

Duración del ciclo de lluvias en la provincia de Córdoba (Argentina) y su empleo en la elección de cultivos alternativos

de la Casa, A., A. Rodríguez y G. Ovando

RESUMEN

Se presenta un procedimiento para conocer la extensión de la estación de lluvias desde su comienzo comparando tres métodos para establecer el comienzo, final y duración del ciclo anual de lluvias en ambientes subhúmedos y semiáridos de la provincia de Córdoba, Argentina.

Por medio de una regresión múltiple y empleando el monto y la fecha de lluvia, se obtuvo una función predictiva general de la duración (DUR) del ciclo de lluvias, integrada por las variables fecha de comienzo (COM) y longitud geográfica (LONG) de la localidad.

Con información histórica de rendimiento departamental, se evalúa una recomendación según la cual, conviene cultivar sorgo en lugar de maíz en aquellos años que acusan un inicio tardío de la temporada aprovechable y viceversa.

En regiones agroclimáticas de alta sensibilidad y donde el ciclo promedio de lluvias es inferior a 150 días, se recomienda el cultivo de maíz en lugar de sorgo granífero los años en que la precipitación presenta un comienzo anticipado.

Palabras clave: predicción, precipitación, duración, elección, maíz, sorgo

de la Casa, A. A. Rodríguez y G. Ovando, 1996. The rainy season duration at Córdoba province (Argentina) and its use for selecting alternative crops. Agriscientia XIII : 31-39

SUMMARY

A method for predicting the duration of the rainy season at the onset is seek using three different methods to calculate the beginning, end and length of rainy season in semiarid and subhumid regions at Córdoba province, Argentina.

Using multivariate analysis a prediction function of the length of the growing season (DUR), performed with the onset date (COM) and the geographic situation (LONG) for each site was obtained.

Using historic information of departamental yield series, a suggested practice is assessed: if the onset of rains is delayed, sorghum should be favoured over maize and viceversa.

The suggested crop selection scheme was not practicable in Río Cuarto department, but it seems useful in Río Segundo and Tercero Arriba (having a shorter mean length of growing season), which produced a 84% of fit with the observed performance and 68% with the prediction function

Keys words: prediction, rains, length, maize, sorghum, selection

A. de la Casa, A. Rodríguez y G. Ovando. Climatología Agrícola, Dpto de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. C.C. 509, 5000 Córdoba, Argentina

INTRODUCCIÓN

Para delimitar la temporada potencialmente aprovechable por la actividad agropecuaria de secano en ambientes semiáridos y subhúmedos, donde un régimen concentrado de precipitaciones condiciona la productividad de los agroecosistemas, es conveniente distinguir el ciclo o período de lluvias estableciendo su comienzo, final y duración. Por una parte, esta información contribuye a resolver aspectos vinculados con la planificación de la actividad agrícola y ganadera, y por la otra constituye una herramienta valiosa en la toma de decisiones al principio de la temporada.

Las lluvias en la provincia de Córdoba presentan un régimen monzónico, con un porcentaje de distribución para el semestre cálido que varía desde un 70% en el este hasta un 85% en el oeste del territorio provincial (Rodríguez y de la Casa, 1990). La distribución de la lluvia a lo largo del año sigue, en general, un comportamiento unimodal (Prohaska, 1952). A medida que progresa la estación de lluvias hasta un máximo en enero, aumenta tanto la cantidad precipitada como la frecuencia de los eventos. Además, se advierte un retraso en su "comienzo" hacia el oeste (Wolcken, 1954). Una manifestación extrema de esta característica ocurrió en 1995, cuando en la región central de Córdoba el período sin precipitación durante la etapa invernal se extendió por más de 120 días.

Los primeros procedimientos que se aplicaron para determinar el principio y fin del ciclo de lluvias, se basaron en datos medios mensuales. Wallén (1968) definió el comienzo y fin del período confiable de lluvias empleando un monto medio de 20-30 mm y una variabilidad del 100%. En otro estudio agroclimático regional, Cocheme y Franquin (1967) utilizaron la relación entre la precipitación y la evapotranspiración potencial mensual para definir el período de disponibilidad de agua.

