

Análisis de los impactos provocados por la sequía agrícola en los cultivos de maíz y frijol en áreas agrícolas del municipio Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba.

Analysis of impacts caused by agricultural drought in maize and beverage crops in agricultural areas of Venezuela, Ciego de Ávila, Cuba.

*Yurisbel Gallardo Ballat¹
Oscar Brown Manrique²
Michel Álvarez Tamayo³*

Resume

En la presente investigación se realiza un análisis del impacto provocado por la sequía agrícola con la utilización del Índice de Sequía Agraria (ISA) para los cultivos de Maíz, Fríjol en áreas de municipio de Venezuela (Ciego de Ávila). La determinación de la Evapotranspiración de Referencia se realiza a través del método de Penman Monteith FAO-1998. Los resultados obtenidos demuestran que los procesos de sequías agrícolas impactan de diferentes maneras en cada cultivo, esto permite mejorar la visión de los agricultores y trazar estrategias para la aplicación de métodos de conservación del suelo y del recurso hídrico. Se demuestra además que existe una presencia recurrente del fenómeno de sequía agrícola, donde los períodos de sequías extremas y severas se presentan con una mayor frecuencia afectando severamente los rendimientos de los cultivos analizados.

Palabras-clave: impacto, sequía agrícola, Índice de Sequía Agraria, evapotranspiración de referencia, lluvia efectiva, estrategias, intensidad.

Abstract

In the present investigation an analysis of the impact caused by the agricultural drought with the use of the Agrarian Drought Index (ISA) for Corn, Beans in areas of Venezuelan municipality (Ciego de Ávila) is carried out. The determination of Reference Evapotranspiration is carried out using the Penman Monteith FAO-1998 method. The results show that the agricultural drought processes impact in different ways in each crop,

¹ Departamento de Ingeniería Hidráulica Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.
yurisbel@unica.cu

² Centro de Estudios hidrotécnicos de la Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.

³ Empresa de Servicios Ingenieros Hidráulicos Ciego de Ávila

Artigo recebido em: 09/02/2017. Aceito para publicação em: 10/07/2018

this allows to improve the vision of the farmers and to draw strategies for the application of methods of soil conservation and water resource. It is also demonstrated that there is a recurrent presence of the agricultural drought phenomenon, where periods of severe and severe droughts occur more frequently affecting severely the yields of the crops analyzed.

Keywords: impact, agricultural drought, Agricultural Drought Index, reference evapotranspiration, effective rainfall, strategies, intensity.

1. 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, e incluso puede interferir en el desarrollo social y económico de los pueblos. 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. (National Drought Mitigation, 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. Para algunos especialistas, 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 (Barakat y Handoufe, 1998; Bootsma et al., 1996).

La severidad de una sequía depende no solamente del grado de reducción de la lluvia, de su duración o de su extensión geográfica, sino también de las demandas del recurso hídrico para la permanencia de los sistemas naturales y para el desarrollo de las actividades humanas, razón por la cual es posible expresar el grado de severidad de la sequía en términos de sus impactos sociales y económicos. La identificación de la intensidad de las sequías es de vital importancia para la prevención de las contingencias que éstas acarrearán con respecto a la planificación de la

economía general de un país o una región, es por ello que se considera de utilidad el seguimiento de las sequías en el tiempo y el espacio. Para atenuar los impactos negativos de la sequía es necesaria la aplicación de un conjunto de medidas entre las que se encuentra la agricultura de regadío, la cual permite alcanzar los objetivos de producción especialmente durante los periodos de sequía, donde se encuentran los mayores problemas.

Solano et al., (1998) y Centella (2003) 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. En este sentido diversos investigadores han propuesto que para evaluar los impactos negativos de las sequías, se debe tener en cuenta los efectos que se producen en el área geográfica donde se presentó el fenómeno (Mayorga y Hurtado, 2006). 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:

- Seguridad alimentaria por el aumento del precio de los productos.
- Reducción en la disponibilidad del agua para el consumo humano y animal.
- Reducción de la demanda de servicios de comercialización.
- Salida de divisas para reponer la producción y adquirir insumos.
- Recuperación del crédito.

La FAO (1996) argumentó que producto a 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 WEHAB Working Group, (2002). Según el IPCC (2001) así como Croshaw y Advisor (2008) las áreas con grandes déficit 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 (ONU, 2002).

