adquirieron de la estación meteorológica

de Jagüey Grande, la cual tiene como coordenadas geográficas 22,32° de latitud Norte y 81,08° de longitud Oeste, a una altura de 11 metros sobre el nivel medio del mar. Además, se utilizó información de la base de datos del Centro Meteorológico Provincial de Matanzas. El clima de ésta región en el período de estudio se caracteriza por una temperatura media anual de 25°C, con mínimas de 16,2°C y máximas de 33,4°C. La precipitación media anual es de 1530 mm, una humedad relativa media anual de 72%. La velocidad del viento promedio es de 5,0 m s⁻¹ y la insolación promedio anual es de 7,4 horas sol/día.

Los suelos predominantes son Ferralítico Rojo típico, según la clasificación genética de los suelos de Cuba y catalogados como Ferralsol Rhodic y Nitisol Rhodic en correlación con el “World Reference Base” según (Hernández *et al.* (2004), con presencia de un relieve llano y con textura arcillosa con arcilla del tipo 1:1 con un buen drenaje en general. Las evaluaciones del crecimiento del sistema radical y de la altura de las plantas se realizaron en áreas de la Unidad Empresarial Base (UEB) No1, de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, en una plantación de naranjo ‘Valencia’ (*Citrus sinensis* L.Osb), de 5 ha, injertada sobre patrón *Citrus Volkameriana*, de diez años de edad, plantada a una distancia de 6 x 3 m, con un sistema de riego localizado por goteo y ubicada en el lote T-14, cuadrante 2, banda A. Como condiciones para la selección del área se tuvieron en cuenta las más representativas en la empresa para el cultivo del naranjo. Entre ellas se destacan la combinación cultivar patrón, el tipo de suelo, la distancia de plantación y la técnica de riego empleada. Además, la edad de la plantación se eligió teniendo en cuenta aquella donde el cultivo alcanza su máximo potencial productivo en Cuba según Ministerio de la Agricultura (Minag-Cuba, 2017).

Evaluación de las variables del clima y del cultivo en Jagüey Grande

Programa CROPWAT

El programa CROPWAT (versión 8.0) es usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos, de cultivo y suelo. Para el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo (RHC), CROPWAT requiere de datos de evapotranspiración de referencia (ET_o). Para ello se utilizó el módulo Clima/ET_o del programa CROPWAT, versión 8.0 (Allen *et al.*, 2006). El programa permite al usuario ingresar valores de ET_o, o ingresar datos individuales de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, para calcular la ET_o aplicando la ecuación de Penman-Monteith. También son necesarios los datos de precipitación total del área de estudio, para calcular la precipitación efectiva. El método empleado por el programa CROPWAT fue el USDA Soil Conservation Service, para los valores mensuales de precipitación, por ser uno de los métodos más precisos en sus cálculos, según Elizastigue (2018) y Oña (2019). Como datos de entrada para el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo (RHC) el programa necesita datos del cultivo y también datos del suelo. La altura promedio del cultivo empleada fue de 3,00 m y la máxima profundidad del

sistema radical activo de 0,40 m, según los resultados de esta investigación. Se utilizó un coeficiente de cultivo (K_c) en la etapa inicial de 0,60, en la etapa intermedia de 0,70 y en la etapa final de 0,65, según lo recomendado por el Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos (Minag-Cuba, 1990). Se empleó una humedad total disponible, calculada según datos del suelo de 211,2 mm m^{-1} , un índice de infiltración máximo de la lluvia de 70 mm h^{-1} y una profundidad máxima de raíces de 0,40 m. Una vez realizados los cálculos mediante el programa CROPWAT y procesados los resultados en la aplicación Excel se confeccionaron los gráficos y tablas para ilustrar los resultados.

Determinación del crecimiento del sistema radical activo del naranjo

Para evaluar el crecimiento de las raíces se seleccionaron cinco plantas de naranjo 'Valencia' con un porte y volumen de copa vigorosos, representativos de árboles con un buen desarrollo del sistema radical, en el área de estudio (1 ha), en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" de Jagüey Grande. Se utilizó como guía la metodología propuesta por Kolesnikov (1972), para el estudio de ésta variable. Se hicieron calicatas a ambos lados de cada planta, de 3 m de largo, tomando el tronco de la planta como centro, 1,5 m de ancho y 1 m de profundidad y se acondicionó el área previamente a las mediciones.

Para la evaluación del crecimiento en profundidad de las raíces se realizaron mediciones en el plano vertical, en el sentido de la hilera y de la calle, con el fin de determinar la profundidad de las raíces cuyo diámetro no sobrepasara los 3 mm, las cuales corresponden al sistema radical activo o de absorción de los cítricos, según Levinson & Adato (1991). Las mismas se realizaron mediante la utilización de una cinta métrica, una regla y un pie de rey. Se calcularon los estadígrafos de dispersión de esta variable mediante el programa Statgraphics, versión 5.1.

