
COMPORTAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES EN LA ZONA CÍTRICA DE CEBALLOS, CUBA

Norma F. Medina Martínez

RESUMEN

Se hace un análisis estadístico de las precipitaciones ocurridas en la zona de Ceballos, en la provincia Ciego de Ávila (Cuba), contándose con un registro histórico de los 82 últimos años que permite obtener tablas de distribución de frecuencias de la lluvia mensual. Se propone realizar la programación de riego de proyecto para una probabilidad de excedencia de la lluvia mensual del 75% en lugar de seleccionar el año con igual probabilidad;

de esta forma la programación resulta más confiable debido a que el comportamiento y distribución de la lluvia se manifiesta en forma muy irregular entre los diferentes meses del año e incluso para el mismo mes en años consecutivos. Partiendo de este criterio se obtienen los coeficientes de lluvia aprovechable para el naranjo Valencia para esta zona agroclimática.

SUMMARY

A statistical analysis of rain in the area of Ceballos, Ciego de Ávila Province, Cuba, was carried out using a historical record that allows obtention of monthly rain frequency distributions for the last 82 years. An irrigation programming project is proposed with a 75% probability to exceed monthly rain. This

would be more reliable than choosing a year with similar probability, as monthly rain behavior and distribution are rather irregular, even for the same month in successive years. The usable rain coefficients were determined for "Valencia" orange trees in the area.

RESUMO

Se faz uma análise estatística das precipitações ocorridas na zona de Ceballos, na província Ciego de Ávila (Cuba), contando-se com um registro histórico dos 82 últimos anos que permite obter tabelas de distribuição de frequências da chuva mensal. Se propõe realizar a programação de rega de projeto para uma probabilidade de excedência da chuva mensal de 75% em lugar de selecionar o ano com igual probabilidade; desta forma

a programação resulta mais confiável devido a que o comportamento e distribuição da chuva se manifesta em forma muito irregular entre os diferentes meses do ano e inclusive para o mesmo mês em anos consecutivos. Partindo deste critério obtêm-se os coeficientes de chuva aproveitável para a laranjeira Valencia para esta zona agroclimática.

Introducción

El objetivo fundamental del régimen de riego es establecer el rango de humedad del suelo para cada fase vegetativa del cultivo, con la finalidad de garantizar un rendimiento determinado. Para ello se debe tener en cuenta, entre un conjunto de factores climáticos, el comportamiento de las precipitaciones (Camejo, 1987). En Cuba se han realizado pocas investigaciones

sobre el régimen de riego en los cítricos (Toledo *et al.*, 1981; Pardo *et al.*, 1983; Rodríguez y Camejo, 1986), siendo necesario estudiar las necesidades hídricas de este cultivo para cada zona agroclimática del país. El presente trabajo tiene como objetivo realizar un análisis estadístico descriptivo del comportamiento histórico de las precipitaciones en la zona cítrica de Ceballos que permita obtener las tablas de distribución de

frecuencias de la lluvia mensual y conlleve a valores confiables de la probabilidad de excedencia del 75%, posibilitando la determinación posterior de los coeficientes de lluvia aprovechable, para el cultivo analizado, con mayor efectividad.

Materiales y Métodos

Se dispuso de un registro histórico con las observaciones de las precipitaciones de

los últimos 82 años, del pluviómetro de coordenadas 239,30N; 733,45E, # INRH = 87, # control = C3-87, ubicado en Ceballos, Provincia Ciego de Ávila, Cuba. Además se contó con datos de evapotranspiración real del cultivo, a 70% y 80% de Capacidad de campo (Cc), durante tres años consecutivos, y con datos agroclimáticos de la zona de estudio (Medina, 1998). Para el procesamiento y análisis de la información

PALABRAS CLAVE / Cítricos / Coeficiente de Lluvia / Precipitaciones /

Recibido: 07/12/2001. Modificado: 02/10/2002. Aceptado: 15/10/2002

Norma F. Medina Martínez. Master en Ingeniería en Riego y Drenaje, Universidad de Ciego

de Ávila. Profesora, Facultad de Agronomía. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba. Direc-

ción: Carretera a Morón, km 9, Ciego de Ávila, Cuba. e-mail: rectorado@rect.unica.cu

