

ARTÍCULO ORIGINAL

Manejo del riego en condiciones de sequía. Estudio de caso

Irrigation management in drought conditions. Case Study

**Dr.C Camilo Bonet P., Ing. Dania Rodríguez C., M.Sc. Pedro Guerrero P., M.Sc. Johanis Hernández LL.,
Ing. Pedro Rodríguez R.**

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey-Ciego de Ávila, Cuba

RESUMEN. Para las condiciones de la producción agropecuaria el cambio climático se refleja de diversas formas, entre estas la sequía. La interpretación de las condiciones de sequía en la actividad agrícola debe considerar las particularidades de suelos y cultivos en las que se producen, con vistas a enfrentarlas de la forma más eficaz posible. Con el objetivo de valorar los criterios para el manejo del riego en condiciones de sequía en cultivos con diferentes demandas hídricas, se presenta un estudio de caso dirigido a la interpretación de la sequía agrícola a partir de las condiciones climáticas presentes durante el año 2004 en áreas de la provincia de Ciego de Ávila, tomando como referencia los cultivos de piña y plátano. Los resultados muestran que mientras para el cultivo del plátano las condiciones de sequía son evidentes (ISA = -1,463), para el cultivo de la piña en ese preciso momento y lugar no se produjeron condiciones de sequía (ISA = -0,636). Los resultados sirven de referencia para la organización del manejo del riego en esas condiciones.

Palabras clave: Estrés hídrico, sequía agrícola.

ABSTRACT. In the agriculture production the climatic change reflects of various forms, between these the drought. La interpretación de las condiciones de sequía en la actividad agrícola debe considerar las particularidades de suelos y cultivos en las que se producen, con vistas a enfrentarlas de la forma más eficaz posible. In order to appreciate the criteria for the handling of the irrigation in drought conditions in cultivations with different hydric necessities, It is presented a case-study about the interpretation of the agricultural drought, considering the climatic conditions that were present during 2004 year in areas of Ciego de Ávila province, taking like a reference the pineapple and banana crops. The results evidence than while for the cultivation of the banana the conditions of drought are evident (ISA - 1.463), for pineapple crop in that precise moment and place, there were not conditions of drought (ISA - 0.636). The results might be used as reference for the irrigation organization in those conditions.

Keywords: Hidric stress, agriculture drought

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que más agobia la humanidad es la falta de alimentos, energía y agua. Ello ha motivado que se generen nuevas tecnologías de riego con el objetivo de incrementar la eficiencia en el uso del agua y un menor consumo energético.

Como consecuencia del cambio climático, nuestros recursos naturales están siendo afectados, el agua entre ellos.

La agricultura utiliza el 70% del agua disponible; entre 1996 y el 2030 se incrementará en un 27% las tierras bajo riego, para el mismo período, el uso de agua para riego sólo aumentará un 12% (FAO, 2003).

El regadío que en muchos países es un arte tan antiguo como la civilización, pero que para la humanidad es una ciencia, la de sobrevivir, deberá adaptarse a la nueva situación, hay una urgente necesidad de mejorar la eficiencia y la productividad de los cultivos bajo riego.

La afectación notable de los rendimientos de los cultivos a consecuencia de la reducción de la cantidad y distribución de las precipitaciones, el contenido de humedad en el suelo y las pérdidas de agua por evapotranspiración, es conocida como sequía agrícola. Este es un fenómeno cada día más frecuente en todas partes del mundo, por lo cual se requiere estar preparados para enfrentarla en las mejores condiciones posibles.

El concepto de sequía es generalmente muy subjetivo porque se hace difícil:

1. Determinar cuando se inicia o finaliza una sequía.
2. Determinar si en realidad se ha producido una sequía.

El concepto de sequía es también muy relativo, porque las condiciones de sequía en un clima húmedo, pueden ser condiciones de humedad para los países con climas secos. Normalmente se considera que se está en presencia de sequía cuando permanece sin llover más tiempo de lo normal y comienzan a producirse impactos negativos.

La carencia de agua de forma no habitual no siempre significa sequía; pues si es común es que en una zona se presente un tiempo prolongado de varios meses sin lluvia puede ser que se trate de una época de seca.

El estudio de la sequía agrícola permite:

1. Evaluación y manejo del riesgo que origina este tipo de sequía para la agricultura.
2. Preparación de las comunidades para atenuar sus efectos negativos.
3. Toma de decisiones estratégicas y tácticas para el desarrollo de las actividades agrícolas.

