

INFLUENCIA DEL FENÓMENO EL NIÑO/OSCILACIÓN DEL SUR SOBRE LA PRECIPITACIÓN Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN EL MUNICIPIO PEÑA, ESTADO YARACUY, VENEZUELA

EL NIÑO/SOUTHERN OSCILLATION INFLUENCE ON PRECIPITATION AND CORN YIELD IN EL RODEO, PEÑA MUNICIPALITY, YARACUY STATE, VENEZUELA

Pedro P. Monasterio*, Francis Pierre**, Trino Barreto*, Carlos Marin***, Orlando Mora*,
Jacinto Tablante*, Waner Maturet* y Carlos Mendoza****

*Investigadores. INIA Yaracuy, **INIA Lara, ***INIA-CENIAP, Maracay, estado Aragua.

****Ejercicio Libre, respectivamente. Venezuela

Correo electrónico: pmonasterio@inia.gob.ve; climamaiz@hotmail.com; fpierre@inia.gob.ve

RESUMEN

Con la finalidad de estudiar la influencia del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) sobre la cantidad y distribución de la precipitación (pp) y el rendimiento del maíz, *Zea mays* L., en El Rodeo, municipio Peña, estado Yaracuy, se analizaron los datos anuales y mensuales de pp para el fenómeno El Niño, La Niña y Neutro (Sin Evento), en el período 1950- 2009 (pp promedio 957,2 mm), determinándose las variaciones durante ambas fases del ENOS respecto a los años Sin Evento. Se encontró una tendencia al aumento de la pp durante El Niño (5,52%) y una disminución durante La Niña (8,98%), resultando las diferencias de cantidad de pp no significativas (ENS; $P>0,05$). El análisis de la pp mensual mostró diferencias ENS ($P>0,05$) entre los escenarios. Este patrón de pp es diferente al reportado para el territorio nacional. En el período de producción de maíz evaluado (2000-2009), se registró una intensificación del ENOS que afectó la distribución y cantidad de pp del segundo y tercer trimestre en los ciclos de siembra, siendo en ambas fases de ENOS superior, respecto a los años Sin Evento. El rendimiento promedio de las fases fue: 5 170; 4 700 y 5 620 kg ha⁻¹ para El Niño, La Niña y Sin Evento, respectivamente. Concluyéndose que independientemente de la cantidad de agua precipitada y del ENOS que ocurra, su distribución en el ciclo es la responsable del rendimiento, principalmente en las fases críticas donde el estrés por exceso o déficit de humedad afecta significativamente.

Palabras Clave: *Zea mays* L.; distribución de lluvia; El Niño; La Niña; producción; Yaracuy; Venezuela.

SUMMARY

The influence of El Niño/Southern Oscillation (ENOS) on the quantity and distribution of precipitation (pp) and corn, *Zea mays* L. yield in El Rodeo corn zone, Peña Municipality, Yaracuy state were studied. The annual and monthly data of quantity of pp were analyzed for El Niño, La Niña and Normal (Without Event) years, in the period 1950-2009 (pp average 957.2 mm), to determine the variations during both phases of ENOS regarding normal years. There was a trend to increasing pp during El Niño years (5.52%) and a decreasing during La Niña (8.98%), being the differences of quantity of annual pp statistically not significant (DNSE; $P>0.05$) for both scenarios. Monthly pp analysis showed DNSE ($P>0.05$) among the scenarios. This pp pattern is different to that reported for the country. In corn production period evaluated (2000-2009) there was an intensification of ENOS affecting the distribution and amount of pp the second and third trimester of the year where corn cycle is developing, raining during both phases of ENOS a superior quantity respect to Normal years. Corn yield average was 5 170; 4 700 and 5 620 kg ha⁻¹ for El Niño, la Niña and normal years, respectively, being concluded that, independently of the quantity of pp and the phase of ENOS that happens in the year, distribution of pp during corn cycle is the responsible for the yield, mainly in the critical phases where stress for excess or deficit of water affects significantly.

Key Words: *Zea mays* L.; rain distribution; El Niño; La Niña; yield; Yaracuy; Venezuela.

RECIBIDO: octubre 26, 2010

APROBADO: abril 17, 2012

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática es uno de los fenómenos ambientales más importantes y de mayor impacto en los últimos años. El período 1995 - 2006 contiene 11 de los 12 años más cálidos de los registros instrumentales de la temperatura mundial en superficie, y que abarcan desde 1850. Entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal por decenio (0,13 °C) ha sido casi el doble del experimentado en los 100 años transcurridos desde 1906 hasta 2005.

Observando las tendencias de la precipitación (pp) entre 1900 y 2005, se concluye que durante ese período la pp aumentó considerablemente en la zona oriental de América del Norte y del Sur, norte de Europa y en el Asia septentrional y central, mientras que disminuyó en el Mediterráneo, partes del sur de Asia y África.

El Panel Intergubernamental para Cambio Climático (PICC, 2007), refiere que, en términos mundiales, la superficie afectada por las sequías probablemente ha aumentado desde los años 70. El elemento de variabilidad climática natural que mayores anomalías induce en la pp y la temperatura a escala global es El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), que se manifiesta en una fase cálida denominada El Niño, y en una fase fría denominada La Niña (MARN, 2005).

En Latinoamérica, el ENOS ha ocasionado de manera directa o indirecta cuantiosas pérdidas en diversos sectores económicos que dependen del clima, con la consecuente generación de un alto costo social (Magaña y Vázquez, 2001), especialmente en el área de la agricultura, la cual depende en gran medida de la pp, siendo altamente vulnerable a la variabilidad climática interanual (Soley y Alfaro, 1999).

En Venezuela una de las principales actividades económicas del sector agrícola y de carácter social está basada en la producción de cereales, principalmente maíz, arroz y sorgo. El maíz se siembra prácticamente en todo el territorio nacional y casi la totalidad del maíz producido se cultiva durante la estación lluviosa. Para el año 2003, la producción de maíz nacional alcanzó la cifra de 1 823 237 t; el 79,99% de esa producción se concentró en los estados: Portuguesa (33,28%), Guárico (30,01%), Barinas (11,56%) y Yaracuy (5,14%) (Colls, 2007).

El valle medio del río Yaracuy es el asiento de la producción de maíz en el estado, que actualmente representa el primer cultivo rural y el segundo en la economía estatal,

ocupando el 14% del área total de siembra (Monasterio *et al.*, 2008).

Dalvano (2008) indica que el consumo de maíz blanco en la forma de harina precocida para el año 2007 fue de 32,9 kg/persona-año, se espera incrementarlo a 35 kg, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Venezuela. La Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO) para el mismo año reporta 37,8 kg/persona-año y de acuerdo a sus datos el promedio de consumo fue de 34,5 kg/persona-año, en el período 1990-2009.

