

Variación en los requerimientos hídricos del pasto pará, *brachiaria mutica* (forsskal) stapf, en el municipio de El Espinal (Tolima), bajo diferentes escenarios de el niño (enos) –oscilación del sur–

Andrés Peña Quiñones* / María Paternina Quijano** /
Elizabeth Aguilera Garramuño*** / Francisco Boshell Villamarín**** /
Fernando Palacio Riveros*****

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar diferencias en los requerimientos hídricos y las necesidades de riego del pasto Pará, bajo diferentes escenarios del fenómeno ENOS (El Niño – Oscilación del Sur–) en el área de influencia de la estación climática Nataima (El Espinal, Tolima). Se utilizó la metodología desarrollada por Peña *et ál.* (2001) para determinar el comportamiento del clima bajo los escenarios de El Niño, La Niña y Neutro. Se determinó la evapotranspiración del cultivo de referencia, los requerimientos hídricos y las necesidades de riego del pasto Pará bajo cada uno de los escenarios propuestos, mediante el uso de la metodología y

el software desarrollado por la FAO (2006, 2008). Se encontraron diferencias significativas en los valores de las medianas de los requerimientos de agua entre los escenarios El Niño y La Niña. Las necesidades de riego, por su parte, no mostraron diferencias significativas entre medianas. No obstante, las diferencias, en términos de requerimientos de riego para algunos meses, pone de manifiesto la necesidad de conocer y caracterizar el efecto de los moduladores del clima sobre las variables climáticas de interés agrícola.

Palabras clave: requerimientos hídricos, riego, pasto Pará, cambio climático.

* Profesor asistente de la Universidad de La Salle. Correo electrónico: anpena@unisalle.edu.co.

** Estudiante de agronomía de la Universidad Nacional. Correo electrónico: mjpaterninaq@unal.edu.co

*** Ph. D. asociado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Tibaitatá. Correo electrónico: eaguilera@corpoica.org.co.

**** Profesor asociado de la Universidad Nacional. Correo electrónico: jfboshellv@unal.edu.co.

***** Investigador asociado de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Tibaitatá. Correo electrónico: lpalacio@corpoica.org.co.

Fecha de recepción: 10 de diciembre de 2008.

Fecha de aprobación: 13 de mayo de 2009.

WATER REQUIREMENT VARIATION OF PARÁ PASTURE, *BRACHIARIA MUTICA* (FORSSKAL) STAPF, IN EL ESPINAL (TOLIMA), UNDER DIFFERENT EL NIÑO (ENOS) –SOUTHERN OSCILLATION– SCENARIOS

ABSTRACT

this paper was made to determinate differences between water requirements and needed irrigation of Pará pasture, under different scenarios of ENOS phenomenon on the Nataima climatic station (El Espinal, Tolima). Peña *et ál.* (2001) methodology was used to know climatic behavior under El Niño, La Niña and Neutral Scenarios. Reference culture evapotranspiration was determined. Pará pasture water requirement and irrigation needs under each proposed scenario were determined using FAO's methodology and software (2006, 2008). Significant differences

were found in median water requirements between El Niño and La Niña scenarios. Irrigation needs do not show statistical differences between medians; although, differences in irrigations requirements for some months show the necessity of knowledge and characterization over the modulator effect on climatic factors agriculture dependent.

Keywords: water requirement, irrigation, Pará pasture, climate change.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la principal fuente de alimentación para la ganadería bovina son las pasturas bajo pastoreo. En estos sistemas de producción se busca conservar energía solar en forma de materia vegetal para su posterior transformación en producto animal: carne, leche y lana, principalmente (Sierra, 2002; Muslera y Ratera, 1991). Esta situación se presenta porque los pastos constituyen el alimento más económico para rumiantes y herbívoros en general. Asimismo, cuando aquellos se conservan como heno o ensilaje, resultan también más baratos que la mayoría de los productos alimenticios utilizados en su lugar (Sierra, 2002).

