



Impactos provocados por la sequía agrícola en el cultivo de Plátano (*Musa*) en áreas del municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba

Impacts caused by the agricultural drought in the Plantain crop (*Musa*) in areas of the municipality of Venezuela, Ciego de Avila, Cuba

°Yurisbel Gallardo Ballat¹; Oscar Brown Manrique²; Patricio W. Williams Harriot³, Yiliane Matamoros Martinez⁴; Isanary Rodríguez Carbajal⁴

¹Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez de Ciego de Ávila. Departamento de Ingeniería Hidráulica. Km 7½ de la Carretera a Morón, Cuba. °yurisbel@unica.cu

²Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez de Ciego de Ávila. Centro de Estudios Hidrotécnicos. Km 7½ de la Carretera a Morón, Cuba. obrown@unica.cu

³Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez de Ciego de Ávila. Departamento de Matemática Aplicada Km 7 ½ de la Carretera a Morón, Cuba. ticho@unica.cu

⁴Empresa de Aprovechamiento Hidráulico, Santi Spiritus, Cuba. ymatamoros@eah.ssp.hidro.cu; irodriguez@eah.ssp.hidro.cu

Rec.: 13.03.2017. Acept.: 21.07.2017.
Publicado el 1 de diciembre de 2017

Resumen

En la presente investigación se realiza el análisis del impacto provocado por la sequía agrícola en el cultivo del Plátano Vianda (*Musa paradisiaca*) en un período de 13 años en áreas de municipio de Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba, para el análisis de los períodos de sequía se utilizó el Índice de Sequía Agraria (ISA) el cual presenta dentro de su algoritmo matemático como variables determinantes la Evapotranspiración de Referencia, que en este caso se determinó con el método de Penman Monteith FAO-1998, el déficit de humedad, la precipitación efectiva y el rendimiento agrícola. Los resultados obtenidos demuestran que los procesos de sequías agrícolas se manifiestan en todos los ciclos del cultivo, afectando de manera general los rendimientos, la evaluación de fenómeno es de gran utilidad para el manejo sostenible de ecosistemas agrarios en aras de lograr mejores resultados productivos a mediano y corto plazo. El análisis de este fenómeno climatológico desde el punto de vista agrícola, permite trazar estrategias para la aplicación de métodos de conservación del suelo y del recurso hídrico a los agricultores.

Palabras clave: Fenómeno climatológico, pérdidas de rendimientos, estrategias de conservación, manejo sostenible, Índice de Sequía Agraria

Abstract

In the present investigation the impact of the agricultural drought on the plantain crop (*Musa paradisiaca*) is analyzed in a 13 year period in areas of Venezuelan municipality of the province of Ciego de Ávila, Cuba, the Drought Index (ISA) was used to analyze the drought periods, which presents the Reference Evapotranspiration, which in this case was determined by Penman Monteith method FAO- 1998, the moisture deficit, effective precipitation and agricultural yield. The results show that agricultural drought processes are present in all crop cycles, affecting yields in general, so that the evaluation of the phenomenon is very useful for the sustainable management of agricultural ecosystems in order to achieve better Productive results in the medium and short term. The analysis of this climatic phenomenon from the agricultural point of view allows us to draw up strategies for the application of methods of soil conservation and water resource to farmers.

Key words: Climatological phenomena, yield losses, conservation strategies, sustainable management, Agrarian Drought Index

Introducción

La sequía es considerada como un fenómeno climático cíclico provocado por una reducción en la precipitación pluvial, que se manifiesta en forma lenta y afecta a personas, actividades económicas, al ambiente. Este fenómeno se caracteriza por una marcada reducción de la cantidad de precipitación que se presenta en una zona, y puede producir serios desbalances hidrológicos (Wilhite y Roger, 2005). En el sector agrícola, la sequía se refiere al déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la normal o los valores esperados para una región dada. El déficit de humedad en el suelo está ligado a los efectos sobre la producción vegetal en la agricultura y pastizales en ganadería, es frecuentemente denominado como sequía edáfica (Bootsma *et al.*, 1996; Barakat y Handoufe, 1998).

Lapinel *et al.* (2003) y Ojeda *et al.* (2007), observaron un incremento significativo en el número y en la intensidad de las sequías, éstas no sólo duplicaron su frecuencia de ocurrencia, sino que también registraron un aumento considerable en el número de casos extremos, lo cual constituye un factor adicional de estrés a la situación de deforestación y degradación progresiva de los suelos. El levantamiento realizado por Jiménez (1996) en Centroamérica en el período de 1994 a 1996, encontró que las zonas más afectadas fueron el oriente del Salvador, el sur, oriente y sudeste de Guatemala, la región pacífica de Nicaragua, las regiones del sur, centro y occidente de Honduras, la provincia de Guanacaste en Costa Rica y Panamá.

