

Análisis espacio temporal de la precipitación del estado Anzoátegui y sus alrededores

Time-space analysis of rainfall in state of Anzoategui and surrounding

María F. Rodríguez¹, Adriana Cortez¹, Barlin Olivares², Juan C. Rey¹, Raquel Parra³ y Deyanira Lobo³

^{1 y 2}Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) e INIA Anzoátegui, respectivamente. ³Profesoras. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Apdo. 4579. Maracay 2101A, estado Aragua. Venezuela. Correo electrónico: mfrdriguez@inia.gob.ve

RESUMEN

En el estado Anzoátegui, la variabilidad en los totales de precipitación ha generado cambios en la actividad agrícola de secano, provocando alteraciones en los rendimientos de los principales cultivos de la zona. Con la finalidad de analizar la variación espacio-temporal de la precipitación del estado Anzoátegui, entre los años 1970 al 2000, se utilizaron los registros de precipitación de 64 estaciones del área de influencia del estado. Los datos fueron sometidos a un análisis exploratorio y geoestadístico para el entendimiento básico de la distribución de las series y así generar mapas de la variación espacial de la precipitación en las décadas de 1970 a 1980, 1980 a 1990 y 1990 a 2000. Los resultados indicaron que el estado Anzoátegui presentó precipitaciones anuales que se incrementaron y se concentraron hacia la zona sur del estado, observándose una variación temporal en los totales anuales de precipitación a lo largo de las tres décadas, reflejada en una disminución de la precipitación anual (100 a 350 mm) en más del 60% del área (zona sur-oeste del estado) y un incremento en más del 35% del estado (zona nor-este). Así mismo, se apreciaron cambios en la estacionalidad interanual, en las décadas del 70 y 80 existía una mayor distribución de las lluvias en el período lluvioso (mayo a octubre), mientras que en la década de los 90 las precipitaciones se concentraron más entre los meses de junio a septiembre.

Palabras clave: precipitación, variación espacio-temporal, estacionalidad interanual, geoestadística.

ABSTRACT

In the state of Anzoategui, variability in the rainfall records has led to changes in the activity of rainfed farming, causing alterations in yields of major crops of the area. To analyze space - temporary variation of rainfall in Anzoategui state, between the years 1970 to 2000, rainfall records of 64 stations of the area of influence of the state were used. Data were subjected to exploratory and geostatistical analysis methods, to understand distribution of the series and make maps of spatial variation of the rainfall in the decades of 1970 - 1980, 1980 - 1990 and 1990 - 2000. Results indicated that state of Anzoátegui had annual rainfall that will increase toward the southern region of the state, a temporal variation was observed in the records of precipitation over the three decades, reflected in a decreasing of annual rainfall (100 - 350 mm) in more than 60% of the area (south - west of the state) and an increase in more than 35% of the state (north - east). Likewise, changes were observed in the inter-annual seasonal, in the 70s and 80s there was a greater distribution of rainfall in the rainy season (May - October), while that in the decade of 90s, the rainfall is concentrated between the months of June - September.

Key words: precipitation, variation space-temporary, seasonal inter-annual, geostatistics.

INTRODUCCIÓN

Las variables climáticas conforman una parte fundamental del ecosistema agrícola. El conocimiento de su comportamiento, cambios temporales, asociaciones e interrelaciones con otros componentes del sistema como cultivo, plagas, enfermedades, entre otros; facilita la planificación agropecuaria, permitiendo una mejor utilización de los recursos (Rodríguez y Messina, 1998).

El conocimiento de la distribución espacial de las lluvias representa un aspecto fundamental para comprender de manera descriptiva los regímenes de precipitación; así como también, la obtención de la clasificación de áreas de acuerdo a la similitud entre estaciones pluviométricas vecinas. En general, las precipitaciones anuales han experimentado un incremento importante en diversas regiones del mundo (Lobo *et al.*, 2010). El análisis de los cambios en la precipitación a distintas escalas espaciales y temporales, es un tema de suma importancia para Venezuela y para el mundo (Guenni *et al.*, 2008).

En el estado Anzoátegui, el incremento de la cantidad de precipitación y la variabilidad ha generado cambios en la actividad agrícola de secano, provocando alteraciones en los rendimientos de los principales cultivos de la zona. El análisis espacio-temporal de variables climáticas es de suma importancia para poder comprender el comportamiento de fenómenos naturales que varían en el tiempo y el espacio, influenciadas por el medio físico que las rodea, es una herramienta de gran utilidad para variadas disciplinas y sirve para la toma de decisiones que pueden afectar las actividades humanas (Olivare *et al.*, 2013).