Determinación de la altura de las plantas de naranjo

Para evaluar la altura de las plantas se seleccionaron 15 plantas en diagonal cruzada en la misma plantación antes mencionada. Se realizaron las mediciones correspondientes tomando el suelo como base. Se empleó una escalera para subir hasta el punto más alto de la copa y dos reglas de madera de fabricación artesanal, una graduada y ubicada de manera vertical y la otra sin escala de 2,50 m de longitud y situada desde la parte superior de la copa hasta la regla graduada con la utilización de un nivel de burbuja para descartar errores en las mediciones. Los datos de las mediciones se sometieron a análisis de varianza para determinar la media y los estadígrafos de dispersión de esta variable mediante el programa Statgraphics, versión 5.1.

Determinación de las normas netas para riego localizado del cultivo del naranjo

Se calcularon los requerimientos hídricos del cultivo del naranjo, año a año, con la utilización del programa CROPWAT, para el período 2011-2020, en Jagüey Grande. Se utilizó la ecuación de Pearson III según la NC 48-35, (1984), para determinar la probabilidad de ocurrencia de los mismos.

Se determinaron las normas netas mensuales de riego con la aplicación de un coeficiente de localización de 0,50, para riego localizado de alta frecuencia, que corresponde al marco de plantación de 6x3 m y a un diámetro de la copa de los árboles de 3,0 m, determinados en el área de investigación, por ser ambos parámetros de los más representativos del cultivo del naranjo en Jagüey Grande y entre los más promisorios para la estrategia de desarrollo de la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón".

Se compararon las normas netas estimadas con las aplicadas actualmente en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de las variables del clima en Jagüey Grande en el período 2011-2020

Caracterización de la evapotranspiración de referencia (E_{To}) en Jagüey Grande en el período 2011-2020

Como se puede apreciar en la Figura 1, los valores promedio de E_{To} más bajos en el período evaluado 2,96 y 3,07 mm $día^{-1}$ corresponden a los meses de diciembre y enero, respectivamente. Los valores de E_{To} más altos correspondieron a los meses de abril 5,15 mm $día^{-1}$ y mayo 4,97 mm $día^{-1}$. El período de mayores valores de E_{To} fue el comprendido entre los meses de marzo y agosto, con valores entre 4,54 y 5,15 mm $día^{-1}$, respectivamente.

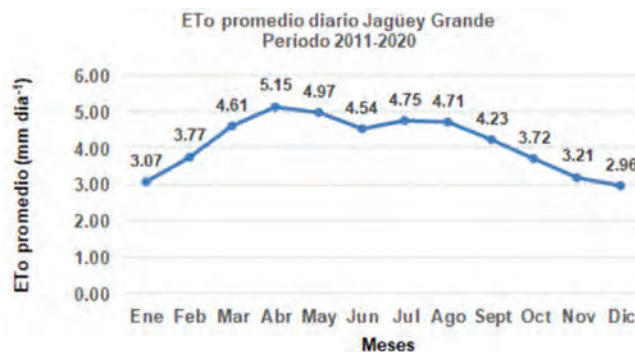


FIGURA 1. Evolución de la evapotranspiración de referencia (E_{To}) promedios diarios por meses de Jagüey Grande para el período 2011-2020.

Machado et al. (2016), al evaluar la marcha de la E_{To} para la zona central del país, encontró valores promedios máximos de E_{To} en los meses de mayo y julio (4,7 mm $día^{-1}$) y un período de máxima demanda entre abril y agosto (4,5- 4,7 mm $día^{-1}$), y los meses con valores más bajos diciembre y enero respectivamente 2,6 y 2,8 mm $día^{-1}$. Al comparar estos resultados con los obtenidos en esta investigación se evidencia el incremento de la E_{To} en Cuba, según Duarte et al. (2017, 2018).

Análisis de la precipitación total y efectiva en Jagüey Grande en el período 2011-2020

En Cuba, la lluvia es la variable meteorológica de interés agrícola de mayor variabilidad cuando se analizan largas series cronológicas (Pacheco et al., 2006). El contenido de humedad en el suelo que contribuye a satisfacer las necesidades hídricas

de los cultivos está en estrecha vinculación con el volumen de precipitaciones totales ocurridas en un período determinado y se denomina precipitación efectiva (Cob, 2004).

Como se puede apreciar en la Figura 2, la precipitación total presenta sus valores máximos en mayo y septiembre, 254,1 y 228,5 mm respectivamente y los mínimos en enero con 26,3 mm y diciembre 27,7 mm en toda la serie climática estudiada. En el período lluvioso (mayo-octubre) el acumulado de precipitación (1258,9 mm) alcanza el 83% del total anual (1521,1 mm).

Acosta & Paretas (2011) plantearon, que las precipitaciones en Cuba pese a su variabilidad espacio-temporal, presentan una distribución estacional de 75-80% en los meses de mayo-octubre y solo de 20-25% desde noviembre hasta abril.