Se reconoce que algunos de los aspectos más limitantes en la producción ganadera del país son la baja calidad de los pastos y las fluctuaciones bruscas en su producción a través del año, lo que origina escasez, sobre todo en épocas de baja precipitación (Sierra, 2002). Esta situación puede ser preocupante por cuanto estamos viviendo un cambio climático, que según el IPCC (2007), en nuestras condiciones, acentuará los fenómenos de variabilidad climática natural interanual.

En Colombia los principales moduladores interanuales del clima son las fases positiva y negativa de El Niño (ENOS) –Oscilación del Sur–, es decir *El Niño* y *La Niña* (Montealegre, 1996; Mesa *et ál.* 1997; Montealegre y Pabón, 2000; IDEAM, 2002). El Niño y La Niña son fenómenos recurrentes que se originan por la interacción del Océano Pacífico tropical con la atmósfera. Dependiendo de la duración e intensidad de estos fenómenos, se afecta el clima a escala planetaria y se alteran los patrones normales de comportamiento de la precipitación y de la temperatura del aire, principalmente. Estas oscilaciones del clima afectan una gran variedad de sistemas biológicos (marinos, costeros, flora y fauna silvestre) y activi-

dades productivas (pesca, turismo, generación hidroeléctrica, comunicaciones, agricultura) a nivel mundial (NOAA, 2008; IDEAM, 2002; Rosenzweig, 2001).

Diferentes autores (Montealegre, 1996; Montealegre y Pabón, 2000; Mesa *et ál.* 1997) coinciden en que en las regiones andinas y caribe del territorio nacional la fase positiva del ENOS (El Niño) está relacionada con una disminución del acumulado de lluvias y un aumento de las temperaturas, mientras que la fase positiva (La Niña) se asocia con un incremento del total de lluvias y un descenso de las temperaturas.

El impacto directo del ENOS sobre la temperatura y la precipitación ha suscitado un interés por encontrar las diferencias en consumo de agua por parte de los cultivos, bajo los escenarios de El Niño, La Niña y Neutro (no El Niño, no La Niña). En el presente trabajo se muestra una metodología para generar escenarios de variabilidad climática a escala mensual (la temperatura mínima media, la temperatura máxima media, la humedad relativa media, el brillo solar promedio, la evapotranspiración de referencia y la precipitación) y se tienen en cuenta los requerimientos de agua y las necesidades de riego del pasto Pará en el área de influencia de la estación Nataima (El Espinal), bajo los escenarios climáticos generados, para compararlos entre sí y con el escenario “promedio”.

MATERIALES Y MÉTODOS

En términos generales, se generaron, a escala mensual, los escenarios climáticos El Niño, La Niña y Neutro de las variables temperatura mínima media (TMin en °C), temperatura máxima media (TMax en °C), humedad relativa promedio (HRel en %), promedio acumulado de precipitación (Prec. en mm), evapotranspiración de referencia media diaria (ET_o en mm) y brillo solar medio diario (BSol en horas.día⁻¹) de la estación agro-meteorológica Nataima (4° 11' N; 74° 57'1 W; 431 m.s.n.m.), ubicada en el centro de

investigación del mismo nombre que la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) tiene en el Espinal (Tolima). Posteriormente, se generaron los requerimientos hídricos mensuales del pasto Pará (RHM en mm) y las necesidades de riego por mes (NIM) en cada uno de los escenarios climáticos propuestos.

ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Se realizó el análisis descriptivo de las series climáticas mensuales del periodo 1972-2006 de la estación Nataima, discriminando por meses El Niño, La Niña y Neutro, siguiendo la metodología propuesta por Peña *et al.* (2001, 2008). Se utilizó la clasificación Niño-Niña-Neutro propuesta por el centro de predicción climática de la NOAA (2008), la cual se basa en la anomalía de la temperatura superficial del mar en la zona Niño 3.4 (zona localizada en el centro del Océano Pacífico tropical), tomando como referencia el periodo 1971-2000 (Tabla 1).

DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS HÍDRICOS AGRÍCOLAS

Se conoce como evapotranspiración (ET) a la combinación de dos procesos separados por los que se pierde agua desde una superficie cultivada, desde la superficie del suelo por evaporación y desde las plantas por transpiración (FAO, 2006). La evaporación dependerá del grado de cobertura que pueda ofrecer la planta, relacionado con el índice de área foliar del cultivo y la cantidad de agua presente en la superficie del suelo. Por su parte, la transpiración es un proceso más complejo en el que se pierde agua predominantemente a través de los estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta, a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es

controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales (FAO, 2006).

