

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

Diagnóstico del recurso agua para la producción agrícola sostenible y compatible con el clima en el municipio Perico

Water Resource Diagnostics for Sustainable and Climate Compatible Agricultural Production in the Perico Municipality

Dr.C. Julián Herrera-Puebla, Dr.C. Teresa López-Seijas, Ing. Yunier Díaz-Pérez, Dr.C. Enrique Cisneros-Zayas,
Dr.C. Carmen Duarte-Díaz

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Este trabajo fue encaminado a realizar un diagnóstico, enfocado en el recurso agua, de los problemas que pueden constituir vulnerabilidades de los sistemas agrícolas en el municipio Perico de la provincia de Matanzas, para la sostenibilidad de sus producciones y su capacidad de adaptación ante los cambios del clima actuales y futuros. El estudio se realizó en la CCSF, "José Martí", ubicada en la zona de la "La Angelina", en el norte del municipio Perico. Se recopiló y analizó la información existente a escala nacional y para la zona. Para la precisión del diagnóstico se realizaron visitas de campo, entrevistas con productores y directivos, así como muestreos de suelo y determinación in situ de propiedades en puntos representativos. Los resultados mostraron que el área de "La Angelina", por sus características de suelo e hidrología constituye un caso particular que merece una especial atención, ya que si no se orienta adecuadamente el manejo de los recursos naturales agua y suelo para la producción agrícola pudiera conducir a un pequeño pero importante desastre ecológico y esta situación se agrava en un horizonte de variabilidad y cambio climático. Las principales recomendaciones están relacionadas con medidas que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua para la producción agrícola, las cuales incluyen una mejor organización y manejo de los sistemas de riego y drenaje así como promover cambios en las tecnologías de preparación de suelos e implementar en áreas demostrativas los principios de la agricultura de conservación.

Palabras clave: eficiencia uso agua, adaptación cambio climático, buenas prácticas agrícolas.

ABSTRACT. The main objective of this work is to do a diagnostic focused in water resource of vulnerabilities of agricultural systems in the Perico municipality of Matanzas province, for sustainability of their productions and adaptation capacity for actual and future climate change and variability. The study was realized in "La Angelina" that belongs to cooperative CCSF, "José Martí", in the north of Perico municipality. It was due a recompilation and analysis of previous available national and local information. For precision of diagnostic it were realized field visits, interviews to producers and directive personal and it were taken soil samples and direct determinations of soil properties in representative points. The results showed that the area "La Angelina" for its specific characteristics of soil and hydrology is a particular case that should have an special attention, because if it is not well oriented water and soil resources management it may conduce to an small but important ecological disaster, and this situation might be worse in a variability and climate change horizon. The main recommendations involves measures that can increase the efficiency in water use for agricultural production, which include a better organization and irrigation and drainage systems management and to promote changes in land preparation technologies and to implement in demonstrative areas the principles of conservation agriculture.

Keywords: water use efficiency, climate change adaptation, agricultural practices.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una industria a cielo abierto y por tanto el producto que sale de sus parcelas está limitado por factores

ambientales como la calidad del suelo donde se produce, las variaciones climáticas en el tiempo y el espacio y en particular

de las precipitaciones, además de factores antrópicos como la calidad de la preparación del suelo, respeto de las épocas de siembra, calidad de las semillas, y la selección del cultivo adecuado para cada sitio, entre otros. En este conjunto de factores, el agua, puede constituir uno de los factores potenciadores o limitadores principales de los rendimientos agrícolas y de su sostenibilidad, siempre que los demás factores no estén por debajo de su límite mínimo.

El conocer las limitaciones y potencialidades del recurso agua para la producción agrícola y su posible manejo en función de la variabilidad climática, resulta un problema esencial a abordar en el proceso de adaptación a los impactos del cambio del clima, que es hoy una prioridad para el país expresada en sus documentos políticos principales (PCC, 2011).

El municipio Perico ubicado en la llanura roja Habana-Matanzas, en la parte centro-oeste de la provincia de Matanzas, ha sido identificado como priorizado en la proyección estratégica de la agricultura cubana por sus potencialidades en los recursos naturales y productivos. Este municipio además ha sido seleccionado en el marco del proyecto internacional BASAL¹ como áreas de extensión de las acciones demostrativas en el proceso que apoya este proyecto para la adaptación al cambio climático en el sector agropecuario en Cuba.

Como ha sido reconocido en trabajos antecedentes (BASAL, 2016), la consideración de las problemáticas ambientales de los sistemas productivos (agua, suelos, prácticas agropecuarias, sistemas de apoyo, género) en los diagnósticos locales es clave y contribuye a crear capacidades en los equipos técnicos para la inclusión del factor cambio climático en la gestión del sector agropecuario.

Siguiendo esta lógica de trabajo, el presente estudio tuvo como objetivo principal realizar un diagnóstico de los recursos naturales, enfocado fundamentalmente en el recurso agua, que permitiera identificar problemáticas que constituyen vulnerabilidades de estos sistemas para la sostenibilidad de sus producciones y su capacidad de respuesta ante los cambios del clima actuales y futuros, así como brindar las primeras recomendaciones para enfocar las medidas para el desarrollo de buenas prácticas que conlleven a incrementar su capacidad de adaptación.

MÉTODOS

Este trabajo se realizó en un área agrícola perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida, CCSF, "José Martí", ubicada dentro de la zona conocida como "La Angelina" en la región norte del municipio Perico, en la provincia de Matanzas.

El diagnóstico partió de la recopilación y análisis de la información existente sobre estadísticas nacionales y locales así como estudios climáticos y de suelo precedentes en la zona. Esto permitió la caracterización general del municipio y sus sistemas productivos y particularizar en las características climáticas y las condiciones y problemáticas de la producción agrícola en las áreas de la Cooperativa objeto de estudio.