Considerando la dependencia que tiene la producción de maíz con el régimen pluviométrico, la necesidad de incrementar los rendimientos y las anomalías climáticas relacionadas con el ENOS, el objetivo de la presente investigación fue estudiar la influencia de dicho fenómeno (fase cálida y fría) sobre la cantidad y distribución de la pp en la zona de El Rodeo, municipio Peña, estado Yaracuy y su relación con el rendimiento del maíz, además de generar información para la realización de ajustes y toma de decisiones a nivel de agricultores y entes gubernamentales vinculados a la producción del rubro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de la pp mensual y anual, los datos se obtuvieron del registro de la estación meteorológica ubicada en el Campo Experimental de Yaritagua, del INIA-Yaracuy (Cuadro 1), zona de vida de bosque seco tropical en transición hacia el bosque muy seco tropical (Martínez *et al.*, 2005), y que cuenta con 60 años de registro histórico diario.

Los datos diarios faltantes de la serie analizada de pp, se obtuvo promediando los valores de las tres decenas anteriores, y las tres siguientes pertenecientes a la serie del mismo escenario donde se registró el dato. Para los valores faltantes del año 2007 se tomaron las cinco decenas anteriores y las siguientes; y para el año 2008 se tomaron las seis anteriores (Pereyra *et al.*, 2004).

Los valores de rendimientos del maíz en los ciclos evaluados, son los publicados por el Servicio Nacional de Semilla (SENASA), perteneciente a los Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos de Maíz (ERUs), realizadas en el Campo Experimental de la Estación Local Yaritagua del INIA - Yaracuy.

CUADRO 1. Estación Meteorológica Yaritagua. Ubicación y datos del registro.

Ubicación	Organismo	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Período de registro	Extensión del registro
Estado Yaracuy, El Rodeo, municipio Peña,	INIA	10° 04'	69° 70'	308	1950 - 2009	60 años

Fuente: Agrometeorología. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA - Yaracuy). 2010.

La información sobre los años en que ocurrieron los eventos ENOS (fase cálida y fría) durante el lapso estudiado, se obtuvieron a partir de la base de datos del Golden Gate Weather Services (GGWS, 2010) de los Estados Unidos, la cual se fundamenta en una lista de consenso a partir de cuatro listas originales de los siguientes organismos: Western Region Climate Center (WRCC), Climate Diagnostics Center (CDC), Climate Prediction Center (CPC) y Multivariate ENSO Index from Climate Diagnostics Center (MEICDC).

La lista definitiva de los años El Niño, La Niña y Sin Evento (Cuadro 2), se elaboró mediante la comparación de consenso con cada una de las derivadas de los orga-

nismos, teniéndose como criterio para considerar un año dentro de algunos de los escenarios, tres o más listas debían coincidir en sus apreciaciones (Pierre y Tirado, 2007).

Con los datos de lluvia se calculó el promedio de pp mensual para cada serie de años (El Niño, La Niña y Sin Evento). Para el análisis de la cantidad y distribución de la pp, se graficaron los datos de la estación, obteniéndose una curva para el total de los años en estudio, así como para cada uno de los escenarios (El Niño, La Niña y Sin Evento), observándose el comportamiento de las mismas en cada caso.

CUADRO 2. Clasificación de los Años Niño, Niña y Sin Evento.

Años	Eventos	Años	Eventos	Años	Eventos	Años	Eventos
1950	Niña	1965	Niño	1980	Sin Evento	1995	Sin Evento
1951	Sin Evento	1966	Sin Evento	1981	Sin Evento	1996	Sin Evento
1952	Sin Evento	1967	Sin Evento	1982	Niño	1997	Niño
1953	Sin Evento	1968	Sin Evento	1983	Niño	1998	Niño
1954	Sin Evento	1969	Sin Evento	1984	Sin Evento	1999	Niña
1955	Niña	1970	Niña	1985	Sin Evento	2000	Niña
1956	Niña	1971	Niña	1986	Sin Evento	2001	Niña
1957	Niño	1972	Niño	1987	Niño	2002	Niño
1958	Sin Evento	1973	Niña	1988	Niña	2003	Niño
1959	Sin Evento	1974	Niña	1989	Niña	2004	Niño
1960	Sin Evento	1975	Niña	1990	Sin Evento	2005	Sin Evento
1961	Sin Evento	1976	Niña	1991	Niño	2006	Niño
1962	Sin Evento	1977	Sin Evento	1992	Niño	2007	Niña
1963	Sin Evento	1978	Sin Evento	1993	Niño	2008	Niña
1964	Niña	1979	Sin Evento	1994	Niño	2009	Niño

Se calculó la cantidad total anual de pp para cada escenario, comparando las cifras obtenidas para los años El Niño y La Niña con las cantidades de los años Sin Evento, y se presentaron las variaciones en términos porcentuales. Este procedimiento se repitió posteriormente para el período 2000-2009, que corresponde con el período de siembra de maíz evaluado, calculándose adicionalmente la pp trimestral para cada escenario.

Para el cálculo de la Evapotranspiración real (ETR) se utilizó la fórmula de Hargreave y Samani (1985), determinada por Martínez *et al.* (2005) porque permite el cálculo de la ETO más ajustada a la zona de estudio: $ETO = 0,0135(T_{media} + 17,78) * R_s$; donde: $R_s = R_o * K_T * (T_{max} - T_{min})^{0,5}$, ETO = evapotranspiración potencial en mm/día; T_{med} , T_{min} y T_{max} = temperatura media, mínima y máxima diaria en grados Celsius (°C), respectivamente. R_o = radiación solar extraterrestre, en mm/día y R_s = la radiación solar incidente convertida en mm/día. K_T = coeficiente con valor de 0,162 para las regiones del interior y 0,190 para regiones costeras.

Todos los valores de los parámetros meteorológicos son del registro de la estación meteorológica del campo experimental Yaritagua, INIA-Yaracuy.

Con dicha fórmula se calculó la demanda del ambiente y se construyó el balance hídrico climatológico, siguiendo las metodologías de Thornthwaite y Mather (1955) y Lozada (2003). Para el cálculo del porcentaje de retención de humedad del suelo, se utilizó el método gravimétrico; la profundidad de muestreo fue de 15 cm., zona donde se agrupa el mayor número de raíces en el maíz. Para la densidad aparente (D_a) se tomaron muestras en tres sitios del área de ensayo, según la metodología del cilindro no disturbado, aplicando la fórmula: masa de sólidos por unidad de volumen total de suelo (D_a) es igual a peso seco (ms)/vol. total(vt) (Alliaume, 2007).

En el análisis estadístico de los datos se verificó la normalidad en las series de pp con las pruebas de Shapiro-Wilks y Kolmogorov - Smirnov. Para los datos que no cumplieron con el supuesto de normalidad, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación de rangos múltiples para k muestras independientes (Montgomery, 2006). Con la sumatoria de las cantidades de agua precipitada en las semanas de las distintas etapas de los ciclos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) de la varianza total y se extrajeron los dos primeros autovalores que explicaron el 90% de la variación; posteriormente fueron representados con la gráfica de doble representación: Biplot (Morrison, 1976).

Asimismo, se calculó el coeficiente de correlación lineal (CCL) de Pearson y coeficiente de variación (CV), desviación estándar (DS), Media aritmética (\bar{X}) y Coeficiente de regresión (CR) para ratificar la relación del rendimiento contra las cantidades de agua en las etapas. En la tabulación, cálculo y procesamiento de los datos se empleó la hoja de cálculo electrónica Microsoft® Excel 2003. Para el análisis de la varianza y coeficientes de determinación fue utilizado el programa Statistix versión 8.0. El ACP se hizo con el Infostat v1.0/Profesional (Universidad Nacional de Córdoba, República de la Argentina, 2004). Estos análisis se aplicaron al valor promedio anual de pp y a cada uno de los promedios mensuales en los diferentes escenarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de la cantidad y distribución de la precipitación en El Rodeo, municipio Peña

Para el período 1950 - 2009 (Figura 1), el promedio anual de pp es de 958,18 mm, distribuidos estacionalmente en forma unimodal, presentándose el pico de pp en el mes de junio (180,11 mm).