Es claro que los cultivos pierden agua constantemente, a través del día, mediante el proceso de evapotranspiración (evaporación + transpiración) y, a su vez, se puede considerar la evapotranspiración de un periodo como las necesidades de agua de un cultivo. La relación entre evapotranspiración y precipitación (salidas y entradas de agua) permite generar las necesidades de riego de las plantas cultivadas. Aunque el cálculo de la evapotranspiración de un cultivo determinado es complejo, la FAO ha desarrollado un modelo sencillo para la determinación de este parámetro. El modelo se basa en el conocimiento de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_O), propuesto por Penman (1963) y Monteith (1985). La ET para el cultivo de referencia (ET_O), según la FAO (2006), esta dada por la ecuación 1:

(1)

$$ET_O = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_{hr} + 273} u_2 (e^{\circ}(T_{hr}) - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Donde:

ET_O es la evapotranspiración de referencia [mm hora⁻¹].

R_n es la radiación neta en la superficie de referencia [MJ m⁻² hora⁻¹].

G es la densidad del flujo del calor del suelo [MJ m⁻² hora⁻¹].

T_{hr} es la temperatura media del aire cada hora [°C].

Δ es la pendiente de la curva de presión de saturación de vapor en T_{hr} [kPa °C⁻¹].

γ es la constante psicrométrica [kPa °C⁻¹].

e[°](T_{hr}) es la presión de saturación de vapor a temperatura del aire T_{hr} [kPa].

e_a es el promedio horario de la presión real de vapor [kPa].

u_2 es el promedio horario de la velocidad del viento [$m\ s^{-1}$].

De tal forma que la evapotranspiración del cultivo de interés está dada por la ecuación 2:

(2)

$$ET_c = K_c ET_o$$

Donde:

ET_c es la evapotranspiración del cultivo de interés [$mm\ d^{-1}$].

K_c es el coeficiente del cultivo de interés (valor adimensional que depende del IAF y de la etapa fenológica).

ET_o es la evapotranspiración del cultivo de referencia [$mm\ d^{-1}$].

En el presente trabajo se utilizó Cropwat 8.0 (FAO, 2008), sistema de toma de decisiones para el manejo del riego, basado en el concepto de balance hídrico agrícola, que trae incorporadas subrutinas para el cálculo de la ET_o , de los requerimientos hídricos de cualquier cultivo con base en (2) y de las necesidades de riego, con base en los datos de T_{Min} , T_{Max} , H_{Rel} , $BSol$, $Prec$ y velocidad del viento a 2 m de altura. Se usó el K_c reportado por la FAO (2006) para pasturas bajo pastoreo, se supuso un suelo franco para la zona de estudio y la velocidad del viento se consideró constante bajo los tres escenarios ($2,3\ m\ s^{-1}$).

DETERMINACIÓN DE DIFERENCIAS EN LOS REQUERIMIENTOS

Se compararon los requerimientos hídricos mensuales y las necesidades de riego mensuales entre escenarios climáticos ENOS, mediante el uso de la prueba de Mann-Whitney (Wilcoxon). Esta prueba no

paramétrica, según Thiebaut (1994), ofrece robustez en los análisis cuando la muestra es pequeña (menor a 20), en comparación con otro tipo de pruebas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESCENARIOS CLIMÁTICOS

En la Tabla 2 se observan las características de cada escenario climático. En los tres escenarios el comportamiento bimodal de la $Prec$ (dos picos de altas lluvias al año), resultado del doble paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), explica el comportamiento de variables como la H_{Rel} (en forma directa), la T_{Max} y el $BSol$ (en forma inversa). Este resultado es acorde con lo reportado por Peña *et al* (2001), quienes encontraron que en el valle del río Cauca, bajo efecto de las dos fases del ENOS, el efecto de la ZCIT es persistente. La T_{Min} , influenciada por condiciones de tipo local, no tiene un efecto directo de la ZCIT y, por ende, la precipitación no explica el comportamiento de esta variable a través del año.