Para cuantificar la sequía se han desarrollado diferentes índices de sequía tales como:

1. Índice de severidad de la sequía de Palmer.
2. Índice Estándar de Precipitación.
3. Índice de Sequía (Brown)

La sequía agrícola se refleja en una afectación de los rendimientos agrícolas, que será más o menos significativa en dependencia de las propias características del evento (duración, intensidad, etc.), las características del suelo, del cultivo y las prácticas agrotécnicas empleadas, principalmente la disponibilidad o no de sistemas de riego, o sea, no se trata de un fenómeno absoluto sino relativo a las condiciones concretas del momento y lugar, por lo cual las medidas para enfrentarlas deberán estar condicionadas a esto.

El manejo del riego en condiciones de sequía incluye diferentes estrategias, entre estas:

1. Considerar de forma diferenciada el efecto del agua en las etapas de desarrollo del cultivo.
2. Sembrar cultivos y/o variedades de menores necesidades hídricas o mayor resistencia a la sequía.
3. Disminuir áreas de riego

Sin embargo, lo más común es que al presentarse la situación de sequía ya las siembras se encuentran presentes, en este caso, la única estrategia posible consiste entonces en hacer el uso más eficiente posible del agua disponible, que permita lograr los mejores índices de eficiencia de uso del agua, para lo cual será necesario conocer las particularidades de la situación climática, el suelo, el sistema de riego y el cultivo.

El objetivo del presente trabajo es realizar una evaluación comparativa de la sequía agrícola en un periodo determinado para condiciones de cultivos con diferentes necesidades hídricas, mediante un estudio de caso.

MÉTODOS

Para la determinación de la sequía agrícola se utilizó la metodología propuesta por Brown (2008).

$$ISA=KR (DH/Pm)$$

$$KR=R/Rm$$

$$DH=Pe-ETc$$

donde:

ISA-Índice de sequía agrícola;

KR-Coeficiente de afectación al rendimiento;

DH-Déficit de humedad, mm;

Pm-Precipitación media, mm;

R-Rendimiento anual del cultivo, t/ha;

Rm-Rendimiento medio del cultivo, t/ha;

Pe-Precipitación efectiva, mm;

ETc-Evapotranspiración del cultivo, mm.

Los valores obtenidos son clasificados según el siguiente criterio:

TABLA 1. Clasificación del Índice de Sequía Agrícola (Brown, 2008)

Valor del índice	Categoría de la sequía
0,40 a – 0,80	Sin sequía
0,81 a – 1,20	Ligera
1,21 a – 1,60	Moderada
1,60 a – 2,00	Severa
< - 2,00	Extrema

Se ha partido del comportamiento de las precipitaciones en la provincia de Ciego de Ávila durante un periodo de 10 años, obtenido del Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila, seleccionando de la serie un año característico por sus bajos valores de precipitaciones con relación a la media histórica.

Se han seleccionado los cultivos de piña y plátano, los cuales poseen valores relativamente bajos (Bonet *et al.*, 2008) y altos (Martínez, 1988) respectivamente de evapotranspiración.

La evapotranspiración de los cultivos ha sido calculada a partir de la expresión recomendada por Allen *et al.* (1998):

$$ETc=ETo \cdot Kc$$

donde:

ETo-Evapotranspiración de referencia, mm;

Kc-Coeficiente de cultivo.

Se utilizaron los valores de coeficientes de cultivo previamente determinados en estudios experimentales para el cultivo de la piña (Bonet *et al.*, 2010), y el cultivo del plátano (Martínez, 1988), los valores de evapotranspiración de referencia para el año seleccionado, obtenidos del Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila. La precipitación efectiva fue calculada empleando el método empírico de Savo, citado por Rey y de la Hoz (1979).

El coeficiente de afectación al rendimiento se obtuvo a partir de los resultados experimentales obtenidos en los tratamientos sin riego (Bonet *et al.*, 2012) y (Camejo y Duarte, 2002) durante la fase experimental de determinación de la ETc de los cultivos, y los rendimientos medios obtenidos en la provincia en condiciones de años medios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas 2 y 3 muestran el comportamiento de las precipitaciones y la evapotranspiración de referencia en el periodo 2001-2010.