Por otra parte se analizaron también los principales impactos definidos en las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático para la región de estudio y que inciden directamente en la disponibilidad del recurso agua para el desarrollo de la agricultura.

Para la precisión del diagnóstico se realizaron visitas de campo y entrevistas con productores y directivos de las entidades agrícolas involucradas, así como se seleccionaron puntos representativos donde se hicieron muestreos de suelo para la determinación in situ de propiedades importantes para la descripción del funcionamiento hídrico del mismo.

Se calcularon variables climáticas y propiedades hidrofísicas del suelo a partir de los datos existentes y los muestreos de campo, para lo que se utilizaron las siguientes herramientas y fórmulas:

- **Datos de Clima:** Los datos climáticos fueron obtenidos del informe elaborado por el Instituto de Meteorología (Fernández *et al.*, 2016) a partir de las observaciones de la Estación Meteorológica: Indio Hatuey-329 ubicada en una Latitud: 22o 49'00 N y Longitud: 81o 12' W, a una altura sobre el nivel del mar: 19.00 m), a partir del mismo se procesaron los datos utilizando el Programa Cropwat 8.0 (FAO, 2015) a fin de obtener los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) para un año medio
- **Valores mensuales de evapotranspiración de referencia (ET_o)** para un año medio por el método de Penman Monteith FAO a partir de los datos climáticos existentes y utilizando el Programa Cropwat 8.0 (FAO, 2015).
- **Valores mensuales de la precipitación o lluvia efectiva o aprovechable**, para un año medio por el método del SCS-USDA a partir de los datos de lluvia existentes y utilizando la subrutina del Programa Cropwat 8.0 (FAO, 2015).
- **Gráfico de balance anual entre lluvias y ET_o** para el municipio Perico, se realizó utilizando los valores mensuales de lluvia reportados para el municipio y los valores calculados para la ET_o.
- **Densidad aparente (da) por capas del perfil del suelo;** esta se determinó a partir de muestras tomadas en tres puntos del sitio estudiado con anillos de volumen 100 cm³, cada 10 cm hasta la profundidad de 3 m. Para el cálculo se utilizó la expresión:

$$\alpha = \frac{(PA_{hum} - PA_{seco})}{100}$$

- donde PA_{hum} y PA_{seco} son los pesos de los anillos con el suelo húmedo y después de secado en la estufa a 110°C, respectivamente.
- **Porosidad total por capas del perfil del suelo**, calculada como:

$$P = 1 - \left(\frac{da}{2.65} \right)$$

- **Porosidad drenable por capas del perfil del suelo**, calculada como la diferencia entre el valor de porosidad total y el valor de humedad en volumen a capacidad de campo:

¹ BASAL, "Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local" (BASAL), proyecto de colaboración internacional que se desarrolla en Cuba desde el año 2013 con el financiamiento de la Unión Europea y la Agencia Suiza para el Desarrollo, COSUDE, liderado por la Agencia de Medio Ambiente, AMA, del CITMA y con la participación activa de instituciones y entidades del Ministerio de la Agricultura y de otros Ministerios.

- **Agua Total disponible por capas del perfil del suelo**, calculada como la diferencia entre las humedades volumétricas correspondientes a las tensiones de 0,2 kPa y 15000 kPa por la profundidad en mm de cada capa del suelo.
- **Agua o reserva fácilmente aprovechable por capas del perfil del suelo**, calculada como la diferencia entre el agua total y un agotamiento permisible de ésta hasta el 80%.
- **Los valores totales de los dos últimos parámetros** para todo el perfil de suelo estudiado se obtuvieron a partir de la suma de los valores por capas.
- **Demanda de agua de los cultivos**, utilizando el programa Cropwat 8.0 (FAO, 2015) a partir de los datos climáticos del año promedio (ET_0 y Lluvia efectiva) y los valores de las propiedades hidrofísicas del suelo ya especificadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales del municipio Perico y sus sistemas productivos

El municipio Perico se encuentra enclavado en la llanura roja Habana-Matanzas, en la parte centro-oeste de la provincia de Matanzas. Tiene una superficie total de 278,38 km², que representa el 2,4% de la superficie provincial. La actividad económica fundamental es la producción agropecuaria, donde sobresale la Empresa Agropecuaria “Máximo Gómez Báez”. La superficie agrícola total es de 24 576,78 ha, según ONEI (2015), de ellas el 8% se dedica a cultivos temporales donde sobresalen las viandas y hortalizas y los granos, el 30% se dedica a cultivos permanentes, con predominio en este renglón de la caña de azúcar, el 15% a la ganadería, fundamentalmente pastos naturales y un 7% de área forestal. La actividad agrícola está organizada en 10 UBPC (4 de ellas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar), 2 CPA (1 dedicada a la caña) y 4 CCS (fortalecidas), todas ellas dedicadas a la producción de cultivos varios.

La población total, al cierre del año 2014 era de 31 148 habitantes, con una densidad de población de 111,89 habitantes/km² y el 82,5% de ellos habita en las zonas urbanas. De una población activa total de 9715 personas, el Anuario Estadístico Municipal (ONEI, 2015) registra 943 campesinos vinculados a CPA y 1181 asociados a CCS; ambos de conjunto recogen al 21% de la población económicamente activa en el municipio.

La evolución de la producción agrícola en el municipio desde el año 2010 al 2014 (excepto caña de azúcar) según datos tomados del Anuario Estadístico Municipal (ONEI, 2015) refleja que en general del 2010 al 2014 hay un crecimiento de la producción agrícola (excepto en cítricos) de 2,5 veces. Por su parte la producción de leche creció en solo un 13.6%, mientras que la producción de carne vacuna lo hizo en 1.6 veces y la de aves en un 33%. La producción de carne de cerdo y ovino-caprino decrecieron en 94 y 83% respectivamente y la producción de huevos se aumentó en 369 000 unidades.