El presente estudio tiene como objetivo analizar la variación espacio-temporal de la precipitación en el estado Anzoátegui, para el período 1970 al 2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado Anzoátegui está ubicado en la región de los llanos venezolanos, caracterizada por extensas planicies aluviales de topografía plana, entre la desembocadura del río Orinoco en el

oriente, y la cordillera andina en el occidente de Venezuela. Abarca una superficie de unos 250.000 km² distribuidos entre los estados Apure, Barinas, Guárico, Portuguesa, Cojedes y Anzoátegui.

Esta unidad fisiográfica posee un clima tropical lluvioso (Aw), con vegetación típica de sabana en el sur de Anzoátegui, y en el noroeste del estado se presenta una estrecha franja semiárida clasificada como bosque seco (BS; Holdridge, 1957). Para analizar la variación temporal de la precipitación en esta región, se contó con 64 estaciones meteorológicas y pluviométricas (Figura 1). Cada una con valores promedios anuales y decadales a partir de datos diarios, registrados por las estaciones de 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 período 1970 al 2000.

A los datos climáticos se les realizó un control de calidad siguiendo la metodología utilizada por Parra y Cortez (2005), lo que permitió disponer de una adecuada longitud de registros y valores, dentro de rangos aceptables que permitan garantizar resultados confiables.

Se utilizó el software ArcView 3.2 (ESRI, 1996) para georeferenciar cada una de las estaciones con su información atributiva que aporta datos del organismo responsable, nombre de la estación, estado donde está ubicada la estación, código de la estación, tipo de estación, coordenadas geográficas y altitud (Metadata).

El promedio de precipitación mensual y anual, fue sometido a un análisis exploratorio de datos (AED), para el cual se utilizó el programa estadístico Infostat (Infostat, 2011) obteniendo los estadísticos básicos (media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, curtosis, asimetría, valores máximos y mínimos y cuartiles) y la presencia de valores atípicos.

De acuerdo a los resultados del AED, este estudio se inclinó por la utilización de un estadístico de posición como el Percentil 75 (P75) que indica el valor por debajo del cual se encuentran el 75% de las láminas de precipitación.

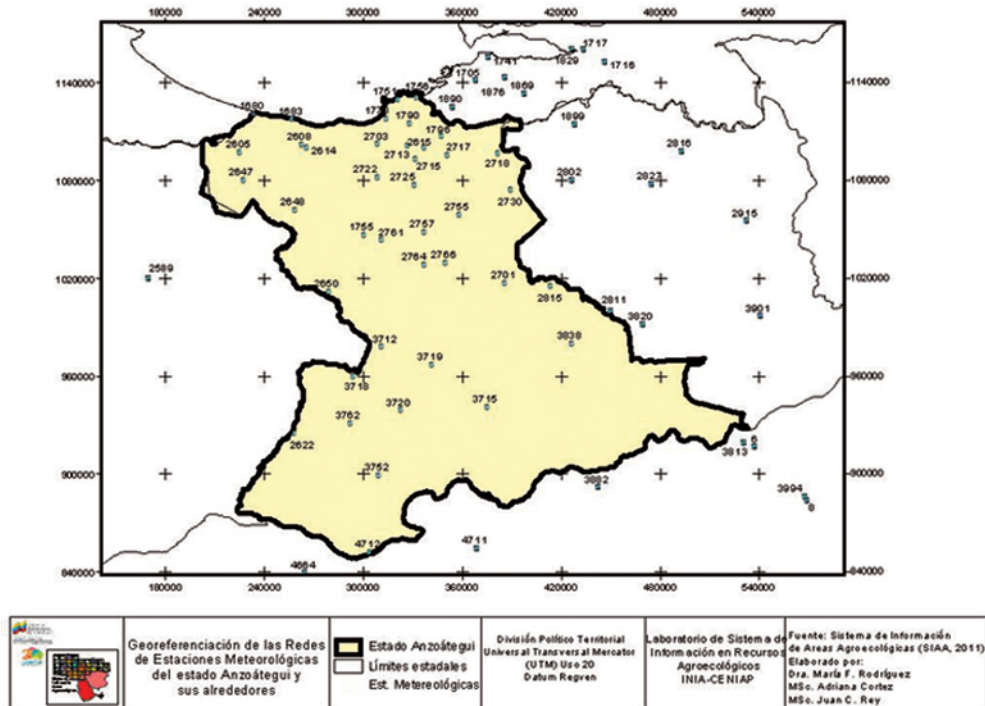


Figura 1. Redes de estaciones meteorológicas del estado Anzoátegui y sus alrededores.

