

Variabilidad espacio temporal de la precipitación en el estado Guárico, Venezuela

Temporary space variability of precipitation in Guarico state, Venezuela

Variabilidade espacial e temporal da precipitação no estado de Guarico, Venezuela

Adriana Cortez¹, María F. Rodríguez¹, Juan C. Rey¹, Francisco Ovalles^U, Walter Gonzalez¹ Raquel M. Parra², Barlin Olivares³ y Jorge Marquina¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP), Recursos Agroecológicos, Apartado postal 4846, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela. ²Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Central de Venezuela, Núcleo Maracay, Maracay, estado Aragua, Venezuela.

Resumen

El conocimiento de la distribución espacial de las lluvias es fundamental para comprender los regímenes de precipitación y poder clasificar áreas de acuerdo a la similitud entre estaciones pluviométricas vecinas; lo cual puede constituir una primera aproximación para dividir el espacio geográfico en áreas con patrones agroecológicos similares. El objetivo del trabajo fue analizar la variabilidad espacio-temporal de la precipitación a partir de datos promedio mensuales y anuales del periodo 1971 al 2000 de las estaciones meteorológicas del estado Guárico y sus alrededores. A las series de registro se les realizó un análisis exploratorio de datos (AED) utilizando el programa estadístico JMP v.6.0. Se efectuaron análisis de correlación de la precipitación con longitud, latitud y altura. Para el análisis espacial se utilizó la geoestadística y la interpolación con el método de Kriging Ordinario (KO), finalmente se generaron en Arcview GIS v.3.2., mapas de distribución espacial de precipitación. El estudio permitió caracterizar en el período 1970-2000 su variabilidad y distribución espacial, donde el comportamiento típico fue la marcada estacionalidad (un periodo lluvioso y un periodo seco bien definido) y la tendencia en general presentó un patrón de distribución espacial que

mostró una gradación de menor a mayor en sentido noreste-sureste, lo cual puso en evidencia la notable influencia de la Zona de Convergencia Intertropical de los vientos Alisios del NE y SE, localizándose esta influencia en la zona sur del estado Guárico.

Palabras clave: convergencia intertropical, precipitación, Guárico, geoestadística.

Abstract

The knowledge of the spatial distribution of rainfall is fundamental to understand precipitation regimes and to classify areas according to the similarity between neighboring rainfall stations; which might constitute a first approximation to divide the geographical space in areas with similar agro-ecological patterns. The objective of this work was to analyze the variability space-patterns of the precipitation by analyzing monthly and annual average data from 1971 to 2000 of meteorological stations of Guarico state and its surroundings. The series of records underwent an exploratory data analysis (EDA) using the statistical program JMP v.6.0. It was performed analysis of correlation of rainfall with longitude, latitude and altitude. For the spatial analysis it was used geostatistics and interpolation with the Ordinary Kriging (OK) method; this allowed generating maps of the spatial distribution of precipitation in Arcview GIS v.3.2. The study allowed characterizing in the period 1970-2000 its variability and spatial distribution, where typical behavior was the marked seasonality (well defined rainy season and dry period) and the trend in general presented a pattern of spatial distribution that showed a gradation from lowest to highest in direction northeast-southeast, which puts in evidence the remarkable influence of the Intertropical Convergence Zone of the trade winds of the NE and SE, finding this influence in the south area of Guarico state.

Key words: intertropical convergence, precipitation, Guarico, geostatistics.

Resumo

O conhecimento da distribuição espacial da precipitação é crucial para regimes de precipitação compreensão e classificar as áreas de acordo com a semelhança entre estações meteorológicas vizinhas; o que pode constituir uma primeira abordagem para dividir espaço geográfico em áreas com padrões agro-ecológicas similares. O objetivo foi analisar a precipitação espaço-temporal dos dados médios mensais e anuais para o período de 1971 a 2000 estações meteorológicas estado Guarico e seus arredores. Uma série de registro foram submetidos a uma análise exploratória de dados (AED) usando o JMP estatística v.6.0 software de análise de correlação de precipitação longitude, latitude e altura foram feitas. Para a análise espacial e método de interpolação geoestatística da Krigagem Ordinária (KO) foi usada, eventualmente, foram gerados no ArcView GIS v.3.2.

Mapas de distribuição espacial da precipitação. O estudo permitiu caracterizar o período 1970-2000 variabilidade e distribuição espacial, onde o comportamento típico foi marcada sazonalidade (período chuvoso e um período seco bem definido) e a tendência geral apresentaram um padrão de distribuição espacial mostrou uma gradação menor para o maior na direção sudoeste-nordeste, que destaca a influência significativa da zona de Convergência Intertropical dos ventos alísios do NE e SE, essa influência está sendo localizado no sul do estado de Guarico.

Palavras-chave: convergência Intertropical, precipitação, Guarico, geoestatística.

Introducción

La variabilidad climática propiamente dicha está relacionada con las fluctuaciones naturales de los elementos climatológicos que se observan y registran en escalas temporales que abarcan desde días hasta algunos años (1 o 2 decenios), con una influencia que alcanza el ámbito de los mesoclimas (1 a 100 km²; Jaimes *et al.*, 2006). En efecto, el concepto de mesoclima está asociado al clima regional, determinado a su vez por un conjunto de elementos y factores que actúan simultáneamente, generando diferentes condiciones ambientales en escalas témporo-espaciales frecuentemente inferiores a los 100 km².

El estado Guárico tiene 16% del total de las tierras agrícolas del país, donde la actividad económica fundamental es la agricultura. Destacan la producción de los rubros de cereales con un potencial moderado y alto para la explotación agrícola y ganadería intensiva o semi-intensiva. El sector agrícola vegetal sobresale en la producción de rubros como el maíz, el sorgo y el arroz, rubros principalmente afectados por la variabilidad de la ocurrencia de lluvias para la zona (Andressen, 2007).

Introduction

The climatic variability is related to natural fluctuations of the climatic elements that are observed and registered in temporal scales that include from some days to some years (1 or 2 decades), with an influence that reaches the mesoclimate (1 to 100 km²) (Jaimes *et al.*, 2006). Indeed, the definition of mesoclimate is related to the regional weather, determined at the same time by some elements and factors that act simultaneously generating different environmental conditions in season-spatial scales frequently inferior to 100 km².