Además se observa que los valores promedio de precipitación efectiva (Pfect) más bajos en el período evaluado 26,9 y 28,1 mm mes⁻¹ corresponden a los meses de diciembre y enero respectivamente. Los valores de Pfect más altos se mostraron en los meses de mayo 139,0 mm mes⁻¹ y septiembre 130,4 mm mes⁻¹. El período de mayores registros de lluvia efectiva estuvo en correspondencia con el período lluvioso (mayo-octubre) con valores entre 98,8 y 139,0 mm mes⁻¹, para un valor total de 758,3 mm, que representó el 76% del total anual (1004,0 mm).

Machado *et al.* (2016) obtuvo resultados similares para la región central del país con registros máximos de precipitación efectiva en junio y septiembre de 137,9 y 140,4 mm y registros mínimos en enero y febrero de 29,6 y 31,0 mm.

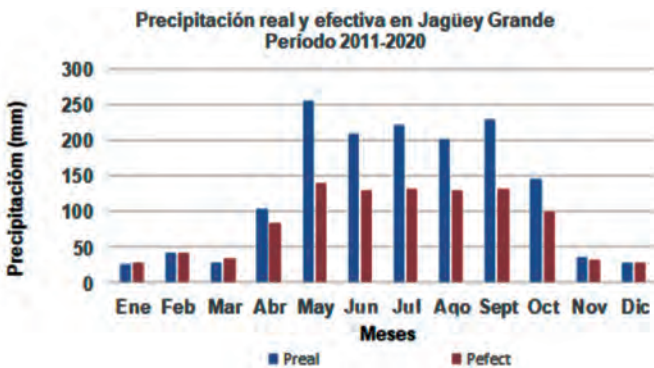


FIGURA 2. Precipitación total y efectiva promedio mensual en Jagüey Grande para el período 2000-2019.

Precisamente en los meses que pertenecen al período lluvioso (mayo-octubre) se alcanzan las mayores diferencias entre los valores totales y los efectivos de precipitación, donde el suelo no puede retener toda el agua que precipita y esta se pierde por infiltración o escorrentía con la posibilidad de que exista la tendencia a la disminución de la efectividad de la lluvia. En los meses iniciales y finales del año las diferencias son pequeñas evidenciando un máximo aprovechamiento de la lluvia.

Relación entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva anual en Jagüey Grande en el período 2011-2020.

La Figura 3 muestra el comportamiento, entre el año 2011 y el 2020, de la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva anual. Los valores anuales de lluvia efectiva muestran una gran variabilidad durante el período de estudio y se encuentran en un rango de 867,0 a 1141,0 mm como valor

mínimo y máximo respectivamente y registrados en los años 2019 y 2012. Los registros de evapotranspiración del cultivo se mostraron más estables y oscilaron entre 917,0 y 1063 mm. El promedio de precipitación efectiva de este período (1002,0 mm), supera en 55,0 mm al de la evapotranspiración del cultivo (947,0 mm) Como se puede apreciar en la Figura 3, existe una tendencia a la disminución de la lluvia efectiva durante el período evaluado, mientras que en el caso de los egresos hídricos del cultivo la línea de tendencia representa un incremento, que es más evidente en los últimos dos años (2019 y 2020) con valores de 942,0 y 1063 mm que superan en ambos casos a sus correspondientes de lluvia efectiva 867 y 992,0 mm, respaldando lo expresado anteriormente con respecto a la disminución progresiva de las precipitaciones durante la década.

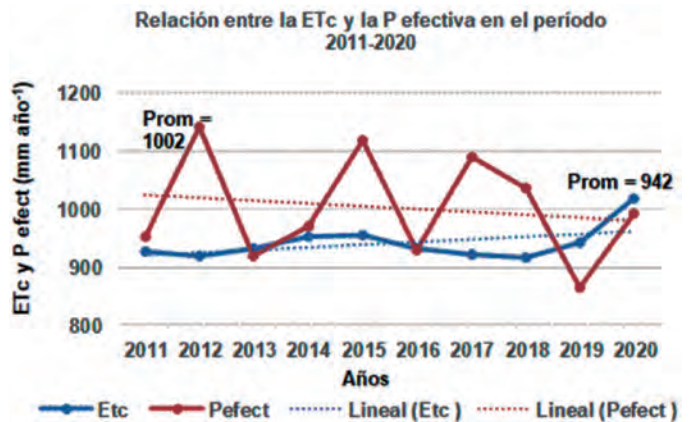


FIGURA 3. Relación entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva anual en Jagüey Grande en el período 2011-2020.

Resultados similares, fueron encontrados por Duarte *et al.* (2017, 2018, 2020); Malek *et al.* (2018); Sosa-Sánchez *et al.* (2021) y Valdés (2017), quienes evidencian que el clima está sufriendo modificaciones que apuntan hacia la disminución de las precipitaciones y el incremento de las temperaturas, que propician el aumento de los niveles de evapotranspiración de los cultivos agrícolas.