Características climáticas del municipio Perico

Según la Tabla 1, el valor promedio de la ET_0 es de 3,78 mm día⁻¹, mientras que los meses de diciembre y abril son los de menor y mayor valor de ET_0 respectivamente. La Tabla 2 muestra las precipitaciones mensuales promedios y la lluvia aprovechable calculada. Utilizando los datos de la ET_0 mostrados en la Tabla 1, y los datos de lluvia aprovechable de la Tabla 2, se confeccionó la Figura 1 donde se muestra el balance anual entre lluvias y ET_0

Al comparar la suma anual de la ET_0 vs las lluvias totales, estas son superadas por la ET_0 en solo 8,2 mm, lo que pudiera parecer como un equilibrio entre ambas, sin embargo, al observar la Figura 1, se nota que en el periodo noviembre-abril (periodo seco) hay un desbalance favorable a la ET_0 de 312 mm, lo que indica la necesidad de riego para los cultivos que crecen en esta época. En los meses desde mayo a octubre, las lluvias superan a la ET_0 en 303,9 mm, indicando la necesidad de drenaje en las áreas más bajas y con suelos de lenta infiltración.

TABLA 1. Características climáticas del municipio Perico

Mes	Variables climáticas						
	Temp. Min. (°C)	Temp. Máx. (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (km/día)	Horas sol (hora)	Radiación ¹ (Mj/m ² /día)	Eto ¹ (mm/día)
enero	14,0	28,0	80	196	7,2	14,9	2,65
febrero	14,1	28,5	77	208	7,8	17,5	3,23
marzo	15,0	30,0	75	228	8,4	20,5	3,98
abril	16,8	31,5	72	228	9	23,0	4,75
mayo	19,0	32,5	77	208	8	22,0	4,66
junio	21,1	32,5	82	158	7,5	21,2	4,46
julio	21,1	33,2	82	184	8	21,9	4,64
agosto	21,1	33,2	82	158	7,8	21,2	4,48
septiembre	21,1	32,8	85	158	7,6	19,8	4,07
octubre	19,1	31,1	85	196	7,4	17,5	3,45
noviembre	17,0	29,4	84	201	7,2	15,2	2,84
diciembre	15,0	28,0	83	194	7,2	14,2	2,50
Promedio	17,9	30,9	80	193	7,8	19,1	3,81

¹ Calculado utilizando Cropwat 8,0 (FAO, 2015).

TABLA 2. Lluvia promedio mensual caída y lluvia aprovechable del municipio Perico

Mes	Lluvia caída mm	Lluvia efectiva mm
enero	43,8	40,7
febrero	46,9	43,4
marzo	48,2	44,5
abril	65,6	58,7
mayo	181,2	128,7
junio	248,4	149,7
julio	168,7	123,2
agosto	159,4	118,7
septiembre	205,1	137,8
octubre	131,2	103,7
noviembre	56,3	51,2
diciembre	28,2	26,9
Total anual	1383	1027,2

Calculada por el método del SCS-USDA según sub rutina del programa Cropwat 8.0 (FAO, 2015)

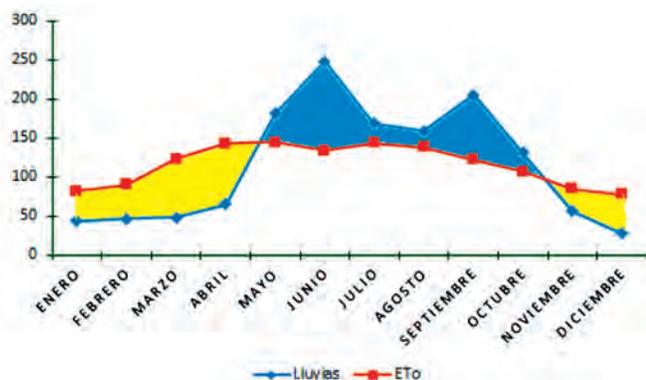


FIGURA 1. Balance mensual Lluvias – ET₀ en el municipio Perico.

Características principales de la hidrología en el municipio Perico

En la zona no se encuentran fuentes importantes de agua superficial (excepción de la zona La Angelina que será analizada más adelante), por lo que la fuente principal de agua es subterránea, la cual aflora, según la posición topográfica entre los 20 a 2 m. La calidad de las aguas, desde el punto de vista del regadío es buena.

Principales impactos de la variabilidad y el cambio climáticos para la agricultura y su incidencia en la zona de estudio

Según los estudios de vulnerabilidad, impacto y adaptación al cambio climático recogidos en las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático y otros afines (Centella *et al.*, 2015) se pronostica para la región occidental de Cuba, donde se ubica la

provincia de Matanzas y el municipio Perico, un decrecimiento paulatino de las precipitaciones y un aumento progresivo de la temperatura, diferenciado por épocas del año. Según estas predicciones para el año 2050, las precipitaciones disminuirán en un 50% en el periodo lluvioso y en un 20 % en la época seca o menos lluviosa, mientras que la temperatura se incrementará en 1,40°C y 2°C para las épocas lluviosa y menos lluviosa, respectivamente.

Estos impactos del cambio del clima tienen una incidencia bien marcada en la merma del recurso hídrico disponible para la producción agrícola y se hacen sentir ya en la zona de estudio a partir del incremento en la frecuencia e intensidad de las sequías.

Si se analiza el resultado obtenido y mostrado en la Figura 1 del balance entre ETo y lluvias, teniendo en cuenta las predicciones para la región de disminución en las precipitaciones, se puede plantear que puede esperarse un incremento paulatino del déficit de las precipitaciones para cubrir la demanda climática expresada en la ETo, de hasta un 18 % para el año 2050 (más de 50 mm) en el periodo seco o menos lluvioso. Para el periodo lluvioso puede esperarse que comiencen a aparecer paulatinamente déficits de precipitaciones con respecto a la ET₀ (más de 200 mm en el año 2050), que deberán ser cubiertos con mayores normas de riego anuales para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos en rotación.