Para el análisis temporal de precipitación se dividieron los datos de P 75% por décadas (1970-1980; 1980-1990; 1990-2000); en las cuales se georeferenció los datos utilizando geoestadística. En este sentido, se construyeron los semivariogramas experimentales, y se ajustaron a modelos teóricos, como base para la interpolación y generación de mapas de isóneas de precipitación del estado Anzoátegui y sus zonas aledañas, mediante el método de Kriging Ordinario (KO) (Minasny *et al.*, 2005). Finalmente se generaron y editaron en los mapas del P75% por década, lo que permitió examinar la variación espacio-temporal de la precipitación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del AED indican que la precipitación media anual en el período 1970 a 2000 varió de un año a otro, fluctuando entre 600 mm durante el año 1997 y 1300 mm en el año 1970 (Figura 2). Por tal motivo, se agruparon los datos de precipitación por década 1970 a 1980, 1980 a 1990 y 1990 a 2000 para facilitar el análisis de la variación espacio-temporal de la precipitación en el estado Anzoátegui.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados del AED de la precipitación media anual por década. Los valores de asimetría y curtosis para las tres décadas, evidencian que la precipitación total anual tiene una distribución asimétrica positiva, debido a la presencia de valores extremos superiores a la media y un coeficiente de apuntalamiento (o Curtosis) que indican una distribución más elevada que la normal; sin embargo, el coeficiente de variación refleja una baja variabilidad (<40%).

En presencia de una variable con distribución asimétrica, no es recomendable la caracterización a través del promedio o media aritmética, porque ésta es muy sensible a los valores extremos de la variable; puesto que todas las consideraciones intervienen en el cálculo de la media, la aparición de una observación extrema, hará que la media se desplace en esa dirección corriendo el riesgo de obtener una medida no representativa de la realidad. Por tal motivo, se utilizó un estadístico de posición como el Percentil 75 (P75), que indica el monto por debajo del cual se encuentran el 75% de las láminas de precipitación.

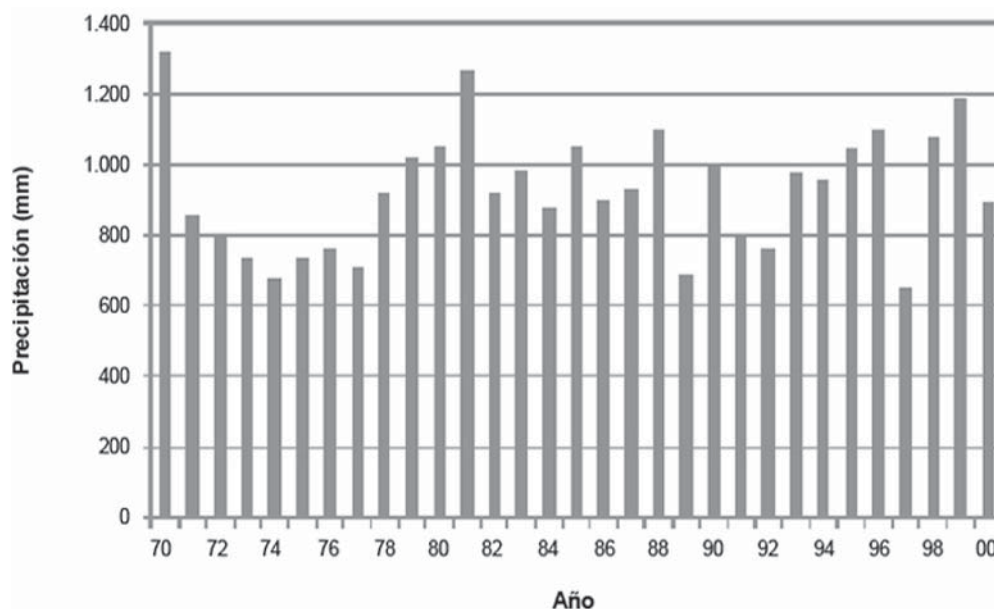


Figura 2. Promedio anual de la precipitación del estado Anzoátegui periodo 1970 al 2000.