Evaluación de las variables del cultivo del naranjo en Jagüey Grande para el ajuste de sus requerimientos hídricos

Evaluación del crecimiento vertical del sistema radical activo del naranjo

En esta investigación se estudió el crecimiento vertical del sistema radical activo del naranjo (*Citrus sinensis* L. Osb.), como información necesaria para el ajuste de las necesidades hídricas de dicho cultivar en las condiciones de Jagüey Grande. Como se puede apreciar en la Figura 4, las longitudes máximas del sistema radical activo se encuentran en un rango entre 0,33 y 0,42 m de profundidad con una media aritmética de 0,38 m, una desviación estándar de 0,10 y un coeficiente de variación de 9,30%, lo que indica la poca variabilidad en los resultados. Por esta razón se decidió utilizar el valor máximo (0,40 m) para calcular los requerimientos hídricos del naranjo 'Valencia', mediante el programa CROPWAT.

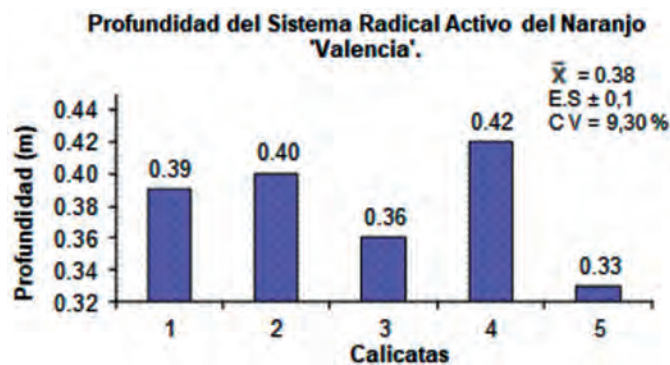


FIGURA 4. Profundidad del sistema radical activo del naranjo 'Valencia' injertado sobre patrón *Volkameriana* a los 10 años de edad.

Bosch et al. (1998), en una investigación realizada en pomelo Ruby Red de 14 años de edad, injertado sobre naranjo Agrio (*Citrus aurantium* L.) y con una distancia de siembra de 10x5 m, en la empresa de cítricos "Ceiba", en un suelo Ferralítico Rojo típico y regada por aspersión, encontraron la presencia de abundantes raíces activas en todo el perfil del suelo, hasta los 0,75 m de profundidad. Toledo & Cárdenas (1980), en un estudio llevado a cabo en naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), injertado sobre naranjo Agrio en un suelo Ferralítico Rojo de Jagüey Grande, con una distancia de plantación de 8 x 4 m y regada por aspersión, determinaron que más del 90% de las raíces activas se encontraban hasta 0,60 m de profundidad.

Determinación de la altura de las plantas de naranjo

La altura de las plantas es un dato de entrada del módulo cultivo del programa CROPWAT que aunque es un dato opcional, para Cuba es indispensable tenerlo en cuenta. En este estudio se determinó la altura promedio de las plantas de naranjo 'Valencia' para ajustar las necesidades hídricas de dicho cultivar en las condiciones de Jagüey Grande. Como se observa en la Figura 5, la altura de las plantas osciló entre 2,60 y 3,45 m, con una media aritmética de 3,01 m. Se encontró poca variabilidad en las evaluaciones realizadas con un coeficiente de variación de 9,40% y una desviación estándar de 0,30.

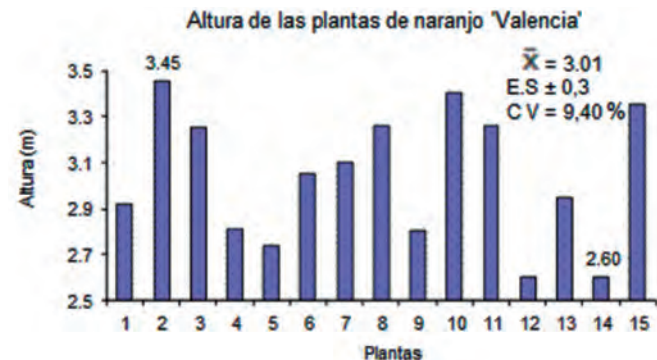


FIGURA 5. Altura de las plantas del naranjo 'Valencia' injertado sobre patrón *Volkameriana* los 10 años de edad.

La altura promedio no coincide con la determinada por Bello (1990), quien encontró, 4,6 m para el mismo cultivar

en una plantación establecida en la misma área de estudio, (T-5, UEB No 1), de nueve años de edad, sobre patrón *Cleopatra*, plantada a una distancia de 10x5 m y regada por aspersión. La diferencia se debe, en gran medida, a la utilización de distancias de plantación más espaciadas, al empleo de otros patrones y a distintos sistemas de atenciones agrotécnicas. Aranguren (2017) determinaron en plantaciones de pomelo de nueve años, sobre patrón *Cleopatra*, regada por goteo y con una distancia de siembra de 8 x 2,5 m los siguientes valores de altura para distintos cultivares: 'Marsh Jibarito' 2,6 m, Ruby Red 3,4 m y Star Ruby 3,0 m. Estos valores son similares a los encontrados en ésta investigación.