Los mayores impactos se manifestaron en cuanto a Seguridad alimentaria por el aumento del precio de los productos, la reducción en la disponibilidad del agua para el consumo humano y animal, la reducción de la demanda de servicios de comercialización, la salida de divisas para reponer la producción y adquirir insumos y la recuperación del crédito.

La Ruiz y Fables (2004) argumentó que producto de las sequías la agricultura utiliza cerca del 70% del agua fresca del mundo. De los 260 millones de hectáreas de tierras irrigadas del planeta, 80 millones están afectados por salinización, lo que causa severas reducciones de la fertilidad del suelo. Esto queda afirmado en estudios realizados por Astier *et al.* (2002). Según el PNUD (2006) las áreas con grandes déficits de agua aumentan en el Norte de África y en el Este de Asia; pronostican que para las dos próximas décadas la población en los países en vías de desarrollo necesitará un 17% más de agua para la producción de alimentos. Las sequías y la desertificación han alcanzado el 25% del total del área de tierras del mundo y el 70% de las tierras secas a nivel global; siendo predecible la continuación de este proceso (Council, 2001).

El objetivo general de esta investigación consiste en determinar la severidad del impacto de la sequía agrícola en los cultivos de Plátano (*Musa paradisiaca*) utilizando el Índice de Sequía Agraria en áreas agrícolas del municipio de Venezuela

de la provincia Ciego de Ávila, Cuba lo cual permitirá tomar de decisiones más acertadas en aras a la tolerancia y mitigación de este fenómeno natural.

Materiales y métodos

El estudio se efectuó en el municipio de Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba (Figura 1), en la misma se utiliza una serie de 13 años de precipitaciones mensuales recopiladas de la estación meteorológica 346 Venezuela, situada en la latitud 21° 47' (N), longitud: 78° 47' (W), altura 26.39 m. Las variables meteorológicas empleadas fueron evaporación (Ev), temperatura media (Tm), temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmín), humedad relativa (Hr), velocidad del viento (Vv), número efectivo de horas luz del día (n). El número máximo de horas luz del día (N) y la radiación extraterrestre (Ro), determinadas de forma tabular según Allen *et al.* (1998).

El tiempo de ciclo de desarrollo de plátano fue en cuatro fases: inicio 210 días, desarrollo 90 días, medio 120 días, final 60 días, con un total de 390 días, y la fecha de siembra fue en abril.

Cálculo de la Evapotranspiración de Referencia

El cálculo de la evapotranspiración potencial se realiza a partir del modelo de Penman-FAO (1998) (PM), (Allen *et al.*, 1998).

$$ET_o = \frac{(0.408\Delta(R_n - G)) + \left(\frac{900 \cdot g \cdot v_2}{T_m + 273}\right) * (e_s - e_a)}{\Delta + g(1 + 0.34 \cdot v_2)}$$

Dónde:

ET_o: Evapotranspiración Potencial (mm/d)

T_m: Temperatura media del aire (C°)

v₂: Velocidad del viento a dos metros de altura (m/s)

Δ: Pendiente de la curva de tensión presión de vapor (KPa/C°)

R_n: Radiación solar neta sobre la superficie del cultivo (MJ/m²d)

G: Flujo calorífico (MJ/m²d)

g: Constante psicométrica (KPa/C°)

e_s: Tensión de vapor saturado (KPa)

e_a: Tensión de vapor actual (KPa)

Cálculo del coeficiente del cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo se ajustaron a través de las ecuaciones propuestas hecha por FAO 56-2006. El kc inicial se calcula para los eventos promedios de humedecimiento (láminas de infiltración entre los 10 y 40 mm).

Determinación del Kc inicial

El cálculo de determinación del Kc inicial se realizó con la siguiente fórmula:

$$Kc_{ini} = Kc_{ini}(Fig.1) + \left(\frac{I-10}{40-10}\right) [Kc_{ini}(Fig.2) - Kc_{ini}(Fig.1)]$$

Dónde:

$Kc_{ini}(Fig. 1)$: Valor de Kc_{ini} correspondiente a la figura 2

$Kc_{ini}(Fig. 3)$: Valor de Kc_{ini} correspondiente a la figura 2

$I(mm)$: Lámina infiltrada promedio.