La tendencia de los episodios de sequías van en aumento; pues en la década de los años 70 representaba el 15% de la superficie terrestre; sin embargo, en la actualidad alcanza el 30% y seguirá aumentando si no se toman medidas oportunas (Greenpeace, 2006). El impacto de las sequías sobre la Pampa Húmeda en Argentina ha provocado afectaciones en los cultivos de cereales y en la economía de los productores, debido a que los eventos secos cada año tienen mayor duración e intensidad (Minetti et al., 2007; Ferraris, 2009).

Kantolic (2009) comprobó que una sequía durante el período de fructificación de la Soya puede reducir drásticamente el número de granos y producir caídas en el rendimiento; si la sequía se revierte y las condiciones son óptimas durante el llenado, existe una compensación parcial a través de incrementos en el peso de los granos; pero si la sequía persiste, la caída del rendimiento se agrava por caídas en el peso. Una sequía que afecte sólo el período de llenado de granos suele tener un impacto mucho menor sobre el rendimiento, ya que disminuye el peso de los granos sin afectar su cantidad. Solano et al., (2005) 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).

El objetivo general de esta investigación consiste en determinar la severidad del impacto de la sequía agrícola en los cultivo de Plátano Vianda, Maíz, Frijol y Tomate 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.

2. MATODOLOGÍA

La investigación se efectúa en el municipio de Venezuela de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba, en la misma se utiliza una serie de 13 años de precipitaciones recopiladas de los de la estación meteorológica 346 Venezuela situada en la Latitud: 21°47' (N) Longitud: 78° 47' (W) Altura: 26.39 msnm. La misma contiene los valores medios de las siguientes variables climáticas en una escala de tiempo mensual: Evaporación (Ev), Temperatura media (Tm), Temperatura máxima (Tmáx), Temperatura mínima (Tmin), 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) fueron determinadas de forma tabular según Allen et al., (1998). En la tabla 2.2 se muestran los cultivos estudiados así como sus fases.

Tabla 2.1 Tiempo de ciclos (Maíz, Frijol)

Cultivos	Inicio	Desarrollo	Medio	Final	Total	Fecha Siembra
Frijol	20	30	40	20	110	Nov
Maíz	25	40	45	30	140	Dic

Org.: Autores (2017)

2.1 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).

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

Donde: *ETP*: Evapotranspiración Potencial (mm/d); T_m : Temperatura media del aire (C°); $T_{máx}$: Temperatura máxima (C°); $T_{mín}$: Temperatura mínima (C°); n : Número medio de horas sol; N : Número de horas sol diario; H : Altura media sobre el nivel del mar (m); v_2 : 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); P_a : Presión atmosférica (KPa); l : Calor latente de vaporización (MJ/Kg); R_s : Radiación solar global (MJ/m²d); R_{so} : Radiación solar en días despejados (MJ/m²d); R_0 : Radiación extraterrestre sobre la superficie horizontal en período de un día (MJ/m²d); A : Constante de Stefan-Boltzmann (4.903×10^{-9} MJK⁻⁴m⁻² d⁻¹); Los valores de radiación extraterrestre y número de horas de sol promedio del mes corregidos según el criterio de Allen *et al.*, (1998).

2.2 Cálculo del coeficiente del cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo se obtuvieron a través de los valores propuestos hecha por FAO 56-2006.

2.3 Cálculo de evapotranspiración del cultivo (ETc)

$$ETc = ETP \otimes K_c$$

Donde: *ETc*: Evapotranspiración del cultivo (mm/mes); *ETP*: Evapotranspiración de referencia (mm/mes); *K_c*: Coeficiente climático en cada una de las etapas de los cultivos (Inicial, medio y Final).

2.4 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 Vianda, Maíz, Fríjoles y Tomates tabla 2.2.

Tabla 2.2 Rendimiento de los cultivos de Frijol, Maíz.