Guarico state has 16% of the total of agriculture lands in the country, where the main economic activity is agriculture. There is a predominance of cereals with a moderate and high potential for the agriculture exploitation and intensive or semi-intensive livestock. The vegetal agriculture stands out by the production of corn, sorghum and rice, products specially affected by the variability of the occurrence of rains for the area (Andressen, 2007).

Knowing the spatial distribution of rains is important to understand the precipitation regimes and classify

El conocimiento de la distribución espacial de las lluvias es fundamental para comprender los regímenes de precipitación y poder clasificar áreas de acuerdo a la similitud entre estaciones pluviométricas vecinas; lo cual puede constituir una primera aproximación para dividir el espacio geográfico en áreas con patrones agroecológicos similares. Con tales fines, el período de registro, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1990), debe ser mayor de 30 años, pero como en las condiciones prácticas del país es difícil conseguir este requerimiento, se podría trabajar con 15 años mínimo y obtenerse resultados aceptables. Según Beckett y Webster (1971) los factores, procesos, sistemas o cuerpos naturales como el clima, el relieve, el suelo, el agua, la vegetación y la misma actividad antrópica exhiben un cambio continuo en el espacio y tiempo. Esta variación depende de la clase de procesos que afecten el sistema, en particular su balance dinámico a lo largo del tiempo y del espacio; es decir, considerando el contexto en el cual tiene lugar o se manifiesta. Burrough (1993) señaló que conocer y entender la variabilidad de los fenómenos naturales es necesario para mejorar el control sobre el ambiente físico del mundo. Si la variabilidad en un fenómeno natural es grande, el grado de control sobre muchas actividades podría ser bajo. Guenni *et al.* (2008) mencionaron que el análisis de los cambios en la precipitación a distintas escalas espaciales y temporales ha sido un tema de suma importancia para Venezuela y a nivel global. El objetivo de este trabajo fue analizar la variabilidad espacio temporal

areas according to the similarities between neighboring raining station, which might constitute a first approximation for dividing the geographic space in areas with similar agroecological patterns. The register period, according to the Worldwide Meteorological Organization (OMM, 1990), must be older than 30 years but since it is difficult to fulfill this requirement due to the practical conditions of the country, the minimum of years could be 15 and still acceptable results will be obtained. According to Beckett and Webster (1971) the factors, processes, systems or natural bodies such as weather, relief, soil, water, vegetation and the same anthropic activity present a continuous change in the space and time. This variation depends on the type of processes that affect the system, particularly on its dynamic balance throughout the time and space; that is, considering the context where it takes places. Burrough (1993) mentioned that knowing and understanding the variability of natural phenomena is necessary to improve the control on the physical environment of the world. If variability is a big natural phenomenon, the control degree on many activities may be low. Guenni *et al.* (2008) mentioned that the analysis of changes in the precipitation at different spatial and temporal scales has been a very important topic in Venezuela and Worldwide. The aim of this research was to analyze the spatial-temporal variability of precipitation in Guarico state after the monthly and annual average data from 1971 to 2000 of the meteorological stations of the National

de la precipitación del estado Guárico a partir de datos promedios mensuales y anuales del período 1971 al 2000 de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA), Fuerza Aérea Bolivariana (FABoV), y Universidad Central de Venezuela (UCV).

Materiales y métodos

Para determinar la variabilidad espacial y temporal de la precipitación en el estado Guárico, se emplearon valores promedios mensuales a partir de datos diarios y datos de promedios anuales de precipitación, calculados a partir de promedios mensuales, registrados por las estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), la Fuerza Aérea Bolivariana de Venezuela (FABoV), el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA) y la Universidad Central de Venezuela (UCV), para el periodo 1971 al 2000, en 75 estaciones meteorológicas y pluviométricas, localizadas en el estado Guárico y sus alrededores como se muestra en la figura 1.

A la data de precipitación, correspondiente a las estaciones antes referidas, se le realizó un análisis previo de control de calidad (Parra y Cortez, 2006); para establecer la proporción de datos faltantes, identificar valores extraños y observar el comportamiento de esos datos de precipitación según la distribución de las series, lo que permitió una selección de las 75 estaciones con una adecuada longitud de registros y valores dentro de rangos aceptables para garantizar resultados confiables.

Institute of Agricultural Research (INIA), Popular Minister Office for the Environment (MPPA), Air Bolivarian Force (FABoV) and Universidad Central de Venezuela (UCV).

Materials and methods

To determine the spatial and temporal variability of precipitation in Guarico state, monthly average values were employed after daily data and annual average data of precipitation, calculated after monthly averages and registered by the stations of the National Institute of Agricultural Research (INIA), Popular Minister office for the Environment (MPPA), Air Bolivarian Force (FABoV) and Universidad Central de Venezuela (UCV), from 1971 to 2000, in 75 meteorological and rainfall stations located in Guarico state and its surroundings, as shown in figure 1.

The precipitation data corresponding to the stations mentioned above underwent an analysis before the quality control (Parra and Cortez, 2006) in order to establish the proportion of the missing data, identify the unusual values and observe the behavior of the precipitation data according to the series distribution, which allowed selecting 75 stations with an adequate number of registers and values inside the acceptable ranks to guarantee trustworthy results.