TABLA I
COEFICIENTES DE LLUVIA EFECTIVA SEGÚN BLANEY-CRIDDLE*

Lluvia mensual caída (mm)	25	50	75	100	125	150	>150
Coefficiente de aprovechamiento	0,95	0,90	0,82	0,65	0,45	0,25	0,05
Lluvia aprovechada (mm)	23,7	46,3	67,0	83,0	94,5	100,5	-

* Aguilera y Martínez (1980)

TABLA II
COEFICIENTES DE LLUVIA EFECTIVA SEGÚN OGROSKY Y MOCKUS*

Etr/P	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2
K _p	0,10	0,19	0,27	0,35	0,41	0,47	0,52	0,57	0,61	0,65	0,69
Etr/P	2,4	2,6	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0
K _p	0,72	0,75	0,77	0,80	0,84	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	0,99

* Aguilera y Martínez (1980)

se aplicaron métodos estadísticos descriptivos mediante el programa de cómputo SPSS.8. Para la determinación de los coeficientes de lluvia aprovechable se aplicaron los siguientes métodos:

Método de Blaney-Criddle (Aguilera y Martínez, 1980). Consiste en aplicar un coeficiente de aprovechamiento diferente a cada 25mm de lámina de lluvia mensual caída, según el año escogido

para el proyecto. A medida que la lluvia va aumentando el coeficiente de aprovechamiento disminuye hasta que para valores mayores de 150mm es de solamente el 5% (Tabla I).

Método de Ogrosky y Mockus. (Aguilera y Martínez, 1980) Establece el valor del coeficiente de aprovechamiento según la relación

$$K_p = Etr/P$$

donde K_p: coeficiente de aprovechamiento, Etr: evapotranspiración real del cultivo en un mes dado, y P: precipitación observada en ese mes (Tabla II).

Método USDA (Doorenbos, 1979) Conocido también como método FAO, este método se basa en la relación entre la lluvia total mensual en mm y la evapotranspiración real del cultivo según la Tabla III, confeccionada para una capacidad de almacenamiento del suelo entre límite productivo (L_p) y capacidad de campo (Cc) igual a 75mm. Para valores de Cc-L_p diferentes de 75mm se

TABLA III
COEFICIENTES DE LLUVIA EFECTIVA SEGÚN FAO*

	Lluvia mensual caída (mm)																
	12	25	37	50	62	75	87	100	112	125	137	150	162	175	187	200	
Etr (mm)	25	8	16	24													
	50	8	17	25	32	39	46										
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	205	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167
Cc-L _p (mm)	20	25	28	50	62	75	100	125	150	175	200						
Factor	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08						

* Doorenbos (1979)

TABLA IV
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 gravilloso 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

* Rey y De la Hoz, 1979)

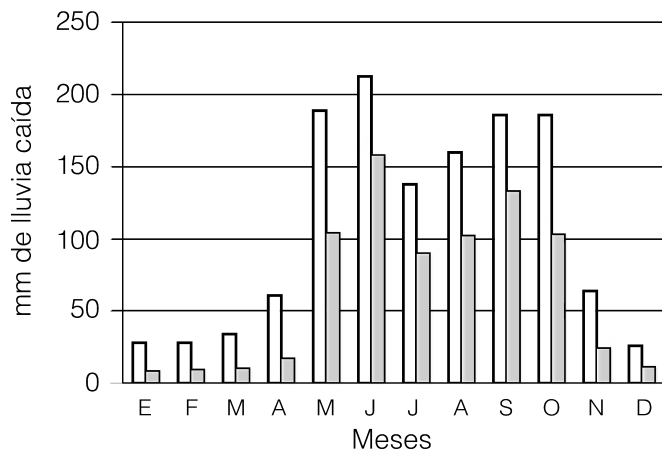


Figura 1. Comportamiento de la lluvia promedio mensual y probabilidad de excedencia del 75%. Barras claras: Promedio. Barras grises: P (.75).

ofrecen factores de corrección que afectan al valor obtenido de lluvia efectiva.