Año	Plátano	Frijol	Maíz	Tomate
2000	30730,16	3131,42	40457,92	20883,07
2001	95824,92	3435,08	59932,79	9525,11
2002	86918,62	2997,15	18298,85	7040,10
2003	63124,04	2130,87	33145,56	6742,45
2004	119576,13	2324,29	94408,28	115459,12
2005	6289,90	4143,31	1284,06	31939,02
2006	8246,52	954,28	397,52	16324,62
2007	63789,72	2734,34	4141,28	46182,59
2008	3747,74	506,73	2128,56	2340,00
2009	3417,00	644,18	985,90	18300,31
2010	4365,19	234,66	954,82	7974,42
2011	7076,99	402,47	665,87	14626,72
2012	5873,51	1921,95	1120,75	24976,59
Media	38383,11	1966,21	19840,17	24793,39

Org.: Autores (2017)

$$ISA = KR \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} \left(\frac{DH_c}{P_i} \right) \quad 2.3$$

$$KR = \left(\frac{R_i}{R_m} \right) \quad 2.4$$

$$DH_c = P_e - ETc \quad 2.5$$

Donde: DH_c : Déficit de humedad del cultivo (mm); P_i : Precipitación mensual (mm); KR : Coeficiente de rendimiento del cultivo; R_i : Rendimiento anual del cultivo (t/ha); R_m : Rendimiento promedio del cultivo (t/ha); ET_c : Evapotranspiración del real del cultivo (mm/mes); ETP : Evapotranspiración potencial del cultivo (mm/mes); K_c : Coeficiente de cultivo, depende del ciclo vegetativo; N_m : Número de meses del ciclo vegetativo del cultivo; P_e : Precipitación efectiva se calcula mediante la siguiente ecuación empírica propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de los estados Unidos, (1997).

A partir del estudio realizado se puede proponer la siguiente tabla 2.3 para la evaluación de los índices *ISA*, se utiliza el criterio de Gallardo y Brown (2009).

Tabla 2.3 Evaluación del Índice de Sequía Agraria.

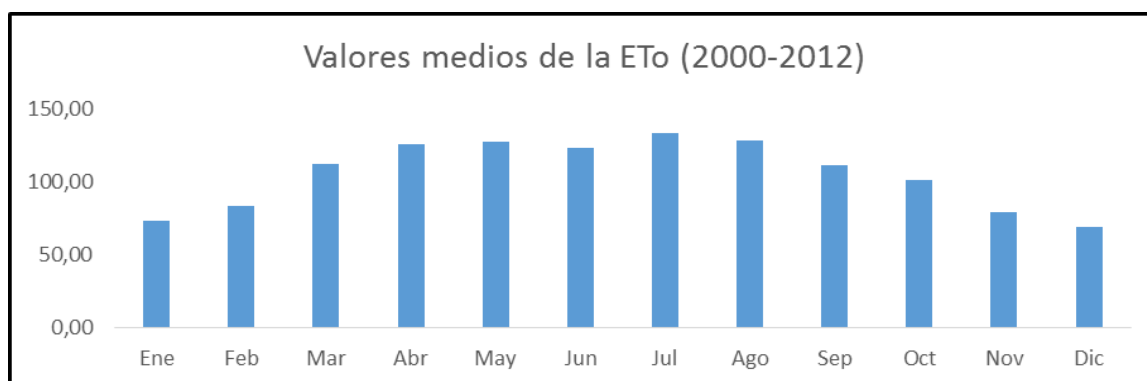
Índice de Sequía Agraria	
Valor del índice	Severidad de sequía
< -2.3	Extrema (EX)
-2.29 a -1.50	Severa (SE)
-1.49 a -1.00	Moderada (MO)
-0.99 a -0.50	Ligera (LI)
>- 0.49	Sin sequía (SS)

Org.: Autores (2017)

3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

3.1 Evapotranspiración de referencia

Los resultados del cálculo de la evapotranspiración de referencia a partir del modelo de Penman Monteith FAO-1998 se muestran en el gráfico 3.1.

GRÁFICO 3.1 Comportamiento medio mensual de la ETP (mm/mes).

Org.: Autores (2017)

Como se observa los valores medios 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. Una vez más se evidencia que el método es uno de los más exactos en los resultados a nivel mundial; resultados similares han sido evaluados 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.

3.2 Coeficientes Climáticos de los cultivos

El ajuste de los coeficientes de los cultivos arrojó los siguientes resultados (tablas 3.2).