TABLA 2. Distribución de la lluvia durante la última década (mm). Estación Ciego de Ávila

Mes	Años										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Media
I	50,1	20,1	28,9	4,1	1,3	4,2	4,3	4,0	6,7	19,6	14,3
II	7,3	17,3	28,3	43,4	27,1	29,4	11,4	30,7	27,8	15,7	23,8
III	7,1	29,6	39,7	161,8	14,6	24,0	25,9	17,1	36,1	119,9	44,4
IV	78,9	24,1	15,2	103,1	9,7	15,9	33,7	81,6	14,5	97,3	47,4
V	55,5	201,7	358,7	157,3	19,4	29,1	98,8	172,9	227,9	89,4	142,0
VI	133,1	137,9	428,1	165,5	95,7	133,4	232,7	343,0	313,7	75,9	205,9
VII	113,7	172,6	151,9	166,8	133,1	190,2	221,6	127,2	122,9	69,7	147,0
VIII	116,3	101,0	169,3	150,2	96,0	182,9	221,1	148,4	233,9	234,7	165,4
IX	163,5	302,1	327,7	224,8	90,5	70,4	131,2	149,0	179,0	376,5	201,5
X	119,0	140,0	122,8	82,9	114,8	216,2	351,8	111,0	317,2	61,3	163,7
XI	19,8	88,0	75,9	58,1	24,5	9,7	15,7	27,9	12,6	35,8	36,8
XII	220,8	20,9	19,2	26,1	1,5	1,1	17,3	26,1	22,0	22,3	37,7
Total	1 085,1	1 255,3	1 755,7	1 344,1	628,2	916,5	1 365,5	1 238,9	1 514,3	1 218,1	1 229,9

TABLA 3. Distribución de la ETo durante la última década (mm). Estación C. de Ávila

Mes	Años										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Media
I	88,30	82,90	95,10	89,70	91,52	98,21	94,29	102,08	95,08	94,18	93,14
II	99,30	102,30	100,90	105,70	102,46	98,12	97,84	113,54	115,77	124,84	106,08
III	132,70	129,80	135,50	130,30	119,35	104,15	100,20	145,45	136,63	146,93	128,10
IV	142,00	151,10	163,60	141,30	123,94	117,13	113,40	165,14	147,15	164,55	142,93
V	152,50	130,50	149,50	141,40	130,12	113,81	106,21	148,76	153,88	158,55	138,52
VI	144,50	144,20	135,40	132,20	110,01	97,71	100,53	137,10	154,25	140,92	129,68
VII	156,60	146,60	155,70	142,00	104,28	111,33	105,16	148,92	160,44	155,41	138,64
VIII	144,00	143,60	143,50	135,90	97,88	99,87	107,96	142,67	149,01	150,97	131,54
IX	126,40	122,00	107,10	128,90	103,24	95,15	92,36	125,05	131,77	129,80	116,18
X	113,40	108,30	117,10	117,30	101,32	96,08	94,12	105,81	112,08	109,83	107,53
XI	96,00	90,10	89,60	96,20	108,97	89,56	86,17	97,03	97,07	99,95	95,06
XII	77,60	86,20	86,30	80,80	100,23	87,60	91,14	86,95	93,76	96,67	88,72
Total	1 473,30	1 437,60	1 479,30	1 441,70	1 293,32	1 208,72	1 189,38	1 518,50	1 546,89	1 572,60	1 416,12

Observamos que el año 2004 es el que presenta los menores valores acumulados de lluvia, con sólo el mes de febrero al nivel de la media de ese periodo, seleccionando por tanto este como el año característico para el estudio del índice de sequía.

Para el cálculo de la lluvia aprovechable se tomó como información base:

- Valores mensuales de lluvia
- Suelo de tonalidad roja, predominante en las áreas dedicadas a los cultivos seleccionados
- Pendiente menor al 1,0%, predominante en las áreas dedicadas a los cultivos seleccionados
- Profundidad del sistema radical de 0,20 m en la piña y 0,40 m

en el plátano.

En las Figuras 1 y 2 se refleja el resultado del déficit de humedad calculado para los cultivos de piña y plátano respectivamente durante el año 2004.

Los resultados indican una marcada diferencia en el déficit de humedad en cultivos sometidos a idénticas condiciones climáticas y sustentados sobre el mismo suelo, lo cual confirma la importancia de considerar las características propias de cada cultivo al analizar el posible efecto de la sequía sobre los mismos, y consecuentemente, el manejo del riego en condiciones extremas.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento comparativo del rendimiento de los cultivos.