Características del sitio específico estudiado- CCSF “José Martí”

Condiciones de producción generales

La Cooperativa “José Martí” se encuentra enclavada en la zona conocida como “La Angelina” (22° 58’ 28.3777” N, 81° 04’ 13.5659” W). Tiene un área total de 515 ha (aumenta a 600 con la incorporación de las áreas de la UBPC que se desintegró), y está formada por 200 socios, de ellos 128 propietarios (de ellos 8 mujeres). Su producción fundamental la constituye las viandas, muy en particular el boniato, el cual es rotado con frijoles y maíz. Dedicó unas 30 ha a la producción de hortalizas para su venta al polo turístico de Varadero.

En el año 2016, vendió al estado un total de 10000 ton de boniato, que significó un cumplimiento del plan de producción de este cultivo al 103%, si se compara esta cifra con la producción total del municipio en el año 2013 (la mayor producción de la serie 2010-2014) y se asume esta producción como similar a la del año 2016, significa que esta zona llega a producir el 77% de la producción de este tubérculo en el municipio. Según datos de la producción anual obtenidos de preguntas a diferentes productores, afirman obtener rendimientos medios cercanos a las 30-40 Ton/ha de este cultivo, lo que supera en 2.2-2.9 veces el rendimiento promedio nacional para el sector privado (promedio nacional de 13.08 ton/ha, según ONEI (2015)). También en el año 2016 alcanzaron una producción de tomate de 120 ton y 200 ton de col, mientras que debido a afectaciones por ataques de hongos solo alcanzaron una producción de 165 ton de frijoles de un plan de 607 ton.

Características de los suelos

El suelo predominante en toda el área de la cooperativa es del Tipo: Húmico Marga². Estos suelos se caracterizan porque

² INSTITUTO DE SUELOS: Informe del Diagnóstico de Suelos del municipio Perico. Documento generado en el marco del Resultado 1 del proyecto BASAL, 2015.

su formación está enlazada con la acumulación de humus, condiciones de hidromorfía y calcificación, esto último por causa de depósitos de margas que sustentan esta formación; ocupan zonas de transición entre terrenos drenados y pantanos turbosos, son fuertemente humificados en su parte superior, y su parte inferior presenta color blanquecino de mezcla de carbonatos finos con la arcilla (Bennett y Allison, 1966). En el municipio Perico este suelo ocupa una superficie pequeña, y se localiza en la porción Norte del municipio, donde se asienta la cooperativa “José Martí”. Los mismos presentan como limitante principal condiciones de drenaje general deficiente

La Figura 2 muestra un esquema de la conformación del perfil del suelo, notándose en el mismo una de arcilla compacta, algo impermeable que aparece alrededor de los 1.8 m y que puede

dar lugar a la formación de un manto colgado en épocas de lluvias.

En la Figura 3 se muestra la variación de la porosidad (calculada como $P = 1 - (\rho/2.65)$ a partir de la densidad aparente (ρ) determinada directamente en el sitio y asumiendo la densidad real como 2.65 gr/cm^3 . Puede observarse, como se indicó anteriormente, que a partir de los 0.7 m la porosidad disminuye y a partir de los 1.10 m, los valores alcanzados son un 14% menores que los de las capas superiores, indicando con ello la presencia de un horizonte impermeable.

En la Tabla 3, se muestran algunas propiedades hidrofísicas del suelo tomadas en la finca del Sr. Infante hasta 1 m de profundidad. De acuerdo a esta tabla, la norma neta promedio para una profundidad de 0.3 m y un límite productivo del 80% del agua total sería de $263 \text{ m}^3/\text{ha}$.

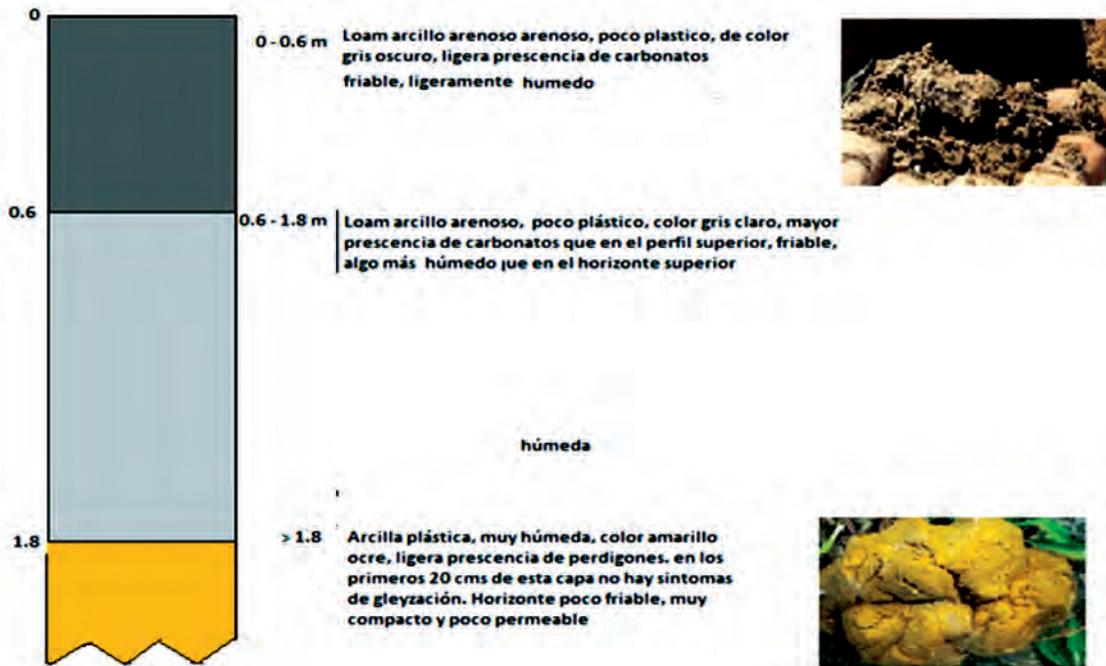


FIGURA 2. Esquema del perfil del suelo en la Zona de “La Angelina” perteneciente a la CCSF “José Martí” del municipio Perico.

