



Distribución espacial de la precipitación en la cuenca del río Torbes, estado Táchira

Spatial distribution of precipitation in the Torbes river basin, state of Táchira

Fernando Guerra¹; Julio González²;
Heriberto Gómez³; Zahylis Zambrano⁴

*Universidad de Los Andes, Núcleo "Dr. Pedro Rincón Gutiérrez" Táchira.
Departamento de Ciencias Sociales*

Recibido: marzo 2011 / Aceptado: mayo 2011

Resumen

La cuenca del río Torbes, en el estado Táchira, occidente de Venezuela, sirve de asiento a aproximadamente el 50% de la población del estado. Desde el punto de vista hídrico, constituye un sistema que aporta una considerable cantidad del recurso agua para el sostenimiento y desarrollo de diversas actividades. El conocimiento de la disponibilidad y cantidad del agua en la cuenca se convierte en aspecto relevante a estudiar para su racional aprovechamiento y conservación. En este trabajo, se analiza la distribución espacial de la precipitación en la cuenca, considerando su importancia como parte del balance hídrico y variable climática fundamental. Utilizando datos de estaciones pluviométricas y los métodos de interpolación kriging ordinario e inverso de la distancia ponderada (IDW), bajo plataforma SIG, se obtuvieron los mapas de isoyetas mensuales y anuales para la cuenca, con un aceptable nivel de precisión. Los resultados obtenidos demuestran que ésta metodología es eficiente para identificar variedad de ambientes pluviométricos de montaña y representar la distribución temporal y espacial de la precipitación en la cuenca.

Palabras claves: Precipitación, Isoyetas, kriging ordinario, Inverso de la distancia (IDW).

1. Geógrafo. Magister en Geografía Física. Profesor adscrito al Departamento de Ciencias Sociales. Universidad de Los Andes-Táchira. LABSIG. E-mail: fguerra@ula.ve
2. Ingeniero Forestal. Magister en Suelos. Profesor adscrito al Departamento de Ciencias Sociales. Universidad de Los Andes-Táchira. LABSIG. E-mail: jtovar@ula.ve
3. Geógrafo. PhD en Geografía. Coord LABSIG. Profesor adscrito al Departamento de Ciencias Sociales. Universidad de Los Andes Táchira. E-mail: hgomez@ula.ve
4. Biólogo. Profesora adscrita al Departamento de Ciencias Sociales. Universidad de Los Andes Táchira. E-mail: zahylzam@ula.ve

Abstract

The Torbes river basin, in the state of Táchira, western Venezuela, is occupied by approximately 50% of the state's population. From the hydrological point of view, it is a system that offers a considerable amount of water resources for the maintenance and development of various activities. Knowledge of the availability and quantity of water in the basin becomes an important studying aspect for its rational use and conservation. In this paper, the spatial distribution of precipitation in the basin, considering its importance as part of water balance and a fundamental climate variable, is analysed. Using data from meteorological stations and Ordinary Kriging Interpolation Methods and Inverse Distance Weighted (IDW), under GIS platform, maps both monthly and annually of isohyets for the basin were obtained, with an acceptable level of accuracy. The results obtained show that this methodology is efficient to identify variety of pluviometric environments of mountain and to represent the temporal and spatial distribution of precipitation in the basin.

Keywords: precipitation, isohyets, Ordinary Kriging, Inverse Distance Weighted (IDW).

1. Introducción

La cuenca del río Torbes, una unidad geográfica donde reside una parte importante de la población del estado Táchira, que forma parte del sistema hidrológico del río Uribante y donde son frecuentes movimientos en masa superficiales que producen daños, no totalmente cuantificados, a las viviendas y a la infraestructura de la capital del estado, en especial, en el periodo húmedo.

En este estudio se plantea como objetivo analizar la variabilidad espacial de la precipitación mediante la construcción de mapas de isolíneas. Para ello se utilizó un esquema metodológico dividido en tres etapas, fundamentado en la recolección y procesamiento de información en 13 estaciones meteorológicas y el uso de métodos de interpolación como el inverso de la distancia (IDW) y el denominado kriging ordinario (KO), una de las herramientas geoestadísticas más utilizadas para el estudio de fenómenos espacialmente distribuidos. Toda la información fue jerarquizada y relacionada mediante el uso de algunos programas utilizados en la elaboración de sistemas de información geográfica (SIG).

En general, se puede señalar que la cuenca tiene un patrón de la precipitación predominantemente unimodal de influencia llanera. Hacia la parte central y norte de la cuenca los regímenes de precipitación tienden a modificarse para aparecer un mayor aporte de lluvia durante el mes de Octubre y convertirse en régimen bimodal, propio de ambientes con influencia lacustre.

2. Ubicación y extensión

La Cuenca del río Torbes se encuentra ubicada en el extremo centro occidental de los Andes Venezolanos (figura 1), posee forma alargada con una orientación NE-SW y pertenece al sistema hidrográfico del río Uribante que orienta sus aguas hacia los Llanos Venezolanos. Ocupa una extensión aproximada de 302,4 km², y se ubica entre los 7° 40' 31" y 7° 59' 38" de latitud Norte y los 72° 4' 31" y 72° 14' 58" de longitud Oeste. Políticamente y administrativamente comprende parte de los municipios San Cristóbal, Guásimos, Cárdenas, Torbes, Andrés Bello y José María Vargas.

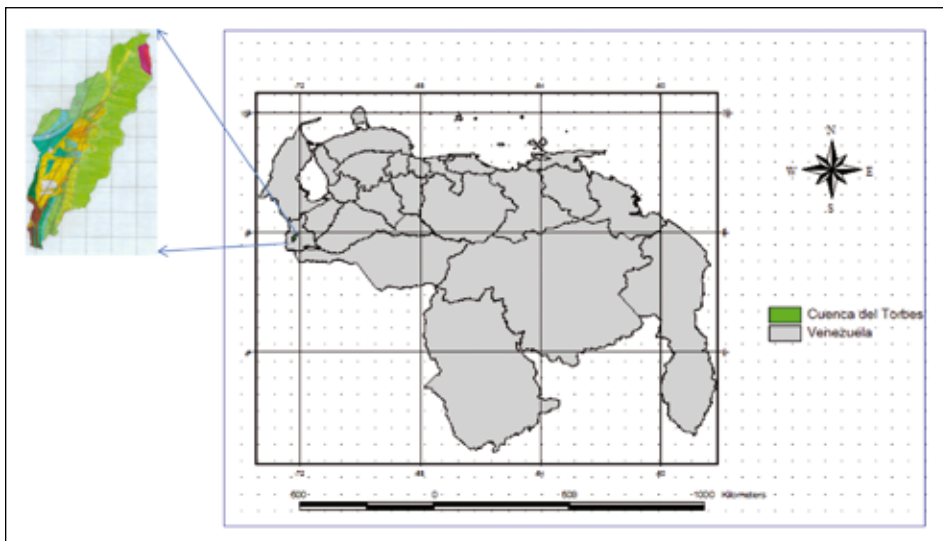


Fig. 1. Ubicación de la cuenca del río Torbes en el estado Táchira, Venezuela
Fuente: Elaboración propia

3. Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en tres etapas que se describen a continuación:

- Etapa exploratoria, que consistió en obtener la mayor cantidad de información posible de fuentes cartográficas y escritas de los aspectos

físicos de la cuenca del río Torbes, principalmente a partir de estudios e investigaciones ya realizadas por organismos, instituciones e investigadores. Así como la recolección de información disponible sobre las estaciones meteorológicas dentro o muy cercanas al área de estudio.