Reddy (1993) elaboró una metodología para determinar los sistemas agrícolas de secano mejor adaptados al riesgo agroclimático, delimitando la precipitación aprovechable por su efectividad y continuidad

Con el mismo propósito, para las regiones climáticas del oeste de África, Sivakumar (1988) utiliza un método simple basado en la precipitación diaria y su frecuencia o continuidad con la precipitación y su fecha de ocurrencia, indirectamente se tiene información sobre la falta de lluvia y duración de la discontinuidad, con lo cual obtiene un modelo ajustado a la variabilidad de las lluvias en la región

El objetivo del estudio consiste en evaluar la relación entre la fecha de comienzo y la longitud de la temporada de lluvias aprovechables en distintos ambientes semiáridos y subhúmedos de la provincia de Córdoba, Argentina, proponiendo un método predictivo de la duración del ciclo.

Con la finalidad de adoptar las alternativas de producción más adecuadas a la disponibilidad hídrica de cada temporada desde su comienzo, será analizada la posibilidad de cultivar maíz en caso de un comienzo anticipado de las lluvias, o sorgo cuando se produce un comienzo tardío (Stewart, 1985; Sivakumar, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Relevamiento de datos

Se utiliza la información de 6 localidades de la provincia de Córdoba, Argentina, designadas en adelante con la siguiente nomenclatura: Pilar (P1), Río Cuarto (Rc), Laboulaye (La), Marcos Juárez (Mj), Villa Dolores (Vd) y Villa de María de Río Seco (Vm). La información corresponde a 20 años de datos diarios de precipitación (fecha y cantidad) entre 1968 y 1987, provista por el Servicio Meteorológico Nacional. En la prueba de validación es empleada in-

formación pluviométrica de Río Tercero (Rt), serie que se redujo a 12 años debido a datos faltantes.

Métodos de evaluación de ciclos de lluvias

Los criterios de comienzo (COM) y finalización (FIN) que se comparan son:

Método de Reddy (en adelante MR):

Comienzo: Semana (semana de siembra) que precede al comienzo de un período cuyo promedio móvil de 14 semanas de la relación precipitación/evapotranspiración potencial (PP/ETP) es igual o mayor a 0,75 y el valor actual de la relación para dicha semana superior al 0,50.

Fin: Semana cuyo promedio móvil de la relación PP/ETP es inferior a 0,75.

Las variables agroclimáticas clasificatorias "Semana de siembra" y "Período disponible de lluvias efectivas" son descriptas por de la Casa y Rodríguez (1995).

Método de Sivakumar (en adelante MS):

Comienzo: Fecha después del 10 de octubre cuando la precipitación acumulada durante 3 días sucesivos es mayor o igual a 20 mm y cuando en el transcurso de los siguientes 30 días no ocurre un período sin lluvias que exceda 7 días.

Fin: Fecha después del 10 de abril a la que le sigue un período consecutivo de 20 días sin lluvias.

Método Propuesto (en adelante MP).

Comienzo: Ídem MS después del 10 de agosto.

Fin: Ídem MS después del 10 de marzo, eliminando todos los días de precipitación inferior a 5 mm.

En todos los casos la variable dependiente "Duración del período de lluvias" (DUR) se obtiene con la expresión:

$$DUR_i = 365 - COM_i + FIN_{i+1};$$

donde i corresponde al año

Elección de cultivos alternativos

La comparación del comportamiento entre los cultivos de maíz y sorgo, se efectúa mediante la diferencia de las variables $REND_m$ y $REND_s$ (para m :maíz y s :sorgo, respectivamente), donde $REND$ para cada cultivo se obtiene a partir de la serie de rendimiento departamental desde 1968 hasta 1987, a la que se remueve la tendencia de un polinomio de 2° grado y luego se divide por la desviación estándar, en procura de comparar series estandarizadas. El valor sustraído representa el aporte tecnológico sobre el rendimiento (Brynsztein y Vargas, 1991).

Asumiendo que la diferencia entre $REND_m$ y $REND_s$ posee una distribución normal, se establece el siguiente criterio para clasificar el mejor comportamiento: se denominan Ma a los años que pre-

Tabla 1. Análisis de regresión del ciclo de lluvias evaluado mediante el método de Reddy para cada localidad. El comienzo y fin del ciclo son expresados en días julianos.