Tabla 3.2 - Valores del Kc par los cultivos de Maíz y Frijol

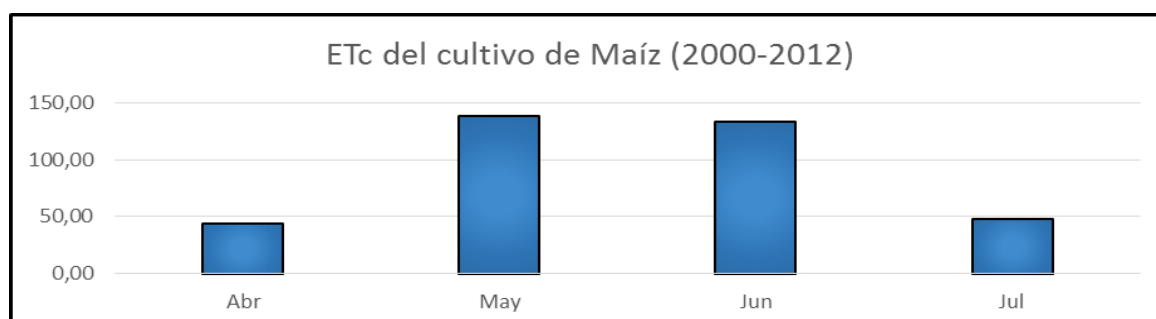
Maíz				Frijol			
Año	Kcini	KCmed	Kcfin	Año	Kcini	KCmed	Kcfin
2009	0,29	1,04	0,36	2009	0,26	1,16	0,35
2010	0,35	1,17	0,36	2010	0,42	1,12	0,35
2012	0,40	1,02	0,36	2012	0,31	1,09	0,32
Promedio	0,35	1,08	0,36	Promedio	0,33	1,13	0,34

Org.: Autores (2017)

Los resultados de coeficiente del cultivo (Kc) calculados se ajustan a las condiciones de los cultivos en nuestro país. Al compararse con los resultados propuesto por la FAO-2006 encontramos un ligero aumento del valor de estos en los 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 lo crea en la zona de estudio un microclima favorable para los cultivos de secano.

3.3 Cálculo de la Evapotranspiración de los cultivos

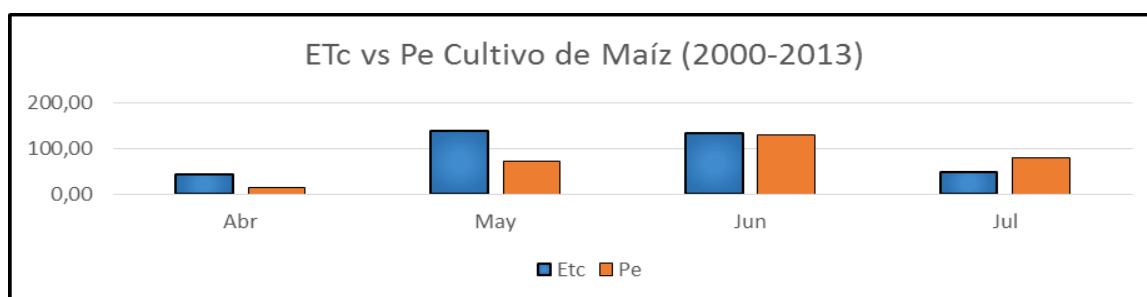
En el gráfico 3.1 se muestra los valores de la evapotranspiración del cultivo de maíz, en particular se ve un aumento considerable en los meses de mayo, esto sucede por el desarrollo vegetativo brusco que tiene este cultivo en secano a partir de los meses de mayores precipitaciones; sim embargo en los últimos 13 años no se cumple con este aspecto, trayendo como consecuencia bajos rendimientos y evidenciando como va incidiendo los procesos de sequía agrícola en este cultivo en particular

GRÁFICO 3.1 Evapotranspiración real del cultivo de Maíz (mm/mes).

Org.: Autores (2017)

La comparación entre lo que necesita la planta y lo que recibe. Podemos observar que en los últimos 13 años en el mes de abril solo las precipitaciones efectivas suplieron el 31.85% de la necesaria para suplir la evapotranspiración real del cultivo mientras que en mayo fue el 51.42 %, sin embargo los meses donde en cultivo necesita menos agua, pues están en la etapa de maduración y cosecha sucede lo contrario la lluvia efectiva en el mes de junio suple el 98.04 % y julio suple el 165.28 % de la lluvia efectiva necesaria.