Método de Savo. (Rey y De la Hoz, 1979) En este método los coeficientes de lluvia efectiva (K_p) para cada mes del año se obtienen de la multiplicación de dos coeficientes denominados m_1 y m_2 (Tablas IV y V). El coeficiente m_1 depende de la pendiente del terreno, la precipitación mensual (en mm) y las características del suelo, mientras que el coeficiente m_2 depende de la profundidad radicular (en metros), la categoría del suelo según sus características y la lluvia mensual (en mm).

el cual, en todos y cada uno de los meses, la lluvia caída tenga una probabilidad de excedencia del 75% (Figura 1).

El promedio histórico de precipitaciones en el período lluvioso, de mayo a octubre, fue de 179mm con un valor total semestral promedio de 1072mm. En el período seco, de noviembre a abril, el promedio histórico de precipitaciones fue de 40mm, con un valor total semestral promedio de 241mm. Aproximadamente el 82% de la precipitación total anual se produce en el período lluvioso mientras que sólo el 18% se produce en el período seco.

TABLA V
DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE m_2 *

Categoría del suelo	I			II			III		IV y V			VI		VII					
Lluvia (mm)	<40	40	>100	<40	40	>100	<40	40	>100	<40	40	>100	<40	40	>100	<40	40	>100	
Profundidad Radicular (m)	0,2	1	0,8	0,7	1	0,8	0,7	1	0,9	0,8	1	0,8	0,7	1	1	0,8	1	0,8	0,7
	0,4	1	0,9	0,8	1	0,9	0,8	1	1	0,8	1	0,9	0,8	1	1	0,9	1	0,9	0,8
	0,6	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	1	1	1	0,9	1	1	1	1	1	1
	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

* Rey y De la Hoz, 1979

TABLA VI
CARACTERIZACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES

MES	Promedio (mm)	Desviación Típica (mm)	Rango (Mínimo -Máximo)	Probabilidad de excedencia del 75%
Enero	28	33,5	3-183	8
Febrero	28	32,5	3-189	9
Marzo	34	36,7	4-172	10
Abril	61	54,0	4-316	17
Mayo	189	96,7	47-447	104
Junio	213	95,6	53-545	158
Julio	138	77,0	5-385	90
Agosto	160	77,1	30-366	102
Septiembre	186	85,8	8-472	133
Octubre	186	100,0	8-456	103
Noviembre	64	57,3	4-276	24
Diciembre	26	35	5-185	11
Total	1313	-	-	769

TABLA VII
PORCENTAJE DE LA LLUVIA MENSUAL QUE CAE EN UN ENTORNO "s" DE LA MEDIA

Mes	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Lluvia (mm)	7-115	92-286	118-308	61-215	83-237	100-272	86-286
Porcentaje	90	68	75	70	62	67	70

Resultados y Discusión

Análisis del comportamiento de las precipitaciones

Del procesamiento de los datos pluviométricos durante los 82 años registrados, se confeccionaron las tablas de distribución de frecuencias para cada mes, obteniéndose los valores promedios, las desviaciones típicas, el intervalo entre valores mínimos y máximos, así como la probabilidad de excedencia del 75% de la lluvia caída mensualmente. (Tabla VI).

Este análisis permite seleccionar para el proyecto de riego un año característico en

De noviembre a marzo la distribución mensual de las lluvias tiende a ser asimétrica, siguiendo aproximadamente una distribución chi-cuadrado. De abril a octubre la distribución mensual de las lluvias (Tabla VII) tiende a ser simétrica, siguiendo aproximadamente una distribución normal. En abril la dispersión es menor que en los restantes meses, lo que conlleva a que en este mes el 90% de la lluvia caída se encuentre en el intervalo entre $\bar{x}-s$ y $\bar{x}+s$, mientras que de mayo a octubre solamente entre 62 y 75% de la lluvia mensual caída se halla comprendida en dicho intervalo.