Determinación de las normas netas para riego localizado del cultivo del naranjo

Como se ha expresado anteriormente el régimen de riego establecido para el cultivo del naranjo en la Empresa Agroindustrial "Victoria de Girón" data de finales de la década del 80 del pasado siglo, época en la cual las condiciones climáticas y del cultivo diferían de las actuales. Para ajustar las normas netas utilizadas en dicha programación se emplearon los requerimientos hídricos anuales estimados del cultivo para el período 2011-2020, obtenidos con el uso de la herramienta CROPWAT, los mismos oscilan entre un mínimo de 917,0 mm y un máximo de 1019,0 mm con una media anual de 942,0 mm (Figura 6).

Resultados similares encontró Koo (1963), al obtener 1000,0 mm anuales para la toronja en condiciones de la Florida, Estados Unidos. Orduz-Rodríguez & Fischer (2007), obtuvieron requerimientos hídricos anuales de 1046,0 mm en árboles de mandarina 'Arrayana' de 6 años de edad, en Colombia. En esa investigación se tomaron coeficientes de cultivo de 0,75 para los meses húmedos y 0,80 para los meses secos, algo superiores a los empleados en este trabajo (entre 0,60 y 0,70). De La Fuente (2007), encontró volúmenes de agua de riego para huertas de cítricos en producción, de 1063,0 mm al año, en la región centro de Nuevo León, México, con condiciones de clima tropical y una altura de 15 msnm. El Kc utilizado en este trabajo osciló entre 0,65 y 0,75.



FIGURA 6. Requerimientos hídricos anuales estimados para el cultivo del naranjo en Jagüey Grande en el período 2011-2020 según CROPWAT.

Sin embargo, aun cuando los requerimientos hídricos promedios de la serie evaluada desde el año 2011 hasta 2020 son de 942,0 mm anuales, se recomienda utilizar para el diseño de la programación de riego del cultivo en la región 952,0 mm, los que se corresponden con el 25% de probabilidad de ocurrencia. Esto explica que en el cultivo del naranjo se podrá planificar el riego utilizando estos requerimientos en cuatro, de cada cinco años climáticos, sin provocar afectaciones. La evaluación de probabilidad se ajustó a una ecuación logarítmica ($RH = -1,1087 P + 1002,2$) y con coeficiente de determinación de $R^2 = 0,65$ (Figura 7).

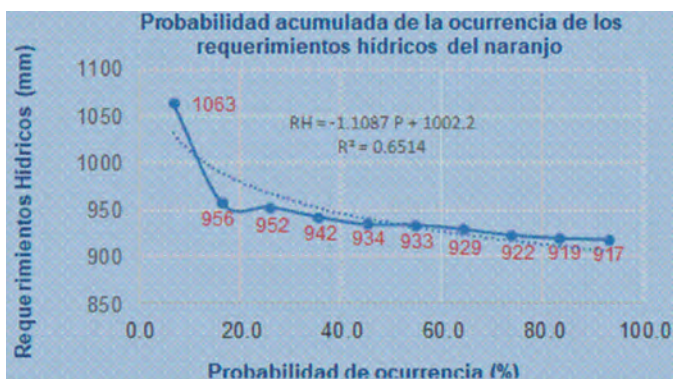


FIGURA 7. Probabilidad acumulada de ocurrencia de los requerimientos hídricos del naranjo en la serie 2011-2020.

Es preciso acotar que la campaña de riego en la empresa, para las plantaciones de naranjo en la etapa de producción, abarca los meses de enero a mayo debido a que en el período lluvioso las precipitaciones en Jagüey Grande superan la evapotranspiración del cultivo. En ocasiones es preciso regar en noviembre y diciembre según la ocurrencia de las lluvias, para evitar un estrés hídrico severo en las plantas, en consecuencia con las enfermedades de alto impacto que en la actualidad afectan la citricultura cubana. Para estimar las normas netas mensuales y compararlas con las utilizadas actualmente en la empresa se utilizó el período noviembre-mayo por las razones expuestas con anterioridad.

En la Tabla 1, aparecen las normas netas mensuales calculadas para dicho período. Como se puede apreciar las mismas oscilan en un rango de $275 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ como valor mínimo en enero, hasta $470 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ como valor máximo en mayo. Estos valores reflejan una disminución de las normas netas totales de riego estimadas para la campaña, con respecto a las utilizadas en la actualidad, avalada por $391 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de menos, lo que representa el 87% de las normas netas totales empleadas en la programación de riego actual.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R., & Paretas, J. (2011). *Incendios Forestales*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO, 298*, Roma, Italia.
- Anaya, B., Deere, C. D., Fernandez, E., García, A., González, G., Muiño, B. L., Nova, A., & Royce, F. S. (2016). *Conviviendo con el HLB: la diversificación de la industria citrícola en Cuba* (Cuba-US Agricultural Research Working Paper Series, p. 27) [Working Paper No 4, Cuba-US Agricultural Research Working Paper Series]. Working Paper, ser. Cuba-US Agricultural Research Working Paper Series
- Aranguren, M. (2017). *Evaluación de los Pomelos Pigmentados en Jagüey Grande en plantaciones afectadas con Huanglongbing* (p. 15)