Sitio	Comienzo	Final	Duración	Ordenada	Pendiente	r	Error de Estimación
Pi μ	311	93	116	70,417	-1,112	-0,75	42
s	41	38	79				
Rc μ	348	111	116	38,887	-0,404	-0,61	44
s	76	56	69				
La μ	338	128	137	61,455	-0,840	-0,88	39
s	80	42	81				
Mj μ	318	140	169	66,734	-0,883	-0,75	64
s	87	61	104				
Vd μ	360	76	44	29,136	-0,346	-0,30	28
s	22	29	44				
Vm μ	342	133	155	50,604	-0,580	-0,34	43
s	24	41	43				

μ : promedio; s: desviación estándar.

Pi: Pilar, Rc: Río Cuarto; La: Laboulaye; Mj: Marcos Juárez; Vd: Villa Dolores y Vm: Villa de María de Río Seco

Tabla 2. Análisis de regresión del ciclo de lluvias evaluado mediante el método de Sivakumar para cada localidad. El comienzo y fin del ciclo son expresados en días julianos

Sitio		Comienzo	Final	Duración	Ordenada	Pendiente	r	Error de estimación
Pi	μ	322	139	183	516,04	-1,028	-0,69	31
	s	27	29	40				
Rc	μ	310	159	214	739,89	-1,696	-0,75	38
	s	23	39	54				
La	μ	310	163	219	471,11	-0,810	-0,44	35
	s	20	35	37				
Mj	μ	306	151	212	542,91	-1,079	-0,63	32
	s	23	32	39				
Vd	μ	330	128	168	646,76	-1,450	-0,88	18
	s	20	21	34				
Vm	μ	322	156	201	368,07	-0,514	-0,26	43
	s	22	23	34				

μ: promedio; s : desviación estándar.

Pi: Pilar; Rc: Río Cuarto; La: Laboulaye; Mj: Marcos Juárez; Vd: Villa Dolores y Vm: Villa de María de Río Seco

sentan una diferencia a favor del maíz y el estadístico z supera el valor de 0,44, correspondiente a una probabilidad de ocurrencia del 33%. Se denominan So a los años que presentan una diferencia a favor del sorgo y el valor del estadístico z es inferior a -0,44, correspondiente a una probabilidad de ocurrencia del 66%. Finalmente, se llaman Ind a los años excluidos del análisis por cuanto el valor de z está comprendido entre -0,44 y 0,44.

Respecto de COM, continuando con el supuesto de normalidad (Sivakumar, 1988), se clasifica a los valores de desvío reducido en: anticipado (A) y tardío (T) al ciclo que comienza antes y después de -0,44 y 0,44, respectivamente. No se consideran los casos intermedios.

A los fines de ponderar el efecto de la duración del ciclo de lluvias, son categorizados los valores observados en tres tipos: Largo (L), Medio (M) y Corto (C), tomando como límites los valores estandarizados que dividen a la curva de probabilidad normal en tres partes iguales (-0,44 y 0,44). Los casos medios no son considerados para la elección de cultivos.

Análisis estadístico

Por medio de un análisis de regresión (lineal, exponencial y recíproca) se describe la vinculación entre la variable "comienzo" (fecha) y "duración del período" (días) y se analizó el carácter predictivo de cada variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo una estrecha relación inversa entre las variables "Comienzo" y "Duración", lo cual indica que para toda la región un comienzo anticipado está vinculado con una mayor longitud del período de lluvias. La síntesis de los parámetros estadísticos aplicando los métodos MR, MS y MP se muestran en las Tablas 1, 2 y 3, respectivamente.

En la comparación de dichos métodos se observa mayor variabilidad de los coeficientes de correlación y del error de estimación para MR y MS, perdiendo incluso significación estadística en algunos sitios. El MP muestra un comportamiento homogéneo en toda la provincia, si bien su performance en casos puntuales es inferior a la de los otros métodos.