- Etapa diagnóstica, que se desarrolló en tres partes: la primera, localización y delimitación del área, a partir de los mapas topográficos a escala 1:250000 y 1:25000. La segunda: la transformación de la información temática colectada en la primera etapa (geología, suelos, cobertura vegetal, entre otras) al formato digital, la selección y procesamiento de la información climática disponible, en especial los montos pluviométricos mensuales y anuales. La tercera parte de esta etapa fue la generación de modelos digitales de elevación (MDE) utilizando el algoritmo TIN, para derivar elementos del relieve, y con el mismo módulo de análisis espacial del programa ArcView versión 3.1, interpolar los datos de precipitación mediante el inverso de la distancia (IDW) y el Kriging ordinario (KO). Esta última requiere de la construcción de semivariogramas y la selección del modelo que mejor ajuste a los datos calculados en esta representación gráfica de la semivarianza.
- Etapa descriptiva se refiere análisis, organización e interpretación de toda la información procesada en la etapa diagnóstica para lograr construir mapas de isocías de precipitación, integrados a la información temática recabada, con el apoyo de herramientas frecuentemente utilizadas para elaborar Sistemas de Información Geográfica (SIG)

4. Resultados y análisis

4.1. Geología

La cuenca forma parte de un área, que constituye una especie de transición entre la Cordillera de Mérida y la Cordillera Oriental de Colombia. Su geología es compleja debido a que en gran parte de su evolución, según Ferrer (1977), se comportó como un área de subsidencia y por ello de acumulación considerable de sedimentos. En este sentido, es necesario destacar que alrededor de un 13 % de la superficie de la cuenca, se identifica, en el mapa geológico elaborado en formato digital (MEM; 1:50000), como cuaternario sin diferenciar, donde los sedimentos aluviales más antiguos (pleistoceno), corresponde a los niveles más elevados, localizados por encima de los lechos actuales de los ríos y están constituidos por materiales no compactados, mal cementados, con granos de tamaño desde muy fino a clastos de gran tamaño.

La distribución de las unidades litoestratigráficas en la cuenca del Torbes abarca rocas muy antiguas, que pertenecen a las Formaciones Mucuchachí (rocas metamórficas de bajo grado) y Sabaneta (rocas sedimentarias)

del paleozoico, que en general se concentran en la parte alta y en especial en la vertiente izquierda, es decir hacia la divisoria Torbes-Uribante.

Las materiales Mesozoicos son los más frecuentes ocupando más del 70% de la cuenca. De especial interés la superficie que ocupan los materiales de la Formación La Quinta, aproximadamente un 30% del total, principalmente distribuida en la parte alta y media cuenca, con especial frecuencia en la vertiente izquierda. Algunos autores, entre ellos, Ferrer (2007) plantean la disminución de la edad de las rocas Mesozoicas en el sentido Este-Oeste. Dentro de los litotipos Mesozoicos son de interés los materiales de la Formación Colon, que se encuentran en la sección media y ocupan un 6% de la superficie total, representada principalmente por lutitas foraminíferas negras a gris oscuro.

Los materiales Cenozoicos, del periodo Terciario, abarcan una pequeña extensión, principalmente en la parte baja de la cuenca y en la vertiente derecha. Allí se han reportado materiales de la Formaciones, Carbonera, Mirador, Barco y Cuervos.

De acuerdo con Ferrer (2007), desde el punto de vista estructural es importante destacar la falla de Capacho que pone en contacto material del Cretáceo, al norte de Táriba y oeste de Cordero. Así como también la falla de El Zumbador que atraviesa la cuenca de Norte a Sur y pone en contacto rocas de la Formación La Quinta con rocas del Cretáceo Inferior.

4.2. Relieve

Es tradicional dividir el relieve de la cuenca en dos tipos principales: el montañoso que ocupa más del 65% del área y el de valles que se localiza principalmente en la sección media de la cuenca. En este trabajo a partir del MDE, se derivaron tres parámetros (altitud, pendiente y orientación) para describir las características generales del relieve del área de estudio, que se detallan a continuación:

- Altitud

Según el MDE generado para la cuenca (Figura 2) la altitud media es de 1529 msnm, con una variación que oscila entre 580 msnm en la confluencia con el río Quinimarí, muy cerca a la población del Corozo y los 3340 msnm en el paramo El Zumbador. Aproximadamente un 75% de la superficie de la cuenca tiene una altitud inferior a los 1960 msnm y más de un 20% presenta valores altitudinales entre 887 msnm y los 1193 msnm. Los valores superiores a los 2700 msnm se encuentran al Noreste, concentrados principalmente en la vertiente izquierda en el paramo del Zumbador.

- Pendiente

De acuerdo con la Figura 2, un 18% de la superficie de la cuenca presenta pendientes entre 0 y 12%. Por otro lado, más 40% de la superficie muestra valores de pendiente inferiores al 26% que se concentran en la parte media y baja de la cuenca. En general, el 89% de las pendientes son inferiores al 60%, mientras que los valores superiores se concentran en la parte alta con mayor expresión en la vertiente izquierda.

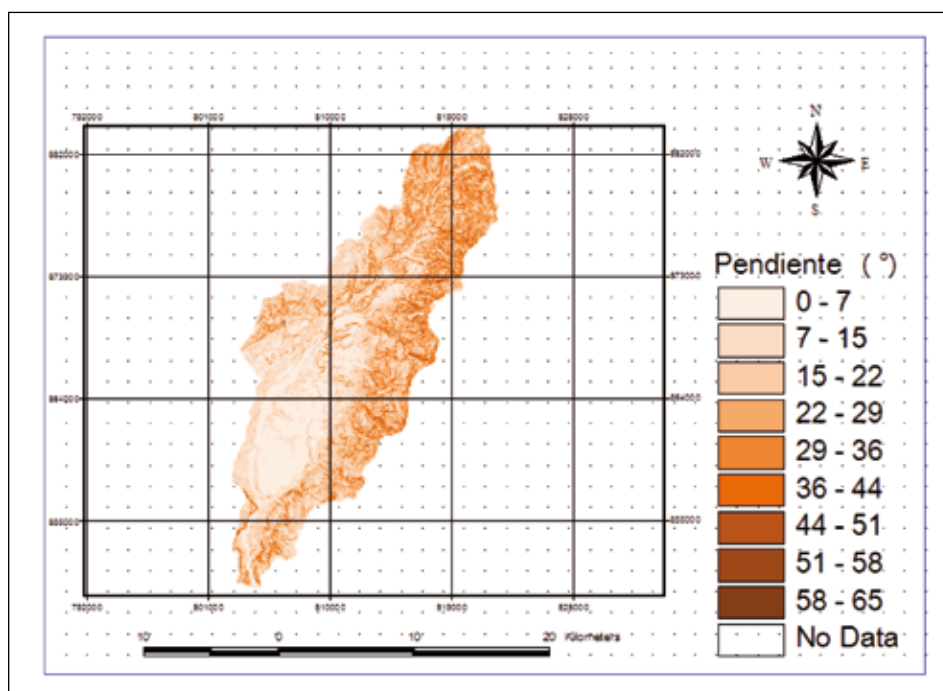


Fig. 2. Distribución de la pendiente en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

- Orientación

Al observar el mapa de orientación de la cuenca (Figura 3) se deduce que predominan las superficies con orientación Suroeste, las que ocupan aproximadamente un 33% de la superficie total. Le sigue en importancia las superficies con orientación Noreste, que ocupan 32%. Es importante destacar que las superficies con estas orientaciones se concentran en la vertiente izquierda, que tiende a ser más húmeda de acuerdo con la información reportada, entre otros, por Guerra y González (2002).