El promedio anual de pp para las series de datos Sin Evento (26 años) es de 965,0 mm; El Niño (17 años) 1 008,5 mm; La Niña (17 años) 897,5 mm. No se detectaron diferencias significativas entre los diferentes escenarios (Cuadro 3).

Con relación a la distribución estacional de la pp para el período bajo estudio (Figura 2), se observa para los años Sin Evento una distribución bimodal, con el primer pico de pp en junio (181,9 mm) y el segundo en octubre (94,1 mm), mientras que para los años El Niño y La Niña, la distribución es unimodal, desplazándose durante El Niño el pico de pp al mes de julio (189,7 mm).

En el caso de la Niña, el pico de pp se mantiene en junio (181,7 mm). En el mes de octubre, los años El Niño (85,7 mm) y La Niña (83,4 mm) registran una pp inferior a la registrada en los años Sin Evento (94,1 mm), aunque en el mes anterior, septiembre, esta situación se invierte, registrando los años Sin Evento (84,1 mm) una pp inferior a los años El Niño (89,5 mm) y La Niña (102,2 mm).

El análisis estadístico de los datos mes a mes no indicó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los años El Niño, La Niña y Sin Evento (Cuadro 4).

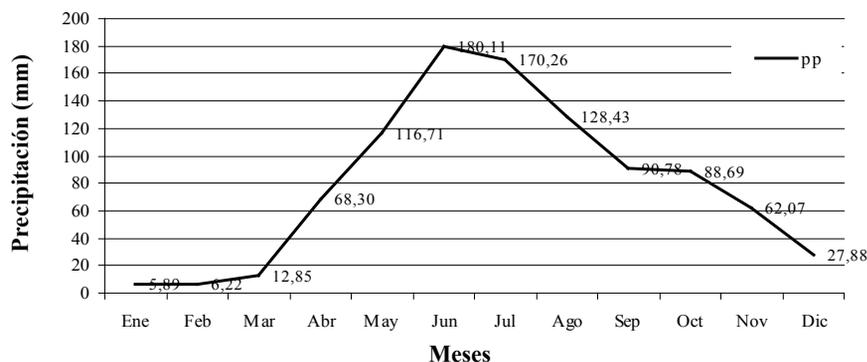


FIGURA 1. Cantidad y distribución de la precipitación. Estación Yaritagua. El Rodeo, municipio Peña. Período 1950-2009.

En Venezuela, para los eventos El Niño, las precipitaciones tienden a ser inferiores al promedio, mientras que para La Niña se genera un incremento respecto a la Media (Ropelewsky y Halpert, 1987; Fonghin-Pillin, 2002). Lozada (2002) reporta una influencia negativa de El Niño sobre las precipitaciones en la región centroccidental de Venezuela que pudiera estar asociada a cambios en los vientos en la superficie del Pacífico Ecuatorial. Sin embargo, se observa en el caso de El Rodeo un patrón de pp inverso con relación a las fases cálida y fría del ENOS que no se corresponde con el comportamiento reportado, aún cuando estas diferencias entre eventos no son estadísticamente significativas. En Argentina (Norte *et al.*, 1997), Perú (Rome-Gaspaldy y Ronchail, 1999) y Brasil (Fontana y Berlatto, 1997), reportaron incrementos de la pp durante El Niño, mientras que en Texas, Reynolds (1998), reportó una disminución de la pp durante La Niña.

CUADRO 3. Estación Yaritagua. Porcentaje de variación de la cantidad de precipitación en los años El Niño y La Niña respecto a los años Sin Evento. Período 1950-2009.

Evento	Período (años)	Precipitación (mm)	Variación (%)
El Niño	17	1 008,5 a	+ 4,51
La Niña	17	897,5 a	- 6,99
Sin Evento	26	965,0 a	

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según Prueba de Kruskal - Wallis

La Corporación Andina de Fomento (CAF, 2000) señala que en Ecuador, Perú y Colombia se han determinado correlaciones entre la evolución de las anomalías oceánicas de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico Ecuatorial (El Niño), las anomalías en la presión en el mismo Pacífico (Índice de Oscilación del Sur) y las anomalías en el régimen de precipitaciones, pero los efectos en el ámbito regional dependen, entre otros, de factores orográficos.

En Venezuela, donde estas señales no son tan claras o no se conocen por su complejidad, se observan diferentes respuestas frente a las mismas.

Análisis del ENOS período 2000 - 2009 y su influencia sobre la precipitación

Al analizar el período 2000 - 2009 (Cuadro 5), se puede observar en primer lugar, un aumento en la ocurrencia del fenómeno ENOS con relación a la serie 1950 - 2009. De los 10 años que comprende el período, sólo uno resultó Sin Evento (2005), mientras que cinco fueron años El Niño y cuatro La Niña.

Por otro lado, la tendencia registrada para la serie completa (1950-2009) de incrementos en la pp durante los años El Niño y disminución de la pp durante los años La Niña, con respecto a los años Sin Evento no se mantiene para el período en estudio. El promedio anual de pp durante los años El Niño y La Niña fue superior en un 30,25 y 9,32%, respectivamente, con relación a los años Sin Evento.

Asimismo, el año Sin Evento tuvo una pp anual 22,4% inferior (748,8mm) al valor registrado de 965,0 mm para el promedio de la serie Sin Evento completa (Cuadro 5).

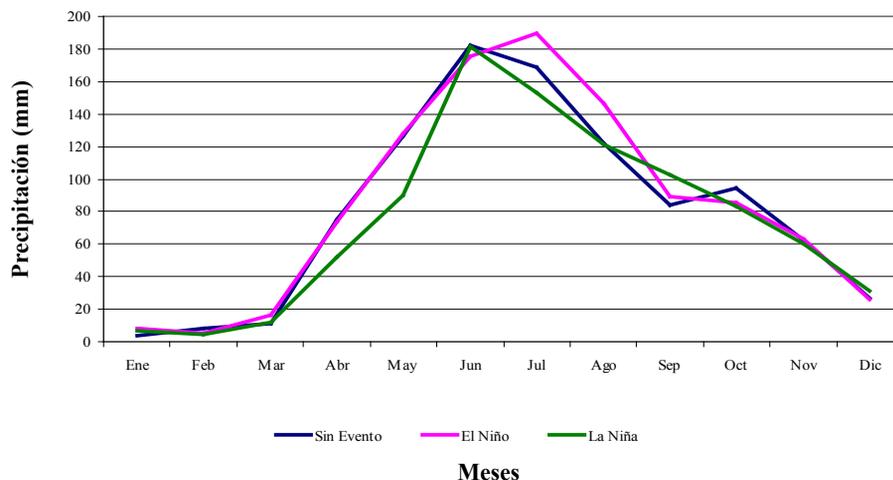


FIGURA 2. Estación Yaritagua. Distribución de la precipitación período 1950-2009. Años El Niño, La Niña y Sin Evento.