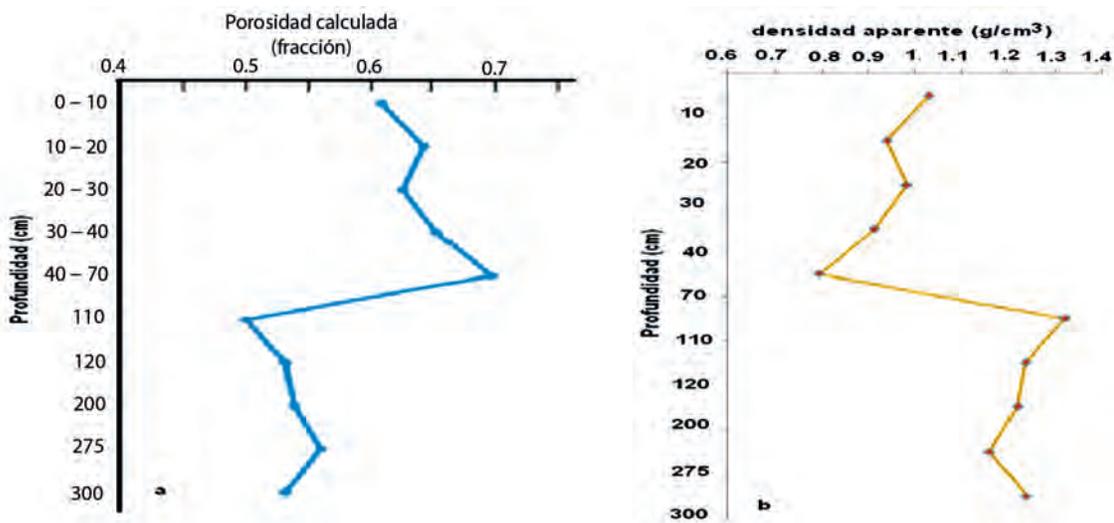


FIGURA 3. Variación en profundidad de la porosidad y la densidad aparente en el sitio de “La Angelina” perteneciente a la Cooperativa “José Martí” del municipio Perico.

TABLA 3. Propiedades Hidrofísicas del suelo en la zona la La Angelina perteneciente a la Cooperativa José Martí” del municipio Perico

Profundidad (cm)	Porosidad total %	Porosidad drenable %	densidad aparente gr/cm ³	Agua total ¹ cm ³ /cm ³	Agua total ¹ mm	Agua total ¹ mm	agua fácilmente aprovechable ²
0-12	50,9	21,6	1,03	0,45	5,37	53,66	10,73
12-20	51,7	21,1	0,94	0,46	3,66	36,55	7,31
20-30	51,1	23,5	0,98	0,42	4,15	41,5	8,30
30-40	56,8	19,5	0,91	0,39	3,89	38,93	7,79
45-50	46,6	21,1	0,91	0,43	2,15	21,47	4,29
53-60	47,4	22,6	0,91	0,48	3,37	33,69	6,74
72-80	49,8	19,6	0,91	0,49	3,95	39,47	7,89
80-100	54,7	17,5	1,32	0,49	9,72	97,2	19,44
Promedio	51,1	20,8	1,00	0,45	4,53	362,49*	72,50

¹ Calculada como la diferencia de la humedad en volumen a 0,2 kPa y 1500 kPa, ² Calculada como el 80% del agua total. * Suma de todos los horizontes

Características de la Hidrología

La finca “La Angelina”, por su posición geográfica más baja constituye una zona de descarga del acuífero. Este fluctúa desde 12 metros de profundidad a nivel de la carretera Máximo Gómez Cárdenas, hasta 2,5 3 m en el poblado 1ro de Enero. Este acuífero, es no confinado, con libre movimiento hacia el mar y muy influenciado por los movimientos de las mareas.

A pesar del afloramiento superficial del agua, la calidad de la misma, como se señaló anteriormente, es aceptable, lo que indica que al menos, a nivel de las zonas actualmente bajo cultivo en la CCSF no hay evidencias de intrusión salina.

La Figura 4 muestra una vista tomada utilizando el programa CubaSi SGR que muestra la zona de “La Angelina”. En ella se destaca el Canal del Roque, este canal sirve como colector de drenaje y a su vez colecta las aguas freáticas que afloran desde la posición más alta.

Desde el punto de vista de la fertilidad química, al parecer estos suelos son deficientes en potasio, ya que según opinión de David Dávila, presidente de la CCSF, y ratificada por otros miembros de la misma, las aplicaciones de potasio al suelo, al menos en años alternos, favorece los rendimientos del boniato y otros cultivos en estos suelos. Aun no se tienen resultados del análisis de suelos a partir de las muestras tomadas por el Instituto de Suelos.

No es notable el impacto de la salinidad en los suelos y las aguas en tres pozos visitados, perforados con profundidades de 15 m y con niveles del agua entre 1 y 2 m de la superficie del suelo, que muestran tenores salinos menores de 700 μ Siemens/cm.