Due to the importance of having information generated in a precise geographic area, a relevant aspect according to Jones (1987) would be to have quality control of the location of

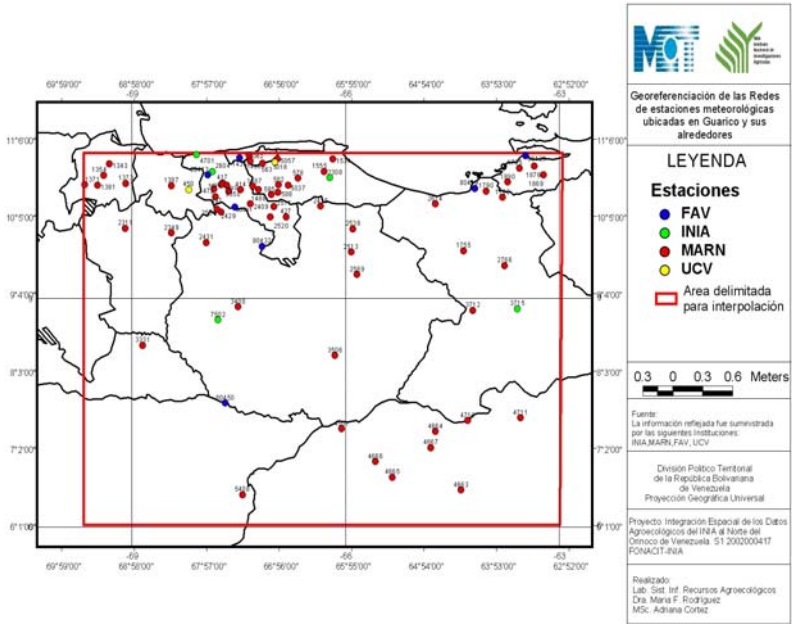


Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas del estado Guárico y sus alrededores.

Figure 1. Location of the meteorological station of Guárico state and its surroundings.

Dada la importancia de tener una información generada en un punto geográfico preciso, un aspecto relevante es contar con el control de calidad de la ubicación de las estaciones meteorológicas según Jones (1987); para esto se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG) Arcview v.3.2 ESRI (1996), en el cual se incorporó la información de longitud, latitud y altitud de cada una de las estaciones meteorológicas, así como la información general que las identifica; es decir, nombre, estado, código y tipo de estación. Una vez visualizada en el SIG, la capa con los puntos de ubicación de cada estación, con la ayuda de

these meteorological stations, for this reason, the information of longitude, latitude and altitude of each of the meteorological stations was incorporated, as well as the general information that identify them; that is, name, state, code and type of station. Once visualized the station with the location information and using the SIG and the planimetric information of the Information System of Agroecological Areas of INIA (SIAA), and according to Rodríguez *et al.* (2012) it was proceeded to validate the location of the station, verifying the information of latitude and longitude of each of them.

la capa planimétrica del Sistema de Información de las Áreas Agroecológicas del INIA (SIAA), de acuerdo a lo indicado por Rodríguez *et al.* (2012), se procedió a validar la ubicación de las estaciones, comprobando la información de latitud y longitud de cada una de ellas.

Todos los datos de precipitación, promedios mensuales y anuales fueron sometidos a un análisis exploratorio de datos (AED), para lo cual se utilizó el programa estadístico JMP v.6.0. SAS (2001); se obtuvieron los estadísticos descriptivos (media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, curtosis, asimetría, valores máximos y mínimos y el 1er y 3er cuartil) y la presencia de valores atípicos observados. Además se realizó un análisis de correlación de la precipitación con longitud, latitud en coordenadas UTM y la altura.

El análisis espacial se realizó aplicando la geoestadística para lo cual se utilizó el programa Vesper v.1.62 Minasny (2005); donde se construyeron los semivariogramas experimentales; los cuales fueron ajustados a modelos esféricos, sirviendo de base para la interpolación y generación de isolíneas para todo el estado Guárico y sus zonas aledañas. El método utilizado para la interpolación fue el de Kriging Ordinario (KO) en bloques de 5.000 m de lado, que utiliza el criterio de minimización de la estimación de la varianza. Este método asume, que la distancia o la dirección entre puntos de la muestra, refleja una correlación espacial que puede ser usada para explicar la variación en la superficie, así como el mapa de las varianzas de la interpolación realizada. Finalmen-

All the precipitation data, monthly and annual averages were submitted to an exploratory data analysis (EDA) using the statistical software JMP v.6.0. SAS (2001); obtaining the descriptive statistics (mean, variance, standard deviation, variation coefficient, kurtosis, asymmetry, maximum and minimum values and the 1st and 3rd quartile) and the presence of atypical values observed. Additionally, a correlation analysis of precipitation was performed with the longitude, latitude in coordinates UTM and height.

The spatial analysis was done applying the geostatistic using the software Vesper v.1.62 Minasny (2005); building the experimental semivariograms, which were adjusted to spherical models, being the base for the interpolation and generation of isolines for all Guarico state and its surroundings. The method used for the interpolation was Ordinary Kriging (KO) in blocks of 5,000 m, using the minimization criteria of the variance estimation. This method assumes that the distance or direction among the sampling points show a spatial correlation that might be used to explain the variation in the surface, as well as the variance map of the interpolation performed. Finally, the precipitation maps were generated and edited in Arcview v.3.2 and the distribution and spatial variability were examined.

Results and discussion

The results of the EDA are shown on table 1, there are expressed the values for the annual precipitation

te se generaron y editaron en Arcview v.3.2 los mapas de precipitación con base a los cuales se pudo examinar la distribución y variabilidad espacial de la misma.

Resultados y discusión

Los resultados del AED se muestran en el cuadro 1, allí se reflejan los valores para el promedio anual de precipitación, del mes más seco (febrero) y el mes más húmedo (agosto), de todas las estaciones evaluadas para el estado Guárico y sus alrededores. Al analizar los valores de asimetría y curtosis se evidenció que la precipitación promedio anual tuvo una distri-

average of the driest month (February) and the wettest month (August) of all the stations evaluated in Guarico state and its surroundings. Analyzing the asymmetry and kurtosis, it was observed that the annual average precipitation had a slightly positive asymmetry due to the presence of extreme values superior to the mean and underpinning coefficient or kurtosis that indicated a higher distribution than the normal, this agreed to Paredes *et al.* (2014), where 56% of the evaluated stations with precipitation data for the area showed positive kurtosis, indicating that there was not any predominance of the stations, which annual precipitation values ten-

Cuadro 1. Parámetros estadísticos de la precipitación promedio anual y mensual (febrero y agosto) del estado Guárico y sus alrededores para el periodo 1970-2000.

Table 1. Statistical parameters of the annual and monthly precipitation average (February and August) of Guarico state and its surroundings for the period 1979-2000.

