

## **INFLUENCIA DE LA ALTITUD Y LA DISTANCIA AL LAGO DE MARACAIBO EN LA CARACTERIZACIÓN PLUVIOMÉTRICA DEL ESTADO TRUJILLO, VENEZUELA**

**Rigoberto Andressen L.<sup>1</sup>**  
**Amelia Díaz de Pascual<sup>2</sup>**

---

### **ABSTRACT**

In order to assess the influence of some physical geographic variables upon rainfall characterisation of Trujillo state and the neighbouring areas in Venezuela, a data-base was established with the monthly rainfall, altitude and distance to the Lake of Maracaibo as variables. Seventy-five rainfall stations were selected according to their geographical location and data consistency. By using the Principal Component Analysis, altitude and distance to the Lake of Maracaibo are found to be the relevant variables for explaining the rainfall characteristics in the region. The first PCA axis explains 57% of the variability and monthly rainfall is associated with this axis. The second PCA axis explains 34% of the variability and is related to the altitude and the distance to the lake.

Four groups of rain gages result from the two-axis plane, arranged according to the altitude and the distance to the Lake of Maracaibo. The first group is composed of rainfall stations, placed at altitudes of less than 10 m, very close to the lake's shoreline (< 12 km) and with annual rainfall values between 800 and 1800 mm. The second group includes stations that are placed at an altitude up to 500 m, at a distance from the lake between 4 and 80 km, and with annual rainfall values between 600 and 1800 mm. The third group is made of stations, placed at altitudes between 300 and 2100 m, at distances from the lake between 20 and 160 km, and with annual rainfall values between 500 and 2500 mm. The fourth group is composed of those stations located at altitudes above 1000 m, at distances from the lake greater than 100 km, and with a wide range of annual rainfall between 600 and 3200 mm. If the rain-gages geographical location and the rainfall seasonal variation are analyzed, eleven subgroups can be differentiated. Nine subgroups show a bimodal seasonal rainfall regimen and only two show an unimodal regime. Based on this research results, it is suggested that further analyses be undertaken, including additional physical geographical and climatic variables.

**Key words:** Precipitation, rainfall regionalization, Trujillo - Venezuela

**Recibido:** noviembre, 1999

**Aceptado:** noviembre, 2000

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Ecológicas de Los Andes Tropicales, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela (randss@ciens.ula.ve)

<sup>2</sup> Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela (adiaz@ciens.ula.ve)

## COMPENDIO

Con el fin de determinar la influencia de algunas variables físico-geográficas en la caracterización de la pluviometría del estado Trujillo y áreas adyacentes, se conformó una base de datos con precipitación mensual, altitud sobre el nivel del mar y distancia al Lago de Maracaibo. Se seleccionaron 75 estaciones pluviométricas, en base a criterios de localización y consistencia de las series históricas de datos. Mediante el uso de Análisis de Componentes Principales, se demostró que las variables altitud y distancia al Lago de Maracaibo, son de gran utilidad en la explicación de la pluviometría en la región de estudio. El primer eje explica el 57% de la variabilidad y a éste se asocian todas las variables consideradas (meses). El segundo eje explica el 34%, y se asocia a las variables altitud y distancia al lago. En el plano formado por estos dos componentes se identificaron cuatro grupos, bien definidos, de estaciones, de acuerdo a un gradiente altitudinal y de distancia al Lago de Maracaibo. El primer grupo comprende aquellas estaciones localizadas a muy baja altitud (<10 m.) y muy cerca al lago (<12 km), con precipitaciones anuales de 800 a 1800 mm. El segundo grupo comprende estaciones con altitudes menores a 500 m, más alejadas del lago que las anteriores (4 a 80 km) y precipitaciones anuales entre 600 y 1800 mm. El tercer grupo comprende las estaciones ubicadas en una franja de altitud mayor (300 a 2100 m), distantes del lago (> 45 km) y precipitaciones anuales entre 500 y 2500 mm. El cuarto grupo está constituido por estaciones ubicadas a las mayores altitudes, en la franja 1000 a 3000 m, también distantes del lago (>100 km) y con precipitaciones entre 600 y 3200 mm. Al analizar la localización geográfica de las estaciones pluviográficas conjuntamente con el régimen pluviométrico estacional, once subgrupos fueron diferenciados. Nueve de estos subgrupos muestran un régimen pluviométrico bimodal y sólo dos tienen un régimen unimodal. En base a los resultados de este trabajo, se sugiere efectuar otros análisis que incluyan otras variables físico-geográficas y climáticas, además de las consideradas en este trabajo.

**Palabras clave:** precipitación, regionalización pluviométrica, Venezuela

## INTRODUCCION

Dentro del conjunto de técnicas multivariantes conocidas como métodos factoriales, se incluye el Análisis de Componentes Principales (ACP). Esta técnica tiene como objetivo sintetizar la información contenida en una matriz de datos, de manera que las relaciones de dependencia entre variables (columnas) e individuos (filas) puedan ser representadas gráficamente por medio de los ejes de coordenadas; que son un nuevo conjunto de variables transformadas como una función lineal de las variables originales (Batista, 1989).