Determinación del Kc medio

$$Kc_{med} = Kc_{med(cuadro12)} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(HR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}$$

Dónde :

$Kc_{med(cuadro12)}$: Valor de $Kc_{med(cuadro12)}$

μ_2 : Valor medio diario de la velocidad del viento a 2 metros de altura sobre pasto para la etapa de mediados de temporada (m/s)

HR_{min} : Valor medio diario de la humedad relativa mínima durante la etapa de mediados de temporada (%), siempre que cumpla la condición $20\% \leq HR_{min} \leq 80\%$

h : Altura media de las plantas durante la etapa de mediados de temporada (m) para $0.1 m < h < 10 m$.

Determinación del Kc final

$$Kc_{fin} = Kc_{fin(cuadro12)} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(HR_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}$$

Dónde:

$Kc_{fin(cuadro12)}$: Valor de Kc_{fin}

μ_2 : Valor medio diario de la velocidad del viento a 2 metros de altura sobre pasto para la etapa de mediados de temporada (m/s)

HR_{min} : Valor medio diario de la humedad relativa mínima durante la etapa de mediados de temporada (%), siempre que cumpla la condición $20\% \leq HR_{min} \leq 80\%$

h : Altura media de las plantas durante le etapa de mediados de temporada (m) para $0.1 m < h < 10 m$.

Cálculo de evapotranspiración del cultivo (ETc)

$$ETc = ETP \otimes Kc$$

Dónde:

ETc : Evapotranspiración del cultivo (mm/mes)

ETo : Evapotranspiración de referencia (mm/mes)

Kc : Coeficiente climático en cada una de las etapas de los cultivos (Inicial, medio y Final).

Cálculo del Índice de Sequía Agraria

El Índice de Sequías Agraria (ISA) es un nuevo índice propuesto en el presente trabajo para la evaluación de la sequía agrícola. El mismo vincula el rendimiento real de los cultivos de Plátano (Cuadro 2). El Índice constituye una novedad propuesta en esta investigación para la evaluación de la sequía agrícola. El mismo vincula el rendimiento de los cultivos, el déficit de humedad y la precipitación efectiva durante el ciclo fenológico del cultivo, y se propuso la siguiente expresión matemática:

$$ISA = KR \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} \left(\frac{DH_c}{P_i} \right)$$

$$KR = \left(\frac{R_i}{R_m} \right)$$

$$DH_c = P_e - ETc$$

Dónde:

DH_c es el déficit de humedad del cultivo (mm)

P_i es la precipitación mensual (mm)

KR es el coeficiente de rendimiento del cultivo

R_i es el rendimiento anual del cultivo (t ha⁻¹)

R_m es el rendimiento promedio del cultivo (t.ha⁻¹)

ETc es la evapotranspiración del real del cultivo (mm mes⁻¹)

ETo es la evapotranspiración potencial del cultivo (mm mes⁻¹)

Kc es el coeficiente de cultivo, depende del ciclo vegetativo

N_m es el número de meses del ciclo vegetativo del cultivo

P_e Precipitación efectiva se calcula por el método el método de Savo (Pacheco *et al.*, 2007).

A partir del estudio realizado se propone (Cuadro 3) la evaluación de los índices ISA, con los resultados obtenidos de los índices, se utilizó el criterio de Brown *et al.* (2009), para la evaluación de las categorías de sequía agrícola, según la escala valorativa que se construyó a partir del método estadístico de los quintiles, el cual permitió definir la magnitud del evento. Los quintiles se determinaron a través de la organización descendente de los valores calculados.

La evaluación del quintil se realizó de la siguiente forma:

- Sequía severa (SV): $x < K1$.
- Sequía fuerte (SF): $K1 < x < K2$
- Sequía moderada (SM): $K2 < x < K3$
- Sequía ligera (SL): $K3 < x < K4$
- Sequía incipiente (SI): $K4 < x < K5$

Donde: K1, K2, K3, K4, K5 son los quintiles de primer, segundo, tercero, cuarto y quinto orden, respectivamente; x es el valor del indicador utilizado en la evaluación de la sequía.

Determinación de la precipitación efectivo por el método de Savo

Para el análisis del método se necesita conocer la pendiente del terreno, la precipitación mensual en milímetros y las características del suelo. Se obtiene primeramente el coeficiente (m1). Luego con la profundidad radicular en metros, la categoría del suelo y la lluvia mensual en milímetros se obtiene el coeficiente m2. Luego se multiplican los dos coeficientes (m1, m2) dando el valor de M.

Planteamiento de la ecuación general

$$Pe = P_m x M$$

Donde: P_e : es la lluvia aprovechable o efectiva (mm)

P_m : Precipitación mensual. (mm) y M: Coeficiente de efectividad de lluvia.