	Promedio anual	Mes más seco (febrero)	Mes más húmedo (agosto)
Media	1.335,2	11,6	240,9
D.E.	405,7	10,9	79,2
N	76,0	73,0	77,0
Asimetría	1,0	1,3	0,8
Kurtosis	1,5	1,0	0,5
CV	29,9	94,0	32,9
P100 (máximo)	2.809,2	42,7	462,3
P75 (3er Cuartil)	1.584,6	15,8	279,4
P50 (mediana)	1.228,6	8,5	224,9
P25 (1er Cuartil)	1.065,0	3,6	189,8
P0 (mínimo)	525,0	0,4	91,0

N= número de observaciones; D.E.= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; P100= valor máximo; P0= valor mínimo; P75= 3er cuartil; P25 = 1er cuartil; P50= mediana.

bución ligeramente asimétrica positiva debido a la presencia de valores extremos superiores a la media y un coeficiente de apuntalamiento o curtosis que indicaron una distribución más elevada que la normal, coincidiendo con lo reportado por Paredes *et al.* (2014), donde el 56% de las estaciones evaluadas con datos de precipitación para la zona mostraron una curtosis positiva, indicando que no hubo un predominio de estaciones, cuyos valores de precipitación anual tendieron a concentrarse en torno a la precipitación promedio anual. Los valores de precipitación promedio anual estuvieron entre 525 y 2.800 mm, con un coeficiente de variación que reflejó una baja variabilidad ($CV=29,9\%$); es decir, los datos no fueron muy distintos en relación con la media.

En cuanto a la estacionalidad, se presentó un período lluvioso bien definido el cual fue desde mayo a octubre y un período seco de noviembre hasta abril, donde el patrón de precipitación para el estado presentó un solo máximo y definió al mes de agosto como el más lluvioso, con 240,9 mm y un solo mínimo que definió al mes de febrero como el mes más seco con 11,6 mm.

Para el caso particular de las estaciones ubicadas en el estado Guárico, se observa en el figura 2, la variabilidad interanual, entre el período 1970-2000, la lámina total anual fue muy variable, siendo el año 1979 uno de los más lluviosos para la serie y el año 1973 el más seco. Cabe resaltar que el 58% de los años evaluados resultaron por debajo del promedio anual de precipitación para el estado (1.035 mm); y en la figura 3 se muestra la distribución mensual de la precipitación de

ded to concentrate around the annual precipitation average. The values of the annual precipitation average were from 525 to 2,800 mm, with a variation coefficient that showed low variability ($CV=29.9\%$); that is, the data was not too different in relation to the mean.

Regarding the season, there was a well-defined rainy period which was from May to October, and a dry period from November to April where the precipitation pattern for the state only presented one maxima and defined August as the rainiest month, with 240.9 mm and only one minimum that defined February as the driest month with 11.6 mm.

In relation to the stations located in Guarico state, it is observed in figure 2 the inter-annual variability between 1970-2000, the total annual lamina varied a lot, being 1979 one of the rainiest year, and 1973 the driest. It should be said that 58% of the years evaluated were under the annual precipitation average for the state (1.035 mm), and in figure 3 is observed the monthly precipitation distributions of these stations, evidencing a well-defined period that occurred from May to October and a dry period from November to April, where the precipitation patter for the state only presented one maxima and defined August as the rainiest month with an average of 199.5 mm and February as the driest with 3.8 mm. This agreed to Martelo (2002) on the rain behavior where the months of the dry season, January, February and March, and at 6° N values inferior to 50 mm were presented. In May and October, the rainy season has been well-established to the center and south of the country,

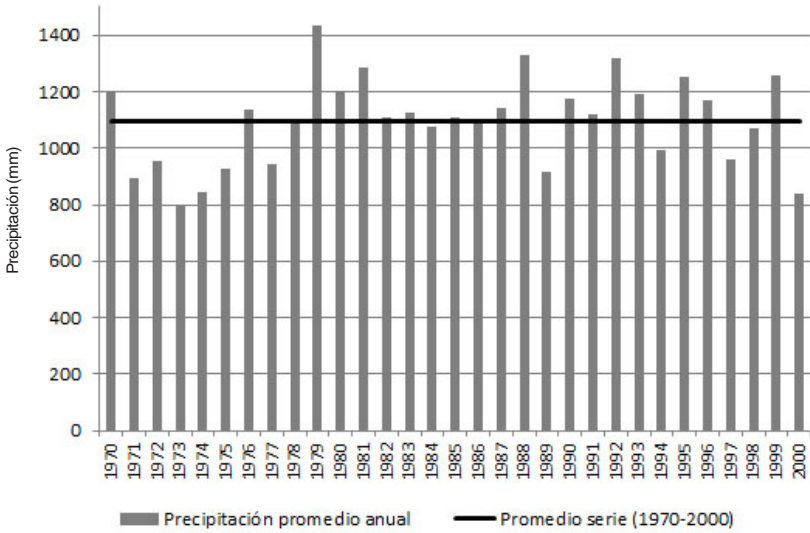


Figura 2. Variación interanual de la precipitación del estado Guárico periodo 1970-2000.

Figure 2. Inter-annual variation of the precipitation in Guarico state for the period 1970-2000 .

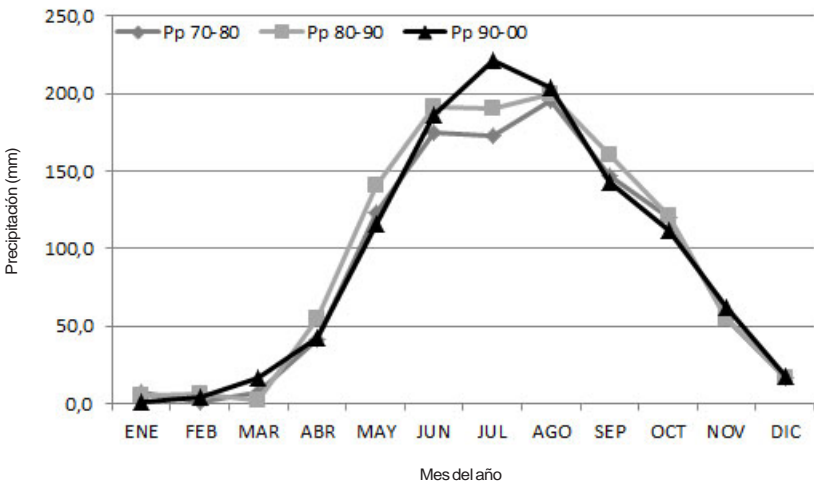


Figura 3. Promedio mensual de la precipitación, para las décadas 70-80, 80-90 y 90-00 de la precipitación del estado Guárico.