CUADRO 4. Estación Yaritagua. Resultados de los Análisis Estadísticos Mensuales. Período 1950 - 2009.

Mes	El Niño	La Niña	Sin evento	Mes	El Niño	La Niña	Sin evento
Enero	8,2 a	6,4 a	4,0 a	Julio	189,7 a	153,5 a	168,5 a
Febrero	5,0 a	4,2 a	8,4 a	Agosto	146,2 a	121,2 a	121,6 a
Marzo	16,4 a	11,7 a	11,3 a	Septiembre	89,5 a	102,3 a	84,1 a
Abril	73,9 a	52,0 a	75,3 a	Octubre	85,7 a	83,4 a	94,1 a
Mayo	128,2 a	90,0 a	126,7 a	Noviembre	63,6 a	60,0 a	62,4 a
Junio	175,8 a	181,1 a	181,9 a	Diciembre	26,4 a	31,3 a	26,6 a

Prueba de medias por mes o fila. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la Prueba de Kruskal - Wallis.

CUADRO 5. Fenómeno ENOS. Período 2000 - 2009. El Rodeo, municipio Peña estado Yaracuy.

Años	Cantidad	PAP	% Variación
El Niño	5	975,3	+30,25%
La Niña	4	818,6	+9,32%
Sin Evento	1	748,8	

En la Figura 3 se presenta la distribución de la pp durante los 10 años analizados

Al analizar la distribución anual de la pp por trimestre, se puede observar que en todos los escenarios, más del 70% de la pp se concentró en los trimestres T2 y T3, que se corresponden con el período abril - septiembre (Cuadro 6). Sin embargo, al analizar en detalle, se verifica que en el segundo trimestre durante los años El Niño la pp fue 11,36% superior en relación a los años Sin Evento, mientras que en los años La Niña fue 25,16% inferior. Durante el tercer trimestre la pp en los años El Niño y La Niña fue 40,1 y 17,15% superior, respectivamente, con relación a los años Sin Evento.

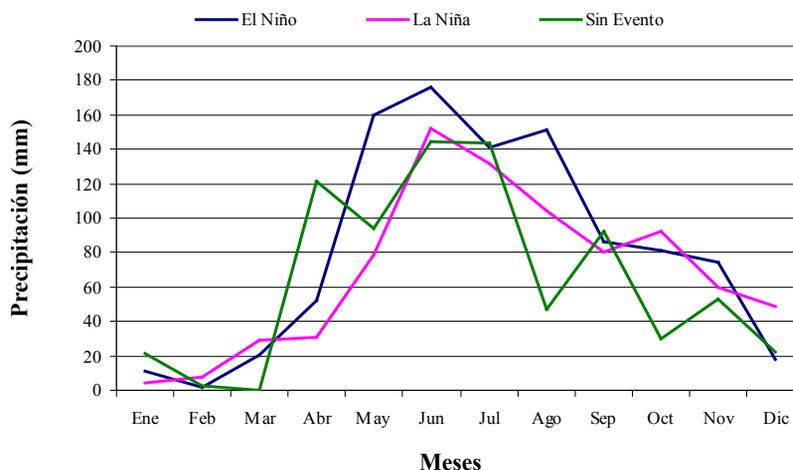


FIGURA 3. Distribución de la precipitación. Años El Niño, La Niña y Sin Evento. Período 2000-2009.

CUADRO 6. Distribución trimestral de la precipitación. Estado Yaracuy, municipio Peña. Período 2000-2009.

Evento	T1	T2	T3	T4	(2 + 3)	2 + 3 (%)
El Niño	33,9	389,1	378,2	173,9	767,3	78,7
La Niña	40,8	261,2	316,3	200,3	577,5	70,6
Sin Evento	23,6	349,4	270,1	105,7	619,5	82,7

Este análisis trimestral tiene singular significación, ya que durante los trimestres dos y tres se realiza el ciclo de siembra del cultivo del maíz.

Análisis del ENOS período 2000 - 2009 y su influencia sobre el rendimiento del maíz

En el Cuadro 7 se pueden observar los rendimientos promedio de maíz para cada uno de los escenarios, siendo superior durante los años con eventos El Niño que con La Niña. Además, se destaca el año Sin Evento cuya producción de grano es mayor a pesar que a la cantidad de agua precipitada en el T₃ es inferior 60,7% con respecto a los años El Niño y 52,8% con respecto a los años La Niña. Esta disminución del total de agua precipitada en el ciclo, no afectó el llenado satisfactorio del grano, ya que la cantidad de lluvia en las semanas 12 y 13 (floración), 35,1 y 24,1 mm, respectivamente, estuvo por encima de los niveles limitantes. En tal sentido, Bergamaschi *et*

CUADRO 7. Rendimiento del maíz. Años El Niño, La Niña y Sin Evento. 2000 - 2009.

Años	Cantidad PAP	% Variación	Rendimiento de maíz (t ha ⁻¹)
El Niño	5	975,3 (+) 23,53%	5 170,0
La Niña	4	818,6 (-) 9,32%	4 256,7
Sin Evento	1	748,8	5 620,0

al. (2006) y Miccuci *et al.* (2005) indican que el déficit de agua tiene el mayor impacto en los rendimientos de maíz cuando ocurre durante la floración.

Los Cuadros 8 y 9 muestran las cantidades de agua en los ciclos por semana y su cantidad por etapas de desarrollo con su rendimiento, respectivamente. En función de sus valores podemos analizar el volumen de agua precipitado. Se observa que en los años La Niña (2000, 2001, 2007 y 2008) existe una tendencia hacia la reducción en la cantidad de pp, siendo la pp del año 2007 de 336,5 mm en el ciclo y 291,0 mm en las etapas críticas; esta reducción tan marcada es insuficiente para cubrir los requerimientos del cultivo, expresándose en la producción de grano de sólo 2 120 kg ha⁻¹. Asimismo, en esta fase fría del ENOS se alcanzó el mayor rendimiento en el año 2001 con 5 874,4 kg ha⁻¹, destacando además un nivel de pp de 599,4 y 512,2 mm en el ciclo y etapas críticas del cultivo, respectivamente.

CUADRO 8. Balance de agua precipitada en mm y distribución en ciclo de siembra de variedades blancas de maíz por semana. Campo Experimental de la Estación local Yaritagua del INIA. Estado Yaracuy, municipio Peña.