Figura 1. Municipio de Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba

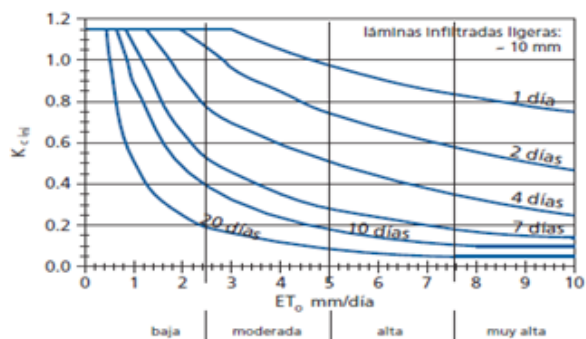


Figura 2. Valor promedio de K_c ini relacionado con el nivel de ET_0 y el intervalo de tiempo entre riegos o lluvias significativas durante la etapa inicial de crecimiento, para cualquier tipo de suelo, cuando los eventos humedecimiento sean de ligeros a medianos (3-10 mm por evento)

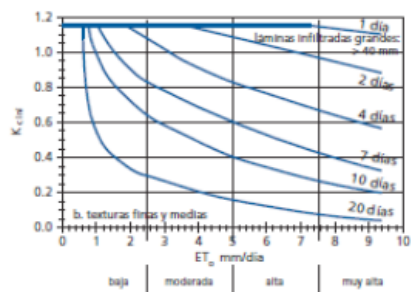
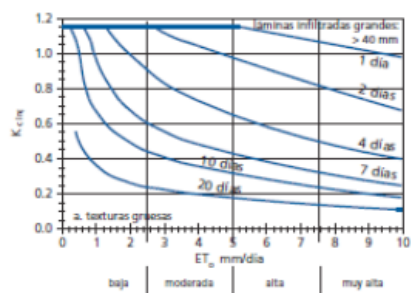


Figura 3. Valor promedio de K_c ini relacionado con el nivel de ET_0 y el intervalo de tiempo entre riegos para eventos de humedecimiento mayores o iguales a 40 mm durante la etapa inicial para a) suelos de textura gruesa; b) suelos de textura media y fina

Cuadro 2. Rendimiento de los cultivos de Plátano (kg ha⁻¹)

Año	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
2000	3073
2001	9582
2002	8691
2003	6312
2004	11957
2005	6289
2006	8246
2007	6378
2008	3747
2009	3417
2010	4365
2011	7076
2012	5873

Cuadro 3. Evaluación del Índice de Sequía Agraria

Valor del índice	Severidad de sequía
< -2.3	Extrema (EX)
-2.29 a -1.50	Severa (SE)
-1.49 a -1.00	Moderada (MO)
-0.99 a -0.50	Ligera (LI)
>- 0.49	Sin sequía (SS)

Cuadro 4. Determinación del coeficiente m1

Pendiente del terreno	<0.01			0.01-0.05			>0.05		
	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100
Precipitaciones mensuales (mm)									
Tipo de suelo									
I. Amarillo podsolizado graviloso arenoso	0.90	0.85	0.80	0.85	0.80	0.75	0.80	0.75	0.70
II. Lateritas loamosas arcillas de sabana	0.85	0.80	0.75	0.80	0.75	0.76	0.75	0.70	0.60
III. Tonalidad roja lixiviada	0.80	0.75	0.70	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.40
IV. Pardos húmicos carbonatados	0.77	0.72	0.67	0.72	0.62	0.52	0.62	0.52	0.37
V. Cenagosos, turbosos y margosos	0.77	0.72	0.67	0.72	0.62	0.50	0.62	0.52	0.37
VI. Amarillos, podsolizados arcillosos sobre arcilla	0.77	0.72	0.67	0.72	0.62	0.52	0.62	0.52	0.37
VII. Negros grises compactos de gley	0.77	0.70	0.60	0.70	0.60	0.40	0.50	0.50	0.25

Cuadro 5. Determinación del coeficiente m2

Categoría del suelo	I			II			III			IV y V			VI			VII		
	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100	<40	40-100	>100
Lluvia (mm)																		
Profundidad radicular (m)																		
0.2	1.0	0.8	0.7	1.0	0.8	0.7	1.0	0.9	0.8	1.0	0.8	0.7	1.0	1.0	0.8	1.0	0.8	0.7
0.4	1.0	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.8
0.6	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Determinación del Coeficiente de lluvia (M)

$$M = m1 \times m2$$

Donde: m1, m2 son coeficientes empíricos

Resultados y discusión

Evapotranspiración de referencia

Los valores de la evapotranspiración de referencia se encuentran entre los 65 mm/mes hasta 135 mm/mes; demostrando que no existen grandes variaciones entre los resultados obtenidos y dados los manuales de la FAO para países del Caribe, se evidencia la efectividad del método. Resultados similares han sido observados por Guevara (2006) y Rébora (2007) para las condiciones de Venezuela y Argentina, respectivamente, los cuales han recomendado la utilización del método de Penman-Monteith FAO-1998 en la estimación de la evapotranspiración a partir de datos climatológicos. Por su parte, Gallardo y Brown (2008) utilizan en investigaciones en las provincia de Ciego de Ávila, Cuba el modelo de Penman-Monteith FAO-1998 como medida de corrección para otros modelos empíricos como el Evaporímetro Clase A, Jensen-Haise, Hargreaves-Samany y Linacre, lo cual demuestra su factibilidad para este tipo de estudio (Figura 4).