Figure 3. Monthly average of precipitation for the decades 70-80, 80-90 and 90-00 of Guarico state.

dichas estaciones donde se observó un periodo lluvioso bien definido el cual fue desde mayo a octubre y un periodo seco de noviembre hasta abril, donde el patrón de precipitación para el estado presentó un solo máximo y definió al mes de agosto como el más lluvioso con un promedio de 199,5 mm y febrero como el más seco con 3,8 mm. Coincidiendo con lo reportado por Martelo (2002), sobre el comportamiento de las lluvias, los meses de la temporada seca, enero, febrero y marzo, a los 6° N se presentaron valores menores a 50 mm. En mayo y octubre ha estado bien establecida la temporada lluviosa al centro y sur del país, con núcleos mayores a 600 mm.

Con la finalidad de observar si existían diferencias entre las tres décadas existentes en la serie evaluada en esta misma figura se evidenció que el comportamiento fue similar con el mes de agosto con valores de 195,4 y 199,4 mm para las décadas 70-80 y 80-90, respectivamente y de 221,6 mm para la década 90-00; con respecto al periodo seco el comportamiento para las décadas fue variable estando entre los meses de enero, febrero y marzo.

Los datos de precipitación promedio anual de todas las estaciones de Guárico y sus alrededores fueron sometidos a análisis geoestadístico, y se obtuvieron los semivariogramas experimentales y teóricos, en las cuales se apreció un efecto transitivo y anidado, caracterizado por un incremento de la semivarianza a medida que aumentó la distancia hasta estabilizarse, y un nuevo incremento de la semivarianza por efecto de la escala de variación (figura 4).

with nucleus higher to 600 mm. With the aim of observing if there were differences among the existing decades in the evaluated series, in the same figure it was observed that the behavior was similar to August, with values from 195.4 to 199.4 mm for the decades 70-80 and 80-90; respectively, and 221.6 mm for the decade 90-00; regarding the dry period, the behavior for the decades varied from January, February and March.

The data of the annual precipitation average of all the stations of Guarico and its surroundings were submitted to a geo-statistical analysis and the experimental and theoretical semivariograms kept, where was observed a transitive and nested effect, characterized by an increment of the semivariance as the distance increased until its stabilization, and a new increment of the semivariance by effect of the variation scale (figure 4).

The results of the adjustments of semivariograms are shown on table 2, where the dependence spatial Rank was 147240 degrees, and a randomized variance proportion (%Co) of 42.75%, indicating a weak spatial dependence.

In table 3 and figure 5 are observed the relation between the precipitation variable to the North UTM (UTM-N), East UTM (UTM-E) and height; the lineal association was highly significant between the precipitation and UTM N ($r = -0.3114$). The relations between precipitation and height and precipitation and UTM E were significant, the latter because there was not a relation between the behavior of the rain in the direction East-West of vice versa by effect of the convergence of trade winds of NE and SE.

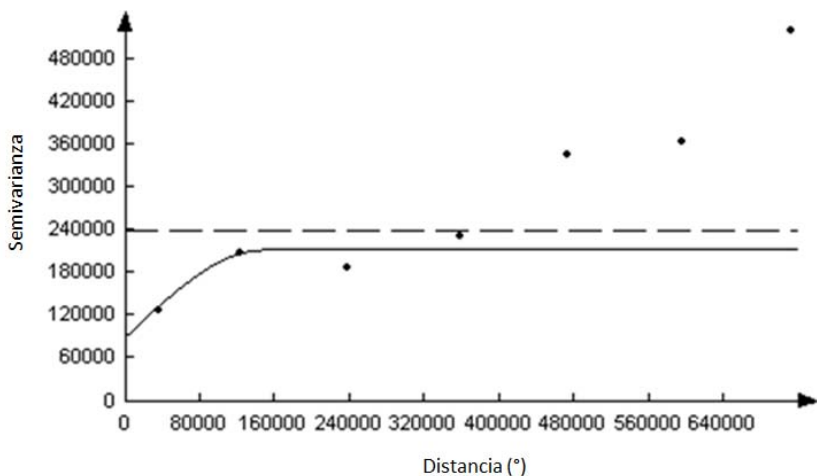


Figura 4. Semivariograma experimental (-) y teórico (l) para la precipitación promedio anual del estado Guárico.

Figure 4. Experimental semivariogram (-) and theoretical (l) for the average annual precipitation of Guarico state.

Los resultados de los ajustes de los semivariogramas se muestran en el cuadro 2. Donde el rango de dependencia espacial fue de 147240 grados y una proporción de varianza aleatoria (%Co) de 42,75%, indicando una débil dependencia espacial.

In figures from 6 to 11 is observed the distribution of the monthly and annual precipitation after the spatial interpolation of the data with Kriging method. The precipitation in February (driest month) was inferior to 20 mm in 80% of the state surface, and in the

Cuadro 2. Parámetros de los semivariogramas para la precipitación promedio anual, del estado Guárico y sus alrededores período 1970-2000.

Table 2. Parameters of semivariograms for the annual average precipitation of Guarico state and its surroundings for the period 1970-2000.