En los últimos 40 años el ACP ha sido ampliamente utilizado en Meteorología y Climatología (Ogallo, 1980; Overland y Preisendorfer, 1982; Ehrendorfer, 1987; Eklunch y Pilesjö, 1990; Mallants y Feyen, 1990). El objetivo de este estudio es determinar el efecto de algunas variables fisico-geográficas en la caracterización pluviométrica del estado Trujillo y áreas adyacentes.

## AREA DE ESTUDIO

El estado Trujillo está localizado al occidente de Venezuela, sobre el noreste de la Cordillera de Los Andes. Ocupa una superficie de 7440 km<sup>2</sup>, representando el 10.7% de la Región de Los Andes y 0.8% de la superficie total de Venezuela (Cartografía Nacional, 1997).

El estado Trujillo está constituido por tierras de grandes contrastes topográficos. Su territorio es penetrado de sur a norte por tres cadenas montañosas: la Sierra de La Culata, la Sierra de Trujillo y el Collado de Mucuchíes. En su territorio se pueden diferenciar tres tipos de paisajes: i) montañas y valles intermontanos; ii) el piedemonte andino-lacustre; y iii) la planicie lacustrina (extensa superficie de explayamiento de los ríos Pocó, Caús, Motatán y Barúa). El drenaje del estado Trujillo está conformado por tres cuencas hidrográficas: i) la de los ríos Motatán, Escuque y Carache, que drenan hacia el Lago de Maracaibo; ii) la del río Los Bucares, que drena hacia el Morere y el Mar Caribe; y iii) la del río Boconó, que drena hacia la macrocuenca del río Orinoco (Figura 1).

**Clima:** una variedad de tipos de clima resulta de la interacción entre el relieve y los patrones de circulación atmosférica. Se pueden distinguir las siguientes regiones: i) clima megatérmico de bosque húmedo tropófilo y sabanas, con dos máximos de precipitación (marzo/abril y septiembre/octubre), característico de las planicies aluviales de Monay hacia la costa del Lago de Maracaibo; ii) sucesión de climas de montaña tropical perhúmedos mesotérmicos, con un sólo máximo pluviométrico (mayo/junio/julio), en la región de las cuencas altas de los ríos Burate y Boconó; iii) en las cuencas altas de los ríos Motatán, Momboy y Jiménez también se presenta una sucesión de pisos climáticos, desde mesotérmicos hasta microtérmicos, con variantes en la precipitación, que incluyen sectores subhúmedos y húmedos, con dos máximos pluviométricos (abril y octubre), y iv) la cuenca media de los ríos Motatán y Momboy, desde la Puerta hasta Valera, el sector alrededor de Trujillo y el sector de Carache-La Concepción, están caracterizados por condiciones climáticas subhúmedas a semiáridas, con regímenes térmicos macrotérmicos a mesotérmicos, dependiendo de la altitud. Se logró caracterizar el clima en cinco patrones

pluviométricos en base al monto total de la precipitación anual (Rodríguez, 1990). Pluviométricamente la cuenca del Motatán recibe, en el transcurso del año y en total, menos precipitación que las otras cuencas (ríos Los Bucares y Boconó). En el Cuadro 1 se muestran los patrones con sus respectivas áreas de influencia.

**Cuadro 1.** Clasificación de los sectores pluviométricos en el Estado Trujillo de acuerdo a la precipitación anual

Sector	Rango de Precipitación	Area	Porcentaje respecto
Pluviométrico	Anual ( mm)	Km <sup>2</sup>	Area Total
Semiárido	600 – 900	1 729.9	23.3
Subhúmedo	900 – 1 200	2 469.1	33.2
Húmedo	1 200 – 2 000	2 635.5	35.4
Muy Húmedo	2 000 – 2 600	335.6	4.5
Superhúmedo	> 2 600	269.9	3.6
Total:		7 440.0	100.0