Cálculo de la Evapotranspiración de los cultivos

En la Figura 5 se muestran los valores de la evapotranspiración de los cultivos, evidenciándose un particular aumento en los meses de mayo, esto sucede por el desarrollo brusco que tiene este cultivo en seco a partir de los meses de mayores precipitaciones.

Análisis de Evapotranspiración de referencia y la del cultivo

Los meses del período seco la ETo se encuentra muy por encima de la ETc; mientras, los meses del período lluvioso (mayo-octubre) la ETc está por encima o muy cercana a la ETo (Figura 6 y Cuadro 6).

En la Figura 7 se muestra la diferencia que existen entre la necesidad real del cultivo y la precipitación efectiva, se evidencia que en los últimos 13 años solo los meses de junio, septiembre y octubre suplieron estas necesidades; sin embargo, el mes de enero solo suplió en 45.48%, febrero 69.98%, marzo 56.53%, abril 52.03%, mayo 57.26%, julio 62.85% y agosto 65.94%, mientras, los meses de noviembre y diciembre fueron críticos, pues, en noviembre solo se aprovechó el 18.79% y diciembre 10.94%.

Coefficientes Climáticos de los cultivos (Kc)

Los resultados de coeficiente del cultivo (Kc) calculados se ajustan a las condiciones de los cultivos en nuestro país, cuando se compara con los resultados tabulados por la FAO-2006 se encuentra un ligero aumento del valor en el ciclo de los cultivos, esto está directamente relacionado con los bajos valores de evapotranspiración de referencia y los altos valores de humedad relativa, creando en la zona de estudio un microclima favorable para los cultivos de seco. En la figura 8 se muestran las curvas del coeficiente de cultivo, en este sentido el gráfico se ajusta a las condiciones reales del área de estudio. El ajuste de los coeficientes de los cultivos se muestran en el Cuadro 7.

Evaluación del ISA para el cultivo del plátano vianda (2000-2012)

El comportamiento mensual del Índice de Sequía Agraria (ISA) sobre el cultivo de plátano vianda, refleja la incidencia de este fenómeno climatológico durante todos los meses cultivados (Figura 9).

Los meses donde la sequía ha tenido menos incidencia son marzo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, mientras, enero, febrero, abril, mayo, noviembre y diciembre han sido meses donde la severidad de la sequía se vuelve crítica, sin embargo, esto coincide con el período de invierno y verano de nuestro país, donde el 100% del periodo analizado estuvo marcado por el fenómeno (Cuadro 8) y el porcentaje de incidencia del fenómeno por meses (Cuadro 9).

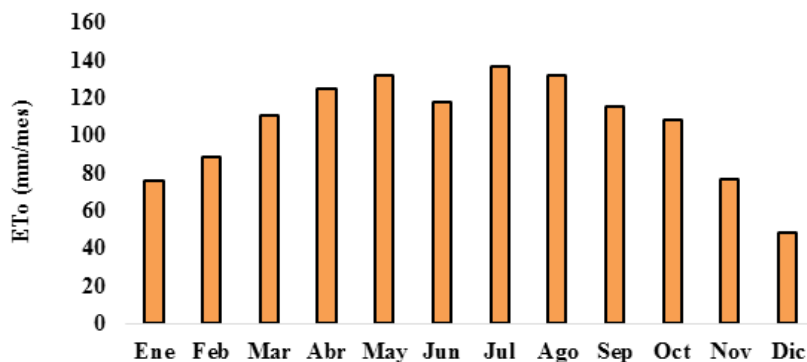


Figura 4. Comportamiento medio mensual de la ETo (mm/mes) 2000-2012

Cuadro 7. Coeficiente climático del cultivo

Año	Plátano <i>Musa paradisiaca</i>		
	Kc ini	Kc med	Kc fin
2009	0.33	1.09	0.94
2010	0.26	1.02	0.95
2012	0.18	1.00	0.90
Promedio	0.26	1.04	0.93