TABLA 1. Comparación entre las normas netas mensuales actuales y las estimadas para el cultivo del naranjo en Jagüey Grande ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)

Meses	Norma actual	Norma estimada	Diferencia	Porcentaje (%)
noviembre	407	308	-99	76
diciembre	423	287	-136	68
enero	435	275	-160	63
febrero	385	304	-81	79
marzo	423	414	-8	98
abril	409	464	55	113
mayo	432	470	39	109
Total	2914	2523	-391	87

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en esta investigación sobre los parámetros de crecimiento del cultivo evaluados y comparados con los de épocas anteriores ya que en la actualidad las plantas son de menor porte y por tanto los niveles de transpiración son menores. Además la profundidad de suelo a humedecer, según la capa activa de raíces también es inferior en comparación con la de la época en que se determinaron las normas de riego que hoy se emplean en la programación de riego del cultivo del naranjo

En sentido general es necesario tener en cuenta este resultado para conocer de qué volumen de agua se va a disponer para establecer los manejos hídricos que se adapten al cambio climático y a las condiciones agrotécnicas actuales del cultivo del naranjo para garantizar una producción sostenible en Jagüey Grande.

CONCLUSIONES

- Los valores promedio de ETo más bajos en Jagüey Grande corresponden a los meses de diciembre y enero con $2,96$ y $3,07 \text{ mm día}^{-1}$ respectivamente, mientras que los más altos se mostraron en los meses de abril $5,15 \text{ mm día}^{-1}$ y mayo $4,97 \text{ mm día}^{-1}$.
- La evapotranspiración del cultivo tiende al incremento durante el período evaluado, mientras que la precipitación efectiva disminuye. El mayor valor de egreso hídrico fue de 1063 mm y correspondió al año 2020, mientras que el registro más elevado de lluvia aprovechable fue de $992,0 \text{ mm}$, en 2012.
- En el naranjo ‘Valencia’ prevalece un escaso desarrollo del sistema radical activo con una profundidad media de $0,38 \text{ m}$ y la altura promedio de las plantas es de $3,01 \text{ m}$.
- La estimación de las normas netas totales de riego para el cultivo del naranjo en Jagüey Grande en el período 2011-2020 mostró valores de $2523 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, que representó el 87% de las normas actuales.