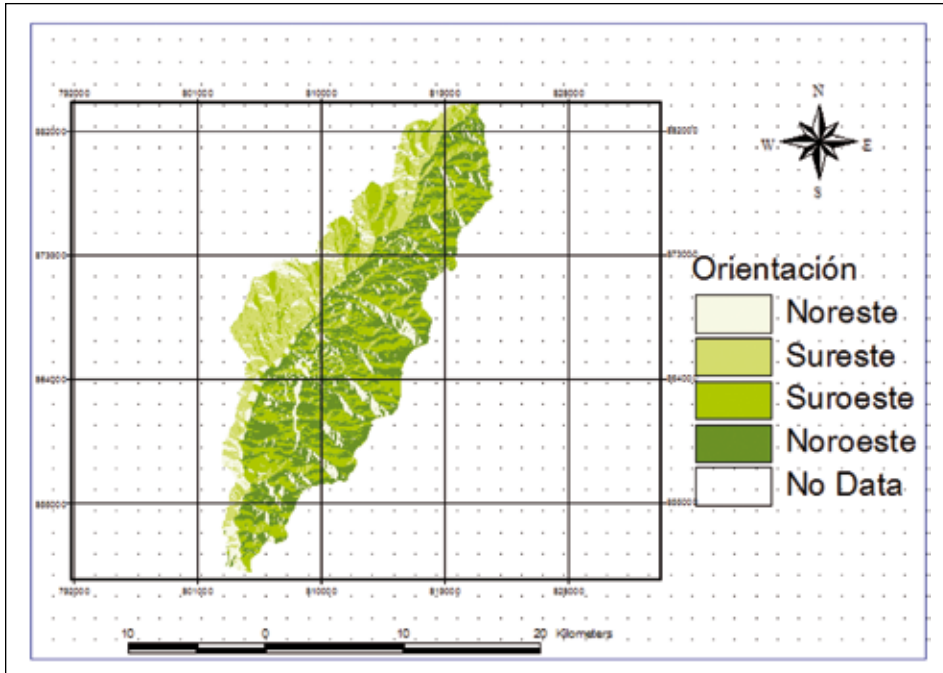


Fig. 3. Variación espacial de la orientación del relieve en el área de estudio
Fuente: Elaboración propia.

4.4. Cobertura Vegetal

De acuerdo con Ferrer (1977) en el área de estudio predomina la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bhMB), ocupando principalmente vertientes muy empinadas. Le sigue en importancia el bosque húmedo premontano (bhP) que ocupa las posiciones bajas y debido al cultivo del café en el pasado y muchos cultivos abiertos en el presente han desencadenado intensos procesos erosivos.

Para el MARNR (1986) en la cuenca desde 1953 ha ocurrido un descenso importante de la vegetación boscosa y un incremento paulatino del uso agropecuario y de bosques intervenidos.

García y Mora (2007), señalan que para el año 2003 en la cuenca, un 21,3 % de la superficie presentaba bosques en grado variable de intervención, mientras que un 18% se presentaba cultivos y vegetación secundaria. Es un importante destacar que un 28% correspondía con suelo desnudo o con vegetación rala. Lo que parece indicar un aumento de la degradación de los suelos en el área.

4.5. Suelos

Según Jaimes (1996) y Jaimes (1999) en la cuenca del río Torbes predominan suelos del orden Inceptisol que se distribuyen especialmente en la parte media y baja del área de estudio. Ocupando una menor superficie, especialmente en la vertiente izquierda y generalmente sobre materiales de la Formación La Quinta, se presentan Ultisoles. Mientras que los Entisoles se localizan principalmente en la parte alta donde prevalecen las mayores inclinaciones. De especial interés, por sus propiedades particulares, más que por su superficie es necesario destacar los Mollisoles y Vertisoles en general ubicados hacia la vertiente derecha.

Los inceptisoles se localizan principalmente en un sistema de vertientes convexas con relieve fuertemente ondulado entre 25% -35% y presentan profundidad variable entre 50 y 100 cm, color marrón oscuro a marrón amarillento, en los horizontes superficiales y marrón rojizo a marrón amarillento oscuro en los horizontes subsuperficiales, textura de Franco a Franco arcillo Limosa, la permeabilidad moderadamente alta, bien drenados, reacción moderada a extremadamente ácida, materia orgánica baja (1,8% a 1,9%) y con el porcentaje de saturación de bases es bajo (5 – 30%). En general su fertilidad se considera de media a baja y las pendientes de moderadas a fuerte su principal limitación.

Por otro lado, los Ultisoles que presentan mayor desarrollo pedogenético, se localizan en áreas de vertientes convexas y cóncavas con relieve fuertemente ondulado y pendientes entre 25 y 35%, profundidades entre 50 y 100 cm, color marrón grisáceo muy oscuro a marrón rojizo en los horizontes superficiales y marrón oscuro a rojo en los horizontes subsuperficiales. La reacción fuerte a extremadamente ácida ($\text{pH} < 5.2$), la materia orgánica oscila entre 4,75 a 7,6% y el porcentaje de saturación de bases es bajo a moderado (5 a 30%). Su fertilidad natural se considera baja.

4.6. Factores determinantes en la variabilidad de la precipitación en la cuenca

La cuenca del río Torbes, por su localización astronómica entre los 07° 40' y 7° 59' de latitud norte, se encuentra ubicada en la franja intertropical de la tierra, estando influenciada por los patrones meteorológicos sinópticos típicos de esta franja, los cuales expresan sus efectos en la pluviometría local por la alternancia temporal de dos situaciones: la época lluviosa del año, con variable duración, pero que en forma general se extiende desde los meses de Abril a Noviembre, influenciada por la presencia en gran parte del país y en la cuenca de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y; la época seca del año, también con diferencias en duración y que se extiende en general entre los meses de Diciembre y Marzo, influen-

ciada por el desarrollo de condiciones anticiclónicas en el Mar Caribe asociadas a la expansión del centro anticlónico de Las Azores. Asimismo, durante esta época, pueden afectar el área inestabilidades en la atmósfera asociadas a actividad frontal por invasión de aire frío en la cuenca Caribe que, en algunas ocasiones, extiende sus efectos hasta el área tachireense generando episodios lluviosos de considerable magnitud y efectos durante la llamada época seca.

En cuanto a las condiciones del relieve regional y su influencia en la pluviometría tachireense, la cuenca del río Torbes se extiende en sentido SW – NE en la parte central del estado Táchira y forma parte de la Depresión Tectónica del Táchira. Los relieves que la delimitan alcanzan altitudes de cierta relevancia como es el caso de El Zumbador (2.600 msnm), en la divisoria con el río Grita; Pico El Colorado (3.350 msnm) y el Pico La Maravilla (2.395 msnm) en la divisoria con el río Uribante; y cerros La Loma y La Mantellina (2.000 msnm), en la divisoria con el río Lobaterita. La forma de la cuenca es alargada y su desnivel topográfico se extiende desde los 564 msnm en la confluencia del río Torbes con el río Quinimarí hasta los 2.600 msnm en las nacientes en las cercanías del denominado Páramo de El Zumbador (Torres, 1983). La ubicación de la cuenca dentro del área montañosa andina venezolana y tomando en consideración los efectos que los relieves altos ejercen en la circulación regional de los vientos dominantes y en las circulaciones locales, se presentan en la cuenca diversos ambientes pluviométricos asociados a condiciones de ascenso orográfico, convección local y efectos de sobrepaso o invasión de aire proveniente del norte y sur de la cuenca, que pueden aportar humedad hacia el interior de la cuenca. Igualmente, la orientación de la cuenca en sentido NE – SW, hacia su parte superior y media, y con gradual cambio a orientación N – S, en la parte media e inferior de la cuenca, puede generar cambios en la circulación de los vientos locales a través del valle y las laderas de la cuenca.

En este sentido, se puede plantear, aunque aún no se tienen recursos y datos para confirmarlo, que cuando dominan vientos del norte, por la divisoria de aguas Torbes – Zorca, dadas las altitudes más bajas, el aire desplazándose en sentido valle arriba, sea forzado a replegarse hacia la vertiente izquierda, aumentando así los niveles de condensación y de precipitación hacia esa vertiente, que es característico de la cuenca, y en clara diferencia con la vertiente derecha, notablemente menos húmeda, principalmente desde la parte media de la cuenca hasta las nacientes del río Torbes en El Zumbador.