Con el objeto de mejorar la capacidad predictiva del MP, también fueron ajustadas las funciones exponencial y recíproca (Tabla 4). No se observan mejoras importantes en los coeficientes de determinación, por lo cual se utiliza la función lineal dada su mayor simpleza. En todos los casos, el análisis de la varianza indica una baja probabilidad de error y niveles estadísticos aceptables del modelo.

Tabla 3. Análisis de regresión del ciclo de lluvias evaluado mediante el método propuesto para cada localidad. El comienzo y fin del ciclo son expresados en días julianos.

Sitio		Comienzo	Final	Duración	Ordenada	Pendiente	r	Error de estimación
Pi	μ	322	103	145	479,15	-1,037	-0,71	29
	s	27	26	39				
Rc	μ	309	116	172	502,25	-1,067	-0,74	26
	s	25	24	36				
La	μ	286	108	190	476,54	-1,005	-0,83	28
	s	39	25	48				
Mj	μ	294	105	176	545,50	-1,250	-0,76	30
	s	27	29	44				
Vd	μ	330	94	125	566,08	-1,334	-0,81	21
	s	20	22	34				
Vm	μ	322	98	140	543,76	-1,246	-0,79	22
	s	22	23	34				

μ. promedio; s: desviación estándar

Pi. Pilar; Rc: Río Cuarto; La: Laboulaye; Mj: Marcos Juárez; Vd: Villa Dolores y Vm: Villa de María de Río Seco.

El método propuesto

Dado el comportamiento del parámetro predictivo COM, y en función de las particulares condiciones geográficas de cada sitio, en especial el comienzo más anticipado que acusa la lluvia al este de la provincia, se consideró la introducción de la longitud geográfica (LONG). El análisis de regresión múltiple para toda la provincia, permitió obtener la siguiente expresión, incluyendo un término de error (ϵ) con media cero:

$$DUR = -1,22 COM + 8,44 LONG + \epsilon$$

Los resultados de ajuste para predecir DUR aparecen en la Tabla 5 y la relación entre valores observados y estimados en la Figura 1.

Los resultados de la validación se aprecian en la Figura 2. El error estándar de estimación fue de 31 días y el error porcentual promedio de 19%. El modelo sobreestima la duración del ciclo, lo que se pone de manifiesto por la ocurrencia de la mayoría de

Tabla 4. Comparación del ajuste de tres modelos de regresión para predecir la duración del ciclo de lluvias en función del comienzo del ciclo de lluvias en distintas localidades.

Localidad	n	Lineal		Exponencial		Recíproco	
		R ²	F	R ²	F	R ²	F
Pilar	18	0,51	**	0,54	**	0,55	**
Río Cuarto	19	0,55	**	0,54	**	0,51	**
Laboulaye	17	0,69	**	0,72	**	0,71	**
Marcos Juárez	19	0,58	**	0,62	**	0,62	**
Villa Dolores	15	0,66	**	0,64	**	0,60	**
V.M. Río Seco	17	0,62	**	0,61	**	0,53	**

Tamaño de la muestra (n), Coeficiente de Determinación (R²) y significación del F estadístico (** : P < 0,01)