Cuadro 1. Estadísticos de la precipitación promedio anual de las décadas 1970-1980, 1980-1990 y 1990-2000 del estado Anzoátegui.

Década	n	Media	D.E.	Var.	CV	Mín	Máx	Mediana	Q1	Q3	Asim	Kurt
1970-1980	64	964,28	321,43	103.320	33,33	327	2,330	932	776	1,082	1,55	4,81
1980-1990	64	1.084,62	337,74	114.070	31,14	392	2,659	1049	906	1,235	1,69	6,77
1990-2000	64	1.026,61	395,89	156.728	38,56	421	2,617	980,5	749	1,227	1,24	3,45

DE: Desviación estándar; Var: Varianza; CV: % coeficiente de variación; Mín: Mínimo; Máx: Máximo; Q1: 1er cuartil (percentil 25); Q3: tercer cuartil (percentil 75); asim: Asimetría; Kurt: Curtosis

En cuanto a la estacionalidad, se presenta un periodo lluvioso bien definido el cual va desde mayo a octubre, y uno seco de noviembre hasta abril, donde el patrón de precipitación para el estado presenta un solo máximo, definiendo el mes de agosto como el mes más lluvioso con $198,4 \pm 14,09$ mm y un mínimo para el mes de febrero con un P75% de $12,5 \pm 2,78$ mm. Sin embargo, al realizar el análisis temporal interanual, se aprecia que en las décadas del 70 y 80 existía una mayor distribución de las lluvias en el período lluvioso entre los meses de mayo a octubre, mientras que en la década de los 90 las precipitaciones se concentraron más entre los meses de junio a septiembre (Figura 3).

Los datos de P75 de precipitación fueron sometidos a análisis geoestadístico, obteniéndose los semivariogramas experimentales y teóricos, en los cuales se apreció un efecto transitivo y anidado, caracterizado por un incremento de la semivarianza con las distancia hasta estabilizarse, y un nuevo incremento de la semivarianza por efecto de la escala de variación (Figura 4).

Los parámetros de los semivariogramas se muestran en el Cuadro 2. Los rangos de dependencia espacial fluctuaron entre 69,76 y 93,75 km y una varianza aleatoria entre 46,82 y 69,14%, indicando una moderada dependencia espacial.

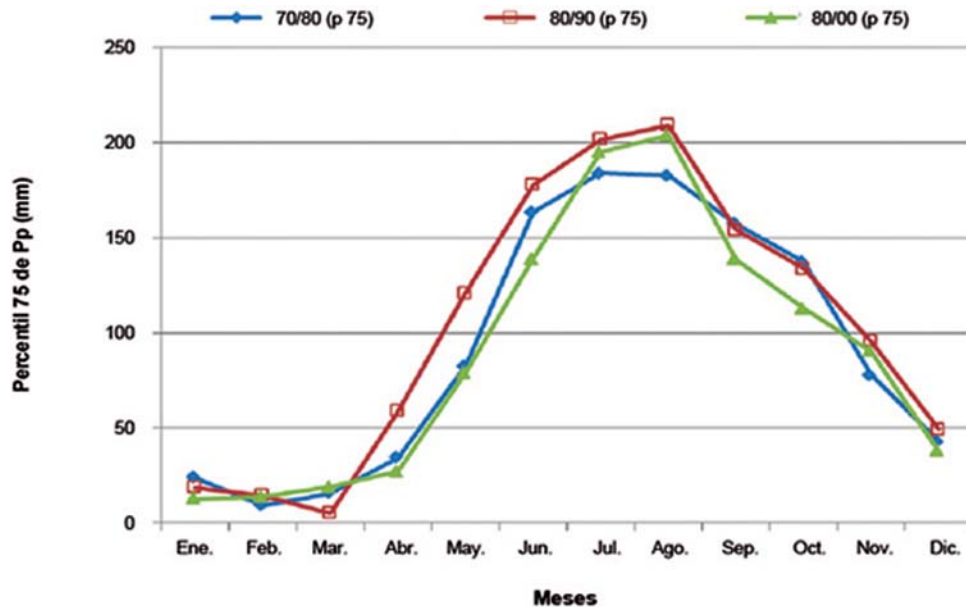


Figura 3. Precipitación media del P75 del estado Anzoátegui, durante las décadas (70-80, 80-90 y 90-00).