Según MARNR (1986); la orientación de las vertientes principalmente en sentido NE-SW, hace que lleguen masas de aire en diferentes direcciones lo que ocasiona que ocurran mayores precipitaciones hacia las vertientes externas (piedemontes) mientras que hacia los valles longitudinales inter-

nos, caso del río Torbes, quedan a la sombra de las lluvias y constituyen sectores con menores promedios de precipitación.

4.6.1. Variabilidad espacial y temporal de la precipitación

En el Cuadro 1, se presentan los datos generales de las estaciones tomadas en cuenta para caracterizar la distribución espacial y la variabilidad mensual y anual de las precipitaciones en la cuenca del río Torbes.

Cuadro 1. Estaciones pluviométricas consideradas en el estudio

Estación	Serial	Coord at	Coord Long	Altitud (msnm)
Los Laureles	4018	7°55'08"	72°07'27"	1520
Capacho	4020	7°49'00"	72°18'00"	1264
Zorca	4026	7°48'00"	72°16'00"	850
Palmira	4027	7°50'30"	72°13'36"	1100
El Junco	4028	7°49'50"	72°11'00"	1280
San Cristóbal-Estanque	4037	7°46'33"	72°12'37"	992
Sabaneta del Táchira	4039	7°43'59"	72°14'01"	680
El Ron	4040	7°43'00"	72°13'00"	1320
La Copé	4045	7°40'10"	72°12'05"	500
Borotá	4071	7°51'00"	72°15'00"	1380
Páramo El Zumbador	4072	7°59'04"	72°05'45"	2570
La Potrera	4097	7°51'08"	72°08'57"	1440
San Cristóbal – Torbes	4098	7°45'23"	72°14'30"	760

El cuadro 2, incluye los valores promedios mensuales y anuales de precipitación para las estaciones consideradas y con los cuales se elaboraron los mapas de isoyetas para la cuenca.

La variabilidad espacial de la precipitación en la cuenca es notable, como es característico en las cuencas de montaña. Los efectos del relieve, como ya se ha mencionado, introducen variaciones en los montos promedios para cada estación, tomando en cuenta las condiciones en cuanto a ubicación de las estaciones, altitud, orientación de las vertientes y las modificaciones que estos aspectos generan en circulación de los vientos y masas de aire dentro de la cuenca. Como puede observarse en el cuadro 2, los valores extremos en la cuenca varían desde los 2.374 mm en la estación El Ron hasta 919,3 mm en Palmira. Con base en estos datos, la variación espacial de la precipitación en la cuenca sería de 1454,7 mm.

Como ya se ha mencionado, la estación El Ron se encuentra en el extremo suroccidental de la cuenca, en la vertiente izquierda, y la estación Palmira,

Cuadro 2 Promedios mensuales y anuales de precipitación para las estaciones consideradas en el estudio

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Los Laureles	29,4	32,2	50,9	118,9	121,7	135,7	165,1	125,4	118,6	141,7	115,5	66,4	1221,5
Capacho	20,3	21,3	32,7	100,7	101,3	107,7	107,9	85,9	85,9	101,4	99,6	43,1	907,8
Zorca	26,0	23,9	37,3	92,8	119,2	134,9	144,8	129,4	132,9	134,5	98,4	72,1	1146,2
Palmira	20,0	17,9	22,5	104,0	98,3	100,1	106,2	97,4	117,0	110,2	81,7	44,0	919,3
El Junco	29,3	35,8	45,1	130,9	157,7	159,8	172,7	141,3	136,5	143,7	117,7	68,4	1338,9
San Cristóbal-Estanque	36,7	28,6	43,9	98,2	169,7	233,5	246,9	204,9	166,3	168,2	131,9	94,8	1623,6
Sabaneta del Táchira	30	27	51	113	182	247	235	195	175,4	173	151	77,6	1657
El Ron	42,0	41	64	176	262	356,0	349	282	259,3	248	189	105	2374,0
La Copé	41,0	45,5	63,3	167,5	262,7	322,4	326,6	288,2	284,8	259,1	183,5	108,6	2353,2
Borotá	28	34	36	123	73,6	63,1	49,9	55,1	84,6	127	109	59,4	841,4
Páramo de El Zumbador	26,6	32,8	46,2	111,5	101,3	93,4	113,0	101,7	103,3	130,3	104,9	55,4	1020,4
La Potrera	33	28	48	131	155	179,2	214	171	157,3	159	106	82,4	1464
San Cristóbal-Torbes	32	35	37,7	84,9	159	206	239	182	177,0	180	139	92,1	1563,9

está ubicada en la parte centro norte de la cuenca en la vertiente derecha. Asimismo, la variación espacial de la precipitación de la estación El Ron con respecto a la estación El Zumbador, hacia el extremo noreste de la cuenca es de 1.353,6 mm. Se puede establecer de esta manera, en una primera aproximación, que la precipitación tiende a disminuir en sentido SW-NE y SW-N de la cuenca.

Esta característica corrobora lo expuesto por Torres (1983), quien describió la variación espacial de la precipitación en la cuenca identificando 4 sectores y en donde destaca el sector de baja precipitación hacia la divisoria Norte y Este, entre Palmira y El Zumbador, en la vertiente derecha, y el sector hacia el extremo sur, vertiente izquierda, como el de mas altas precipitaciones, centrado específicamente el sitio de El Ron.

El máximo de precipitación hacia el sector suroccidental de la cuenca en la estación El Ron (1.320 msnm) se interpreta como el nivel altitudinal donde los volúmenes de aire que se desplazan por el valle Quinimarí-Torbes, provenientes del este y sureste, alcanzan su punto de saturación de humedad y descargan su exceso en forma de lluvia (óptimum pluviométrico). Hacia la vertiente izquierda y valle arriba del Torbes, se mantienen significativos volúmenes de precipitación total anual, estaciones Sabaneta (1.657 mm), San Cristóbal-Estanque (1.623,6 mm) y El Junco (1.338,9

mm), que podrían indicar una mayor permanencia espacial de los índices de saturación por el gradual enfriamiento en el ascenso del aire hacia la sección media de la cuenca, suficiente contenido de humedad en el aire para mantener la saturación y las condiciones bioclimáticas de menor exposición (umbría) y el papel de cobertura de bosques húmedos existentes hacia esta vertiente.

La vertiente derecha, por el contrario, muestra menores promedios mensuales y anuales de precipitación relacionado, entre otras posibles causas, a efectos de la circulación local en el valle del Torbes como ya se ha señalado, así como a las condiciones bioclimáticas de relativa mayor exposición (solana), menor aporte de humedad al aire y cobertura de bosques secos predominantemente.

Estas características permiten establecer, que existe una clara diferencia en cuanto a la distribución de la precipitación y los efectos de exposición de las vertientes, entre otros aspectos, para ambas vertientes pertenecientes a la cuenca del río Torbes

Asimismo, estas variaciones en cuanto a la distribución espacial de la precipitación en la cuenca tienen relación con los flujos de aire dominantes. El predominio de flujos de aire de dirección S y SE (provenientes de los llanos) en la cuenca explican no solo el régimen unimodal generalmente dominante, sino también las condiciones de inestabilidad con que llegan estos flujos al valle Quinimarí-Torbes, generando mayores montos pluviométricos hacia la parte SW de la cuenca. Hacia el norte de la cuenca (vertiente derecha), la alternancia de flujos de dirección norte, más estables, originan los menores montos pluviométricos y las condiciones más secas en la cuenca.