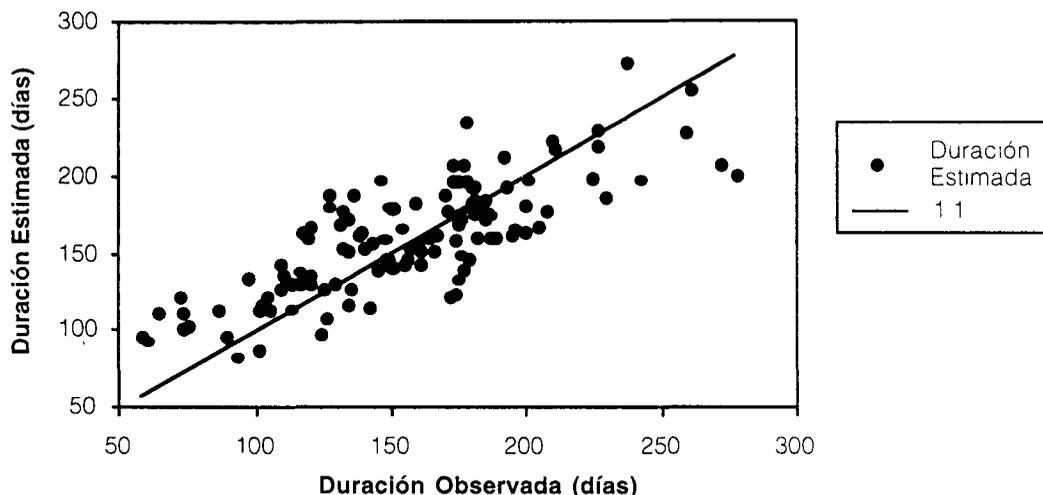


Figura 1. Relación entre los valores observados de la duración del ciclo de lluvias y los estimados por el método propuesto

años por encima de la relación 1:1 para valores observados y estimados.

La elección de uno u otro cultivo se efectúa según el mejor comportamiento relativo en cada campaña estival de los cultivos de maíz y sorgo granífero. Las categorías observadas de duración permitieron cotejar el grado de correspondencia del mejor rendimiento departamental con la extensión del ciclo de lluvias. La Tabla 6 contiene estos resultados.

Se aprecian dos situaciones distintas. Mientras que en Río Cuarto no hay correspondencia entre la duración del ciclo y el mejor rendimiento de uno u otro cultivo, en los departamentos de Río Segundo y Tercero Arriba esta relación presenta un porcentaje de aciertos del 84% (16 aciertos/19 casos), y por consiguiente es ventajoso sembrar maíz cuando las lluvias comienzan antes y sorgo en el caso contrario.

La Tabla 7 presenta las alternativas de selección con información producida al comienzo del ciclo a través de la función de predicción. El porcentaje de aciertos obtenidos mediante la información estimada se reduce al 68% (13 aciertos/19 casos), de los cuales 6/7 corresponden a Tercero Arriba y 7/12 a Río Segundo. Conviene resaltar que los aciertos evaluados a partir de duraciones observadas y estimadas de Tercero Arriba no resultan modificados. Por otra parte, al no ser perfecto el ajuste de la propuesta de elección empleando valores observados, el error producido mediante estimación adquiere menor significado.

Entre los criterios más simples que establecen el comienzo y final del período de lluvias continuas, en

primer lugar se aplicó el método MS. En razón de la heterogeneidad geográfica que se obtiene en la correlación entre comienzo y duración del ciclo, se buscó otro criterio con mayor fundamento climático y que permitiera obtener un pronóstico más anticipado. El MR adolece de los mismos defectos que el MS, e incluso los agrava porque aumenta hasta en 30 días el error estándar de estimación.

Se resolvió finalmente modificar la propuesta de Sivakumar, incorporando al MP las características propias del régimen de lluvias de Córdoba. Se observó que en Laboulaye el 44% y en Marcos Juárez el 30% de los años los comienzos son anteriores al primero de octubre, razón por la cual se comienza la determinación del comienzo a partir del primero de agosto. Para el resto de localidades, dado el re-

Tabla 5. Coeficientes y términos del ajuste del modelo de regresión múltiple para estimar la duración del ciclo de lluvias (DUR) a partir del comienzo del ciclo de lluvias (COM) y la longitud geográfica de la localidad (LONG)

Variable independiente	Coficiente	Error Std	Valor de t
COM	-1,2186	0,0876	-13,9129
LONG	8,4360	0,4290	19,6638