A partir de los parámetros de los semivariogramas ajustados, se realizó la interpolación por kriging de la P75 en la precipitación anual para las tres décadas bajo análisis.

En la Figura 5 se observan los mapas de distribución de las precipitaciones promedio anual del P75 para las décadas 70-80, 80-90 y 90-2000, respectivamente. El patrón de distribución espacial muestra una serie de menor a mayor que va en sentido norte a sur del estado y donde los valores oscilan entre 614 ± 265 mm a $1.588 \pm 415,5$ mm.

Por otra parte, se puede observar que los patrones de distribución se incrementan en la década de los 80-90, donde se observan zonas hacia el sur este del estado, con precipitaciones que pasaron de $1.099,7 \pm 376,47$ mm a $1.300,1 \pm 382,87$ mm y de menores precipitaciones de $614,6 \pm 265$ mm a $855,7 \pm 293,25$ mm en la zona norte.

En la década del 90 al 2000 se mantiene la zona sur este-oeste como la de mayor precipitación y aparece una pequeña zona hacia el noreste con un incremento que va desde $1.170 \pm 558,15$ mm a $1.514,7 \pm 561,89$ mm; y las zonas de menores registros cambia significativamente de una distribución espacial de centro este a centro oeste.

En la Figura 6, se observan los mapas de diferencias entre décadas, donde se destaca gráficamente la distribución espacial de la disminución y aumento de la precipitación en el tiempo. En este sentido, en la década de los 80 se aprecia un aumento de la precipitación, con respecto a la de los 70, con valores hasta de 280 mm (95%) en casi todo el estado; solamente en la zona central y en una pequeña parte del suroeste hubo una disminución de los registros de precipitación (-60 mm), abarcando un 5% del área.

Con respecto a la década de los 90 a 80 ocurrió todo lo contrario, gran parte del estado (99,7%) resultó con un registro menor de precipitación de hasta menos 300 mm y solo en una pequeña parte (0,3%) al noreste del estado (límite con Sucre y Monagas) se evidenció un incremento de hasta 100 mm.

Cuando se observa la diferencia entre las década de 90 a 70, la situación cambia, apreciándose claramente que la zona centro oeste resultó más seca, donde alrededor de 34% del área presentó reducciones de -100 mm y una disminución hasta de -300 mm en un 28% del estado. La zona norte y este, resultó más húmeda (150 mm) para el periodo evaluado, abarcando alrededor de 37% del área de estudio.