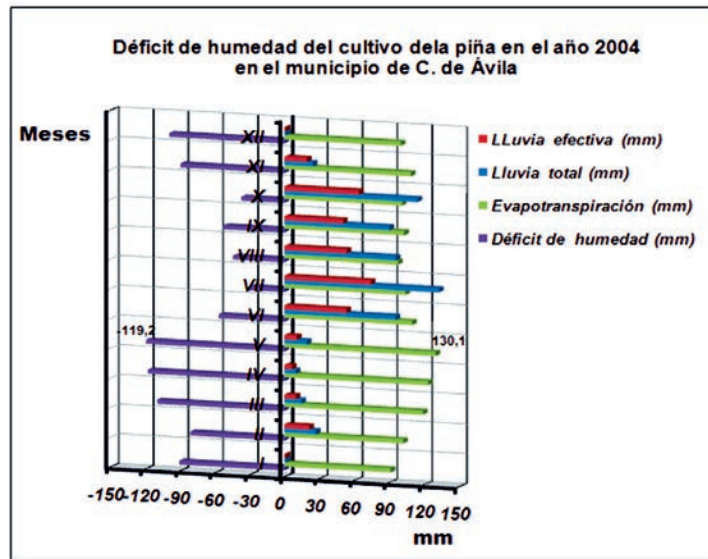


FIGURA 1. Déficit de humedad del cultivo de la piña en el año 2004.

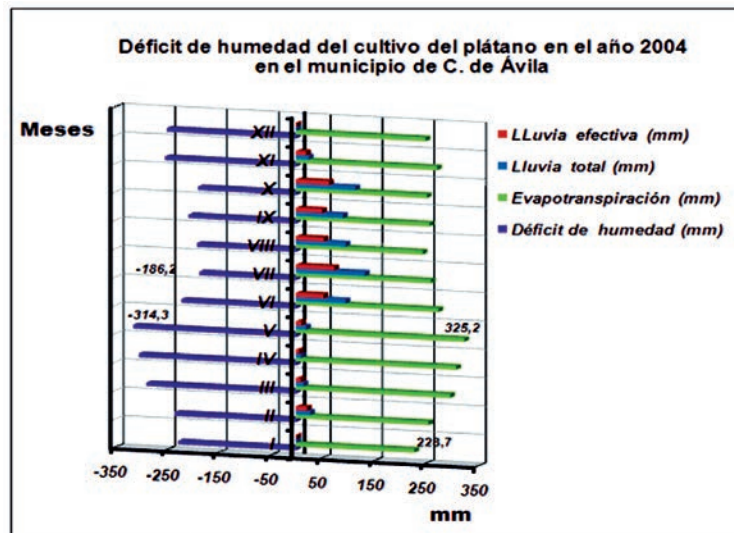


FIGURA 2. Déficit de humedad del cultivo del plátano en el año 2004.

Coefficiente de afectación al rendimiento

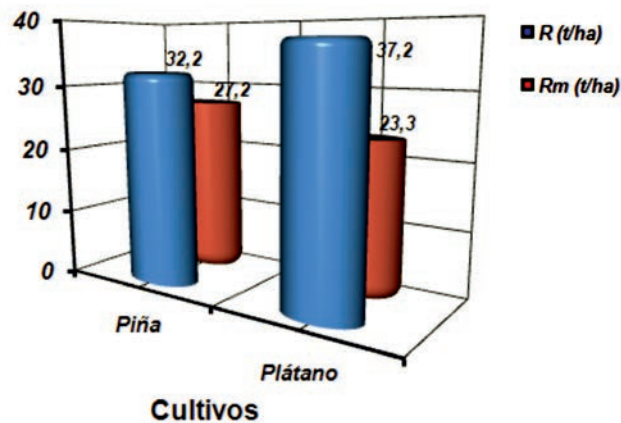


FIGURA 3. Comportamiento del rendimiento de los cultivos con relación a los valores medios.

Con los resultados del comportamiento de los cultivos, se obtuvieron los valores del coeficiente de afectación al rendimiento (Tabla 4):

TABLA 4. Coeficiente de afectación al rendimiento

Cultivo	R, t/ha	Rm, t/ha	KR
Piña	32,2	27,2	0,845
Plátano	37,2	23,3	0,626

A partir de estos valores se calcularon los valores del Índice de Sequía Agrícola:

- ISA (piña) = - 0,636
- ISA (plátano) = - 1,463

De acuerdo a la escala prevista, estos valores clasifican como de sequía moderada para el cultivo del plátano, en tanto para la piña no se han presentado condiciones de sequía.