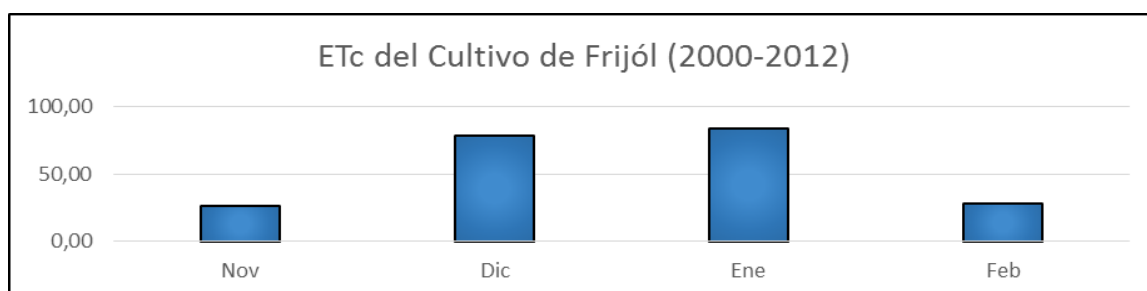
GRÁFICO 3.2 Etc.vs Pe cultivo de Maíz (2000-2012) (mm/mes).



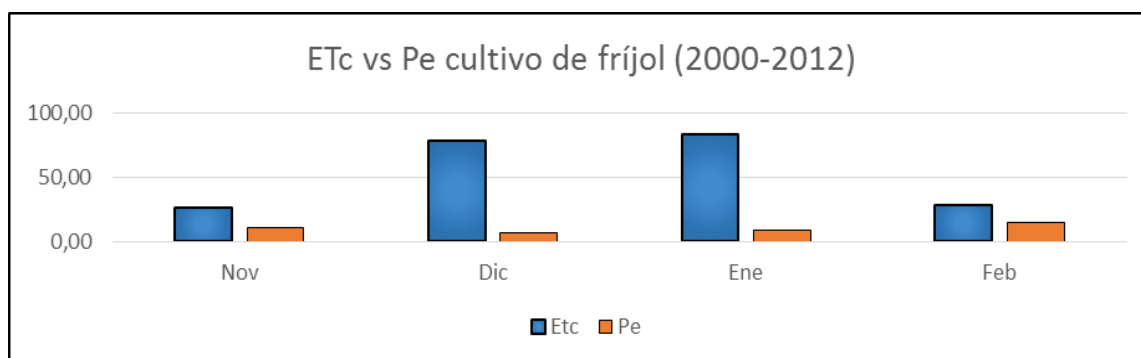
Org.: Autores (2017)

El gráfico 3.3 muestra un comportamiento normal de la evapotranspiración del cultivo de frijol; sin embargo; mientras que el análisis de Etc contra Precipitación Efectiva demuestra que (gráfico 3.4): Cuando se analiza este cultivo cultivado en secano podemos ver que la lluvia efectiva en los últimos 13 años no suple la necesidad real de los cultivos en el mes de enero solo suple el 8.25 %, 10.46% febrero.

GRÁFICO 3.3 Evapotranspiración real del cultivo del Frijol (mm/mes).



Org.: Autores (2017)

GRÁFICO 3.4 Etc. vs Pe cultivo de Fríjol (2000-2012) (mm/mes).

Org.: Autores (2017)

3.4 Índice de Sequía Agraria

Para evaluar el comportamiento de la sequía agraria se utiliza la tabla 3.3, como se observa en ella se muestran una serie de valores los cuales clasifican el comportamiento del fenómeno de sequía agraria en los cultivos, son de mayor eficacia en comparación con los propuestos por Gallardo y Brown 2005, ya que se utilizó el método del cuartil para una mejor distribución de las 5 intensidades de sequías que pueden ocurrir durante el evento climatológico.

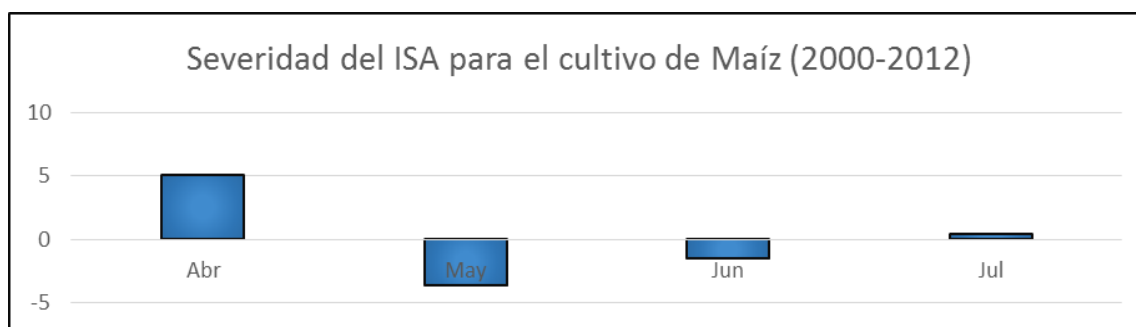
TABLA 3.3 Clasificación del ISA.