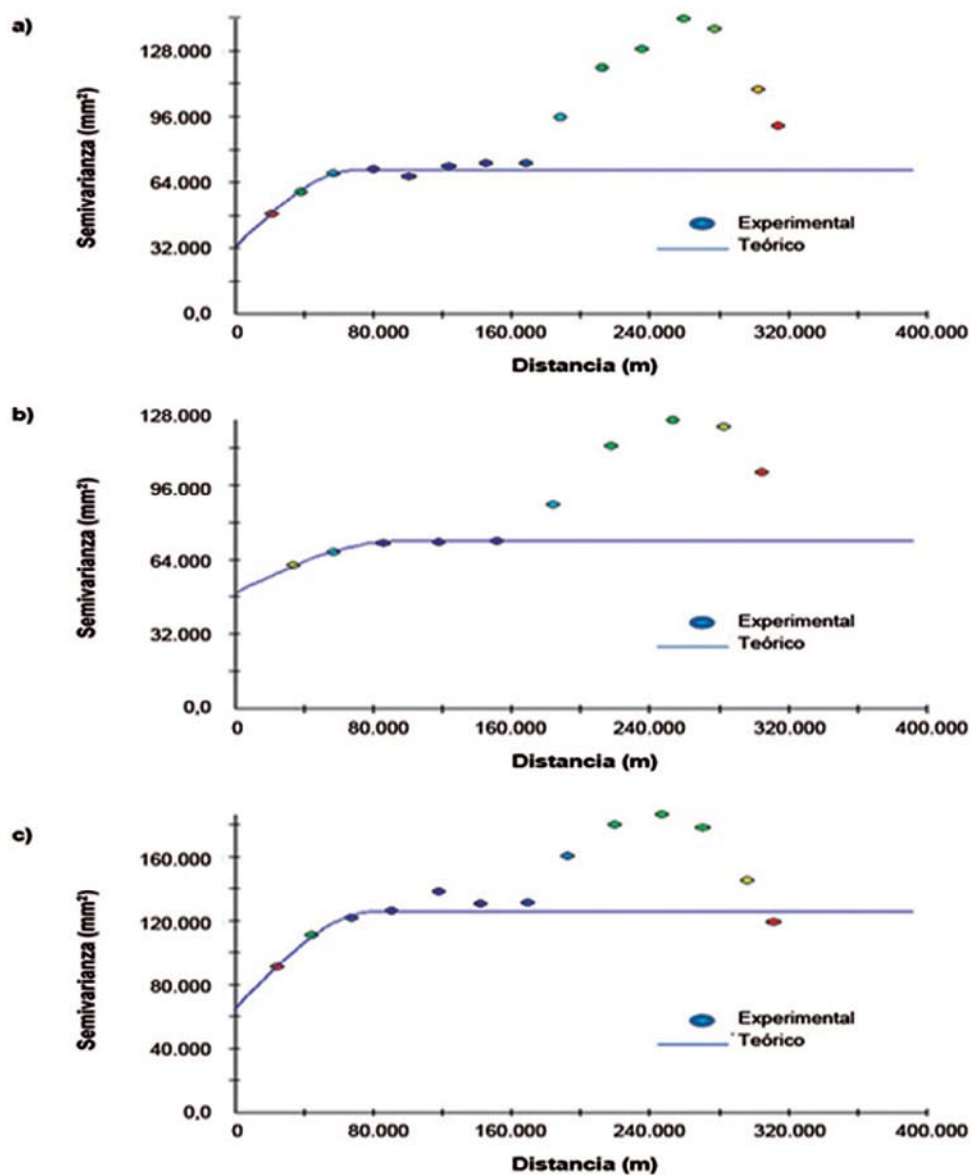


Figura 4. Semivariogramas experimentales y teóricos para los P75% de precipitación anual de las décadas 1970-80 (a), 1980-90 (b) y 1990-2000 (c) del estado Anzoátegui.

Cuadro 2. Características morfológicas y agronómicas de interés para la selección.

Década	Modelo	A (km)	Co+C1	%Co
1970-1980	Esférico	69,76	69.910	46,82
1980-1990	Esférico	93,75	71.867	69,14
1990-2000	Esférico	80,96	125.565	51,41

A: rango; Co: Varianza Aleatoria; C1: Varianza estructural; Co+C1: umbral o sill.