Resulta evidente que las características botánicas de cada cultivo son determinantes al interpretar las condiciones de sequía a que están sometidos; así por ejemplo, es conocido que el cultivo de la piña, además de su baja tasa de evapotranspiración, posee adaptaciones morfológicas y fisiológicas tales como la presencia de un tejido acuífero que se constituye en una reserva de agua que le permite a la planta “resistir” condiciones de estrés hídrico, la baja densidad de estomas en comparación con otras plantas cultivadas e incluso la posibilidad de presentar un patrón invertido de apertura estomática, que le confieren un comportamiento particular.

En cualquier caso, los resultados obtenidos constituyen un indicador que permite orientar a los especialistas encargados de planificar y organizar el manejo del riego de los cultivos en condiciones de sequía meteorológica, sin embargo, en ningún

caso deben aplicarse de manera esquemática, así por ejemplo, al analizar el año 2004 de forma integral, el cultivo de la piña no presenta condiciones de estrés hídrico, sin embargo, una valoración específica por etapas de desarrollo fisiológico indica que durante los meses de noviembre y diciembre en los que se desarrolló la etapa de floración y por tanto el un potencial incremento de la evapotranspiración (Bonet *et al.*, 2008), el estrés estuvo presente.

Factores como variedades de cultivo, pendiente y cobertura del terreno, etapa de desarrollo fisiológico del cultivo, condiciones climáticas (temperatura, nubosidad, velocidad del viento), influyen tanto en el consumo de agua como en el aprovechamiento de las precipitaciones.

El manejo del riego en condiciones de sequía agrícola debe por tanto partir de las condiciones de estrés hídrico a que está sometido cada cultivo específico, y sobre esa base aplicar criterios que permitan un uso lo más eficiente posible del agua disponible.

CONCLUSIONES

- Durante la sequía meteorológica presentada en el año 2004 en el municipio Ciego de Ávila, el cultivo del plátano estuvo sometido a una sequía moderada, en tanto el cultivo de la piña, dadas sus características anatómicas y fisiológicas, no estuvo sometido a condiciones de sequía agrícola.
- En las condiciones específicas dadas en el caso estudiado, la alternativa para el manejo del riego debió consistir en la aplicación de criterios de riego deficitario controlado durante todo el año en el cultivo del plátano y durante la fase de floración en el cultivo de la piña.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (RCTA 03113)

- BONET, P. C.; L. R. I. ACEA; M. O. BROWN; V. M. HERNÁNDEZ y D. C. DUARTE: “Coeficiente de cultivo para la programación del riego en el cultivo de la piña.”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3): 2010.
- BONET, P. C.; L. R. I. ACEA y V. M. HERNÁNDEZ: “Evapotranspiration of pineapple in Cuba”, *Pineapple News*, 15(2): 5-15, 2008.
- BONET, P. C.; G. M. AJETE; P. P. GUERRERO; F. GONZÁLEZ y G. HERNÁNDEZ: “Efecto del agua en el rendimiento del cultivo de la piña”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(1): 2012.
- BROWN, M. O.: “Evaluación de la Sequía en Empresas Agrícolas: Índice de Sequía Agraria (ISA) e Índice de Sequía Agronómica (ISAG)”, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba 2008.
- CAMEJO, B. L. E. y L. S. DUARTE: “Relación agua rendimiento y manejo del riego de los principales cultivos de la zona central de Cuba”, *Ing. Hidráulica*, XXIII(3): 2002.
- FAO: *Descubrir el potencial del agua para la agricultura*, Roma, Italia, (Informe), 2003.
- MARTÍNEZ, R.: “Régimen de riego del plátano fruta”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura*, 11 (2): 1988.
- REY, R. y L. D. LA HOZ: Manual del régimen de riego de los principales cultivos de Cuba. Ciudad de la Habana: Orbe, pp. 51 - 74. 1979.

Recibido: 3 de julio de 2011.

Aprobado: 22 de diciembre de 2012

Camilo Bonet Pérez, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey-Ciego de Ávila, Cuba.

Correo electrónico: camilo@reduc.edu.cu