Los gradientes pluviométricos, como es de esperarse también varían significativamente en la cuenca. Entre las estaciones de El Ron y El Junco, con 40 mts de diferencia altitudinal y en la misma vertiente izquierda, la precipitación disminuye 2.587,8 mm por cada 100 m. El gradiente entre las estaciones El Ron (vertiente izquierda) y Palmira (vertiente derecha) con 220 m de diferencia altitudinal la precipitación disminuye 661,2 mm por cada 100 m. Para las estaciones ubicadas en los extremos de la cuenca, El Ron y Páramo de El Zumbador, con 1.250 m de diferencia altitudinal, la precipitación disminuye 108,3 mm. Evidentemente, no existe relación clara entre la variación de la precipitación con respecto a la ubicación altitudinal de las estaciones en la cuenca.

A nivel temporal, los regímenes pluviométricos muestran que en la cuenca predomina un régimen de tipo unimodal con máximos de precipitación en los meses de Junio - Julio y un mínimo para los meses de Enero -Febrero. Este régimen, característico de influencia llanera, muestra la tendencia

general de la variabilidad de la precipitación a nivel mensual, sin embargo, y tal como se observa en la Figura 4, para algunas estaciones, aparece una pequeña variación durante el período lluvioso (Abril-Octubre) a mostrar dos máximos (Junio-Octubre o Julio-Octubre). Este rasgo en el régimen pluviométrico de la cuenca se ha interpretado como la presencia en la misma de una franja de transición entre el régimen llanero unimodal y el régimen lacustre bimodal resultante de las fluctuaciones en velocidad y dirección de los flujos del N-NE y S-SE que confluyen temporalmente en la cuenca (Perrin, 1988).

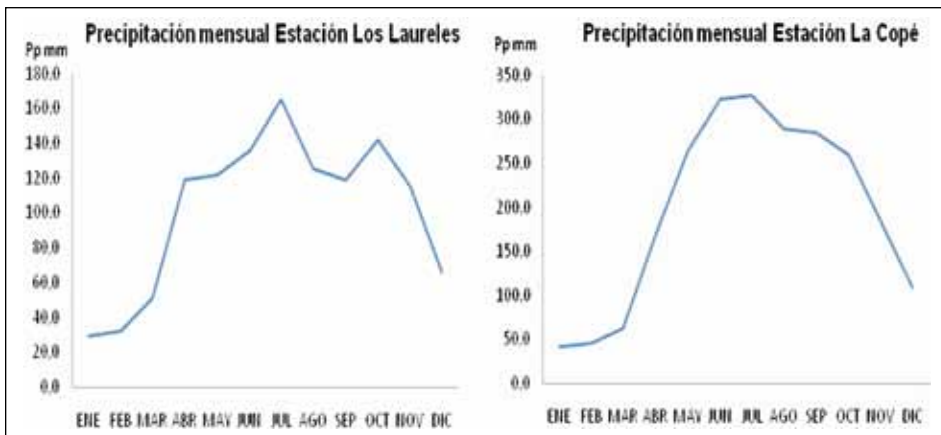


Fig. 4. Regímenes pluviométricos dominantes en la cuenca del río Torbes

En las Figuras 5 y 6, se presentan los mapas de isoyetas para los meses Enero – Febrero (mínimos pluviométricos) y Junio – Julio (máximos pluviométricos) así como el mapa de isoyetas anuales para la cuenca del río Torbes obtenidos por los métodos de interpolación Kriging Ordinario (KO) e Inverso de la Distancia Ponderado (IDW).

Enero y febrero representan, para todas las estaciones y todos los años, los meses de menor pluviosidad (montos medios mensuales inferiores a 42 mm), relacionado con la época del año con mayor influencia de las situaciones anticiclónicas, inversión de vientos alisios y subsidencia de aire para gran parte del país y específicamente en el área de la cuenca. Como puede observarse en las Figuras 5 y 6, el sector de la cuenca con los promedios más bajos se localiza hacia la parte norcentral (Palmira) y Noreste (El Zumbador) con valores inferiores a 30 mm. Los mayores valores de precipitación media mensual (entre 33 y 42 mm) se registran en el sector suroeste de la cuenca (estaciones El Ron, Sabaneta y La Copé) y hacia la vertiente izquierda en la parte media de la cuenca (El Junco).