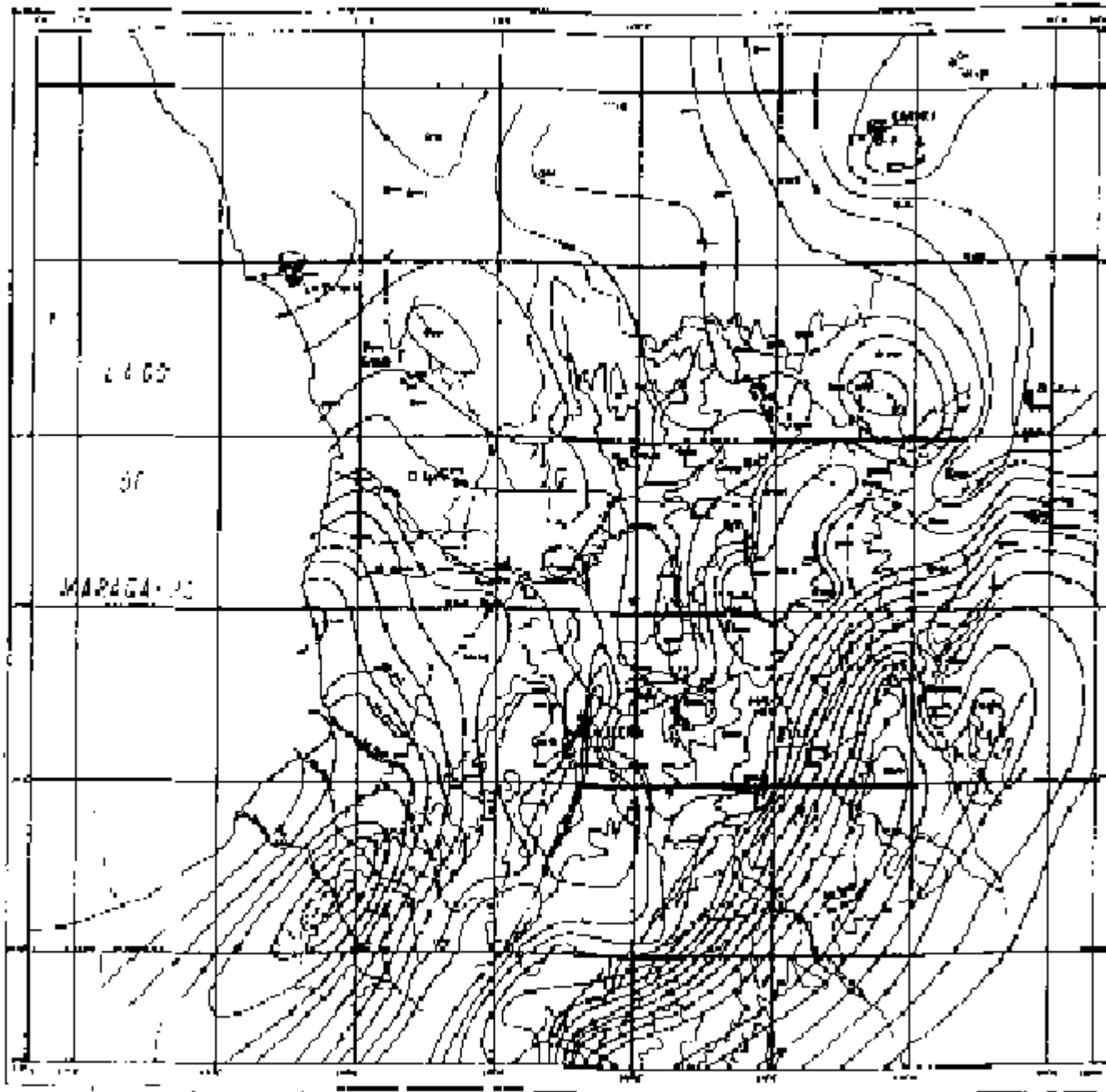


Figura 1. Estado Trujillo y áreas adyacentes: estaciones pluviográficas e isoyetas medias a

**Figura 1.** Estado Trujillo y áreas adyacentes: estaciones pluviográficas e isoyetas medias anuales

**El Lago de Maracaibo como factor climático:** el Lago de Maracaibo es un cuerpo de aguas cálidas, bastante extenso, con 13000 km<sup>2</sup> de superficie y 728 km de costas, ubicado al oeste del estado Trujillo, que ejerce una marcada influencia sobre las características climáticas de las diferentes regiones del área de estudio, principalmente sobre la precipitación (cantidad y distribución). Una de las influencias reconocidas en áreas vecinas a cuerpos de agua, es la presencia de Brisas de Lago, fenómeno parecido a las Brisas de Mar y Tierra; que incluso se presentan en áreas que circundan cuerpos de agua pequeños, hasta de 1.5 km de ancho (Lyons, 1972). Estas Brisas de Lago son capaces de alterar el comportamiento de tormentas, suprimiendo en algunos casos la actividad convectiva (Lyons, 1966), o en otros casos favoreciéndola (Lyons y Chandik, 1971); lo que debe reflejarse en la cantidad y distribución de la precipitación (Figura 2).

Durante la noche las brisas de tierra y lago contribuyen a crear una zona de convergencia local, a niveles bajos y de divergencia durante el día. Si hay las condiciones sinópticas favorables, es posible que, en la tarde, se desarrollen cúmulos muy desarrollados y cúmulo-nimbos sobre la llanura lacustre (al este y sureste del lago) y que se produzcan fuertes precipitaciones. Por supuesto, esta hipótesis necesita información climatológica, adicional a la pluviométrica (dirección y velocidad del viento en superficie y varios niveles, registro detallado de nubosidad, etc.), para su estudio. Esta información no existe en la actualidad para la región.