Año	Variable	Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Precipitación Ciclo y etapas críticas		
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		18	19
2000	Ciclo precip.	28,9	41,0	48,4	63,8	7,3	98,7	57,3	10,3	30,0	83,8	39,5	27,0	73,3	27,3	57,9	48,9	21,2	34,5
	ETR	28,9	41,0	30,9	27,9	22,8	40,4	30,2	25,8	28,8	46,9	29,9	28,5	30,4	42,8	30,2	32,2	31,1	40,0
	Almac.*	0,0	0,0	15,5	15,5	0,0	15,5	15,5	0,0	1,2	15,5	15,5	15,5	14,0	15,5	0,0	15,5	15,5	5,6
2001	Ciclo precip.	11,2	60,4	74,0	9,0	37,1	60,4	19,5	57,0	10,5	11,9	69,3	42,8	60,3	7,7	29,1	10,1	29,1	0,0
	ETR	11,2	50,4	27,7	24,5	31,0	38,3	30,2	28,6	26,0	11,9	28,8	28,0	29,1	23,2	29,1	10,1	29,1	0,0
	Almac.*	0,0	10,0	15,5	0,0	6,1	15,5	4,8	15,5	0,0	0,0	15,5	15,5	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2002	Ciclo precip.	29,8	132,3	21,1	32,3	71,4	24,1	15,9	14,0	23,6	27,1	6,7	16,3	50,1	58,8	12,7	21,4	8,5	11,6
	ETR	33,7	48,3	30,9	31,9	28,8	39,7	15,9	14,9	23,6	27,1	6,7	16,3	30,5	48,5	28,2	21,4	8,5	11,6
	Almac.*	3,2	15,5	5,7	6,1	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0
2003	Ciclo precip.	63,7	68,0	23,0	76,7	51,4	56,8	15,5	32,5	3,8	61,0	54,5	51,5	0,0	32,2	0,0	80,3	39,7	38,1
	ETR	28,1	45,2	28,6	29,5	27,4	42,1	29,2	31,9	6,2	47,7	29,1	28,7	15,5	32,2	0,0	29,6	30,3	40,3
	Almac.*	15,5	15,5	9,9	15,5	15,5	15,5	1,8	2,4	0,0	13,3	15,5	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	15,5
2004	Ciclo precip.	89,0	30,8	56,6	81,5	21,2	90,4	0,0	63,1	58,7	17,5	12,1	20,8	84,6	31,2	8,3	1,2	37,4	2,1
	ETR	30,2	46,3	29,5	27,9	28,8	43,4	31,9	31,1	24,9	33,9	12,1	20,8	32,0	46,7	8,3	1,2	36,7	2,8
	Almac.*	15,5	0,0	15,5	15,5	7,9	15,5	15,5	15,5	15,5	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0
2005	Ciclo precip.	9,0	41,5	23,5	19,3	89,4	12,3	72,6	1,8	34,4	35,1	24,1	0,0	13,2	9,6	37,8	7,6	4,8	42,0
	ETR	17,5	41,5	23,5	19,3	33,7	27,8	30,5	17,3	30,3	39,2	24,1	0,0	13,2	9,6	31,9	13,6	4,8	41,9
	Almac.*	0,0	0,0	0,0	0,0	15,5	0,0	15,5	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,1
2006	Ciclo precip.	20,2	8,1	28,6	111,6	36,4	48,6	25,6	61,9	21,0	29,6	10,7	48,5	34,0	41,0	6,7	12,6	72,7	4,5
	ETR	20,2	8,1	28,6	28,5	28,1	38,1	26,3	27,7	27,7	38,4	10,7	30,2	32,1	46,4	16,8	12,6	30,3	20,0
	Almac.*	0,0	0,0	0,0	15,5	15,5	15,5	14,8	15,5	8,8	0,0	0,0	15,5	15,5	10,1	0,0	0,0	15,5	0,0
2007	Ciclo precip.	21,2	22,3	36,8	30,8	5,9	21,6	44,6	53,1	2,2	24,7	0,6	23,3	31,3	26,8	8,3	17,8	6,6	2,1
	ETR	21,0	22,0	29,7	29,6	10,8	22,0	28,9	30,0	17,2	25,0	0,6	23,0	30,6	27,4	8,3	18,0	6,6	2,0
	Almac.*	0,0	0,0	7,3	4,9	0,0	0,0	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	Ciclo precip.	40,6	36,4	41,5	42,7	51,1	36,6	28,7	41,4	41,2	32,9	30,8	24,7	35,0	21,2	47,3	48,7	40,8	41,4
	ETR	34,5	30,9	35,3	36,3	43,4	31,1	24,4	35,2	35,0	28,0	26,2	21,0	29,8	18,0	40,2	41,4	34,7	35,2
	Almac.*	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
2009	Ciclo precip.	29,2	0,0	0,0	18,9	13,8	18,7	11,6	45,7	75,4	66,6	75,0	63,6	18,5	26,3	20,2	0,3	5,6	23,4
	ETR	29,2	0,0	0,0	18,9	13,8	18,7	11,6	33,6	32,7	36,0	29,8	34,3	33,5	26,3	20,2	0,3	5,6	23,4
	Almac.*	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,1	15,0	15,0	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Almacenamiento de estrato suelo: 15,5 mm de agua

Secado a cosecha

Llenado-grano a jojoto

Flor-Polimización

Desarrollo

CUADRO 9. Rendimiento, cantidad, distribución y promedio diario agua en mm por etapas de desarrollo en ciclo de siembra de híbridos blancos. Campo Experimental del INIA en la Estación local de Yaritagua. Estado Yaracuy. El Rodeo, municipio Peña.

Años	Rendim. promedio (kg ha ⁻¹)	Ciclo de desarrollo del cultivo					Llenado de grano (d)	Prom. diario
		Crecimiento vegetativo			Floración			
		Desarrollo (a)	Semana antes floración	Total (a+b)	Polinización (c)	Total: (b+c)		
2004 ⊖	6 900	280,5	63,1	343,6	58,7	121,8	135,0	4,478
2002 ⊖	5 680	202,4	27,1	229,5	6,7	33,8	137,9	3,118
2005 SE	5 620	258,6	1,8	260,4	34,4	36,2	72,4	3,06
2003 ⊖	5 430	236,7	61,0	297,7	54,5	115,5	83,7	3,633
2001 Φ	5 310	260,1	57,0	317,1	10,5	67,5	184,2	4,265
2008 Φ	4 887,5	274,6	30,8	305,4	24,7	55,5	152,2	4,019
2000 Φ	4 710	315,8	83,8	399,6	39,5	123,3	185,5	5,205
2006 ⊖	4 330	334,7	10,7	345,4	48,5	59,2	94,3	4,788
2009 ⊖	3 510	250,7	75,0	325,7	63,6	138,6	65,3	3,788
2007 Φ	2 120	182,9	0,6	183,5	23,3	23,9	84,2	2,425
\bar{X}	4 948,4	266,0	41,09	313,2	36,44	77,53	117,2	3,572
CCL		0,45	0,23	0,42	0,00	0,16	0,38	0,578
CV	0,534	0,68	2,22	0,56	0,99	1,50	0,60	0,511
DS	1 354,7	53,15	30,76	71,84	19,96	43,06	44,08	1,118

ENOS

El Niño= ⊖

La Niña= Φ

SE= Sin Evento

 \bar{X} : Media aritmética; CCL: coeficiente de correlación lineal de Pearson; CV: coeficiente de variación; DS: desviación estándar.

La distribución semanal de agua de lluvia en la fase de floración y la primera semana de la fase llenado de grano alcanzó 10,5 mm y 11,9 mm, respectivamente, cantidades consideradas insuficientes para cubrir las necesidades del cultivo, originándose la reducción del rendimiento hasta ubicarlo en el sexto lugar de los años analizados. En las otras etapas del cultivo, la cantidad de lluvia fue suficiente en función de los resultados mostrados en los otros ciclos, con excepción de la etapa de secado de grano, en la cual la planta disminuye fuertemente el consumo de agua.