- [Informe de Servicio a Empresa, Disponible en: Dirección de Desarrollo de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”]. Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón”, Matanzas, Cuba.
- Bello, M. L. (1990). *Comportamiento agrícola de variedades de cítricos en Jagüey Grande*. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Matanzas, Cuba.
- Bosch, D., Paneque, J., Castellanos, N., Peña, O., Fuentes, E., & Salazar, A. (1998). *Estudio del sistema radicular de los cítricos para la implantación del sistema de riego en plantaciones de la empresa de cítricos “Ceiba”* [Informe Técnico. Disponible en: Biblioteca Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande]. Biblioteca Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Matanzas, Cuba.
- Cob, A. (2004). Necesidades Hídricas en Cultivos Hortícolas. *Horticultura*, 25(2), 34-40.
- De La Fuente, H. (2007). Manejo del agua y fertirrigación en cítricos. En *Rocha y Padrón. El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León, México* (pp. 119-155), INIFAP, México.
- Duarte, D. C. E., Blanco, U. E., Herrera, P. J., & Zamora, H. E. (2020). Modelación de las normas netas de riego de la papa según la variabilidad climática. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(1), 8-12, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Duarte, D. C. E., Herrera, P. J., & Zamora, H. E. (2017). Predicción de las normas netas de riego a futuro en el pronóstico de riego. *Ingeniería Agrícola*, 7(3), 3-10, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Duarte, D. C. E., Valdés, P. J., Herrera, P. J., & Zamora, H. E. (2018). Predicción de normas netas de riego del frijol común en la zona occidental de Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(2), 41-47, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Elizastigue, S. Y. (2018). *Evaluación de la lluvia efectiva con diferentes métodos empíricos* [Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico]. Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE, La Habana, Cuba.
- Garzón, D. L. (2012). *Evaluación de la influencia del déficit hídrico en el crecimiento y desarrollo de la naranja Valencia (Citrus sinensis L. Osb.) en el pie de monte llanero de Colombia, Universidad Nacional de Colombia* [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Hernández, A., Ascanio, M., Cabrera, A., Morales, M., & Medina, N. (2004). *Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con World Reference Base*. 15, 14.
- Kolesnikov, V. (1972). *Metodología para el estudio del sistema radicular de las plantas frutales y de las bayas en el laboratorio y campo*, pp. 9–12 y 36–40, Centro de Información Científico Técnica. Universidad de Matanzas, Cuba.
- Koo, R. C. (1963). Effects of frequency of irrigation on yield of orange and grapefruit. *Florida State Hort. Soc.*, 76(3), 1-5.
- Levinson, B., & Adato, I. (1991). Influence of reduced rates of water and fertilizer application using daily intermittent drip irrigation on the water requirements, root development and responses of avocado trees (cv. Fuerte). *Journal of Horticultural Science*, 66(4), 449-463, Publisher: Taylor&Francis, ISSN: 0022-1589.
- Machado, Y., Domínguez, I. M., Chacón, A., Suárez, H. A. M., & Yera, Y. Y. Y. (2016). *Caracterización de la precipitación total y la precipitación efectiva en la Empresa Agropecuaria Yabú*. 24, 67-74, Villa Clara, Cuba.
- Malek, K., Adam, J., Stöckle, C., & Peters, R. T. (2018). Climate change reduces water availability for agriculture by decreasing non-evaporative irrigation losses. *Journal of Hydrology*, 561, 444-460, ISSN: 0022-1694. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.046>
- Minag-Cuba. (1990). *Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos* (Tomo I; p. 251). Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
- Minag-Cuba. (2017). *Programa de Desarrollo de la citricultura Cubana* (p. 58) [Programa]. Ministerio de Agricultura, La Habana, Cuba.
- NC 48-35. (1984). *Determinación de la lluvia máxima diaria*. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, La Habana, Cuba.
- Oña, C. (2019). *Evaluación de la lluvia efectiva a partir del balance hídrico bajo diferentes condiciones de manejo del suelo* [Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico]. Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE.
- Orduz-Rodríguez, J. O., & Fischer, G. O. (2007). Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina ‘Arrayana’ en el piedemonte llanero de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 255-263, ISSN: 0120-9965.
- Pacheco, J., Ismabel, M., Domínguez, Y., & Lamadrid, J. O. (2006). Lluvia y evapotranspiración de referencia en cuatro puntos representativos de la provincia de Villa Clara, Cuba. *Centro Agrícola*, 32(4), 67-68.
- Procolombia. (2021). *El mercado de cítricos en el mundo*. Procolombia. <http://www.colombiatrade.com>
- Sosa-Sánchez, Y., Duarte-Díaz, C. E., Cisneros-Zayas, E., Puente-Sánchez, A., González-Risco, L., & Breffe-Navarro, M. (2021). Ajuste de los requerimientos hídricos del pomelo (citrus paradisi macf.), en Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(3), 9-15.
- Toledo, E., & Cárdenas, R. (1980). El sistema radical en árboles adultos de naranjo ‘Olinda Valencia’ sobre patrón naranjo ‘Agridio’. *Cienc. Téc. Agric. Cítricos y Otros Frutales, Suplemento*, 61-76.
- Valdés, P. J. (2017). *Predicción de las normas netas del riego del cultivo del frijol común en la zona occidental de Cuba* [Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Hidráulico]. Universidad Tecnológica de La Habana-CUJAE.

Yunier Sosa-Sánchez, MSc., Investigador, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle 24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu yuniersosa1978@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8273-482X>

Carmen E. Duarte-Díaz, Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: carmen.duarte@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7887-6289>

Enrique Cisneros-Zayas, Dr.C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2 1/2, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléf.: (53) (7) 645-1731; 645-1353, e-mail: enrique.cisneros@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1021-0680>.

Alina Puente-Sánchez, MSc., Investigadora, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle

Sosa-Sánchez *et al.*: Ajuste de las normas netas de riego del naranjo en un suelo ferralítico rojo

24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6018-779X>

Livia González-Risco, MSc., Investigadora, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle 24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: ciencias@aductvlg.co.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3222-6533>

Alina García-Pérez, MSc., Investigadora, Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Calle 24 # 1702 e/ 17 y 17 A, Torriente, Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. Teléf.: (53) 45986125 y 45986193, e-mail: yuniersosa1978@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0972-6022>

Dalmis Martínez-Prieto, Lic., Profesora, Universidad de Matanzas, Centro Universitario Municipal de Jagüey Grande, Matanzas, Cuba. e-mail: dalmis.martinez@umcc.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4997-7758>