Un hecho particular se destaca en relación a la humedad del suelo y el movimiento del agua freática en esta zona. Según señalan los productores en la zona ocurre diariamente un fenómeno de humedecimiento del suelo que comienza al atardecer y culmina al amanecer. Este humedecimiento se produce, al parecer, producto de la ocurrencia de un manto freático colgado que se forma por el movimiento lateral del agua desde el canal del Roque, el que al subir su nivel, producto de las mareas, crea una carga hidráulica y con ello provoca un movimiento lateral del agua (seepage) a través de la capa de suelos de alta permeabilidad que descansa sobre el horizonte arcillosos menos permeable. La cuantía de este fenómeno varía estacionalmente y según las fases de la luna, la cual influye

decisivamente en la altura de la marea (Ataie-Ashtiani et al., 2001). El movimiento normal de las mareas, resultante de la atracción mutua entre la luna y la tierra y de la rotación de la tierra, generalmente presenta dos tipos de curvas sinusoidales como se presenta en la Figura 5 con dos niveles altos y dos niveles bajos dentro de cada día lunar. El día lunar es mayor que el día calendario (24 horas y 50 minutos comparado con 24 horas), de lo que resulta en alrededor en alrededor de una hora diaria de desplazamiento en el tiempo de ocurrencia entre los niveles altos y bajos. El sol también influye. En la luna llena y luna nueva, las fuerzas que ejercen la luna y el sol sobre la tierra se refuerzan una a la otra generando con ello el mayor valor de la marea. Este fenómeno se denomina “springtide” (Smedema y Rycroft, 1983). Con la luna en cuarto menguante, las fuerzas se oponen una a la otra resultando en el menor valor de la marea en el ciclo lunar y recibe el nombre de “neap tide”. La Figura 5 presenta un ejemplo de la variación de los niveles altos y bajos de las mareas y de la variación de los mismos durante un ciclo lunar.



FIGURA 4. Imagen de “La Angelina” en la Cooperativa “José Martí” del municipio Perico.

Estas condiciones de fluctuación de la humedad contribuyen a los excelentes rendimientos que se obtienen en la zona aun sin riego tanto en el boniato como en otros cultivos (fotos en la Figura 6).

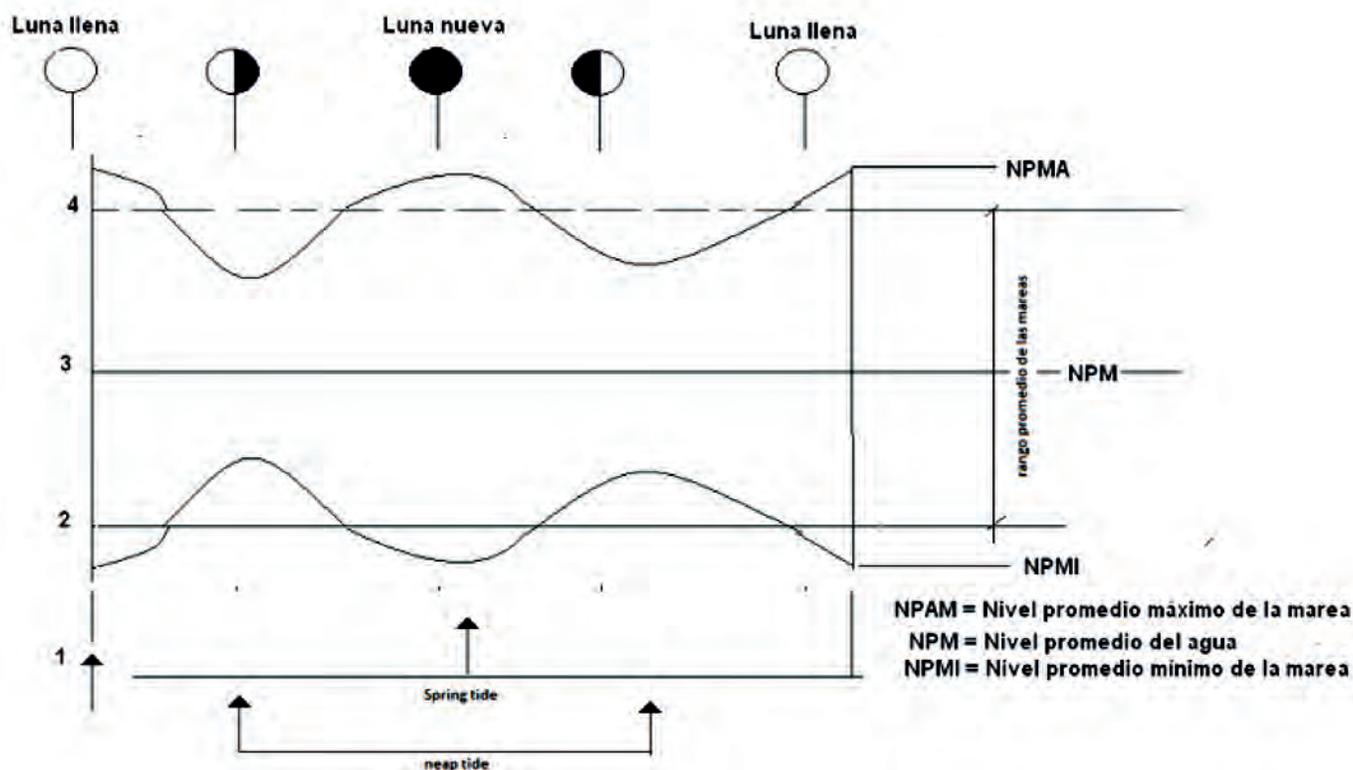


FIGURA 5. Variaciones de la marea durante un ciclo lunar. Adaptado de Smedema y Rycroft (1983).