Durante los tres años en que se llevó a cabo la investigación las precipitaciones mensuales se comportaron, en general, según la tendencia establecida en las tablas de distribución de frecuencias.

TABLA VIII
VALORES DEL COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO (Kp) SEGÚN BLANEY-CRIDDLE

Mes	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Promedio
Kp	0,95	0,95	0,95	0,95	0,81	0,65	0,86	0,84	0,71	0,82	0,95	0,95	0,86

TABLA IX
VALORES DEL COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO SEGÚN OGROSKY Y MOCKUS

Mes	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Promedio
Kp 1	0,99	0,99	0,99	0,97	0,46	0,31	0,50	0,47	0,35	0,38	0,78	0,93	0,67
Kp 2	0,99	0,99	0,99	0,97	0,41	0,27	0,44	0,44	0,31	0,33	0,63	0,72	0,62

TABLA X
VALORES DEL COEFICIENTE DE LLUVIA APROVECHABLE (Kp) POR MÉTODO FAO

Mes	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Promedio
Kp	0,75	0,66	0,75	0,41	0,48	0,46	0,52	0,49	0,47	0,45	0,54	0,54	0,54

TABLA XI
VALORES DEL COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO POR MÉTODO DE SAVO

Mes	Ene.	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Promedio
Kp	0,80	0,80	0,80	0,80	0,56	0,56	0,75	0,75	0,56	0,56	0,80	0,80	0,71

Determinación de la lluvia aprovechable por el cultivo

En diversos países se emplean diferentes criterios para estimar la lluvia efectiva o aprovechada por el cultivo como un porcentaje del total (Doorenbos, 1979). Entre estos criterios tenemos:

- Considerar efectivas el 60% de las lluvias estacionales medias.
- Equiparar la lluvia efectiva a la lluvia media sin considerar lluvias diarias menores a 5mm y mayores a 75mm.
- No considerar efectivas las lluvias caídas antes de los 5 días posteriores al último riego.

- Considerar efectivas en un 80% las lluvias diarias superiores a 12mm.

- Según la estación, considerar que las lluvias mensuales tienen una efectividad entre 65 y 90%.

Al aplicar el método de Blaney-Criddle al año de probabilidad de excedencia del 75% se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla VIII. El coeficiente de aprovechamiento (Kp) promedio anual fue de 0,86 con un valor promedio de 0,95 para el período seco y de 0,78 para el período lluvioso. Este método sólo considera la lluvia mensual caída, de

ahí sus limitaciones al emplear un solo factor.

Al aplicar el método de Ogrosky y Mockus al año de P(75%) de excedencia de lluvia y a los valores obtenidos (Medina, 1998) de evapotranspiración al 80% y 70% de capacidad de campo respectivamente, se obtuvieron los resultados siguientes presentados en la Tabla IX. El coeficiente de aprovechamiento promedio anual es de 0,67 para una humedad pre-riego del 80% de capacidad de campo y de 0,62 para una humedad pre-riego del 70% Cc.

Esto se explica porque la evapotranspiración es proporcional a la humedad del suelo y en este método también es proporcional, para un mismo valor de lluvia, al valor de Kp. En el período seco los valores promedios de Kp son de 0,94 y 0,88 mientras que en el período lluvioso los valores promedios de Kp son de 0,41 y 0,37.

Aunque este método considera la relación entre dos factores esenciales, para calcular la lluvia efectiva o aprovechable para el cultivo, también tiene sus limitaciones (Pache-

co *et al.*, 1995) al no incluir otros factores.

Al aplicar el método FAO al año escogido se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla X. El coeficiente de aprovechamiento promedio anual es de 0,54 siendo en el período seco su valor promedio de 0,61 y en el lluvioso de 0,48. Este método resulta más preciso que los anteriores ya que considera además la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, factor muy importante para decidir la cantidad de lluvia aprovechable.