R^2 (ajustado por grados de libertad) = 0,97
Error estándar 27,5 días

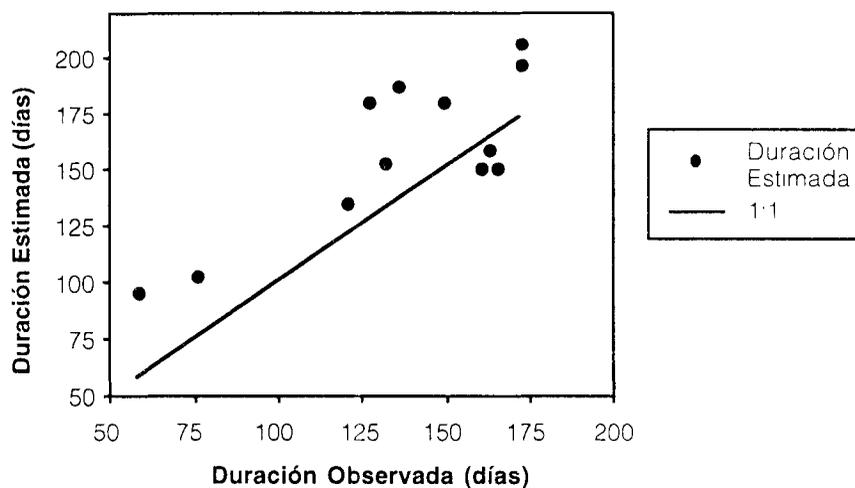


Figura 2. Prueba de validación que muestra las estimaciones efectuadas a partir del método propuesto para datos de Río Tercero y la función 1.1.

Tabla 6. Evaluación de la propuesta que sugiere cultivar maíz o sorgo basada en la duración observada del ciclo de lluvias

Año	Dto Río IV			Dto Río II			DTo TERCERO ARRIBA		
	Ma/So	Dur obs	Cotejo	Ma/So	Dur obs	Cotejo	Ma/So	Dur obs	Cotejo
1968	So	L	-	Ind	L			F	
1969	Ma	C	-	Ind	C		Ma	M	
1970	So	C	+	So	C	+	So	C	+
1971	Ma	M			F		Ma	L	+
1972	Ma	L	+	Ma	M			F	
1973	Ma	M		So	C	+		F	
1974	Ma	M		Ma	L	+	Ma	M	
1975	So	C	+	So	C	+		F	
1976	Ma	M		Ma	L	+		F	
1977	Ind	C		Ma	C	-	Ma	L	+
1978	So	L	-	So	M		Ma	M	
1979	So	L	-	Ma	L	+	So	M	
1980	So	M		Ind	L		So	L	-
1981	So	L	-	So	L	-	Ma	L	+
1982	So	L	-	So	C	+	So	C	+
1983	Ma	M		Ma	L	+		F	
1984	Ma	M		Ma	L	+	Ma	L	+
1985	Ind	M		Ind	M		Ma	M	
1986	So	M		So	C	+		F	

Referencias. Ma, So, Ind Cultivo que presentó mejor comportamiento relativo (maíz, sorgo o indiferente, respectivamente)

Dur obs Categoría de la duración del ciclo (C.cortc, M medio, L largo y F Faltante)

Cotejo. Evaluación de los casos observados + (acierto), - (desacierto)

Tabla 7. Evaluación de la propuesta que sugiere cultivar maíz o sorgo basada en la duración estimada del ciclo de lluvias.

Año	DTo RÍO II			DTo TERCERO ARRIBA		
	Ma/So	Dur est	Cotejo	Ma/So	Dur est	Cotejo
1968	Ind	M			F	
1969	Ind	M		Ma	M	
1970	So	C	+	So	C	+
1971		F		Ma	M	
1972	Ma	C	-		F	
1973	So	M			F	
1974	Ma	C	-	Ma	M	
1975	So	M			F	
1976	Ma	L	+		F	
1977	Ma	C	-	Ma	L	+
1978	So	L	-	Ma	L	+
1979	Ma	L	+	So	L	-
1980	Ind	M		So	M	
1981	So	L	-	Ma	M	
1982	So	C	+	So	C	+
1983	Ma	L	+		F	
1984	Ma	L	+	Ma	L	+
1985	Ind	L		Ma	L	+
1986	So	C	+		F	

Referencias: Ma, So, Ind: Cultivo que presentó mejor comportamiento relativo (maíz, sorgo o indiferente; respectivamente).

Dur obs: Categoría de la duración del ciclo (C: corto, M: medio, L: largo y F: Faltante)

Cotejo. Evaluación de los casos observados: + (acierto), - (desacierto)

traso que se produce hacia el oeste, los comienzos ocurren efectivamente a partir de octubre y hasta diciembre. En algunos años éstos no se observaron, lo que explica el número de casos inferior a 19 en algunas localidades.