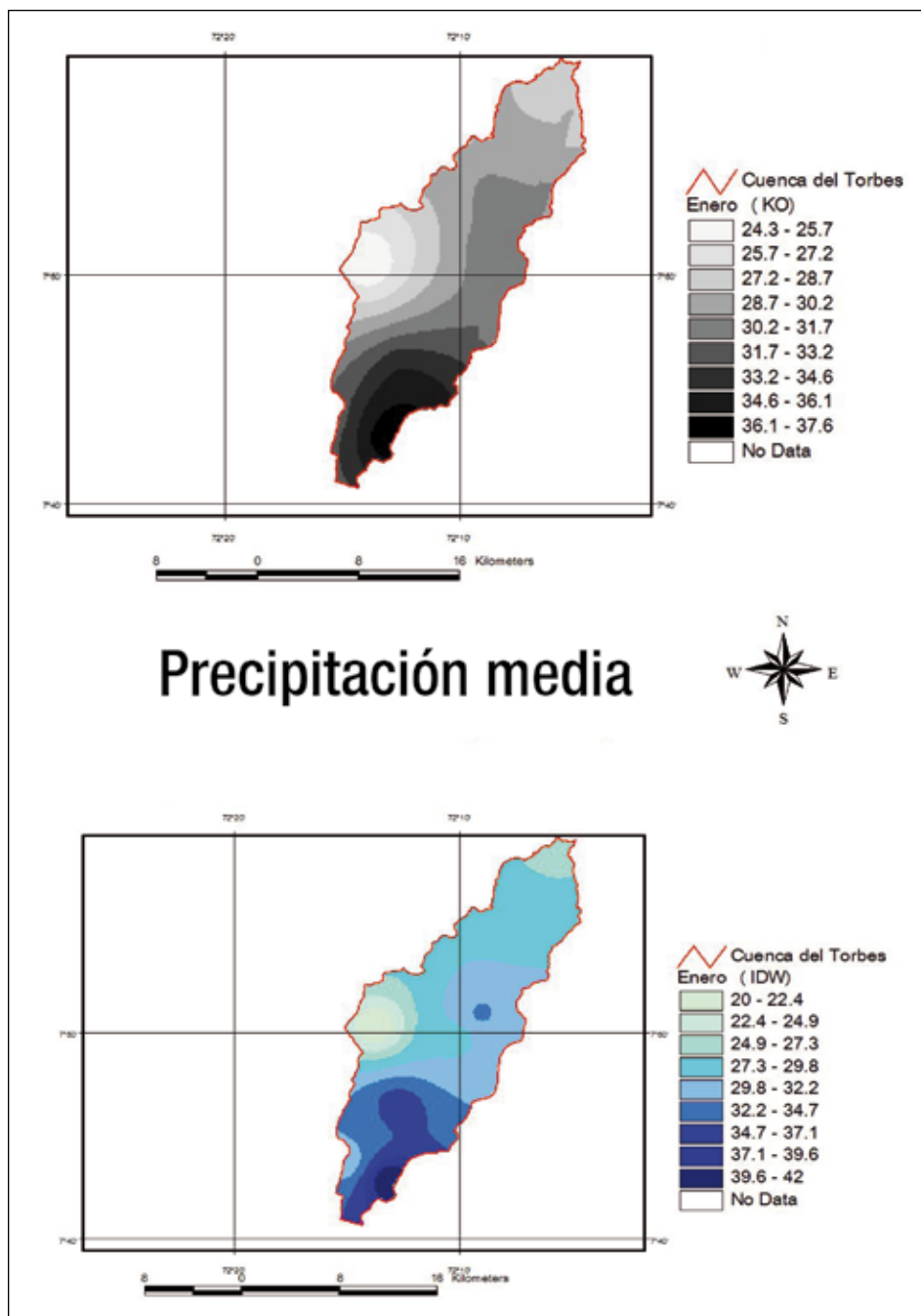


Fig. 5. Isoyetas para el mes de Enero. Cuenca del río Torbes

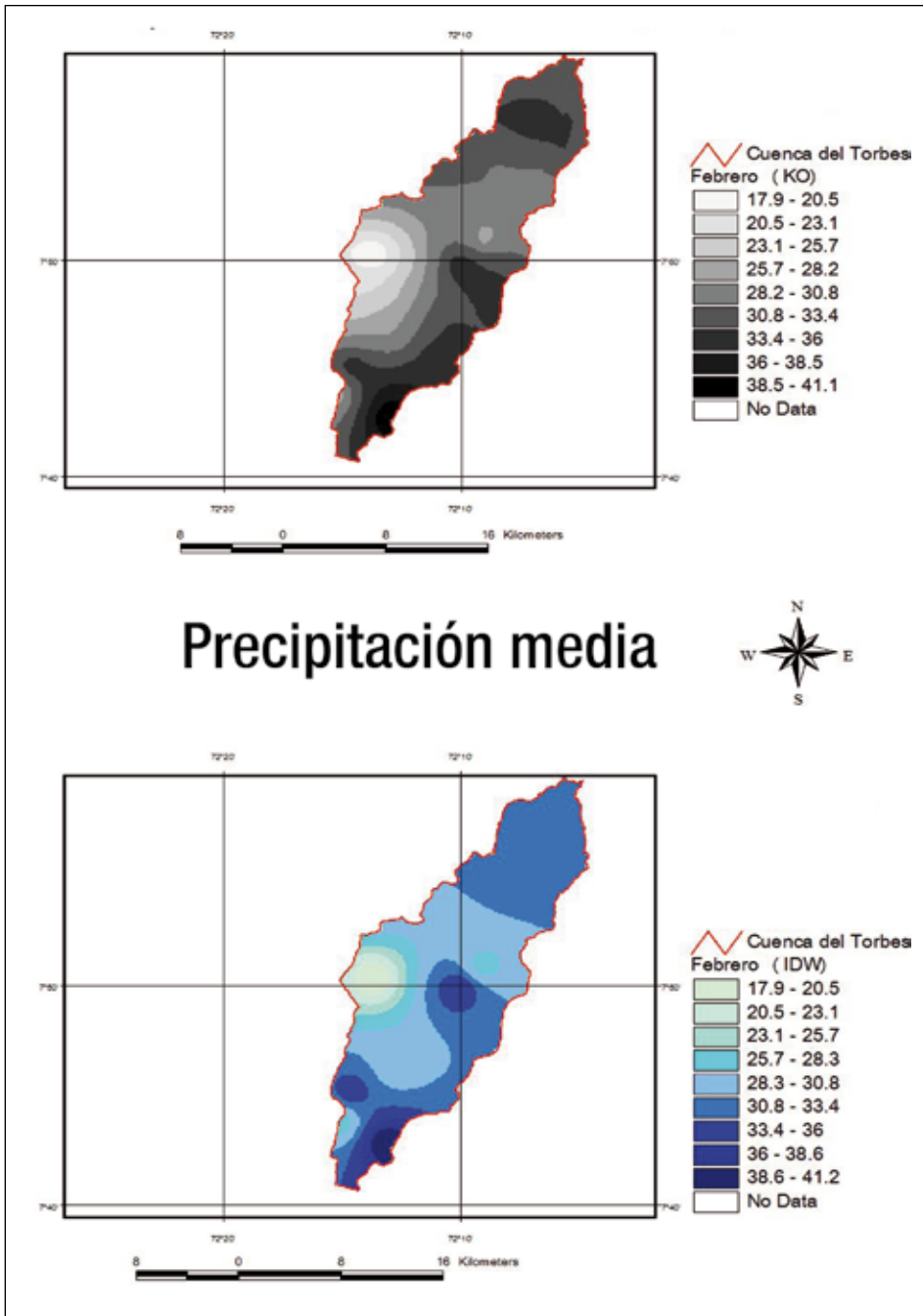


Fig. 6. Isoyetas para el mes de Febrero. Cuenca del río Torbes

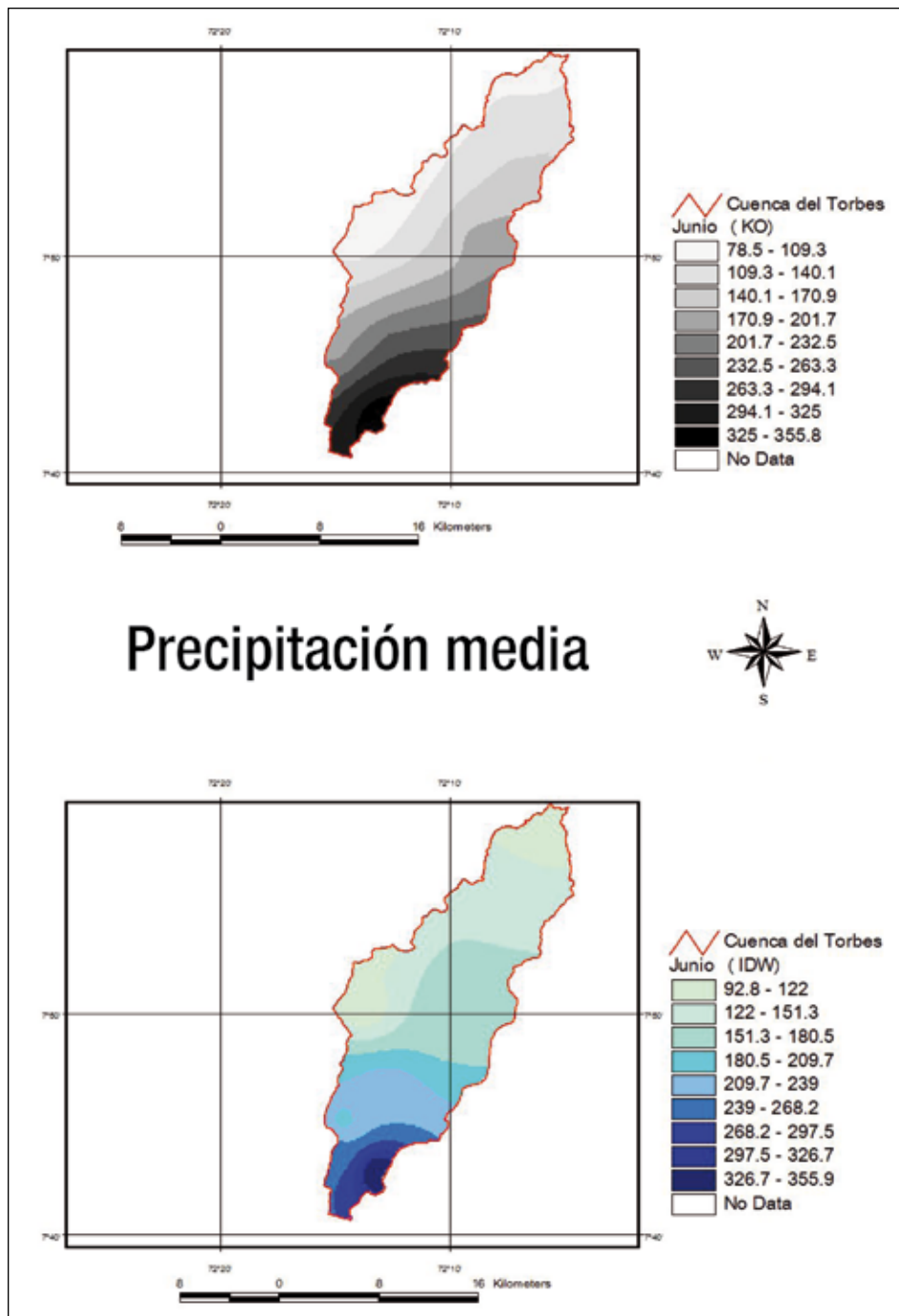


Fig. 7. Isoyetas para el mes de Junio. Cuenca del río Torbes

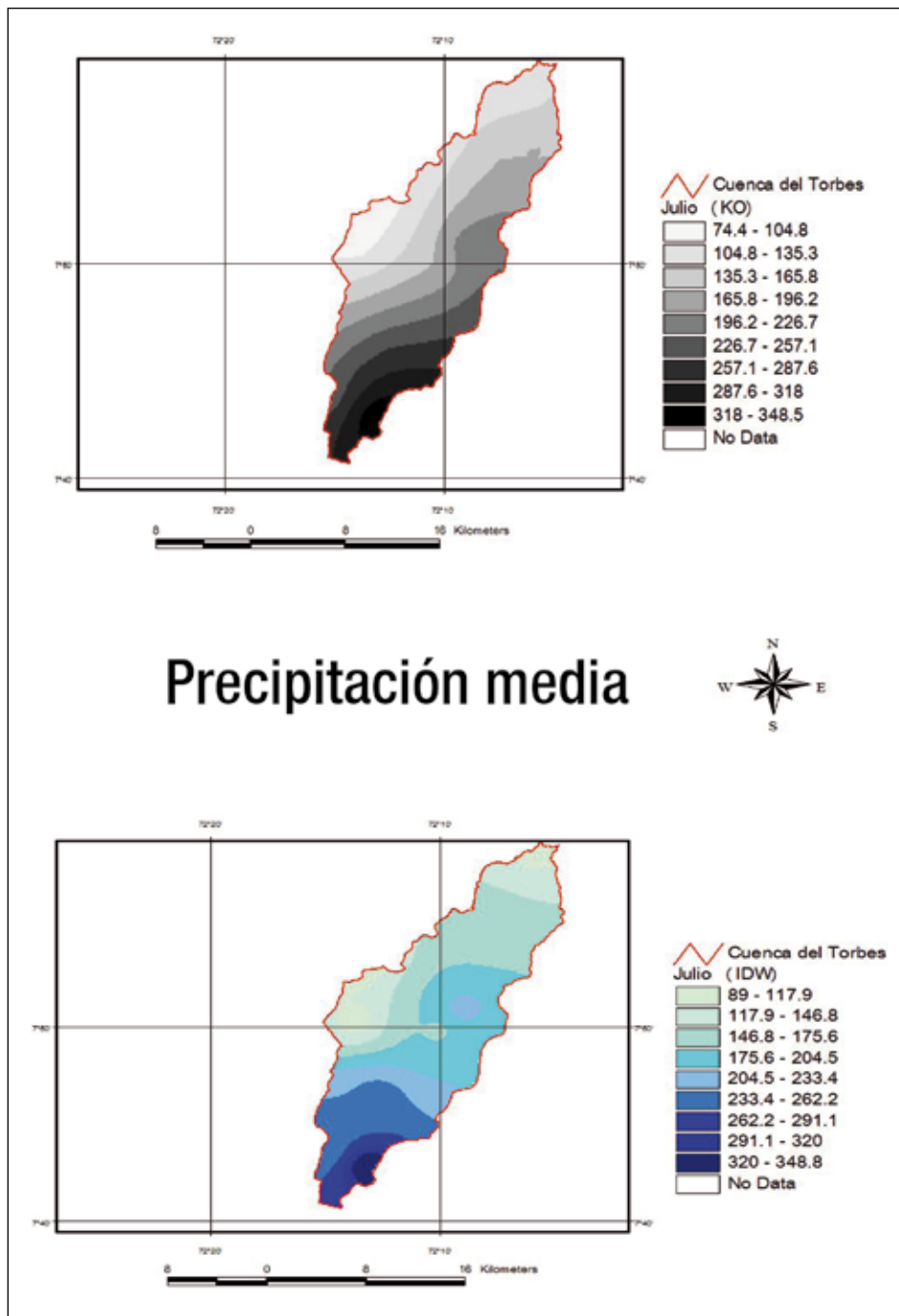


Fig. 8. Isoyetas para el mes de Julio. Cuenca del Río Torbes

Los meses de Junio – Julio son los más representativos de la temporada lluviosa para la cuenca (Ver Figuras 7 y 8). Durante la temporada lluviosa, gran parte del país incluyendo la cuenca del Torbes se encuentran bajo la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical, generadora de inestabilidad en el aire y lluvias, reforzadas gran parte de ellas, por el efecto orográfico, como es el caso en la cuenca del Torbes. El predominio durante esta temporada de flujos de aire de dirección S y SE inestables hacia la cuenca contribuye a aumentar los promedios pluviométricos hacia el sector sur de la cuenca. Los promedios de precipitación mensual varían entre 74 y 355 mm y constituye la época central del período lluvioso aunque con variaciones en algunas estaciones, donde en el mes de Octubre, repuntan los promedios mensuales. Los menores promedios de esta temporada se registran, como es típico en la cuenca, hacia el sector norte (Palmira) y noreste (Páramo de El Zumbador) con valores medios mensuales inferiores a 180 mm. Los mayores valores promedios mensuales, superiores a 263 mm, se registran hacia el sector suroeste (estaciones El Ron, Sabaneta y La Copé).