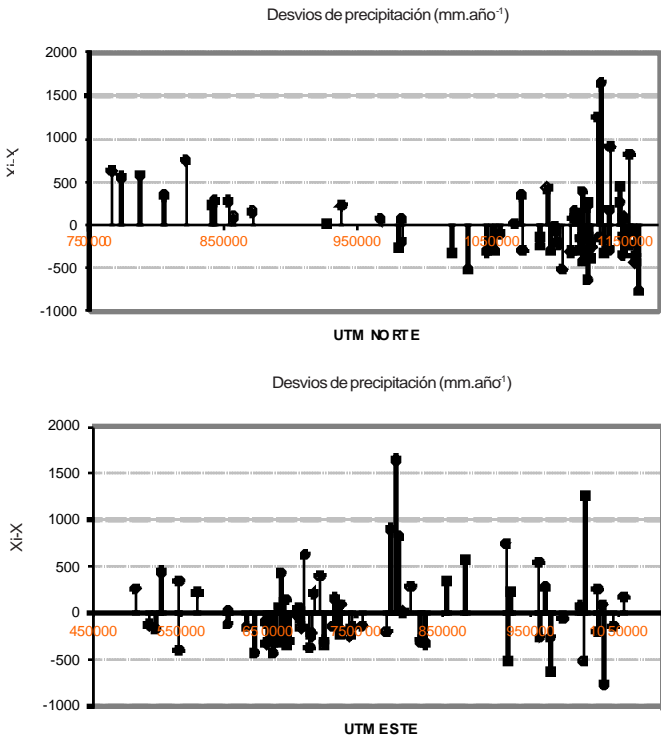
Variable	Modelo	A (°)	Co	Co+C	Co relativa (%)
PPanual	Esférico	147240	91152	213208	42,75

PPanual: precipitación anual; A: rango de dependencia espacial (°); Co: varianza aleatoria; C: varianza estructural; Co+C: umbral o Sill; %Co: proporción de varianza aleatoria.

Cuadro 3. Análisis de correlación lineal simple de la precipitación del estado Guárico y sus alrededores período 1970-2000.

Table 3. Analysis of the simple linear correlation of precipitation for Guarico state and its surroundings for the period 1970-2000.

Variable	Por	Correlación	N° OBS.	PROB.SIG	Grafico de CORR.
Precipitación	UTM N	-0,3114	75	0,0065	
Precipitación	UTM E	0,0928	75	0,4285	
Precipitación	Altura	-0,2025	75	0,0815	



\bar{X}_i : promedio anual de precipitación (1970-2000) de las estaciones georeferenciadas,
 \bar{X} : promedio anual general de precipitación (1970-2000).
 Valores por encima y por debajo de la línea 0 indican láminas de precipitación promedio anual para la región en estudio (estado Guárico y sus alrededores).

Figura 5. Relación entre las variables precipitación con la UTM Norte, UTM Este y altura.

Figure 5. Relation between precipitation variables with North UTM, East UTM and height.

En el cuadro 3 y figura 5, se observa el grado de relación que hubo entre la variable precipitación con la UTM Norte (UTM-N), UTM Este (UTM-E) y altura; la asociación lineal fue altamente significativa entre precipitación y UTM N ($r = -0,3114$). Las relaciones entre precipitación y la altura, y la precipitación y la UTM E resultaron no significativas, esta última debido a que no hubo una relación entre el comportamiento de las lluvias en el sentido Este-Oeste o viceversa por efecto de la convergencia de los vientos Alisios del NE y SE.

En las figuras 6 a la 11 se observa la distribución de la precipitación mensual y anual a partir de la interpolación espacial de los datos con el método de Kriging. La precipitación en febrero (mes más seco) fue inferior a 20 mm en un 80% de la superficie del estado y el 20% restante ubicado en la región noreste la precipitación alcanzó valores entre 40 y 60 mm (figura 6).

En la figura 7, se observa el patrón de distribución espacial del mes más lluvioso (agosto) con valores que variaron entre 175 a 419 mm, encontrándose hacia el sur del estado precipitaciones alrededor de los 400 mm. En la zona centro-norte se presentaron valores hasta de 250 mm ocupando un 60% del área evaluada y el resto presentó valores entre 200 y 378 mm.

En las figuras 8, 9, y 10 se observa la distribución espacial de la precipitación para los meses de mayo, junio y julio, los cuales presentaron un intervalo entre 200 a 378 mm. Dichos valores de precipitación en los meses anteriormente mencionados podrían suplir los requerimientos de agua du-

rest of 20% located in the north-east region the precipitation reached values from 40 to 60 mm (figure 6).

In figure 7 is observed the spatial distribution pattern of the rainiest month (August) with values that varied from 175 to 419 mm, and in the south of the state the precipitation was approximately 400 mm. In the center-north area, were observed values of 250 mm occupying 60% of the evaluated areas, and the rest presented values from 200 to 378 mm.

In figures 8, 9 and 10 are observed the spatial precipitation distribution for May, June and July, which had an interval from 200 to 378 mm. These precipitation values in the months mentioned might supply the water requirements during the growing periods of cereal crops such as rice and corn on their main sowing areas, southeast, northwest, center and northeast of the state.

In figure 11 is observed the spatial distribution of the annual total precipitation, evidencing that $\frac{3}{4}$ of the evaluated years, corresponding to 80% of Guarico state, exhibited precipitation values from 800 mm to 1,400 mm to the South, and values from 1,500 to 2,100 mm to the south of the state (southeast and southwest). This distribution corroborated the one presented by Marvez (2005), who established that the area evolving the Eastern Plains named as dry to very dry, had an annual precipitation that varied from 700 to 1,600 mm, and the plains known as the driest in the center-western area of Guarico varied from 400 to 1,300 mm.

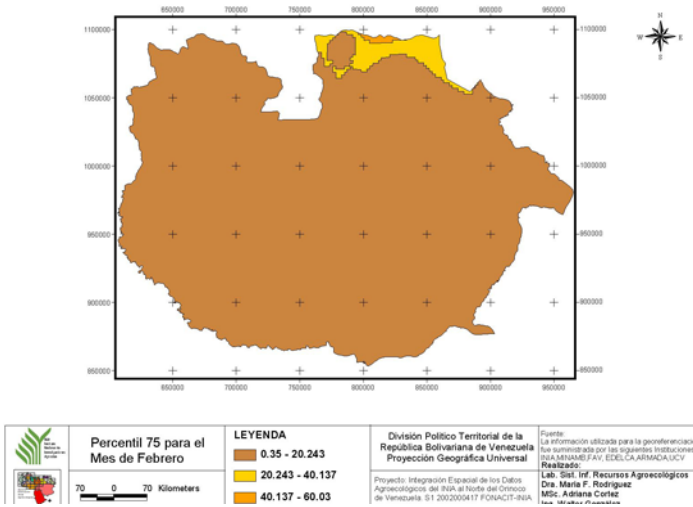


Figura 6. Mapa de distribución de la precipitación (P75%) para el mes más seco (febrero) en el estado Guárico, Venezuela.