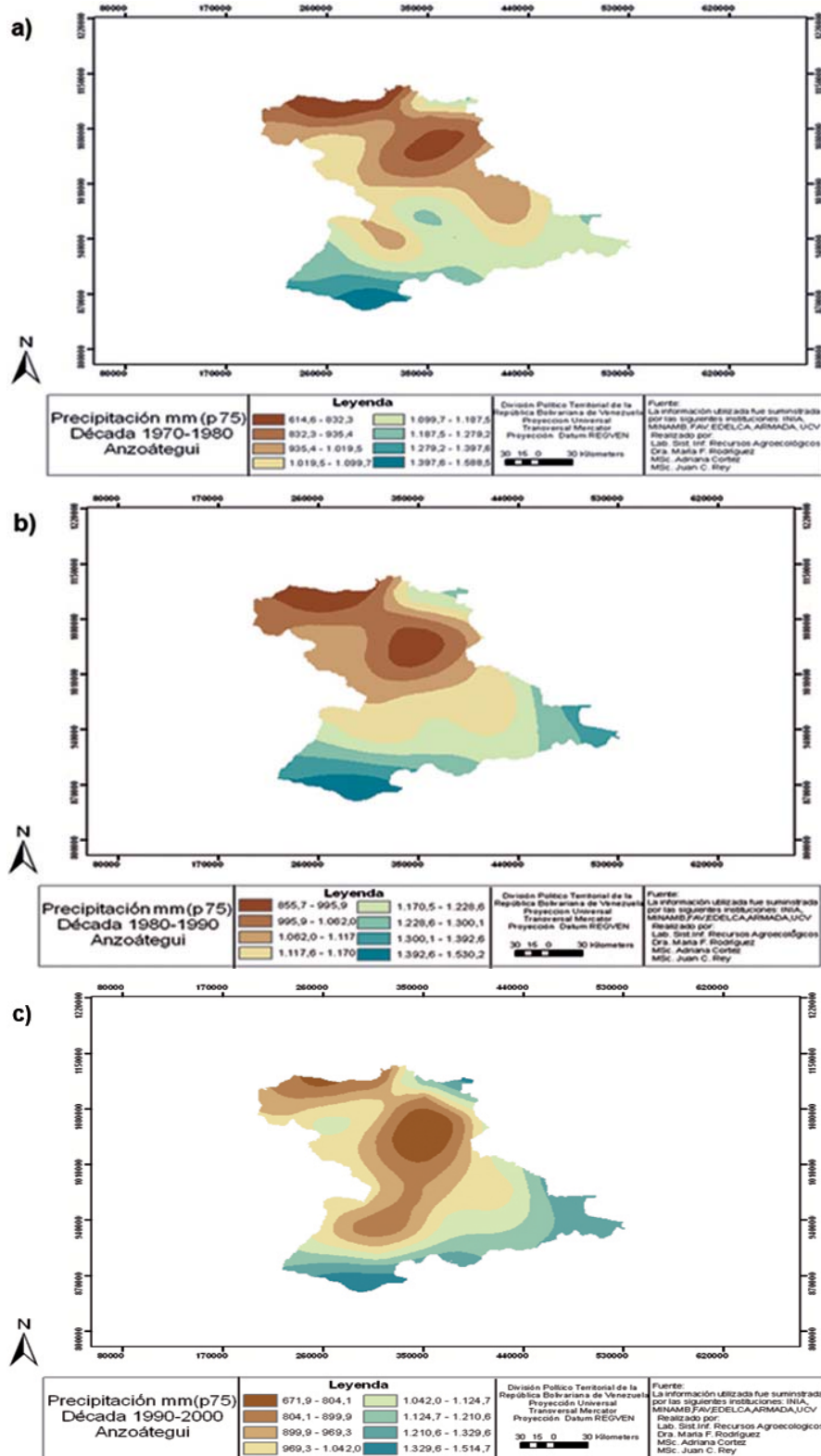


Figura 5. Mapa de distribución de la precipitación (P75%) para las décadas 1970-1980 (a), 1980-1990 (b) y 1990-2000 del estado Anzoátegui.