El último método aplicado fue el de Savo el cual considera además de la lluvia mensual caída otros factores como la pendiente del terreno, las características del suelo y la profundidad radical del cultivo, por lo que resulta el método más completo (Pacheco *et al.*, 1995) de los aquí analizados. Teniendo en cuenta las características existentes en la zona agroclimática objeto del estudio la cual es muy llana y de suelo ferralítico rojo, así como las características del cultivo analizado, el cálculo de los coeficientes de lluvia aprovechable se realizó considerando la pendiente del terreno menor de 0,01; suelo de tonalidad roja lixiviada y profundidad radical activa de 0,40m se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla XI. El coeficiente de aprovechamiento promedio anual es de 0,71, siendo en el período seco su valor promedio de 0,80 y en el lluvioso 0,62.

Los resultados obtenidos por los cuatro métodos analizados se resumen en la Tabla XII.

Conclusiones

Resulta mucho más confiable estadísticamente realizar la programación de riego de proyecto con el valor de probabilidad de excedencia del 75% de la lluvia mensual caída que considerando el año con la probabilidad de excedencia del 75% de la lluvia total anual, debido a que las dispersiones mensuales son

TABLA XII
VALORES DE Kp OBTENIDOS PARA EL CICLO VEGETATIVO DEL NARANJO VALENCIA EN LA ZONA DE CEBALLOS (PROVINCIA CIEGO DE ÁVILA, CUBA)

Método	Período Seco	Período Lluvioso	Promedio Anual
Blaney - Criddle	0,95	0,78	0,86
Ogrosky y Mockus	0,91	0,39	0,65
USDA-FAO(FAO)	0,60	0,47	0,54
Savo	0,80	0,62	0,71

mucho mayores que las dispersiones anuales.

Teniendo en cuenta los diferentes criterios existentes para determinar la lluvia efectiva como porcentaje del total y que ningún método resulta perfecto dada la cantidad de factores que inciden, el método de Savo resulta bastante adecuado para nuestras condiciones de proyecto ya que al considerar más factores brinda una aceptable exactitud o confiabilidad, razón por la cual se puede considerar que en el período de noviembre a abril (período seco) el 80% de la lluvia mensual caída es efectiva y en el período de

mayo a octubre (período lluvioso) el 62% de la lluvia mensual caída resulta efectiva. Estos valores son ligeramente inferiores a los que establece el criterio que considera que las lluvias mensuales tienen una efectividad entre 65 y 90% según la estación del año.

REFERENCIAS

Aguilera M, Martínez R (1980) *Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera*. Universidad Autónoma de Chapingo. Mexico. 86 pp.

Bishop ON (1984) *Statistics for biology*. Longman. Gran Bretaña. 232 pp.

Camejo BLE (1987) *Dirección, pronóstico y optimización del régimen de riego*. Monografía. Universidad de Ciego de Ávila. Cuba. 42 pp.

Doorenbos J, Kassam AH (1979) Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. En *Riego y Drenaje*. Estudio FAO N° 33. 212 pp.

Dowdy S, Wearden S (1983) *Statistics for research*. Wiley and Sons. New York. 537 pp.

Medina N (1998) La Estadística Matemática aplicada a la influencia del riego en la calidad y rendimiento del naranjo Valencia. Tesis. Universidad de Ciego de Ávila. Cuba. 63 pp.

Pacheco SJ, Alonso N, Pujol P, Camejo LE (1995) *Riego y Drenaje*. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 414 pp.

Pardo A, Rey R, León M (1983) Evapotranspiración real y coeficientes bioclimáticos de la toronja Marsh en las condiciones de la Isla de la Juventud. *Ciencia y Técnica en la Agricultura* 6: 19-21.

Rey R, De la Hoz L (1979) *Manual de régimen de riego de los principales cultivos de Cuba*. Ed. Orbe. La Habana. Cuba. 394 pp.

Rodríguez R, Camejo E (1986) Régimen de riego en naranjo Valencia para las condiciones de Ciego de Ávila. *Memorias del Simposio Internacional de Citricultura Tropical* 2: 183-194.

Toledo E, Cárdenas R, Rey R (1981) Evapotranspiración real de la naranja Valencia Late para las condiciones de Jagüey Grande. *Agrotecnia de Cuba* 13: 22-25.