La entrada de flujos de vientos del norte y noreste a la cuenca, activando núcleos convectivos asociados al desplazamiento de ZCIT hacia el sur generan aumentos de los promedios de precipitación hacia los meses finales del período (Octubre).

A nivel anual (Figura 9), la variabilidad de la precipitación promedio mantiene a grandes rasgos los patrones generales que se presentan durante el transcurso de los meses del año. Es decir, se pueden identificar claramente varios sectores con condiciones pluviométricas o con niveles de disponibilidad de agua característicos. Las áreas con menores montos promedios anuales de precipitación se encuentran hacia la vertiente derecha, formando una franja en sentido norte - noreste de la cuenca hasta la divisoria Torbes-Lobaterita. Se extiende desde Palmira (919,3 mm) hasta El Zumbador (1.020,4 mm), con montos promedios anuales aproximadamente alrededor de los 1.000 mm. Es el sector de la cuenca que normalmente y en el transcurso del año recibe los menores aportes de precipitación por los efectos ya previamente planteados.

El sector sur y sureste, en la vertiente izquierda de la cuenca, es el área que registra los mayores promedios anuales de precipitación y se encuentra relacionado con el nivel altitudinal donde los flujos de aire que ascienden por el valle Quinimarí-Torbes alcanzan su nivel de saturación y optimun pluviométrico. Los valores promedio de precipitación anual superan los 2.000 mm, como es el caso de las estaciones El Ron (2.374 mm) y La Copé (2.353,2 mm).

Una proporción importante de la cuenca, correspondiente al valle medio del río Torbes y vertientes inferiores, se caracterizan por poseer prome-