Por otro lado, el Lago de Maracaibo, debido a la alta evaporación, es una fuente importante de vapor de agua que, de acuerdo con el régimen de vientos predominante en cada período del año, es transportado hacia las áreas vecinas, incluyendo las vertientes montañosas y valles altos, donde se producen procesos de condensación, formación de nubes y precipitación. Sin embargo, los mecanismos de ascenso orográfico no siempre traen como consecuencia un incremento de la precipitación; pues intervienen varios factores como: i) las características del flujo de aire y los patrones sinópticos; ii) el movimiento vertical local, debido a las características del terreno (pendiente, orientación y arquitectura del relieve); y iii) los procesos microfísicos que operan dentro de las masas de nubes que son transportadas o que se forman (Barry, 1981). A este tipo de precipitación orográfica, hay que agregar la que se forma por procesos convectivos. El resultado final es un patrón complejo de distribución de la precipitación con la altitud, como se demuestra más adelante para los distintos grupos de estaciones. Por ejemplo para la cuenca del Río Motatán, la precipitación anual primero disminuye con la altitud, luego aumenta alcanzando un valor de poco más de 900 mm, aproximadamente, a 1600 m de altitud, luego disminuye a 600 mm y a partir de los 1800 m, a menos de 900 mm, para finalmente disminuir muy levemente a partir de los 2500 m. Andressen y Ponte (1973) encontraron una variación similar de la precipitación con la altitud para la Cuenca del Chama, la que se encuentra en una posición yuxtapuesta geográficamente con respecto a la del Motatán.

**Figura 2.** Esquema de las brisas de tierra y lago y su influencia sobre las tormentas en la llanura lacustre, al este y sur del Lago de Maracaibo

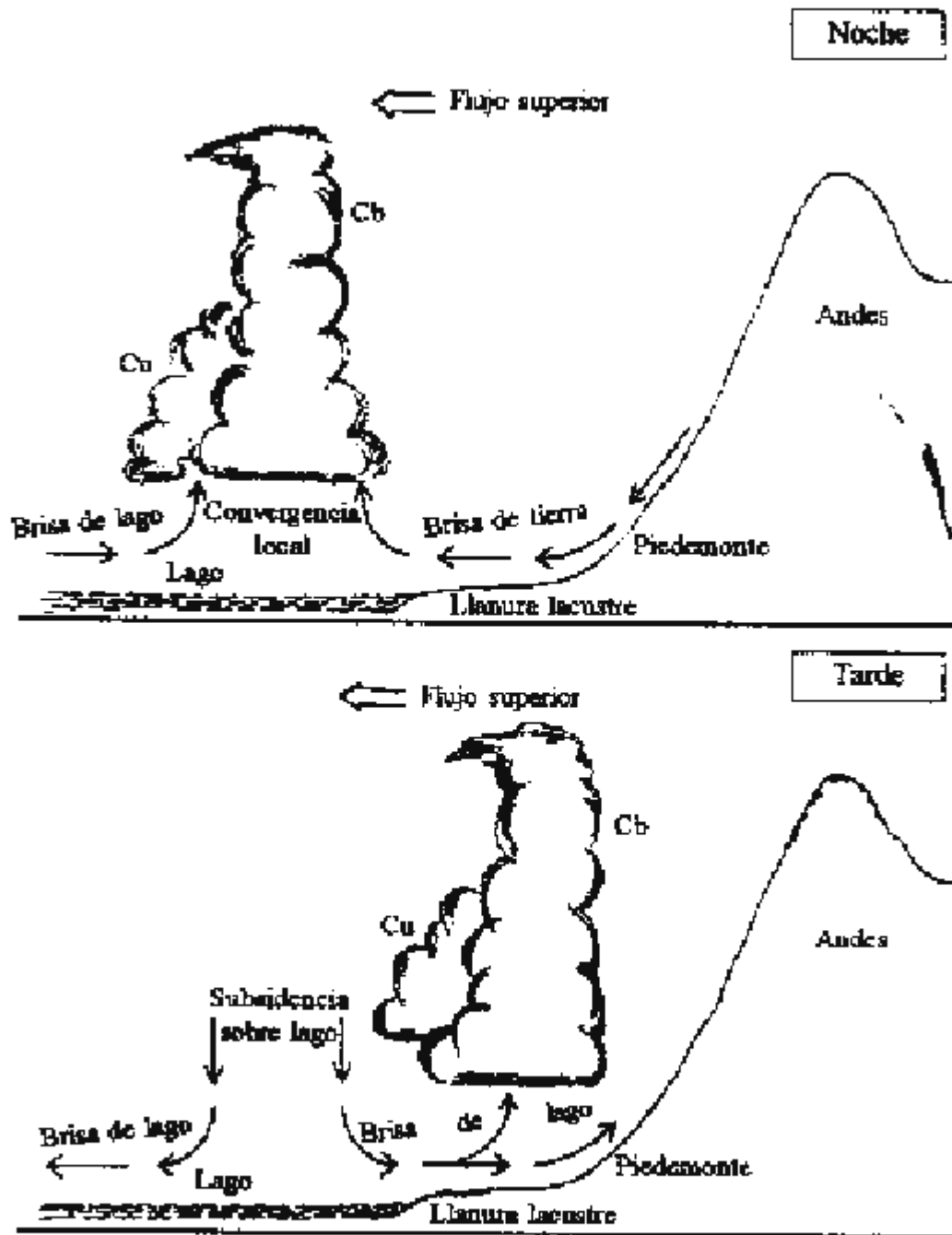


Figura 2. Esquemas de las brisas de tierra y lago y su influencia sobre las tormentas en la llanura lacustre, al este y sur del Lago de Maracaibo

## METODOLOGIA

Para la realización del presente trabajo se conformó una base de datos con 75 estaciones climatológicas del estado Trujillo y alrededores, en su mayoría pertenecientes al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). Esta base está estructurada de la siguiente manera:

- Precipitación mensual en mm, para las 75 estaciones pluviográficas, para un período promedio de 30 años
- Coordenadas de localización de las estaciones (latitud, longitud y altitud en metros sobre el nivel del mar)
- A partir de las hojas de Cartografía Nacional N° NC-19-5, NC-19-6, NC-19-9, NC-19-10, NC-19-13 y NC-19-14, se calculó gráficamente la distancia (en kms) de cada estación a la costa del Lago de Maracaibo.