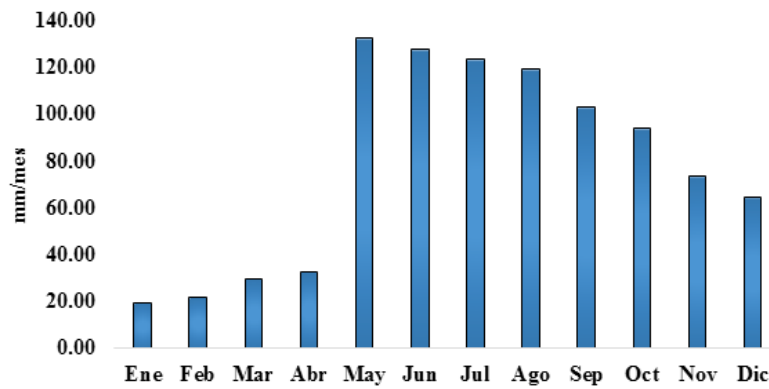


Figura 5. Evapotranspiración real del cultivo de plátano vianda (mm/mes)

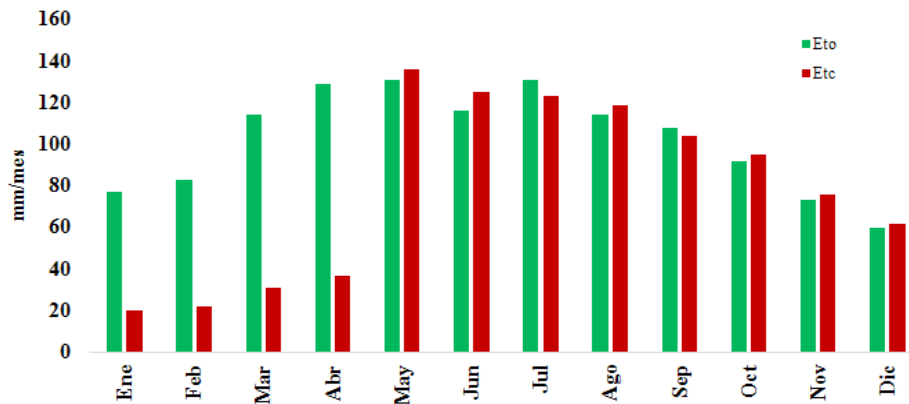


Figura 6. Evapotranspiración de referencia y del cultivo de plátano vianda (mm/mes)

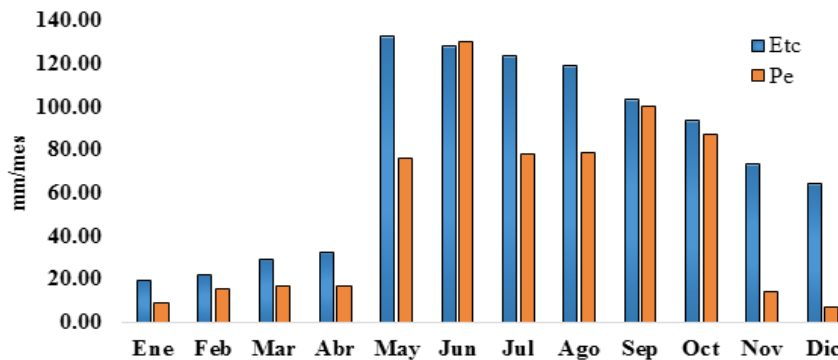


Figura 7. Etc vs Pe cultivo de plátano vianda (2000-2012) (mm/mes)

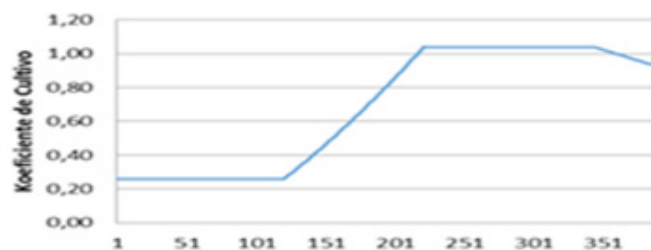


Figura 8. Kc del cultivo de plátano

Cuadro 8. Severidad de la sequía en el cultivo del Plátano Vianda en el período 2000-2012