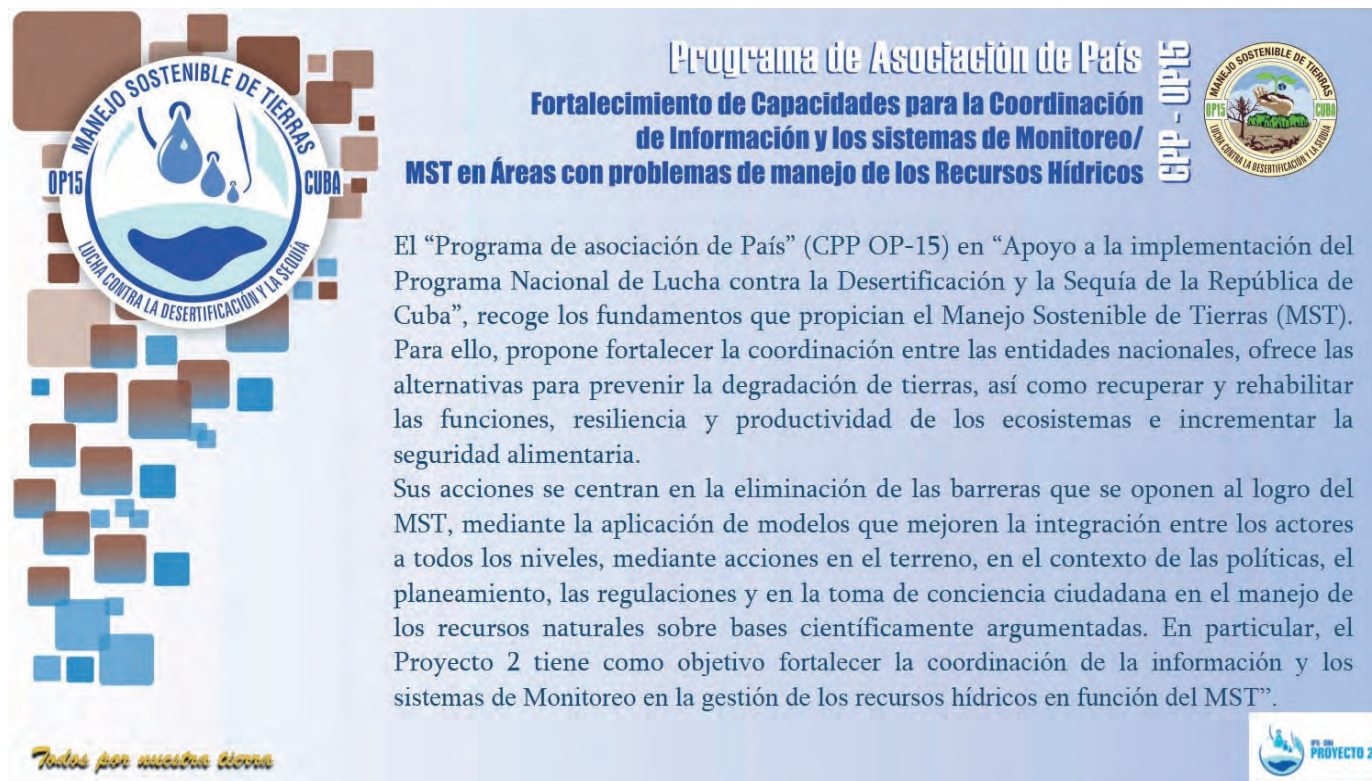
CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: Yunier Sosa-Sánchez. **Curación de datos:** Yunier Sosa-Sánchez, Alina Puente-Sánchez, Livia González-Risco, Enrique Cisneros-Zayas, Alina García-Pérez. **Análisis formal:** Yunier Sosa-Sánchez, Carmen Duarte-Díaz, Enrique Cisneros-Zayas. **Investigación:** Yunier Sosa-Sánchez, Alina García-Pérez, Livia González-Risco. **Metodología:** Yunier Sosa-Sánchez, Enrique Cisneros-Zayas. **Software:** Yunier Sosa-Sánchez, Carmen Duarte-Díaz. **Supervisión:** Yunier Sosa-Sánchez, Dalmis Martínez-Prieto. **Validación:** Yunier Sosa-Sánchez, Alina Puente-Sánchez, Livia González-Risco. **Visualización:** Yunier Sosa-Sánchez, Carmen Duarte-Díaz. **Redacción–borrador original:** Yunier Sosa-Sánchez, Alina Puente-Sánchez, Livia González-Risco, Enrique Cisneros-Zayas. **Redacción–revisión y edición:** Livia González-Risco, Carmen Duarte-Díaz, Enrique Cisneros-Zayas, Dalmis Martínez-Prieto.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



Programa de Asociación de País **OP15**
Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los sistemas de Monitoreo/ MST en Áreas con problemas de manejo de los Recursos Hídricos

El “Programa de asociación de País” (CPP OP-15) en “Apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía de la República de Cuba”, recoge los fundamentos que propician el Manejo Sostenible de Tierras (MST). Para ello, propone fortalecer la coordinación entre las entidades nacionales, ofrece las alternativas para prevenir la degradación de tierras, así como recuperar y rehabilitar las funciones, resiliencia y productividad de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria.

Sus acciones se centran en la eliminación de las barreras que se oponen al logro del MST, mediante la aplicación de modelos que mejoren la integración entre los actores a todos los niveles, mediante acciones en el terreno, en el contexto de las políticas, el planeamiento, las regulaciones y en la toma de conciencia ciudadana en el manejo de los recursos naturales sobre bases científicamente argumentadas. En particular, el Proyecto 2 tiene como objetivo fortalecer la coordinación de la información y los sistemas de Monitoreo en la gestión de los recursos hídricos en función del MST”.

Todos por nuestra tierra