La altura de cada estación sobre el nivel del mar explica, en cierta medida, el componente orográfico de la precipitación (Bowden, 1980). Además con la altitud la humedad específica disminuye y, en consecuencia, disminuye el suministro de humedad potencial (Puvaneswaran y Smithson, 1991). En las zonas de clima tropical, la velocidad del viento disminuye con la altitud, lo que hace que el máximo pluviométrico se ubique, por lo general, cerca del nivel de la base de las nubes. Cuando hay mayor frecuencia de nubes de gran desarrollo (cúmulos de gran desarrollo y cúmulo-nimbos), en el período de mayor convección, las fuertes corrientes dentro de este tipo de nubes transportan las gotas de agua a niveles más altos, elevándose así el nivel de altitud del máximo pluviométrico.

Los análisis estadísticos fueron efectuados con el paquete STAT-ITCF (1991). En este análisis se introdujeron como variables los promedios de la precipitación mensual de los años de estudio, junto con la altitud y la distancia de cada estación al Lago de Maracaibo.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Al realizar el ACP, el porcentaje de inercia explicada por el primer eje, es de 57%, y por el segundo, del 34%. En el círculo de correlación se observa que la precipitación define el eje 1, mientras que la altitud y distancia al Lago de Maracaibo definen claramente el eje 2 (Figura 3). Las estaciones se asocian en cuatro grupos bien definidos, gradualmente en función de la altitud y distancia al lago (Figura 4).

**Figura 3.** Círculo de las correlaciones entre las variables utilizadas en el análisis y los dos ejes principales



**Figura 3.** Círculo de las correlaciones entre las variables utilizadas en el análisis y los dos ejes principales



**Figura 3.** Círculo de las correlaciones entre las variables utilizadas en el análisis y los dos ejes principales

**Figura 4.** Ubicación de los grupos de estaciones de acuerdo a los ejes de coordenadas

Figura 4. Ubicación de los grupos de estaciones de acuerdo a los ejes de coordenadas

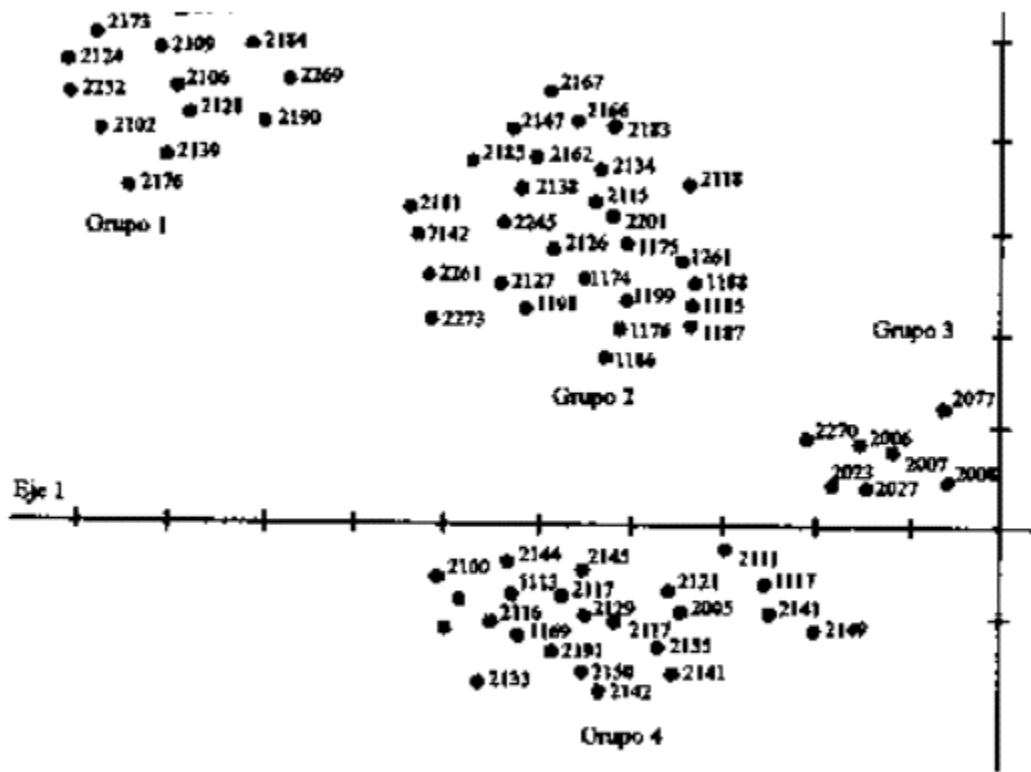


Figura 4. Ubicación de los grupos de estaciones de acuerdo a los ejes de coordenadas

### Grupo 1

Constituido por un conjunto de estaciones ubicadas muy cerca del Lago de Maracaibo con distancias menores a 12 km, a muy baja altitud (menos de 10 m) y con un amplio rango de precipitación anual, de 800 a 1 800 mm (Cuadro 2). La pluviometría de este grupo de estaciones está fuertemente influida por las brisas del lago y por los efectos que las mismas tienen sobre la actividad convectiva y, por lo tanto, sobre la cantidad y distribución temporal de la precipitación. En relación a la variación temporal de la precipitación, observamos dentro de este grupo, dos subgrupos con sus correspondientes tipos de regímenes pluviométricos (Cuadro 3, Figura 5).