Figure 6. Map of the precipitation distribution (P75%) for the driest month (February) in Guarico state, Venezuela.

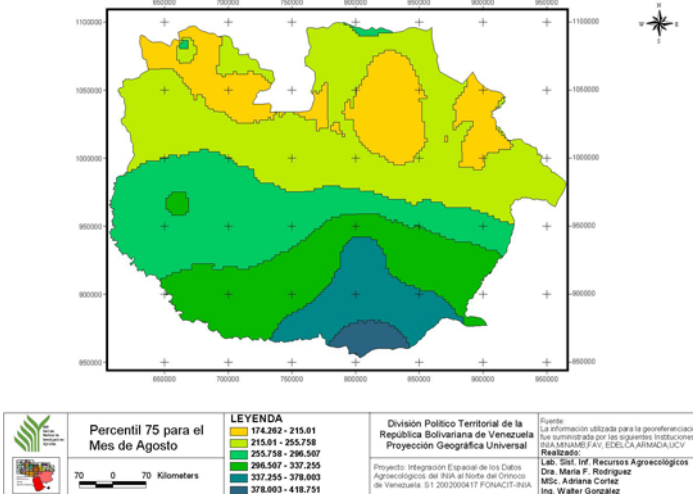


Figura 7. Mapa de distribución de la precipitación (P75%) para el mes más húmedo (agosto) en el estado Guárico, Venezuela.

Figure 7. Map of the precipitation distribution (P75%) for the wettest month (August) in Guarico state, Venezuela.

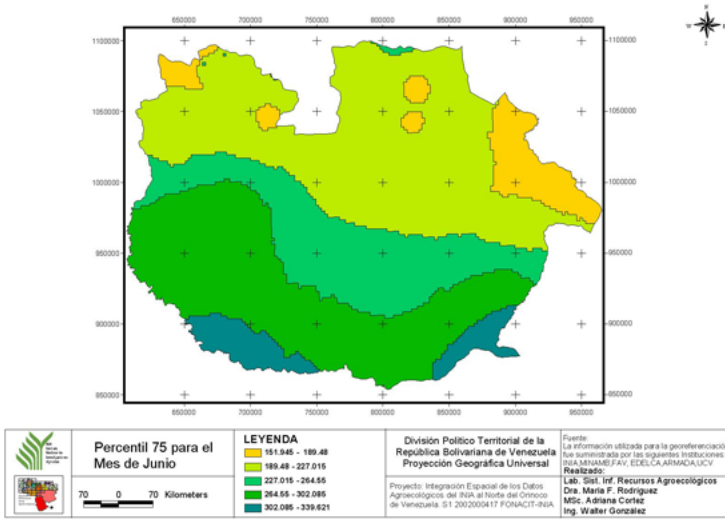


Figura 8. Mapa de distribución de la precipitación (P75%) para el mes de mayo en el estado Guárico, Venezuela.

Figure 8. Map of the precipitation distribution (P75%) for May in Guarico state, Venezuela.

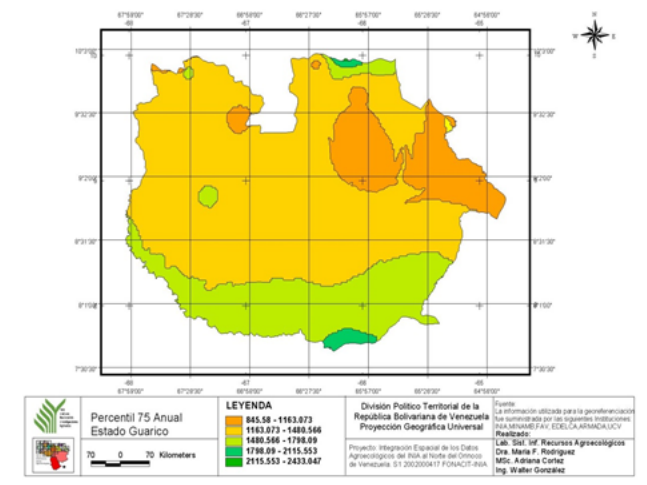


Figura 9. Mapa de distribución de la precipitación (P75%) para el mes de junio en el estado Guárico, Venezuela.

Figure 9. Map of the precipitation distribution (P75%) for June in Guarico state, Venezuela.

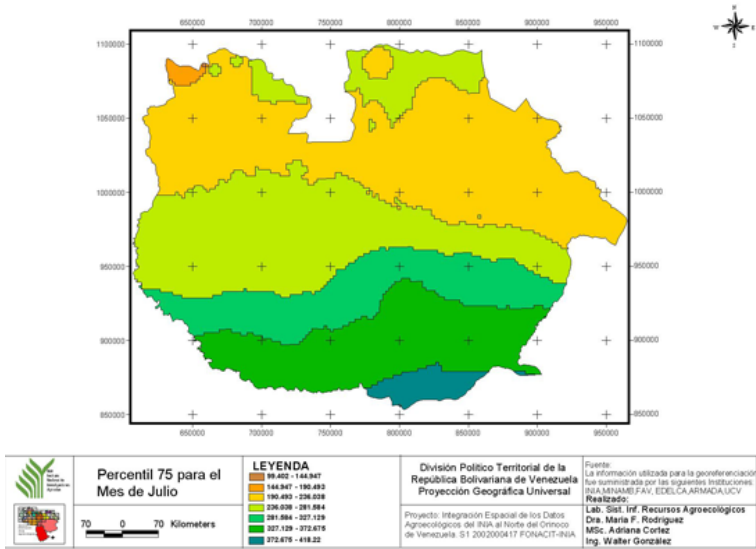


Figura 10. Mapa de distribución de la precipitación (P75%) para el mes de julio en el estado Guárico, Venezuela.