En términos generales, la T_{Min} , la T_{Max} y la ET_o alcanzan mayores valores bajo condición El Niño, mientras que los valores más bajos se presentan bajo condición La Niña. Por otra parte, el valor de T_{Min} , T_{Max} y ET_o para el escenario Neutro representa un valor intermedio entre los otros dos escenarios anteriores (Tabla 2). El comportamiento de estas variables es el mismo que han encontrado diferentes autores para la zona andina de Colombia (Montealegre, 1996; Montealegre y Pabón, 2000; Mesa *et al*. 1997; Peña, 2001).

En comparación con los otros dos escenarios, bajo condición El Niño, el $BSol$ registra valores más altos (Tabla 2). Entre los escenarios Neutro y La Niña no se perciben diferencias drásticas. Este efecto positivo de la fase El Niño sobre el brillo solar lo reportaron Peña *et al*. (2001) para el valle del río Cauca; no obs-

tante, estos autores apuntan que este efecto es más marcado durante el primer semestre del año.

En cuanto a la Prec, a diferencia de lo reportado por la mayoría de autores para la región andina colombiana (Montealegre, 1996; Montealegre y Pabón, 2000; Mesa *et ál.* 1997), quienes aseguran que bajo condición La Niña se registran las mayores precipitaciones anuales, se observa en la Tabla 2 que la mayor cantidad de lluvia anual se obtiene bajo condiciones Neutras. No obstante, en lo que sí se coincide con los autores antes mencionados es que bajo condición El Niño se obtienen menores lluvias que bajo condición La Niña.

A diferencia de la precipitación, bajo condición La Niña se presenta mayor HRel, en comparación con los otros dos escenarios. En el escenario El Niño se registra menor HRel y el escenario Neutro representa una condición intermedia entre los dos escenarios descritos anteriormente (Tabla 2).

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL PASTO PARÁ

Independiente del escenario analizado, los requerimientos hídricos del cultivo son mayores durante los meses de diciembre, enero, marzo, julio y agosto. Sin embargo, bajo condición El Niño el consumo de agua se ve incrementado en comparación con La Niña, escenario en el que requiere menos agua (Figura 1).

La Tabla 3 muestra que si bien la mediana mensual de consumo de agua del pasto Pará, bajo condiciones El Niño y La Niña, no son significativamente di-

ferentes de la condición Neutro, sí hay diferencias significativas en los requerimientos hídricos entre la condición El Niño y la condición La Niña.

Los meses de mayor consumo de agua, en los que se presentan mayores temperaturas, mayor ETo y menor precipitación están relacionados con altas necesidades de riego (Figura 2). Durante estos meses la diferencia entre las necesidades de riego, bajo escenario Niño y Niña, puede ser superior a 40 mm, como sucede en el mes de enero. Pese a esto, el análisis muestra que no hay diferencia significativa entre las necesidades de riego de los dos escenarios. Sin embargo, en términos de agua para riego, las diferencias entre los dos escenarios ENOS (El Niño y La Niña) durante los meses de enero, agosto y diciembre puede marcar una diferencia significativa en los costos de producción, suponiendo que se cuente con riego.

CONCLUSIONES

En medio de la incredulidad de un cambio climático, la variabilidad climática se presenta como una realidad. En el área de influencia de la estación Nataima, localizada en el municipio de El Espinal, esta variabilidad, caracterizada en términos del fenómeno ENOS, dictamina cambios en los valores *normales* de las variables del clima. A su vez, estos cambios modifican los requerimientos hídricos y de riegos, en función del escenario El Niño, La Niña o Neutro, de tal modo que el enfoque tradicional, en el que el clima se considera como un promedio general de la serie de datos disponible, empieza a ser revaluado.