**Subgrupo 1-A:** comprende las estaciones ubicadas al norte del paralelo  $9^{\circ} 30' N$ , y está caracterizado por presentar su máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en mayo, el mínimo pluviométrico principal en marzo y el secundario en julio. Tiene un promedio de precipitación anual de 942 mm.

**Subgrupo 1-B:** estaciones ubicadas al sur del paralelo  $9^{\circ} 30' N$ , que tienen mayor precipitación anual que las del subgrupo anterior (1274 mm). El máximo pluviométrico

principal ocurre en abril, el secundario en octubre, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en julio.

## Grupo 2

Constituido por estaciones ubicadas a mayor distancia del lago (entre 4 y 80 km), a diferentes niveles de altitudes hasta los 500 m y con un amplio rango de precipitación anual entre 600 y 1800 mm (Cuadro 2). A medida que nos alejamos de la costa del lago, la influencia del mismo decrece, sobre todo en relación a sus efectos sobre la actividad convectiva, aunque se mantiene su influencia como proveedor de humedad. Con la altitud se incrementa levemente la precipitación, hasta los 250 ó 300 m, altitud en la que alcanza valores promedios anuales de 1300 a 1400 mm. Dentro de este grupo se pueden diferenciar tres subgrupos (Cuadro 3, Figura 5).

**Subgrupo 2-A:** con el máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en mayo, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en junio. El promedio de precipitación anual es de 1369 mm. Las estaciones de este subgrupo se ubican al norte de 9° 45' N y oeste de 70° 30' W.

**Subgrupo 2-B:** constituido por las estaciones del Grupo 2 ubicadas al sur de los 9° 45' N y al oeste del eje Río Monay - Embalse de Agua Viva. Presentan el máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en mayo, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en julio. La precipitación anual promedio es de 1073 mm.

**Cuadro 2.** Clasificación mediante el ACP de las estaciones climatológicas estado Trujillo y áreas adyacentes

Grupo	Serial	Estación	Altitud m	Distancia al Lago km	Precipitación anual
1	2006	Pueblo Viejo	1	0.0	1155
1	2007	Bachaquero-Shell	3	5.4	1004
1	2008	Bachaquero	5	6.6	987
1	2023	Bobures	0	4.2	1203
1	2027	San Lorenzo	2	0.0	1460
1	2077	San Miguel-Canal Vzla	8	11.0	889
1	2079	Las Dolores-Caño Vzla	0	11.0	1221
1	2100	La Ceiba	2	1.2	1750
2	1112	Hacienda Machango	80	32.0	1275
2	1113	El Cruce	160	43.9	1570

2	1117	Palmarito	470	63.7	935
2	1169	El Venado	156	35.8	1305
2	2004	Raya Arriba	108	23.8	1732
2	2005	Ceuta	10	4.9	990
2	2111	San Felipe	50	18.2	688
2	2116	Mene Grande-Shell	18	20.2	1469
2	2117	Mene Grande	27	18.8	1279
2	2121	Parcela No. 40	70	42.4	982
2	2129	San Antonio	237	66.9	1244
2	2133	Monay	292	73.0	1420
2	2140	Cenizo-Centro Adm.	45	33.4	820
2	2141	Cenizo-Campamento	124	47.2	1041
2	2142	Sabana de Mendoza	118	33.2	1052
2	2144	Pampán	480	68.6	1543
2	2145	Pampanito	375	66.3	1381
2	2146	Guamas de Monay	272	7.2	1543
2	2149	Cenizo-Canal Principal	49	27.4	988
2	2150	Cenizo-Rápido Dos	63	27.4	1022
2	2153	Motatán	340	54.4	1012
2	2191	El Tigre-LUZ	40	22.6	1222
3	1174	Quebrada Arriba	615	92.6	964
3	1175	Puricare	520	99.0	904
3	1176	San Francisco	470	121.0	690
3	1185	Carora	406	137.0	577
3	1186	Burere	430	113.0	739
3	1187	Carora-Granja	413	133.0	601
3	1188	Carora-Bomba	412	133.0	506

Grupo	Serial	Estación	Altitud m	Distancia al Lago km	Precipitación anual
3	1198	Sabana Grande T.S.	523	133.0	690
3	1199	Los Arangues	551	129.8	682
3	1261	Río Tocuyo	388	161.0	691
3	2107	Pié de Cuesta	525	97.2	827
3	2115	San Lázaro	775	69.3	937
3	2118	El Empedrado	844	91.0	1006