ESCALA VALORATIVA	SEVERIDAD DE LA SEQUIA	ESCALA
< a -0,12	Extrema	EX
-0,026 a -0,119	Severa	SE
-0,0065 a -0,0259	Moderada	MO
0 a -0,00649	Ligera	LI
< 0	Sin Sequía	SS

Org.: Autores (2017)

3.4.1 Evaluación del ISA para el cultivo del Maíz (2000-2012)

El comportamiento mensual del Índice de Sequía Agraria (ISA) sobre los cultivos de Maíz refleja la incidencia de este fenómeno climatológico durante los meses de mayo y junio con mayor severidad, (gráfico 3.5)

GRÁFICO 3.5 Valores del ISA para el cultivo de Maíz (2000-2012)

Org.: Autores (2017)

El gráfico muestra que el mes de abril ha presentado un superávit del recurso agua en varios meses de los 13 años analizados sin embargo los meses de mayo, junio muestran que el fenómeno ha afectado el cultivo con más incidencia en el mes de mayo, que a la vez coincide con la etapa de floración y crecimiento del fruto, mientras el mes de julio ha sido el menos afectado sin embargo ya en este mes es el mes de cosecha por lo que no incide en el rendimiento se puede observar también que el 100% del período analizado estuvo marcado por el fenómeno, ver tabla 3.4.

TABLA 3.4 Severidad de la sequía en el cultivo de Maíz período 2000-2012

Año	Abr	May	Jun	Jul
2000	LI	EX	EX	SS
2001	EX	SS	EX	SS
2002	EX	SE	SS	SS
2003	SS	SE	MO	SS
2004	SS	EX	EX	SS
2005	LI	EX	EX	SS
2006	LI	LI	SS	SS
2007	SS	MO	SS	SS
2008	EX	MO	SS	SS
2009	SE	LI	SS	SS
2010	SE	LI	SS	SS
2011	SE	LI	SS	LI
2012	SS	LI	SS	SS

Org.: Autores (2017)

TABLA 3.5 Porcentaje de incidencia de la severidad de sequías en los meses (2000-2012)

Severidad	Abr	May	Jun	Jul
EX	23,08	23,08	30,77	0,00
SE	23,08	23,08	0,00	0,00
MO	0,00	15,38	7,69	0,00
LI	23,08	38,46	0,00	7,69
SS	30,77	7,69	61,54	92,31

Org.: Autores (2017)

En la tabla 3.5 podemos ver cómo ha afectado la sequía cada mes durante los 13 años estudiados, los meses de mayo y junio son los más afectados por las sequías extremas y severas.

La tabla 3.6 muestra la incidencia del fenómeno en cada año analizado como se puede observar 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%.

Tabla 3.6 Porcentaje de incidencia de la severidad de sequías en los años 2000-2012

Años	SEBERIDAD				
	EX	SE	MO	LI	SS
2000	16,67	0,00	0,00	8,33	8,33
2001	16,67	0,00	0,00	0,00	16,67
2002	8,33	8,33	0,00	0,00	16,67
2003	0,00	8,33	8,33	0,00	16,67
2004	16,67	0,00	0,00	0,00	16,67
2005	16,67	0,00	0,00	8,33	8,33
2006	0,00	0,00	0,00	16,67	16,67
2007	0,00	0,00	8,33	0,00	25,00
2008	8,33	0,00	8,33	0,00	16,67
2009	0,00	8,33	0,00	8,33	16,67
2010	0,00	8,33	0,00	8,33	16,67
2011	0,00	8,33	0,00	16,67	8,33
2012	0,00	0,00	0,00	8,33	33,33

Org.: Autores (2017)

En tabla 3.7 observamos la frecuencia de las severidades de sequías en por cada año de estudios.

Tabla 3.7 Frecuencia de severidad de sequías para el cultivo de Maíz (2000-2012).