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	MO	EX	EX	MO	SE	SE	MO	SE	MO	MO	EX	SS
2001	EX	SE	MO	SE	MO	SE	MO	SE	SS	SE	EX	EX
2002	SS	SE	MO	EX	MO	SS	MO	MO	SS	SE	EX	EX
2003	EX	SS	SS	SS	MO	LI	SE	SE	SS	EX	EX	EX
2004	SS	EX	EX	SS	EX	EX	SE	SE	EX	EX	EX	EX
2005	EX	SE	MO	LI	MO	SS	LI	LI	LI	SS	SE	EX
2006	SE	MO	SE	SS	LI	SS	LI	LI	LI	MO	SE	SE
2007	EX	MO	EX	EX	SE	SS	SE	SS	SS	SS	EX	EX
2008	MO	LI	MO	SE	LI	SS	MO	LI	LI	SS	MO	SE
2009	LI	SS	MO	SE	LI	SS	MO	LI	LI	SS	SE	EX
2010	LI	SS	MO	SE	LI	SS	MO	MO	LI	SS	SE	EX
2011	SE	LI	SE	SE	LI	SS	MO	MO	LI	SS	SE	EX
2012	MO	LI	MO	EX	LI	SS	LI	SS	SS	SS	SE	EX

Cuadro 9. Porcentaje de incidencia de la severidad de sequías en los meses (2000-2012)

Severidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
EX	30.77	15.38	23.08	23.08	7.69	7.69	0	0	7.69	15.38	46.15	76.92
SE	15.38	23.08	15.38	38.46	15.38	15.38	23.08	30.77	0	15.38	46.15	15.38
MO	23.08	15.38	53.85	15.38	30.77	0	53.85	23.08	7.69	15.38	7.69	0
LI	15.38	23.08	0	7.69	46.15	7.69	23.08	30.77	46.15	0	0	0
SS	15.38	23.08	7.69	15.38	0	69.23	0	30.77	30.77	53.85	0	7.69



Figura 9. Severidad del ISA para el cultivo de plátano vianda (2000-2012)

Cuadro 10. Porcentaje de incidencia de la severidad de sequías en los años 2000-2012

Años	EX	SE	MO	LI	SS
2000	25.00	25.00	41.67	0.00	8.33
2001	25.00	41.67	25.00	0.00	8.33
2002	25.00	16.67	33.33	0.00	25.00
2003	33.33	16.67	8.33	8.33	33.33
2004	66.67	16.67	0.00	0.00	16.67
2005	16.67	16.67	16.67	33.33	16.67
2006	0.00	33.33	16.67	33.33	16.67
2007	41.67	16.67	8.33	0.00	33.33
2008	0.00	16.67	33.33	33.33	16.67
2009	8.33	16.67	16.67	33.33	25.00
2010	8.33	16.67	25.00	25.00	25.00
2011	8.33	33.33	16.67	25.00	16.67
2012	16.67	8.33	16.67	25.00	33.33

Cuadro 11. Frecuencia de severidad de sequías para el cultivo de Plátano Vianda (2000-2012)

Años	EX	SE	MO	LI	SS
2000	3	3	5	0	1
2001	3	5	3	0	1
2002	3	2	4	0	3
2003	4	2	1	1	4
2004	8	2	0	0	2
2005	2	2	2	4	2
2006	0	4	2	4	2
2007	5	2	1	0	4
2008	0	2	4	4	2
2009	1	2	2	4	3
2010	1	2	3	3	3
2011	1	4	2	3	2
2012	2	1	2	3	4

Así, el Cuadro 10, muestra la incidencia del fenómeno en cada año analizado. Las sequías del tipo severa/modera estuvieron presentes en 100% de los años mientras que la sequía extrema y ligera solo estuvieron presente en el 83.33% y 41.66%. El Cuadro 11 muestra la frecuencia de las severidades de sequías por cada año de estudio.

Los impactos de la sequía en los cultivos quedan evidenciado en las variaciones con tendencia a la disminución en los rendimientos, algunos investigadores como Kantolic y Slafer (2005) comprobaron que una sequía durante el período de fructificación de la soya puede reducir drásticamente el número de granos y producir caídas en el rendimiento.

Ojeda *et al.* (2007) realizaron un diagnóstico de la duración e intensidad de 14 procesos de sequía agrícola en el período comprendido desde 1951 a 2005 en territorio cubano, demostrando un incremento significativo en el comportamiento del fenómeno desde la segunda mitad del siglo pasado. Las estrategias para enfrentar el impacto de las sequías en áreas agrícolas están directamente relacionadas con la atención a

las producciones de los cultivos (Vargas y Cepero, 2006) y dependen de las condiciones sociales, económicas, culturales y físicas existentes en la localidad (Durán, 2002; Carbone y Piccolo, 2002).

Conclusiones

La comparación del impacto de la sequía en cuando a la severidad podemos afirmar que los cultivos en secano no responden a las necesidades vigentes en nuestro país, pues, de una manera u otra, los rendimientos de los cultivos en la región están todos por debajo del rendimiento propuesto por la FAO, lo que trae como consecuencia pérdidas cuantiosas para el país y sobreexplotación de los suelos.