3	2119	Trentino-La Pastora	559	102.0	937
3	2125	Cuicas	994	83.9	1232
3	2126	Valle Hondo	800	85.5	866
3	2127	Puente Villegas	621	92.0	1063
3	2134	Chejendé	978	79.3	1070
3	2138	La Concepción	1125	92.7	714
3	2147	Santa Ana	1601	83.0	803
3	2162	Escuque	1001	48.4	873
3	2166	El Jarillo	1890	87.2	951
3	2167	Páramo La Cristalina	2070	79.3	971
3	2170	Guafas	370	139.7	2487
3	2183	Mendoza Fría	1210	60.5	702
3	2185	Santiago de Trujillo	1180	72.0	769
3	2201	Curarigua	627	146.0	631
3	2251	Humocaró Alto	950	122.0	836
3	2261	Chabasquén	600	125.6	1897
3	2273	Biscucuy	555	120.7	2177
3	7142	Hacienda San Giusto	1449	100.6	1848
4	2102	El Morro	2500	105.6	780
4	2106	El Jabón	1499	108.0	1279
4	2109	San Pedro	1440	113.2	1000
4	2124	Las Cuatro	1952	114.0	1120
4	2128	Agua de Obispos	2114	107.0	867
4	2139	Sabana Grande-Guago	1388	136.0	1560
4	2148	Cendé	3000	103.1	661
4	2173	La Concepción	1000	121.2	3159
4	2176	Boconó	1288	101.3	1077
4	2189	Mosquey	1430	102.8	1812
4	2190	Campo Elías	1033	113.0	2717
4	2245	Guarico	1200	143.0	1002
4	2252	La Mesa	1195	123.0	1024
4	2269	Córdoba	1620	130.0	2540

**Subgrupo 2-C:** presentan el máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en abril, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en julio. La precipitación promedio anual es de 1365 mm. La posible influencia que el Embalse de Agua Viva, como cuerpo de agua, pueda ejercer sobre este subgrupo de estaciones debe ser muy limitada, ya que las mismas se hayan ubicadas a más de 10 km de distancia y el embalse tiene una extensión superficial reducida.

### Grupo 3

Conformado por un conjunto de estaciones, dispersas geográficamente, ubicadas en un amplio rango de altitudes, desde 350 hasta 2100 m, a distancias del lago muy variables, desde 20 hasta 160 km y con un amplio rango de precipitación anual, de 500 a 2500 mm (Cuadro 2).

Cuatro subgrupos de regímenes pluviométricos se pueden diferenciar dentro de este grupo (Cuadro 3, Figura 5).

**Subgrupo 3-A:** estaciones ubicadas hacia el norte del estado Trujillo, con fuerte influencia de los controles climáticos que determinan las condiciones semiáridas en la Depresión de Carora. Presentan el máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en mayo, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en junio/julio. El monto promedio de precipitación anual es bajo, 674 mm.

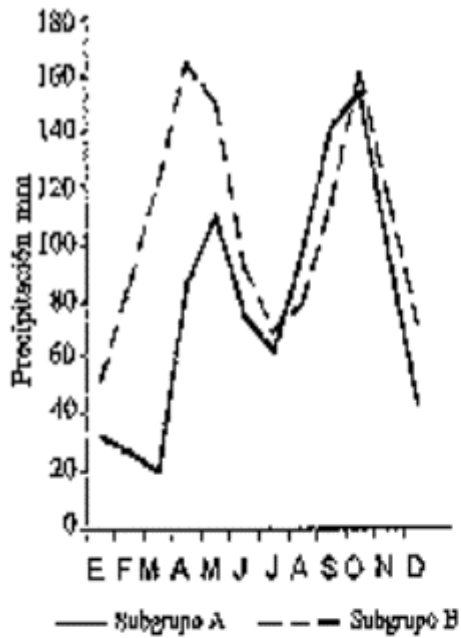
**Subgrupo 3-B:** conformado por estaciones que se ubican en un eje norte-sur, desde Puente Villegas (serial 2127) hasta la Cuchilla de Santa Ana. Presentan el máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en abril, el mínimo pluviométrico principal en enero, el secundario en julio. El monto promedio de precipitación anual es de 964 mm.

**Subgrupo 3-C:** constituido por estaciones ubicadas en las cuencas de los ríos Mocoy, Castán, San Lázaro y áreas vecinas. Presentan el máximo pluviométrico principal en abril, el secundario en octubre, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en agosto. El promedio de precipitación anual es de 898 mm.