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

Org.: Autores (2017)

3.4.2 Evaluación del ISA para el cultivo del Fríjol (2000-2012)

El comportamiento mensual del Índice de Sequía Agraria (*ISA*) sobre los cultivos de Fríjol refleja la incidencia de este fenómeno climatológico durante los meses de enero y febrero como los de mayor severidad, (gráfico 3.6)

GRÁFICO 3.6 Valores del ISA para el cultivo de Fríjol (2000-2012)

Org.: Autores (2017)

El gráfico muestra que el meses de noviembre y diciembre han presentado en algunos años superávit del recurso agua, no obstante han existido déficit sobre todo en los meses de enero y febrero, ver tabla 3.8.

Tabla 3.8 Severidad de la sequía en el cultivo de Frijol período 2000-2012

Año	Ene	Feb	Nov	Dic
2000	EX	SS	EX	SE
2001	EX	EX	SE	EX
2002	EX	EX	LI	SS
2003	EX	SE	SE	EX
2004	SS	EX	SS	SS
2005	SS	EX	EX	EX
2006	EX	EX	EX	EX
2007	EX	EX	EX	EX
2008	EX	SE	SE	EX
2009	EX	SE	EX	SS
2010	EX	LI	SE	EX
2011	EX	SE	EX	SS
2012	EX	SE	EX	EX

Org.: Autores (2017)

Como se puede observar en la tabla 3.8, en todos los años se han presentado sequías severas y extremas, que afecta considerablemente los rendimientos del cultivo ya que este es de ciclo corto.

Tabla 3.9 Porcentaje de incidencia de la severidad de sequías en los meses (2000-2012)

Severidad	Ene	Feb	Nov	Dic
EX	84,62	46,15	53,85	61,54
SE	0,00	38,46	30,77	7,69
MO	0,00	0,00	0,00	0,00
LI	0,00	7,69	7,69	0,00
SS	15,38	7,69	7,69	30,77

Org.: Autores (2017)

En la tabla 3.9 se observa el porcentaje de la severidad de las sequías durante los meses analizados, se muestra con claridad que los meses de noviembre, diciembre y enero la mayor afectación se produce por las sequías extremas y severas.

La tabla 3.10 muestra la incidencia del fenómeno en cada año analizado como se puede observar las sequías del tipo extrema estuvo presente en 100 % de los años mientras que la sequía severa afecta el 66 %

de los años analizados, los otros tipos de sequías no tienen gran incidencia sobre este cultivo.

Tabla 3.10 Porcentaje de incidencia de la severidad de sequías en los años 2000-2012

SEBERIDAD					
Años	EX	SE	MO	LI	SS
2000	16,67	8,33	0,00	0,00	8,33
2001	25,00	8,33	0,00	0,00	0,00
2002	16,67	0,00	0,00	8,33	8,33
2003	16,67	16,67	0,00	0,00	0,00
2004	8,33	0,00	0,00	0,00	25,00
2005	25,00	0,00	0,00	0,00	8,33
2006	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	16,67	16,67	0,00	0,00	0,00
2009	16,67	8,33	0,00	0,00	8,33
2010	16,67	8,33	0,00	8,33	0,00
2011	16,67	8,33	0,00	0,00	8,33
2012	25,00	8,33	0,00	0,00	0,00

Org.: Autores (2017)

En tabla 3.11 observamos la frecuencia de las severidades de sequías en por cada año de estudios.

Tabla 3.11 Frecuencia de severidad de sequías para el cultivo de Fríjol (2000-2012)

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

Org.: Autores (2017)

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 están todos por debajo de las 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, se puede comprobar que existe una relación entre los períodos de sequía, la reducción de los rendimientos agrícolas y el aprovechamiento de las precipitaciones.

Se demuestra que cuando los problemas de sequías extremas son 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 evidencia 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, R.G; PEREIRA, L. S; RAES, Y. D. (1998): "Crop evapotranspiration and Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm#Contents>. Revisado en: Diciembre, 2008.
- BARAKAT, F Y; HANDOUFE, A. (1998): "Approche agroclimatique de la sécheresse agricole au Maroc". *Sécheresse* 9 (3): pp. 201-208.
- BOOTSMA, A; BOISVERT, J; BAIER, R. (1996). "La sécheresse et l' agriculture canadienne: Une revue des moyens d'action". Canada. Pp. 277-285.
- CARBONE, MARÍA E; PICCOLO, MARÍA C. (2002): "Caracterización de las sequías en la Localidad de tres arroyos (1930-1975).Aplicación del método de Palmer". Instituto argentino de oceanografía. *Revista Papeles de Geografía* ISSN: 0213-1781.Pp. 209-222.