Figure 10. Map of the precipitation distribution (P75%) for July in Guarico state, Venezuela.

rante el periodo de crecimiento de los cultivos cereales como el arroz y el maíz en sus principales zonas de siembra, región sureste, noroeste, centro y noreste del estado.

En la figura 11, se observa la distribución espacial de la precipitación total anual, pudiendo apreciarse que las 3/4 de los años evaluados, para el ámbito del 80% del estado Guárico, exhibió valores de precipitaciones entre 800 mm hasta 1.400 mm, hacia la zona sur; y valores entre 1.500 y 2.100 mm, hacia la zona sur del estado (sureste y suroeste). Esta distribución corroboró la mostrada por Marvez (2005), quien estableció que el área que comprende los llanos orientales denominados secos a muy secos la precipitación anual varió de 700 a 1.600 mm

Conclusions

The spatial temporal research of precipitations after rainfall data in Guarico state allowed characterizing the rain variability and its distribution in the period 1970-2000, where the typical behavior is the marked season (a rainy period and a well-defined dry period) and where the general tendency of the state showed a spatial distribution pattern with a degradation that goes from low to high

End of english version

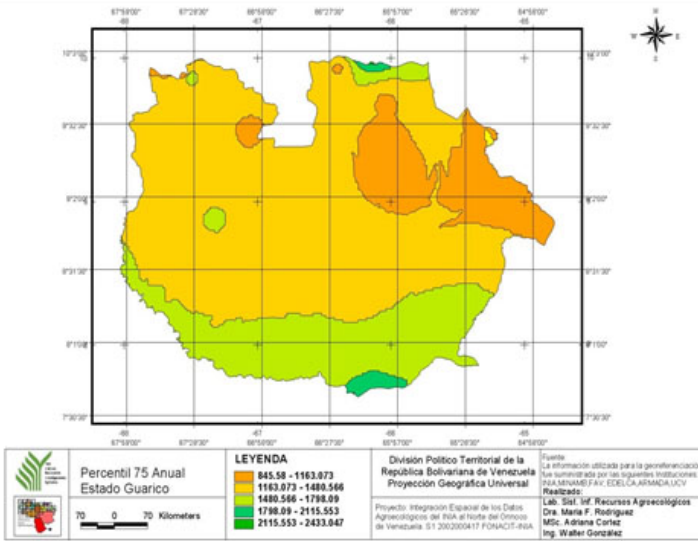


Figura 11. Mapa de distribución (P75%) total anual en el estado Guárico, Venezuela.

Figure 11. Map of the total annual distribution (P75%) in Guárico state, Venezuela.

y los llanos denominados como más secos en el centro occidente del estado Guárico varío de 400 a 1.300 mm.

Conclusiones

El estudio espacio temporal de las precipitaciones a partir de datos pluviométricos en el estado Guárico permitió caracterizar la variabilidad de las lluvias y la distribución de las mismas en el periodo 1970-2000, donde el comportamiento típico es la marcada estacionalidad (un periodo lluvioso y un periodo seco bien definido) y donde la tendencia en general del estado mostró un patrón de distribución espacial con una gradación que va de menor a mayor en sentido noreste a sureste. Lo cual pone en evidencia la notable in-

fluencia de la Zona de Convergencia Intertropical de los vientos Alisios del NE y SE, localizándose este influencia en la zona sur del estado Guárico.

Literatura citada

Andressen, R. 2007. Circulación atmosférica y tipos de clima. p. 238-328. *En: Geo Venezuela 2*. Fundación Empresas Polar. Editorial Exlibris. Caracas.

Beckett, P. and R. Webster. 1971. Soil variability. *Rev. Soil and Fertilizers* 34(1):1-15.

Burrough, P. 1993. Soil variability: a late 20th century view. *Rev. Soil and Fertilizers* 56(5):529-562.

ESRI. 1996. Arc View GIS. The geographic information system for everyone. Versión 3.2. by ESRI. Product ID: 825921104087.

- Guenni, L., E. Degryze y K. Alvarado. 2008. Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Rev. Col. Es.* 31(1):41-65.
- Jaimes, E., N. Pineda y G. Mendoza. 2006. Homogeneidad mesoclimática de algunas zonas de vida de Venezuela. *INTERCIENCIA* 31(11):772-778.
- Jones, P. 1987. Current availability and deficiencies in data relevant to agro-ecological studies in the geographic area covered by the IARCs. p. 69-111. *In: Agricultural Environments. Proceedings of the Rome workshop on agro-ecological classification and mapping.* Bunting, CAB, International. Wallingford, UK.
- Martelo, M. 2002. Informe técnico: Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela. Universidad Central de Venezuela/Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología—Dirección General de Cuencas Hidrográficas, Caracas. Venezuela. 72 p.
- Marvez, P. 2005. Rasgos climáticos de los Llanos de Venezuela. p. 49-56. *En: Hettier J. y R. López (Eds.). Tierras Llaneras de Venezuela, IRD-CIDIAT-UNELLEZ.* Editorial Venezolana. Mérida. Venezuela.
- Minasny, B., A. Mcbratney and B. Whelan. 2005. *Vesper Version 1.62.* Australian Centre For Precision Agriculture, Mcmillan Building A05, The University of Sydney. Australia.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 1990. *Guía de prácticas climatológicas.* OMM-Nº100. Ginebra. Suiza. 63 p.
- Parra, R. y A. Cortez. 2006. Control de calidad de las series de precipitaciones de las estaciones del INIA-Venezuela en el periodo 1970-2000. *Rev. Arg. Agromet.* 5-6:63-73.
- Paredes, F., F. La Cruz y E. Guevara. 2014. Análisis regional de frecuencia de las sequías meteorológicas en la principal región cerealera de Venezuela. *Bioagro* 26(1):21-28.
- Rodríguez, M., A. Cortez, J. Rey, M. Nuñez†, F. Ovalles†. 2012. Informe Proyecto: Integración espacial de los datos agroecológicos del INIA al norte del Orinoco de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-(FONACIT-S1:2002000147). Maracay, Venezuela. 376 p.
- SAS Institute, Inc. 2001. *Statistics and graphic guide - JMP® v 6.* SAS Inst., Inc, SAS Campus Drive, Cary, NC.