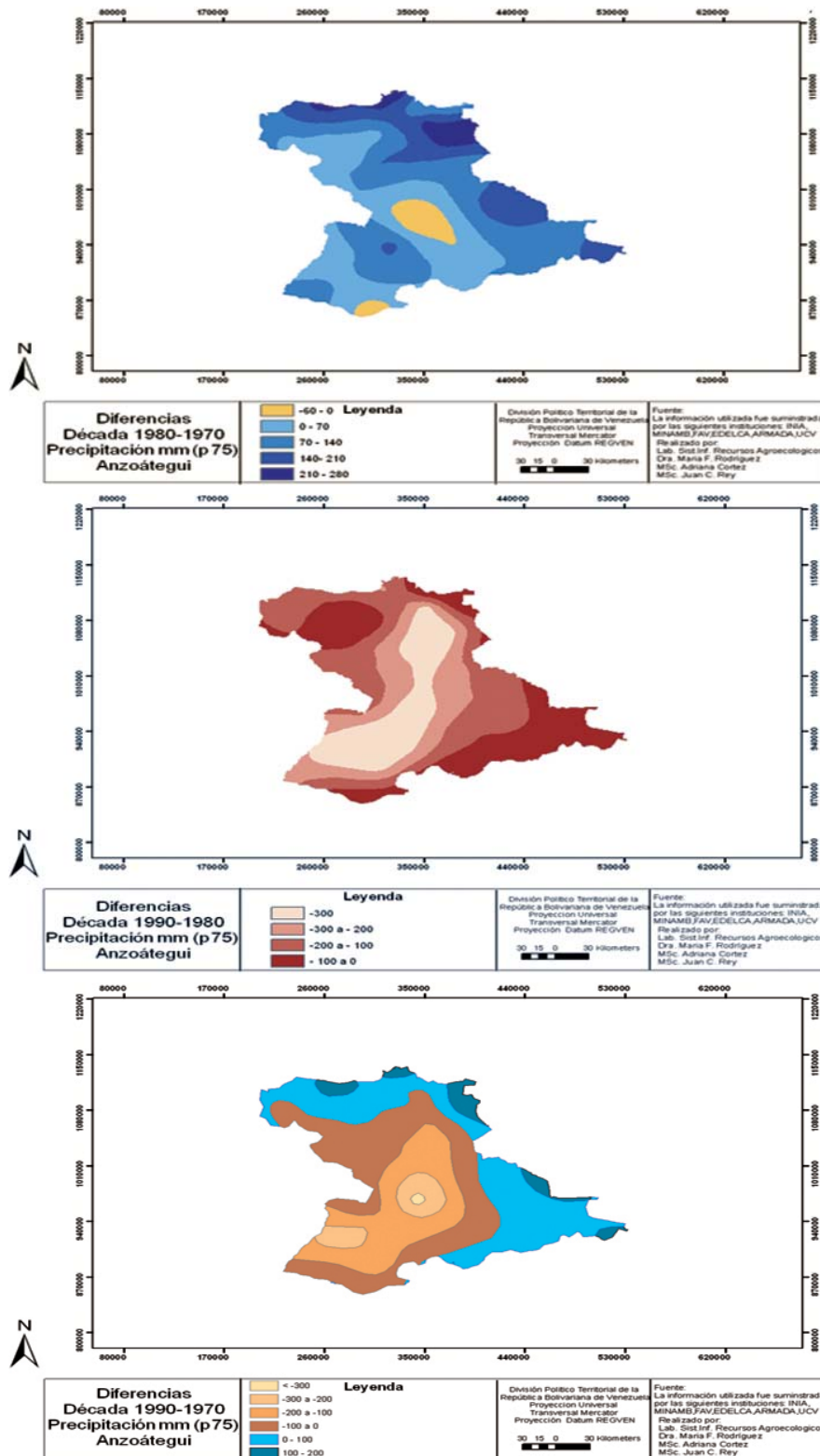


Figura 6. Mapa de distribución espacial de las diferencia del P75 de la precipitación entre las décadas 1980-1970 (a), 2000-1990 (b), y 2000-1970 (c) del estado Anzoátegui.

CONCLUSIONES

El estado Anzoátegui presentó una variación espacio temporal de la precipitación significativa en el período entre 1970 y 2000. Con precipitaciones anuales que se incrementan y localizan hacia la zona sur de la región.

Se observó una variación temporal en los montos de precipitación a lo largo de las tres décadas, reflejada en una disminución importante de la precipitación anual (100 a 350 mm) en más del 60% del área (zona sur-oeste del estado) y un incremento en más del 35% del estado (zona nor-este).

Asimismo, se apreciaron cambios importantes en la estacionalidad interanual, en las décadas del 70 y 80, debido a que existía una mayor distribución de las lluvias en el período lluvioso (mayo a octubre), mientras que en la década de los 90 las precipitaciones se concentraron más entre los meses de junio-septiembre; pasando de 6 meses a 4 meses en la década de los 90.

LITERATURA CITADA

- Esri. 1996. ArcView GIS The Geographic Information System for Everyone. Versión 3.2. Producto ID: 825921104087.
- Guenni, L., E. Degryze y K. Alvarado. 2008. Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Revista Colombiana de Estadística*. 31(1):41-65.
- Holdridge, L. R. 1957. Determination of world plant formation from simple climatic data. *Science* 105 (2727):367-368.
- INFOSTAT. 2011. Grupo Infostat, Versión 2011p. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Lobo, D., A. Cortez, M. Rodríguez, F. Ovalles, J. C. Rey, D. Grabiels y R. Parra. 2010. Análisis de la agresividad climática y concentración de la precipitación en la región de los llanos de Venezuela. *Bioagro*. 22(3):169-176.
- Minasny, B., A. McBratney y B. Whelan. 2005. Vesper version 1.62. Australian centre for precision agriculture, Mcmillan building A05, The University of Sydney, Nsw 2006. Disponible en: <http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa>) Consulta 04 febrero 2011.
- Olivares Barlin, J. Torrealba y L. Caraballo. 2013. Variabilidad del régimen de precipitación en el periodo 1990-2009 en la localidad de El Tigre estado Anzoátegui, Venezuela. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*. 30:19-32.
- Parra, R. y A. Cortez. 2005. Control de calidad de series de precipitación de las estaciones del INIA Venezuela en el periodo 1970-2000. *Rev. Arg. de Agrometeorología*. (5-6): 63-73.
- Rodríguez, G. y C. Messina. 1998. Impacto del Fenómeno "El Niño" en la producción de cultivos en la región Pampeana. Argentina. INTA. 16 p.