En el Cuadro 9, se muestra la cantidad de agua por semana y etapas de desarrollo. Sobresale que el menor rendimiento se obtuvo cuando la cantidad de agua antes de la polinización (etapa de floración) fue menor, independientemente del ENOS que ocurra en el año,

incrementándose la reducción, si la misma situación sucede durante la polinización (etapa de floración), como se observa en los años 2007 con 0,6 y 23,3 mm y 2006 con 10,7 y 48,5 mm de agua. También muestra una baja asociación del rendimiento con respecto a las cantidades de agua en las distintas etapas el ciclo, de acuerdo a los valores del coeficiente variación CV y CCL. Sin embargo, la mejor asociación es con el promedio diario, lo que ratifica que no es la cantidad, sino la distribución del agua en las diferentes etapas.

En contraste, durante el año 2000 en la misma fase fría del ENOS, la distribución semanal de la pp alcanzó los mayores valores en ciclo (770,2) y etapas críticas del cultivo (624,6 mm). Como resultado se alcanzó un rendimiento de apenas 4 710 kg ha⁻¹, valor que ubica a este año, como el séptimo durante el período.

Cuando los valores de pp durante el ciclo de cultivo están entre 537,3 y 704,0 mm, los rendimientos tienden a ser altos independientemente de la fase del ENOS, observándose la tendencia a ser mayores durante los eventos El Niño. Cleber *et al.* (2006) muestran que una mayor disponibilidad de agua del suelo se asocia a los años El Niño y una menor disponibilidad a los años neutros (Sin Evento).

Coincidentemente, en el período evaluado durante los años El Niño llovió más que en los años La Niña, y en ambas fases más que en el año Sin Evento, siendo los años El Niño los más favorables para el rendimiento del maíz, fase en la que se logró obtener 6 900 kg ha⁻¹ en el año 2004 con 704,0 mm de agua en ciclo y 537,3 mm en etapa crítica; pero en el 2009 fue de 3 510 kg ha⁻¹, representando una disminución de 3 390 kg ha⁻¹ (34,43%). Esta reducción en grano es similar en valor al promedio nacional de producción de maíz en los estados productores de Venezuela.

Mientras que en el año 2005 (Sin Evento), precipitaron 478 mm de lluvia en el ciclo del cultivo con 362,2 mm durante las etapas críticas, lo que permitió alcanzar un rendimiento en maíz de 5 620 kg ha⁻¹. Se observa que, aunque no existió almacenamiento en la fase de desarrollo a excepción de la semana nueve, la cantidad

de agua precipitada en las fases de floración y llenado de grano, fue suficiente para obtener el rendimiento citado (Cuadro 8).

En la Figura 4, se muestra la distribución de los años ENOS analizados, notándose que los mejores rendimientos se producen con mayor frecuencia en los años El Niño (2004, 2002 y 2003), mientras que ocurre solo una vez en el período La Niña (2000). Existe una relación inversa entre la producción de grano y la cantidad de agua crítica acumulada en el ciclo mostrada por el ángulo entre ellas (180°), lo que sugiere que los rendimientos obedecen más a la distribución de ese volumen de agua en el ciclo, sobre todo antes de la fase llenado de grano a jojoto.

Se observa que las fases están todas en los cuadrantes I y IV, lo que indica una alta relación entre ellas; los cuatro rendimientos más bajos aparecen en el cuadrante tres, asociados a la variable cantidad de agua acumulada. Se destaca que la diferencia en kg ha⁻¹ entre los años La Niña 2008 y 2000 es de 117, pero la cantidad de agua en el año 2000 es la más alta de dichos años (799,1 mm en el ciclo y 624,6 mm en las etapas críticas). Sin embargo, las diferencia en kg ha⁻¹ entre el 2000 y el 2004 (El Niño) es de 2 190, lo que sugiere nuevamente que no es la cantidad sino la distribución del agua la responsable del rendimiento.

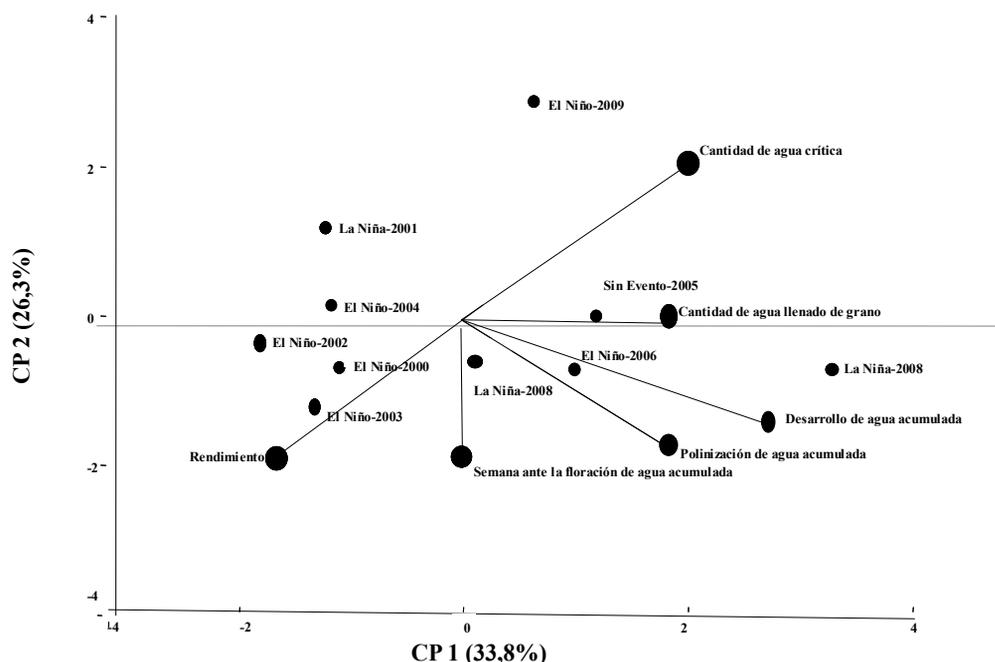


FIGURA 4. Representación (biplot) de la relación entre el rendimiento y cantidad de agua acumulada por etapas del cultivo contra las fases de ENOS. Estación Experimental Yaritagua, INIA Yaracuy, 2010.

Para todos los eventos, las cantidades de agua que precipitaron en la etapa de llenado del grano (agosto), principalmente durante las dos primeras semanas, fueron suficientes. Observando los valores semanales de los años 2004 y 2007 (mayor y menor rendimiento obtenido, respectivamente), se puede inferir que la reducción por estrés, en los diez años analizados, estuvo principalmente asociada al ocurrido durante las fases vegetativas y de floración, independientemente de la cantidad de pp y la fase del ENOS presente. Lo importante es cómo se distribuye por semana la cantidad de agua precipitada (Cuadros 8 y 9).