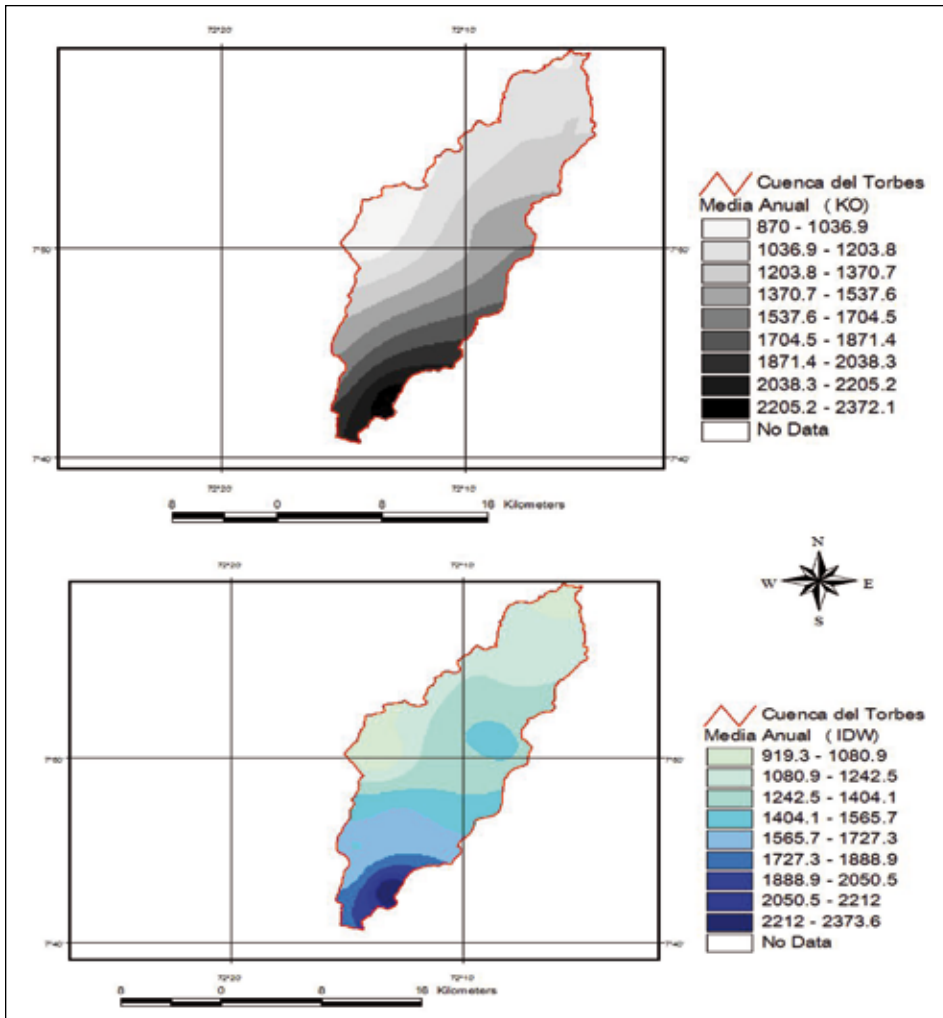


Fig. 9. Isoyetas medias anuales, Cuenca del río Torbes

dios de precipitación superiores a los 1.000 mm. Se corresponde con las áreas de mayor explotación de los recursos hídricos en la cuenca para diversos fines.

5. Conclusiones

- La utilización de métodos de interpolación Kriging Ordinario (KO) e Inverso de la Distancia Ponderado (IDW) ha demostrado su aplicabilidad en ambientes montañosos con niveles de confiabilidad aceptables. Se detecta a través de los productos gráficos obtenidos, las principales

características en cuanto a la variabilidad espacial y temporal de la precipitación en la cuenca del río Torbes.

- Para las condiciones presentes en la cuenca del Torbes y con la base de información manipulada en el software ArcView, el método del Inverso de la Distancia Ponderada (IDW) reflejó más claramente algunos patrones espaciales secundarios en cuanto a la distribución de la precipitación en la cuenca. Nuevas investigaciones con este método en la región andina tachirense podrían ratificar los resultados de esta investigación.
- La cuenca del río Torbes, por su condición montañosa en medio tropical, presenta una diversidad de ambientes pluviométricos con amplia variabilidad en cuanto a disponibilidad temporal y distribución espacial de los montos promedios de precipitación. La precipitación se encuentra desigualmente distribuida en la extensión de la cuenca como consecuencia de la acción de condicionantes naturales.
- Se hace imperiosa la necesidad de fortalecer la red pluviométrica para muestrear los valores de precipitación para sectores importantes de la cuenca.

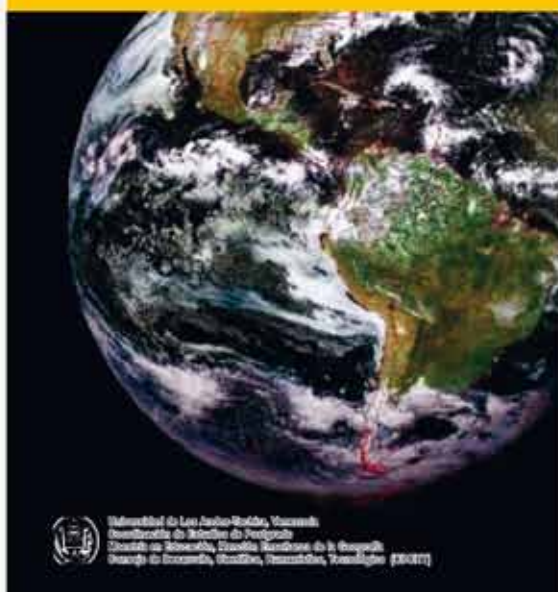
Agradecimientos

Los autores agradecen al **Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes** el financiamiento de la presente investigación a través del Proyecto NUTA-H-243-06-09-C.

Referencias Bibliográficas

- Ferrer, C. (1977). *Estudio geomorfológico detallado de la cuenca media – inferior del río Torbes, Estado Táchira*. Universidad de los Andes. Mérida-Venezuela. 180 pp.
- Guerra, F Y González, J. (2002). “*Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela*”. *Geoenseñanza*, 7 (1-2) 88 – 108.
- García, G.; Duque, N. Y Mora, R. (2007). *Zonificación digital de la cobertura vegetal en la cuenca del río Torbes, Estado Táchira (2001-2003)*. Trabajo de la Cátedra Informe y Divulgación. Universidad de Los Andes – Táchira, Venezuela. 90pp.
- Jaimes, E. (1996). *Principios JAIMES, E. (1996). Geografía de los suelos del Táchira*. IUT- Los Andes. Táchira, Venezuela. 81 pp.

- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MAR-NR) (1986). *Atlas del Estado Táchira*. San Cristóbal. Venezuela.
- Perrin, P (1988). *Estudio climatológico de la Depresión del Táchira y de la cuenca montañosa del Uribante*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida. Venezuela.
- Torres, L (1983). *Análisis regional de Intensidad-Duración-Frecuencia de lluvias en la cuenca del río Torbes, estado Táchira. 1968 – 1977*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Mérida. Venezuela.



Volumen 14 2009 (2)
julio - diciembre

► Contenido

Editorial	193-194
Artículos	
• Retos de la formación del docente en la sociedad contemporánea. El ser total desde lo experiencial en la enseñanza de la geografía. Ceballos García, Beatriz	195-216
• Los servicios educativos en el sector Táchira-Norte de Santander, como elemento a considerar en un proyecto de integración fronteriza. Álvarez de Flores, Raquel y Mogollón, Inés Beatriz	217-239
• Enseñanza-aprendizaje de la asignatura Geografía Política y Geopolítica con apoyo de la Plataforma Moodle. Escuela de Geografía, Universidad de Los Andes, Mérida - Venezuela. Portillo, Alfredo y Trínca, Delfina	237-246
• Diagnóstico socioeconómico de la comunidad invasora del poblado, Sector Los Pozos, Rubio - Estado Táchira. Prado, Escarlín	247-264
• EL suelo en la fase superficial del ciclo geológico. Elizalde, Graciano	265-282
• Modelización de la distribución de la precipitación para el estado Táchira, utilizando SIGs y Geoestadística. Guerra, Fernando; Gómez; Heriberto; González, Julio y Zambrano, Zahylla	293-318
Notas y Documentos	
• Los nombres de Venezuela. Salazar, Temístocles	319-328
• Proyecto para la acción: estrategia de educación ambiental a nivel universitario ante la problemática local y global. Nieto Terán, Yanis Arahis y Bentli Ochoa, Aura Stella	327-334
Reseñas	
• EDUCACION, ESTADO Y NACION. Una historia política de la educación oficial venezolana 1928-1958. Guillermo Luque, 1era Edición Universidad Central de Venezuela, 1999. Monte Ávila Editores Latinoamericana (1era Ed), 2009. Por Rosalba Linares	335-338