La modificación al criterio de final se basa en otra diferencia observada con las lluvias de la zona oeste de África. Según se desprende del trabajo de Sivakumar (1988), allí la relación precipitación/evapotranspiración potencial varía en promedio, desde un valor máximo de 2 hasta 0 en el transcurso de sólo 2 meses. En la provincia de Córdoba la finalización del ciclo de lluvias es menos abrupta, ocurriendo eventos de poca cuantía que no siempre representan aportes aprovechables. Por esa razón se estableció el criterio de final del ciclo cuando las lluvias eran inferiores a 5 mm (Dennett *et al.*, 1983).

La inviabilidad del método propuesto para Río Cuarto en la selección de cultivos alternativos, se explica porque mientras que en otras regiones monzónicas la duración media del período con lluvias es inferior a 150 días, en esta localidad el valor medio es de 170 días, lo cual no restringe en absoluto la posibilidad de practicar un cultivo u otro. En la medida que el ciclo medio se reduce, como sucede en Pilar y en Río Tercero, la recomendación cobra significado. Por otra parte, se trata de otra expresión del diferente comportamiento agroclimático de cultivos en regiones cuasi homólogas, calificadas como ambientes de baja (Río Cuarto) y alta sensibilidad (Río Segundo) (Viglizzo, 1989, de la Casa, 1993). La definición del criterio de comienzo del ciclo resulta importante, porque corresponde a un momento relacionado con la operación de siembra

y a su vez permite evidenciar la duración de cada campaña para los cultivos de secano

CONCLUSIONES

El método propuesto ha permitido pronosticar la duración de la estación de lluvias, a partir de información pluviométrica diaria y la longitud geográfica de varias localidades de la provincia de Córdoba. En regiones agroclimáticas de alta sensibilidad y cuando el ciclo promedio de lluvias es inferior a 150 días, se recomienda el cultivo de maíz en lugar de sorgo granífero en aquellos años con un comienzo anticipado.

BIBLIOGRAFÍA

- Brynsztein, S.M. y W.M. Vargas, 1991. Análisis de las fluctuaciones de corto período de las series de rendimiento de los cultivos en el partido de Tres Arroyos Provincia de Buenos Aires. Anales del CONGREGMET VI, Bs As., Argentina pp 71-72
- Cocheme, J. y P. Franquin, 1967. An agroclimatology survey of a semiarid area in Africa South the Sahara. TN n°86, WMO 136 pp
- de la Casa, A.C., 1993. Comparación entre agroclimas cuasi homólogos de la Provincia de Córdoba basada en atributos de riesgo. Agriscientia Vol.X. 55-61.
- de la Casa, A.C. y A.R. Rodríguez, 1995. Sistemas agrícolas sugeridos y riesgos climáticos asociados en la Provincia de Córdoba (Argentina). Agriscientia Vol XII (Número especial) 23-31
- Dennett, M.D., J.A. Rodgers and J.D.H. Keatinge, 1983. Simulation of a rainfall record for the site of a new agricultural development - an example from Northern Syria. Agricultural Meteorology, 29 247-258
- Prohaska, F.J., 1952. Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15°S hasta Antártida). Meteoros, Año II, N°1-2 66-100
- Reddy, S.J., 1993. Agroclimatic/Agrometeorological techniques. As Applicable to Dry-land Agriculture in Developing Countries. By S. Jeevananda Reddy 205 pp
- Rodríguez, A.R. y A.C. de la Casa, 1990. Regiones Hídricas de la República Argentina. Rev. Cs. Agropec (UNC), VII. 31-40
- Sivakumar, M.V.K., 1988. Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of west Africa. Agricultural and Forest Meteorology, 42 295-305
- Stewart, J.I., 1985. In: International Conference on African Agricultural Development: Technology, Ecology and Society. California State Polytechnic University, USA
- Viglizzo, F., 1989. La interacción sistema ambiente en condiciones extensivas de producción (conferencia). Rev. Arg. Prod. Anim. 9(4) 279-294
- Wallén, C.C., 1968. Agroclimatological studies in the Levant. In: Agroclimatological methods. Proceedings of the Reading Symposium, UNESCO pp 225-234
- Wolcken, K., 1954. Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en Argentina. Meteoros, Año IV, n°4 327-366