El maíz es altamente susceptible a las deficiencias de agua en floración, reduciéndose severamente el llenado de granos. En caso contrario, el efecto es menos severo como lo muestra el año 2002, donde precipitó en la semana antes de floración y polinización 27,7 y 6,7 mm, respectivamente, alcanzándose un rendimiento de 5 620 kg*ha⁻¹; inclusive, el año 2005 recibió 1,8 mm en la semana antes de floración, gracias al almacenamiento disponible de la semana nueve y los 34,4 mm de agua precipitados en polinización, el cultivo logró alcanzar el segundo mejor rendimiento del período evaluado.

Al observar las cantidades de agua precipitada en las diferentes etapas del ciclo, se evidencia que el rendimiento se relaciona más con la distribución de la pp que con la cantidad, siendo la semana antes de la floración donde el déficit hídrico afecta significativamente la producción. Valentinuz (2004) determinó que el maíz es particularmente sensible al estrés en el momento de la floración; este mismo estrés tendría poco efecto sobre el rendimiento si ocurriera en una etapa vegetativa o de llenado del grano.

Analizando el promedio de pp diaria se puede inferir que cuando se ubica por debajo de 3 mm, los rendimientos disminuyen (ej. 2007: 2 120 kg ha⁻¹ y 2,425 mm/día), probablemente debido a que las cantidades precipitadas no cubrieron la demanda de la planta en algunas de las etapas.

Cuando la pp diaria se ubicó por encima de 3,00 mm, se incrementó la producción de grano, como se observa en el ciclo 2004, el cual muestra el valor más alto (6 900 kg ha⁻¹ y 4,478 mm/día); seguido del 2008 (4 887,5 kg ha⁻¹ y 4,019 mm/día). A pesar de que el año 2000 también registró una pp diaria superior a 3 mm (4 710 kg ha⁻¹ y 5,205 mm/día), ocupó el puesto siete en producción. Se infiere, al comparar las 16 semanas del ciclo en el balance, que la disminución fue por exceso de agua.

Cabrera (2005) explica que el éxito de la siembra del maíz depende de la intensidad y distribución de las lluvias y de la radiación que recibe en sus fases fenológicas de desarrollo y producción; la mala distribución de la lluvia asociada a días nublados en los primeros 60 d del ciclo producen rendimientos limitados.

El maíz tiene períodos donde es vital que la planta tenga agua disponible, pero los más críticos son los de floración y llenado de grano. Monasterio *et al.* (2008) demuestran que la cantidad de lluvia caída durante la etapa de prefloración y llenado de grano, determinan significativamente los rendimientos de maíz en la zona de estudio.

Bergamaschi *et al.* (2004, 2006) concluyeron que independientemente de la condición climática regional, la productividad de granos se debe a las condiciones hidrológicas durante el período crítico, ya mencionado. Riegos durante esta etapa permiten una alta productividad de granos, inclusive si la humedad del suelo se mantiene por debajo de la capacidad de campo del terreno.

El número de granos por mazorca y el número de mazorcas por planta, son los componentes de la producción de grano más afectado por el déficit de agua cuando esto ocurre durante períodos críticos del maíz. Monasterio *et al.* (2007), coincidieron que sembrando el maíz a mediados de junio, las etapas de floración y llenado de grano se encuentran ubicadas en los dos meses más lluviosos del año en la zona de El Rodeo, existiendo altas probabilidades de no sufrir estrés hídrico en las etapas críticas.

Valentinuz (2004) explicó que el estrés reduce el rendimiento afectando drásticamente al maíz cuando ocurre en el período crítico, y puede disminuir en una décima la producción potencial de granos.

En el período estudiado (2000-2009), El Niño afectó menos el rendimiento del maíz (a pesar de llover más), porque los cambios en la distribución de la pp durante esta fase no fueron tan acentuados como durante La Niña. En esta fase, en el tercer trimestre llovió mucho más con relación a los años El Niño y Sin Evento; al ocurrir en ese trimestre la floración, se afectó la polinización y consecuentemente el llenado de grano.

Este mismo resultado lo obtuvieron Casa y Ovando (2006), quienes determinaron que durante los años El Niño predominan anomalías positivas de rendimiento de

maíz, aunque son de poca magnitud; por el contrario, en los años bajo la influencia de La Niña ocurren anomalías negativas de rendimiento más importantes y con una frecuencia distinta tanto a la de los años El Niño, como también a la de los años Neutros (Sin Evento), es decir, que se presentan de manera claramente diferenciadas.

CONCLUSIONES

- La tendencia de la pp para la serie 1950 - 2009 en El Rodeo, es hacia incrementos durante los años El Niño y disminución durante los años La Niña. Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los eventos. Para el período 2000 - 2009, se observó una intensificación del fenómeno ENOS en ambas fases (5 años El Niño; 4 años La Niña y 1 año Sin Evento).
- La distribución de la pp en el ciclo de siembra del maíz es la responsable de la variabilidad en los rendimientos, independientemente del ENOS que ocurra; sin embargo, la tendencia de los 10 años es a favor de los años El Niño, que ocupan tres de los cuatro rendimientos más altos. En el caso de los años La Niña, el cambio en la distribución reflejado en incrementos de la pp durante el tercer trimestre, coincidieron con la etapa de floración y afectaron la producción de granos.
- Durante el período analizado, la pp ocurrida en las dos primeras semanas de la etapa de llenado de grano fue suficiente para cubrir las necesidades de la planta.
- La etapa más sensible a las deficiencias de agua en los ciclos productivos analizados fue la etapa de floración, seguida de desarrollo vegetativo y llenado de grano. Si el déficit ocurre en la semana antes de la polinización, es más severa la reducción del rendimiento al afectar este proceso.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los entes que tengan estaciones meteorológicas bajo su responsabilidad, fortalecer las redes con equipos modernos a fin de contribuir al análisis y evaluación de las variables climáticas, especialmente de la pp, vinculada estrechamente a las ganancias o pérdidas a nivel de productor, y cuyas fluctuaciones actuales se asocian directamente a la variabilidad climática global.

AGRADECIMIENTO

A Tony Yépez responsable de la Estación Meteorológica del Campo Experimental de la estación local de Yaritagua, por su dedicación en la toma de datos, orden en el registro y cuidado de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alliaume, F. 2007. Propiedades Físicas. <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/TEORICOS/TFisicas.pdf>
- Ayala, J. 1998. Análisis de la competitividad de los cereales en Venezuela. AGROALIMENTARIA. Nº 7. Diciembre. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas.
- Bergamaschi, H., G. A. Dalmago, J. I. Bergonci, C. A. Menegassi, A. G. Muller, F. Comiran e B. M. Machado. 2004. Distribuição Hídrica no Período Crítico do Milho e Produção de Grãos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 39(9):831-839.
- Bergamaschi, H., G. A. Dalmago, F. Comiran, J. I. Bergonci, A. Muller., S. Franca, A. Santos, B. Radin Biachi e P. Pereira. 2006. Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho. *Pesq. Agropec. Bras.* 41(2):243-249.
- Bergonci, J. I., H. Bergamaschi, A. O. Santos, S. França e B. Radin. 2001. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 36(7):949-956.
- Cabrera, S. 2005. Evolución del cultivo de maíz en Venezuela. **In:** Memorias XVII Curso sobre producción de maíz. Agosto 2005. INIA- ASOPORTUGUESA. Acarigua - Portuguesa. 26-27 pp.
- Cleber M., A., N. A. Streck, S. L. P. Medeiros, A. B. Heldwein e G. A. Buriol. 2006. Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 41(7):1 067-1 075.
- Colls, P. 2007. Distribución regional del valor agregado de la actividad agrícola. *Revista Foros*. Nº 13. IV Seminario Económico Regional. Publicación Especial de la Revista BCV. Disponible en: <http://www.bcv.org.ve/Upload/Publicaciones/rbcvfl32007.pdf>