FIGURAS Y TABLAS

TABLA 1. DATOS MENSUALES DE ANOMALÍA DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR EN LA ZONA NIÑO 3.4. EN ROJO APARECEN LOS PERIODOS DE CALENTAMIENTO (EL NIÑO), EN AZUL LOS PERIODOS DE ENFRIAMIENTO (LA NIÑA) Y EN NEGRO LOS PERIODOS QUE NO SON EL NIÑO NI LA NIÑA (NEUTRO)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1972	-0,7	-0,4	0,0	0,2	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,1
1973	1,8	1,2	0,5	-0,1	-0,6	-0,9	-1,1	-1,3	-1,4	-1,7	-2,0	-2,1
1974	-1,9	-1,7	-1,3	-1,1	-0,9	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,7	-0,9	-0,7
1975	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,6	-1,7	-1,7
1976	-1,6	-1,2	-0,8	-0,6	-0,5	-0,2	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,7
1977	0,6	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
1978	0,7	0,4	0,0	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1
1979	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5
1980	0,5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-0,1
1981	-0,3	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1
1982	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6	0,7	0,7	1,0	1,5	1,9	2,2	2,3
1983	2,3	2,0	1,5	1,2	1,0	0,6	0,2	-0,2	-0,6	-0,8	-0,9	-0,7
1984	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1
1985	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,4
1986	-0,5	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2
1987	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1
1988	0,7	0,5	0,1	-0,2	-0,7	-1,2	-1,3	-1,2	-1,3	-1,6	-1,9	-1,9
1989	-1,7	-1,5	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
1990	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
1991	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	1,4	1,6
1992	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	0,8	0,5	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,2
1993	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2
1994	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,9	1,2	1,3
1995	1,2	0,9	0,7	0,4	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
1996	-0,7	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4
1997	-0,4	-0,3	0,0	0,4	0,8	1,3	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,5
1998	2,3	1,9	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,5	-0,8	-1,0	-1,1	-1,3	-1,4
1999	-1,4	-1,2	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-1,0	-1,1	-1,3	-1,6
2000	-1,6	-1,4	-1,0	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7
2001	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1
2002	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,4
2003	1,2	0,9	0,5	0,1	-0,1	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8
2005	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	-0,1	-0,4	-0,7
2006	-0,7	-0,6	-0,4	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	1,1	1,1

Fuente: NOAA (2008)

TABLA 2. ESCENARIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA (ENOS) EN EL MUNICIPIO DE EL ESPINAL (TOLIMA), SEGÚN LA INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN NATAIMA (1972-2006)

Escenario Neutro						
	TMin	TMax	HRel	BSol	Prec	ETo
Ene	22,68	32,61	69,55	6,53	87,95	4,39
Feb	22,92	32,75	67,81	5,95	83,33	4,54
Mar	23,11	32,56	70,16	5,39	137,64	4,47
Abr	22,76	31,91	74,46	5,30	175,20	4,22
May	22,55	31,60	76,12	5,67	212,65	4,06
Jun	21,85	31,95	71,72	6,00	67,03	4,13
Jul	21,80	33,48	62,93	6,83	50,96	4,70
Ago	22,26	34,64	58,07	6,71	54,42	5,09
Sep	22,42	33,42	73,56	5,60	137,23	4,37
Oct	22,64	31,62	74,97	5,60	181,86	4,18
Nov	22,52	30,94	71,79	5,88	125,96	4,12
Dic	22,57	31,64	65,09	6,25	75,35	4,36
Año	22,50	32,42	69,68	5,97	1.389,58	4,38
Escenario El Niño						
	TMin	TMax	HRel	BSol	Prec	ETo
Ene	23,40	33,78	67,84	7,13	32,95	4,70
Feb	23,84	34,37	66,14	6,07	83,11	4,78
Mar	23,68	33,74	67,04	5,69	85,60	4,75
Abr	23,37	32,38	74,45	5,07	183,55	4,24
May	22,80	31,56	76,80	5,80	187,56	4,07
Jun	22,33	32,39	69,43	6,27	86,35	4,33
Jul	21,95	33,66	60,97	6,32	44,27	4,67
Ago	22,82	35,26	53,60	6,82	20,42	5,32
Sep	22,78	32,21	74,23	5,88	81,82	4,40
Oct	22,60	31,34	75,74	5,77	133,45	4,15
Nov	22,58	32,21	70,86	5,98	178,50	4,22
Dic	23,15	34,28	57,84	5,87	129,86	4,68
Año	22,94	33,09	67,91	6,05	1.247,44	4,52
Escenario La Niña						
	TMin	TMax	HRel	BSol	Prec	ETo
Ene	22,29	32,33	70,33	6,19	46,49	4,30
Feb	22,30	31,97	70,91	5,27	76,94	4,22
Mar	22,40	31,88	73,74	5,51	130,21	4,28
Abr	22,28	31,23	75,37	5,52	145,34	4,18
May	22,03	31,04	76,95	6,01	195,78	4,04
Jun	21,68	31,50	79,83	6,28	105,10	3,89
Jul	21,42	32,53	68,35	6,70	47,97	4,44
Ago	22,19	33,24	66,85	6,79	82,00	4,75
Sep	22,12	31,24	75,28	5,88	90,82	4,26
Oct	22,31	30,73	76,45	5,71	139,63	4,08
Nov	22,02	31,52	74,66	5,89	149,68	4,02
Dic	22,10	32,16	70,37	6,17	148,51	4,19
Año	22,09	31,78	73,25	5,99	1.358,47	4,22