Cultivos y sistema de preparación de tierras

Debido a las características texturales de los suelos (loam), la práctica tradicional de la preparación, en aquellas áreas que ya están bajo cultivo, es con el uso de la grada de discos. Al poner bajo cultivo áreas abandonadas, luego del desbroce del marabú, utilizan el arado de tres discos. Según opinión de los entrevistados, no rechazan el uso del tiller, que demanda menos energía y conserva más el suelo, en sustitución de la grada porque no poseen este equipo.

La mayor parte del resto de las labores se realizan manualmente incluyendo la siembra y la cosecha.

No realizan labores de alisamiento, a pesar de ser requeridas como mejora del drenaje superficial, debido a que no poseen ningún equipamiento apto para ello y también la falta de capacitación en esta importante y necesaria labor. El cultivo del boniato, que predomina en la época de lluvias se realiza en canteros de alrededor de 0.4 m de alto, lo que favorece el drenaje de los campos y evita en parte el sobre humedecimiento del suelo en la zona radicular del cultivo.

Rotación de cultivos y demanda de agua

La Figura 7 muestra un esquema de una rotación típica en el área, con el boniato como cultivo dominante, y rotando con el frijol y el maíz. También en la zona se ha comenzado la introducción de otros granos como el sorgo

con excelentes resultados.

Para esta rotación se ha calculado la demanda de agua utilizando el programa Cropwat 8.0 (FAO, 2015), y para ello se utilizaron los datos climáticos del año promedio (Tabla 2), los datos de suelos que aparecen en la Tabla 3 y los datos de cultivo (duración de fases fenológicas, coeficientes de cultivo, profundidad radical) definidos para el boniato y el frijol por Giralt (1979), y Castellanos *et al.* (1984), respectivamente. La Tabla 4 muestra los resultados de este cálculo.

En el momento actual, casi toda el área (95%) se cultiva en secano, recientemente y luego de una visita del Ministro de la Agricultura a las áreas, les fueron vendidos 10 sistemas de riego por aspersión semi estacionario de media presión (2 ha) con sus respectivos equipos de bombeo que serán dedicados al riego de hortalizas.

Al observar la Tabla 4, y comparar la demanda de agua con la lluvia efectiva (calculada por el Cropwat 8.0, tabla 4) caía en el periodo de desarrollo del cultivo, puede notarse que en solo un periodo (agosto/diciembre) para el cultivo del boniato, la lluvia sobrepasa a la demanda de agua del cultivo. Si tenemos en cuenta los altos rendimientos que dicen obtener, para estas condiciones de secano y con este déficit de lluvias, pudiera asumirse que el ascenso capilar del manto freático cubre como promedio a lo largo del año, un 37% de la demanda de agua.

la posibilidad de una única estación de bombeo y la creación de una asociación de regantes para la explotación del sistema. Otro factor a tener en cuenta en el desarrollo del riego sería el aporte que por ascenso capilar hacen las aguas de filtración por el influjo de las mareas, lo cual permitiría intervalos de riego más largos si se aplican adecuadamente prácticas de buen manejo del riego y una adecuada asesoría al regante.

En la última visita realizada al área se pudo constatar avances en la limpieza de los canales de drenaje (fotos en la Figura 6 D y E), sería conveniente que estas obras se beneficiaran de los fondos del Programa Nacional de Conservación de Suelos, acción que debe ser impulsada por los especialistas de suelos del municipio y de la dirección provincial de esta dependencia. Sin embargo, este impulso en la limpieza de los canales no resuelve del todo la situación del exceso de humedad ante las altas precipitaciones ya que faltan trabajos de alisamiento dentro de los campos, lo cual no puede realizar la cooperativa por falta de un land-plane. Otros equipos también son necesarios como un tiller y una pequeña pala móvil para limpieza y creación de badenes en el campo.

CONCLUSIONES

- El área de “La Angelina”, por sus características de suelo e hidrología constituye un caso particular, representa solo el 2% del área agrícola del municipio Perico, pero el 30% del área destinada a los cultivos de viandas y hortalizas y las características en que se desarrolla la producción, desde el punto de vista ambiental y social merecen una especial atención. Pudiera considerarse una zona en desarrollo, donde si no se orienta adecuadamente el manejo de los recursos naturales agua y suelo para la producción agrícola pudiera conducir a un pequeño pero importante desastre ecológico. Esta situación se agrava en un horizonte de variabilidad y cambio climático que incide ya y continuará incidiendo según las predicciones para la región, en una disminución significativa de la disponibilidad del recurso hídrico para el desarrollo agrícola.
- Las principales recomendaciones para implementar medidas que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua

para la producción agrícola, como parte de las acciones para incrementar la capacidad de respuesta de estos sistemas agrícolas ante las variaciones climáticas, son las siguientes:

- Organizar un Servicio de Asesoramiento a los productores Regantes (SAR) que identifique y ejecute un programa de capacitación en buenas prácticas de manejo de los recursos agua y suelo en la producción de granos y oleaginosas (frijoles, maíz, sorgo, girasol) así como para la operación eficiente de los sistemas de riego y drenaje.
- El incremento del área bajo riego en esta zona, debe realizarse a partir de un proyecto integral que maximice la utilización de las aguas del canal del Roque, en lugar de realizar este desarrollo sobre la base de dotar a los propietarios con pequeños equipos que extraen el agua de pozos aislados a profundidades muy por debajo del nivel freático.
- Se debe tener en cuenta para el manejo del riego, el aporte diario de agua a los cultivos por ascensión capilar que se produce por las condiciones específicas de drenaje de la zona. Esto permitiría ampliar los intervalos entre riego y disminuir las normas netas a aplicar, por lo que se tendría una reserva de agua para manejar los incrementos de las demandas hídricas de los cultivos asociados a variaciones y cambios climáticos.
- Es necesario promover cambios en las tecnologías de preparación de suelos que contribuyan a mejorar sus condiciones estructurales para una mayor capacidad de almacenamiento e infiltración del agua. En este sentido se propone dotar a esta cooperativa con implementos que le permitan la no inversión del prisma, como Tiller y Arado de corte horizontal vertical (Multiarado), así como otros implementos que permitan el alisamiento de la superficie y la conformación del drenaje parcelario para mejorar la eficiencia del riego (landplane y cuchilla hidráulica de tres puntos).
- Promover en áreas demostrativas la implementación de los principios de la agricultura de conservación, que dadas las condiciones de la zona contribuirá significativamente a la mejora en la fertilidad de los suelos y su capacidad de almacenamiento e infiltración del agua, creando reservas que permitan afrontar sequías y mejores condiciones ante las inundaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto internacional “Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local”, BASAL, que se ejecuta en Cuba desde el año 2013, con el financiamiento de la Unión Europea y la Agencia Suiza COSUDE, con el PNUD como Agencia Implementadora y con la participación de diversas instituciones nacionales del CITMA y el MINAG. Muchas gracias por el valioso apoyo a la investigación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATAIE-ASHTIANI, B.; VOLKER, R.E.; LOCKINGTON, D.A.: “Tidal effects on groundwater dynamics in unconfined aquifers”, *Hydrological Processes*, 15(4): 655-669, 1 de marzo de 2001, ISSN: 1099-1085, DOI: 10.1002/hyp.183.
- BASAL (BASES AMBIENTALES PARA LA SOSTENIBILIDAD ALIMENTARIA LOCAL): “Informes y Resultados 11”, En: *Memorias Convención Ingeniería Agrícola 2016*, Ed. Instituto de Mecanización Agrícola (INFOIMA), La Habana, Cuba, p. 37, 2016, ISBN: 978-959-285-034-7.
- BENNETT, H.H.; ALLISON, R.V.: *Los suelos de Cuba: Algunos nuevos suelos de Cuba*, [en línea], Ed. Edición Revolucionaria, 512 p., 1966, Disponible en: <https://books.google.com/cu/books?id=8S-sOAAACAAJ>, [Consulta: 21 de febrero de 2016].
- CASTELLANOS, A.; MARTINEZ, R.; ROQUE, R.: “Evapotranspiración real del boniato- (*Ipomoea batatas*) en los clones “CEMSA 74-228”, «CEMSA 78-354» y “CEMSA 78-425”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, 7(1), 1984, ISSN: 0138-8487.
- CENTELLA, A.; LLANES, J.; PAZ, L.: *Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, [en línea], Ed. Grupo Nacional de Cambio Climático - Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba, 228 p., 2015, Disponible en: <http://www.inaf.co.cu/cubnc2-1.pdf>, [Consulta: 27 de febrero de 2016].

FAO: CROPWAT, [en línea], (Versión 8.0), [Windows], Visual Delphi 4.0, Rome, Italy, 2015, Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.

FERNÁNDEZ, N.; CARBALLOSA, A.; FERNÁNDEZ, V.E.: *Caracterización Climática del Municipio Perico, Provincia Matanzas*, Inst. Instituto de Meteorología, Centro Meteorológico Provincial de Matanzas, La Habana, Cuba, 24 p., 2016.

GIRALT, P.E.: “Régimen de riego del frijol negro (*P. vulgaris*)”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, 2(1), 1979, ISSN: 0138-8487.

ONEI: *Anuario Estadístico de Cuba 2014*, [en línea], Ed. ONEI, La Habana, Cuba, 445 p., 2015, ISBN: 978-959-7119-62-3, Disponible en: <http://www.onei/aec2014/00%20Anuario%20Estadistico%202014.pdf>. [Consulta: 21 de febrero de 2016].

PCC (PARTIDO COMUNISTA DE CUBA): “Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución”, [en línea], En: *VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*, La Habana, Cuba, p. 48, mayo de 2011, Disponible en: http://www.cubadebate.cu/wp-content/uploads/2011/05/tabloide_debate_lineamientos.pdf. [Consulta: 28 de febrero de 2016].

SMEDEMA, L.K.; RYCROFT, D.W.: *Land Drainage: Planning and Design of Agricultural Drainage Systems*, [en línea], Ed. Cornell Univ. Pr., Ithaca, N. Y., 376 p., agosto de 1983, ISBN: 978-0-8014-1629-3, Disponible en: <https://www.amazon.com/Land-Drainage-Planning-Agricultural-Systems/dp/0801416299>, [Consulta: 21 de febrero de 2016].

Recibido: 23/10/2016.

Aprobado: 28/02/2017.

Julián Herrera-Puebla, Inv., Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: direccioninvest1@iagric.cu

Teresa López-Seijas, Correo electrónico: directoradjunta@iagric.cu

Yunier Díaz-Pérez, Correo electrónico: dptoambiente7@iagric.cu

Enrique Cisneros-Zayas, Correo electrónico: dptoriego1@iagric.cu

Carmen Duarte-Díaz, Correo electrónico: jdptoriego@iagric.cu

Nota: 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.



El proyecto de colaboración internacional “Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local”, **BASAL**, comenzó su ejecución oficial el 2 de abril del 2013, es coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA y cuenta con la participación de varias instituciones de este ministerio así como tiene como socio clave en su implementación a instituciones y entidades del MINAG y los gobiernos locales. Dispone de un financiamiento cercano a los 13 millones de CUC, provenientes de la Unión Europea y de la Agencia Suiza de Cooperación – COSUDE. Es implementado por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y tendrá una duración de 5 años (2013-2017).

BASAL tiene como objetivo apoyar la adaptación al cambio climático en el sector agrícola, a escala local, en los municipios de Los Palacios, Gúira de Melena y Jimaguayú y a escala nacional, a través de la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Minag y con la participación de las Direcciones de Cultivos Varios y Ganadería y el Grupo Agroindustrial de Granos de este Ministerio.