- Corporación Andina de Fomento. 2000. Las Lecciones de El Niño. **In:** Memorias del fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y propuestas para la región andina. Volumen IV Venezuela. Caracas.
- Dalvano, L. 2008. Propuesta para mejorar la seguridad alimentaria: incremento de la producción agrícola. Foro: La Alimentación Venezolana: Una Visión Conjunta de Futuro 2008-2018. CAVIDEA. XV Asamblea anual. http://www.cavidea.org/docs/asamblea2008/luigi_dalvano.pdf
- FEDEAGRO. 2007. Disponibilidad bruta de alimento. Unidad técnica. <http://www.fedeagro.org/consumo/cereales.asp>. Fecha 19 de marzo del 2012. Hora: 10:00 am.
- Foghin Pillin, S. 2002. Tiempo y clima en Venezuela. Aproximación a una geografía climática del territorio venezolano. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Fontana, D. e M. Berlato. 1997. Influencia do El Niño/Oscilacao Sul sobre a Precipitacao Pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, 5(1):127-132.
- García, P. J., S. Cabrera, A. Pérez, R. Silva, R. Álvarez, C. Marín, P. Monasterio y M. Santella. 2009. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de cultivares de maíz de Endospermo normal y QPM en zonas agroecológicas de Venezuela. *Agronomía Trop.* 59(4):433-443.
- Golden Gate Weather Services. 2007 El Niño and La Niña Years: A Consensus List. Disponible en: <http://ggweather.com/enso/years.htm>.
- Hargreaves, G. H. and Z. A. Samani. 1985. Reference Crop Evapotranspiration From Temperature. *Applied Eng. in Agric.* 1(2):96-99.
- InfoStat (2004). InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Lafitte, H. R. 2000. El maíz en los trópicos. Mejoramiento para resistencia a los estreses abióticos. Enfoques del mejoramiento para desarrollar cultivares tolerantes al estrés. (En línea) <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s19.htm>. Fecha consultada: 21-10-2010.
- Lozada, B. 2002 Estudio de la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en la precipitación de la región centroccidental de Venezuela. *Revista Brasileira de Agrometeorologia.* Santa Maria, 10(2):317-322.
- Lozada, B. y P. Sentelhas. 2003. Relaciones entre deficiencias y excedentes hídricos estimados a partir de los balances hídricos normal y secuencial. *BIOAGRO.* 15(3):209-216.
- Magaña, V. y J. Vázquez. 2001. Sobre los usos del pronóstico de El Niño en América Latina y el Caribe. *EIRD Informa-América Latina y El Caribe.* (En línea) http://www.eird.org/esp/revista/Nº2_2001/pagina8.htm.
- Martínez, R., A. Millena y P. Escalona. 2005. Correlación entre la evaporación en Tina y la evapotranspiración de referencia en cinco estaciones climatológicas de Venezuela. *UCLA. BIOAGRO* 17(2):79-83.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. 2005. Programa de las naciones unidas para el desarrollo y fondo mundial para el medio ambiente. Primera comunicación nacional en cambio climático de Venezuela. http://www.marn.gov.ve/marn/images/acrobat/PCN-DOCUMENTO_1572.pdf.
- Monasterio, P., P. García, G. Alejos, A. Pérez, J. Tablante, W. Maturét y L. Rodríguez. 2007. Relación entre el rendimiento de maíz y la precipitación en los ensayos regionales de híbridos blancos en el estado Yaracuy. *Revista CENIAP - Hoy.* N° 14. Mayo - Agosto.
- Monasterio, P., P. García, G. Alejos, A. Pérez, J. Tablante, W. Maturét y L. Rodríguez. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: Caso híbridos blancos. *Agronomía Trop.* 58(1):69-72.
- Montgomery, D. 2006. Diseño y análisis de experimentos. 2ª edición. México: Limusa Wiley. 700 p.
- Morrison, D. F. 1967. *Multivariate Statistical Methods.* 2nd Ed., New York: McGraw-Hill Book Co. 338 p.
- Micucci F., G., M. A. Taboada y R. Gil. 2005. El agua en los sistemas extensivos II. Consumo y eficiencia de uso del agua de los cultivos. *Archivo Agronómico* N° 7. INPOFOS Cono Sur1, Cátedra de Fertilidad de Suelos, FAUBA2,INTA-Castelar.3. Disponible en: <http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87-cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/afa4335a402>

- 964d003256d050067aa15/\$FILE/F.Micucci-II.pdf. Consultado: 20/10/2010.
- Casa A., C. y G. G. Ovando. 2006. Influencia de episodios el niño-oscilación sur (ENOS) sobre la Precipitación y el rendimiento de maíz en la provincia de Córdoba, AGRICULTURA TÉCNICA (CHILE) 66(1):80-89 (ENERO-MARZO). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072006000100009. Consultado: 01/10/2010.
- Norte, F., S. Simonelli y N. Heredia. 1997. Impacto del fenómeno ENOS en el régimen hidrometeorológico de Mendoza-Argentina. Disponible en: <http://www.unesco.org/phi/libros/enso/norte.pdf>
- Panel Intergubernamental en Cambio Climático. 2007. Cambio climático. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- Pereyra, D., U. Bando y M. Natividad. 2004. Influencia de La Niña y El Niño sobre la precipitación de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. Disponible en: <http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio2004/NinayNino.pdf>
- Pierre, F. y M. Tirado. 2007. Influencia del ENOS sobre la precipitación en la cuenca del río Yacambú y la depresión de Quibor, estado Lara, Venezuela. *BIOAGRO*. 19(1):41-52.
- Reynolds, J. 1998. The Influence of La Niña on El Paso, TX Precipitation. Disponible en: <http://www.srh.noaa.gov/elp/papers/elp98-1.html>.
- Rome Gaspaldy, S. y J. Ronchail. 1999. La Pluviometría en el Perú durante las fases ENSO y LNSO. Disponible en: <http://www.unesco.org/phi/libros/enso/rome.pdf>.
- Ropelewsky, C. and M. Halpert. 1987. Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* 115:1 606-1 626.
- Soley, F. J. y E. Alfaro. 1999. Aplicación de análisis multivariado al campo de anomalías de precipitación en centroamérica. <http://www.imn.ac.cr/publicaciones/revista/1999/diciembre/3-Soley-Dic99.pdf>.
- Valentinuz, O. 2004. Maíz: Uniformidad de plantas y tolerancia al estrés. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria (INTA). Rivaldia. 1439 (1033). Buenos Aires-Argentina. 13 p. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/balcarce/noticias/inta_expone/AuditorioUbaldoGarcia/MaizTolerancia.pdf. Consultado en: 21-10-2010.
- Thorntwaite, C. W. y J. R. Mather. 1955. *The Water Balance*. Publication Climatology. Drexel Institute of Technology, New Jersey. 104 p.