TABLA 3. PRUEBA DE MANN-WHITNEY PARA COMPARAR LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS MENSUALES DEL PASTO PARÁ, BAJO DIFERENTES ESCENARIOS ENOS EN EL ESPINAL (TOLIMA)

Comparación	P. Valor	W
El Niño vs. Neutro	0,23	93
La Niña vs. Neutro	0,14	46
El Niño vs. La Niña	0,02*	32

*Diferencia significativa al 95% de confianza

TABLA 4. PRUEBA DE MANN-WHITNEY PARA COMPARAR LAS NECESIDADES MENSUALES DE RIEGO DEL PASTO PARÁ, BAJO DIFERENTES ESCENARIOS ENOS EN EL ESPINAL (TOLIMA)

Comparación	P. Valor	W
El Niño vs. Neutro	0,64	63
La Niña vs. Neutro	0,60	81
El Niño vs. La Niña	0,39	87

FIGURA 1. REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL PASTO PARÁ, BAJO DIFERENTES ESCENARIOS ENOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ESTACIÓN NATAIMA (EL ESPINAL, TOLIMA)

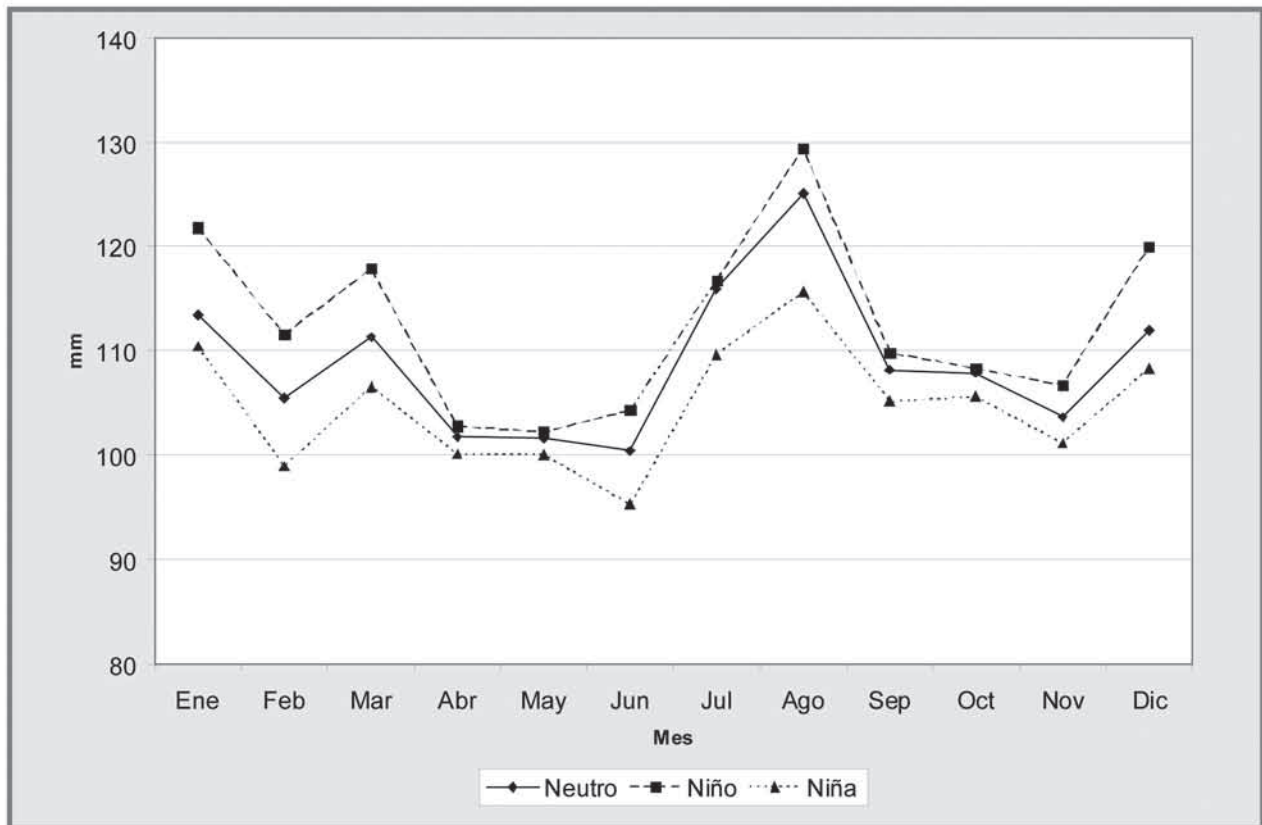
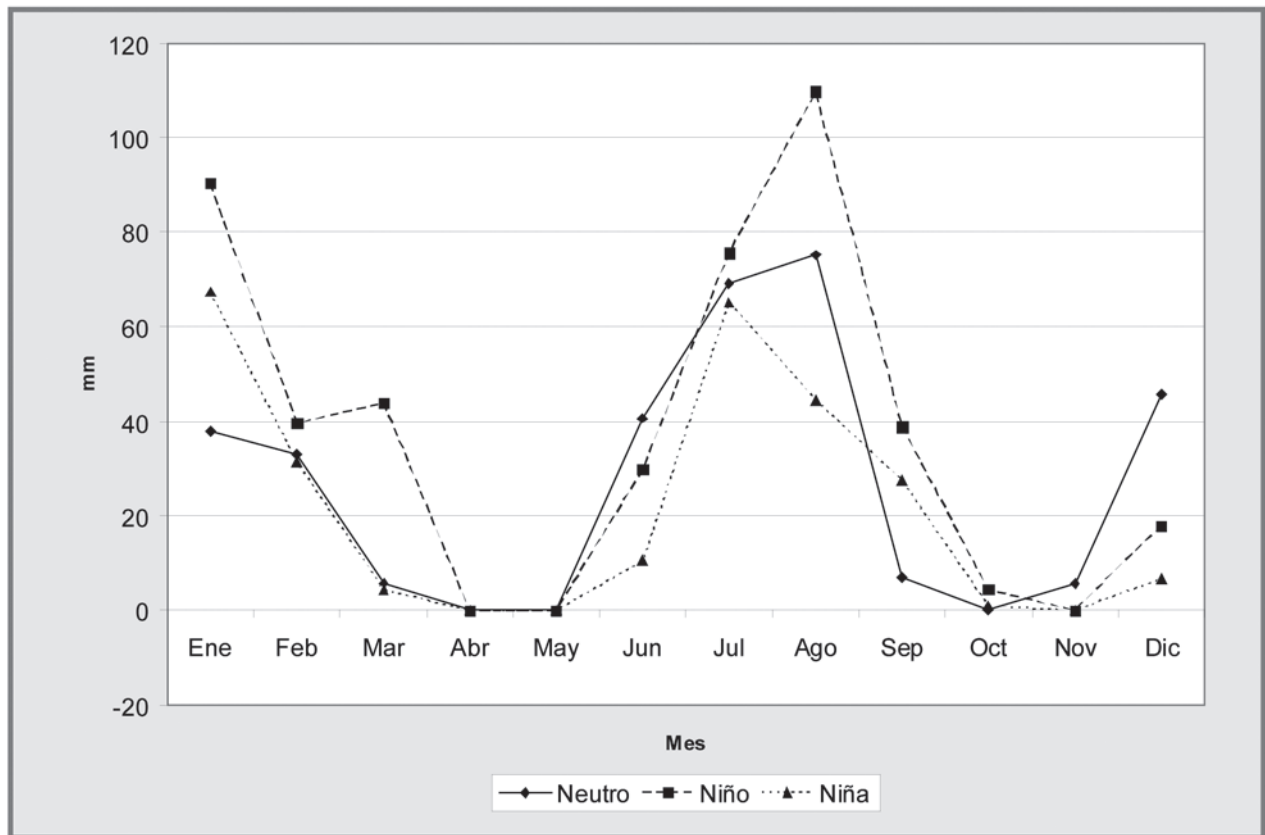