El índice de Sequía Agraria (ISA) permite caracterizar la sequía agrícola en la zona de estudio y, existe una relación entre los períodos de sequía, la reducción de los rendimientos agrícolas y el aprovechamiento de las precipitaciones.

Cuando los problemas de sequías extremas se dan

al comienzo del ciclo de los cultivos, no afectan tanto los rendimientos de estos, sin embargo, en todos los casos analizados existen años de gran complejidad donde se manifiestan las sequías extremas y severas con frecuencia de hasta 3 meses consecutivos, esto evidenció que la evaluación de los procesos de sequía agrícola son de utilidad para el manejo sostenible de ecosistemas agrarios en aras de lograr mejores resultados productivos a mediana y gran escala.

Bibliografía

- Allen, RG., Pereira, LS., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Astier, M., Mass-Moreno, M., & Etchevers, BJ. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5).
- Gallardo, Y., Brown, O. (2008). Evaluación de diferentes modelos empíricos para el estudio de la Evapotranspiración Potencial en la localidad de Júcaro, Municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Ciudad de la Habana, Cuba. *Astronomía y Meteorología*. Facultad de Física, Universidad de Barcelona. España, 1-10.
- Barakat, F., & Handoufe, A. (1998). Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 9(3), 201-208.
- Bootsma, A., Boisvert, JB., de Jong, R., & Baier, W. (1996). La sécheresse et l'agriculture canadienne: une revue des moyens d'action. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 7(4), 277-285.
- Brown, O., Gallardo, Y., Pérez, W. (2008). Propuesta de nuevos índices para la evaluación de la sequía agrícola en ecosistemas agrarios. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(4), 54-59.
- Carbone, ME., & Piccolo, MC. (2002). Caracterización de las sequías en la localidad de tres arroyos (1930-1975). Aplicación del Método de Palmer. *Papeles de geografía* (36), 209-222.
- Council, A. (2001). Arctic Council Chair. Senior Arctic Officials 6-7 November, 2001. JOHANNESBURG summit on sustainable development, 2002.
- Durán, D. (1998). La sequía como riesgo natural. *La Argentina ambiental*. Naturaleza y sociedad. Lugar Editorial. University of Texas, 351 p.
- FAO-56. (2006). Instructivo técnico de la FAO. Métodos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia. Roma, Italia.
- Guevara, JM. (2006). Fórmula de Penman-Montheih FAO 1998 para determinar La Evaporación de Referencia, ETo. *Terra Nueva Etapa*, 22(31), 31-72
- Jiménez, U. (1996). Sequía en Centroamérica: Efectos y preparación para enfrentarla. In Taller ENOS y Eventos Extremos en la Región del Gran Caribe. Secretaría General del Consejo Agropecuario Centroamericano.
- Kantolic, AG., & Slafer, GA. (2005). Reproductive development and yield components in indeterminate soybean as affected by post-flowering photoperiod. *Field Crops Research*, 93(2-3), 212-222.
- Lapinel, BBP., Centella, AA., Fonseca, RC., Cutié, CV., & González, GI. (2006). Causas de la reciente sequía acaecida en la Región Oriental de Cuba. In Proceedings of the Fifth World Conference (p. 29). Havana, Cuba: IAHS Publication.
- Ojeda, OJS., Montenegro, RJV., Artola, AC., & Pedrosa, BPL. (2007). Una aproximación al conocimiento de la sequía en Cuba y sus efectos en la producción agropecuaria. *Zonas Áridas*, 11(1), 85-100.
- Pacheco, J., Domínguez, I., Lamadrid, O. (2006). Lluvia y evapotranspiración de referencia en cuatro puntos representativos de la provincia de Villa Clara, Cuba. *Centro Agrícola* 33 (4), 67-72.
- PNUD. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2006). Informe sobre desarrollo humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Mundi-Prensa Libros, S.A. Un Plaza, Nueva York, EEUU.
- Rébori, M. (2007). Sensibilidad de ecuaciones de Evapotranspiración en la estimación de los consumos de agua de *Eucalyptus dunnii*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA. Pp. 237-244. Seminario de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul. Taubate, Brasil. BR.
- Ruiz, T., & Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria* 8(2), 1-11.
- Vargas, SR., & Cepero, O. (2006). Impacto de la sequía sobre algunos indicadores bioproductivos de empresas ganaderas en la provincia de Sancti Spiritus. *Revista Electrónica Veterinaria* 7(10), 15-21.
- Willite, DA. (2005). Drought and water crises: Science, technology, and management issues. A CRC title, part of the Taylor & Francis Group. Broken Sound Parkway NW. 431 p.