- CENTEELLA, A. (2003): "La Sequía Meteorológica en el Caribe". Instituto de Verano sobre Vulnerabilidad asociada a La Variabilidad Climática y el Cambio Climático en América Central y el Caribe. Instituto de Meteorología, Cuba.
- CROSHAW, R. H; ADVISOR, W. E. (2008): "Darfur, Conflict, and Climate Change: Identifying Opportunities for Sustainable Peace". Nicholas School of the Environment and Earth Sciences of Duke University. U.S.A.
- DURÁN, D. (2002): "Las sequías como riesgo natural". Comisión Nacional del Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO. Revista Producción Animal. Universidad del Salvador.
- FAO. (1996): "Informe sobre desertificación y sequía en el Mundo". Roma, Italia.
- FAO-56. (2006): "Instructivo técnico de la FAO. Métodos para el cálculo de la evapotranspiración de referencia". Roma, Italia.
- FERRARIS, N. G. (2009): "Impacto de la sequía en la producción de los cultivos". Informe del Proyecto Regional Agrícola-CERBAN. Argentina.
- GALLARDO, Y; BROWN, O. (2005): "Estudio bibliográfico para la gestión del conocimiento referente a los procesos de sequías: Índices, impactos y medidas de mitigación". Tesis de ingeniería Hidráulica. Centro de Estudios Hidrotécnicos. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.
- 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.
- GALLARDO, B. Y; BROWN, O. (2009): "Índice de sequía Agraria e Índice de sequía Agronómica una nueva propuesta para la evaluación de la sequía en ecosistemas agrarios". Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Ciudad de La Habana, Cuba.
- GUEVARA, J. M. (2006): "Fórmula de Penman-Montheih FAO 1998, para determinar La Evaporación de Referencia, ETo". Vol. XXII, N° 31. Pp. 32-62.
- GREENPEACE. (2006): "Desaparición de glaciares pirenaicos españoles: cambio climático a la vista". España.
- IPCC. (2001): "Tercer Informe de Evaluación de la ONU". Cambio Climático. Pp. 45.
- JIMÉNEZ, U. M. (1996): "Sequía en Centroamérica: Efectos y preparación para enfrentarla". Memoria del taller ENOS y Eventos Extremos en la Región Gran Caribe, Organizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Secretaria General del Consejo Agropecuario Centroamericano.
- KANTOLIC, G. A. (2009): "Podemos reducir los impactos de la sequía en el cultivo de soja". Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- MAYORGA, M. RUTH; HURTADO, G. (2006): "La sequía en Colombia". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Meteorología. Colombia.
- MINETTI, L; VARGAS M; VEGA, B; COSTA, M. C. (2007): "Las sequías en la pampa húmeda: Impacto en la productividad del maíz". Dpto. de Geografía, Universidad Nacional de Tucuman. Argentina. Publicada en La Revista Brasileira de Meteorología, Vol. 22, No. 2, 218-232. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000200007>

- NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER. (2005): "Understanding and defining drought". University of Nebraska Lincoln. Disciplinary perspectives on drought. Understanding ENSO and forecasting drought. Disponible en: <http://ndmc.unl.edu/whatis/concept.htm>. Revisado en: Enero, 2005.
- ONU. (2002): "Facts Sheets". Department of Public Information. Johannesburg. DPI/2252-2002.
- 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.
- SOLANO, O. R. VÁZQUEZ, B. LAPINEL, T. GUTIÉRREZ, C. MENÉNDEZ Y V. CUTIÉ (1998). "Impacto en el sector agropecuario de la sequía de 1998". Instituto de Meteorología de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba.
- SOLANO, O. RANSES, J. CETELLA, A. LAPINEL, B. (2005). "Una aproximación al conocimiento de las sequías en Cuba, y sus efectos en la producción Agropecuaria". Instituto de Meteorología. Cuba. Pp. 85-100.
- VARGAS, S. R; CEPERO, C. O. (2006): "Impacto de la sequía sobre algunos indicadores bioproductivos de empresas ganaderas en la provincia de Sancti Espíritus". Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, ISSN 1695-7504.
- WEHAB WORKING GROUP. (2002): "Un Marco para la acción sobre Diversidad Biológica, el Manejo de Ecosistemas y Un Marco para la acción sobre la agricultura".