FIGURA 2. REQUERIMIENTOS DE RIEGO DEL PASTO PARÁ, BAJO DIFERENTES ESCENARIOS ENOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ESTACIÓN NATAIMA (EL ESPINAL, TOLIMA)



BIBLIOGRAFÍA

- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO, Riego y Drenaje Nro. 56. Roma.
- FAO. (2008). "Cropwat Software: Decision Support System. Land and Water Development Division of FAO" [en línea], disponible en: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, recuperado: noviembre 17, 2008.
- IDEAM. (2002). "Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia" [en línea], disponible en: <http://www.ideam.gov.co/fenomenonino/DOCUMENTOELNINO.pdf>, recuperado: agosto 3, 2008.
- IPCC. (2007). Resumen para responsables de políticas. En: M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson (Eds.), *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad*. Contribución del grupo de trabajo II al cuarto informe de evaluación del IPCC. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Mesa, O. G., Poveda, F. y Carvajal, Y (1997). *Introducción al clima de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Montealegre, J. y Pabón, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño Oscilación del Sur y su efecto sobre el patrón pluviométrico de Colombia. *Meteorología colombiana*, 2, 7-21.
- Montealegre, J. (1996). *Análisis del comportamiento de la precipitación en Colombia durante los periodos de ocurrencia de los fenómenos El Niño/Oscilación del Sur y anti El Niño*. IV Congreso colombiano de meteorología. IDEAM. Bogotá.
- Monteith, J. L. (Diciembre 16-17, 1985). Evaporation from land surfaces: Progress in analysis and prediction since 1948. Advances in Evapotranspiration, Proceedings of National Conference on Advances in Evapotranspiration. *American Society of Agricultural Engineers*, 4-12. Chicago, Illinois.
- Muslera, E. y Ratera, C. (1991). Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid: Ediciones Mundi, 23- 28.
- NOAA. (2008). "Depiction of the 1997/98 El Niño La Niña impacts" [en línea], disponible en: <http://www.elnino.noaa.gov/impacts.html>, recuperado: noviembre 6, 2008.
- NOAA-CPC. (2008). "Historical El Niño/ La Niña episodes (1950-present)" [en línea], disponible en: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml, recuperado: diciembre 2, 2008.
- Penman, H. L. (1963). Vegetation and hydrology. Commonwealth Bureau of Soils. *Technical Communication*, 53, 125. Harpenden, Reino Unido.
- Peña, A. J., Cortés, E. y Montealegre, F. (2001). Incidencia de los fenómenos El Niño y La Niña sobre las condiciones climáticas del valle del río Cauca. Parte I. Análisis climatológico. *Meteorología colombiana*, 3, 103-118.
- Peña, A. J., Boshell, F., Aguilera, E. y Agudelo, J. (Diciembre, 2008). Caracterización general del clima del centro y norte del Tolima y su relación con insectos plaga. Informe de Avance de resultados presentado a Colciencias. Sometido a la Revista Agronomía Colombiana.

Rosenzweig, C. (2001). Impacts of El Niño and Climate Variability on Agriculture. *ASA Special Publication*, 63, 101-123.

Sierra, J. (2002). *Fundamento para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Thiebaux, H. J. (1994). *Statistical data analysis for ocean and atmospheric sciences*. San Diego: Academic Press.