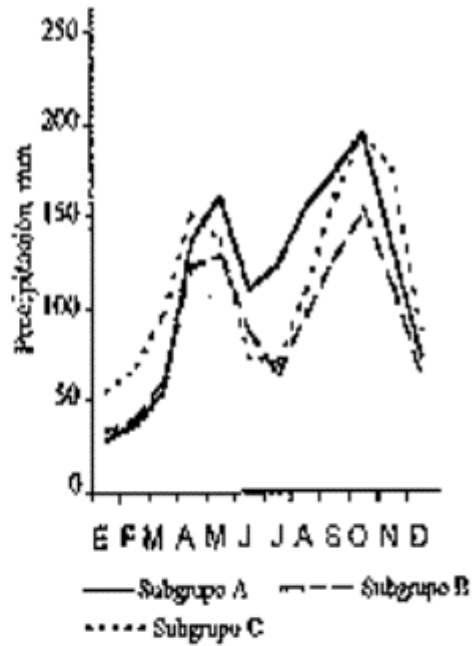
**Subgrupo 3-D:** conformado por dos núcleos de estaciones; uno ubicado hacia el sector de Biscucuy (estado Portuguesa) cuenca alta del Río Guanare y el otro ubicado hacia Tostós, cuenca del Burate. Estos sectores presentan un solo máximo pluviométrico, en junio, y un mínimo pluviométrico en enero. El promedio de precipitación anual es de 1813 mm.

### **Cuadro 3.** Regímenes pluviométricos de los subgrupos de estaciones

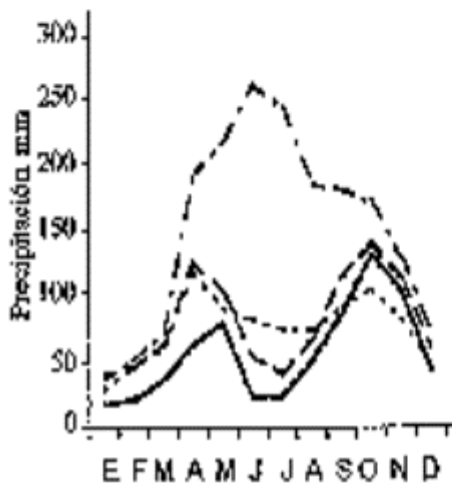
Subgrupo	Estaciones seleccionadas	Máximo		Mínimo		Promedio precipitación anual mm
		pluviométrico mm		pluviométrico mm		
		Principal	Secundario	Principal	Secundario	
1 A	2006, 2007, 2008, 2027	Oct. 153	May. 110	Mar. 20	Jul. 62	942
1 B	2077, 2079, 2100	Abr. 165	Oct. 160	Ene. 53	Jul. 69	1274
2 A	1112, 1113, 1117, 1169, 2004, 2117	Oct. 194	May 161	Ene. 28	Jun. 109	1369
2 B	2121, 2141, 2150, 2191	Oct. 152	May. 127	Ene. 32	Jul. 63	1073
2 C	2129, 2133, 2144, 2146	Oct. 194	Abr. 151	Ene. 54	Jul. 69	1365
3 A	1175, 1186, 1187, 1198, 1261, 2201	Oct. 131	May. 79	Ene. 18	Jun/Jul 23	674
3 B	2118, 2119, 2126, 2127, 2134, 2138	Oct. 140	Abr. 124	Ene. 40	Jul. 40	964
3 C	2115, 2147, 2162, 2166, 2167	Abr. 118	Oct. 105	Ene. 28	Ago. 73	898
3 D	2187, 2261, 2273	Jun. 262	-	Ene. 36	-	1813
4 A	2102, 2106, 2109, 2124, 2128, 2148	Oct. 130	Abr. 128	Ene. 29	Ago. 60	974
4 B	2139, 2173, 2176, 2189, 2190, 2245, 2252, 2269	Jun. 280	-	Ene. 42	-	1883



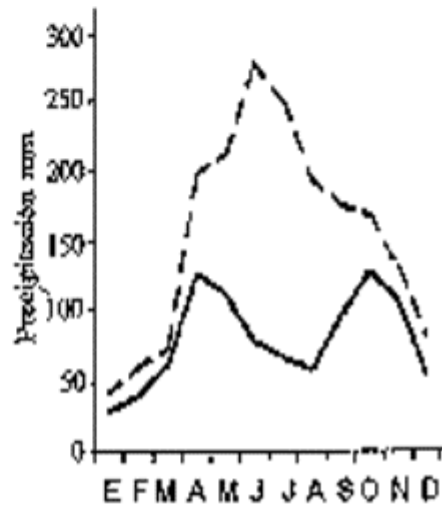
Grupo 3. Regímenes pluviométricos



Grupo 4. Regímenes pluviométricos



Grupo 1. Regímenes pluviométricos pluviométricos



Grupo 2. Regímenes pluviométricos

Grupo 3. Regímenes pluviométricos

Grupo 4. Regímenes pluviométricos

Figura 5. Regímenes pluviométricos de los subgrupos de estaciones



**Figura 5.** Regímenes pluviométricos de los subgrupos de estaciones

1

## Grupo 4

Conformado por estaciones ubicadas a mayor altitud, desde 1000 hasta 3000 m, distancias al lago entre 100 y 150 km y con un rango de precipitaciones anuales entre 600 y 3200 mm (Cuadro 2). Se pueden distinguir dos subgrupos de regímenes pluviométricos (Cuadro 3, Figura 5).

**Subgrupo 4-A:** estaciones ubicadas al noreste del estado Trujillo, que presentan el máximo pluviométrico principal en octubre, el secundario en abril, el mínimo pluviométrico principal en enero y el secundario en agosto. El monto promedio de precipitación anual es de 974 mm.

**Subgrupo 4-B:** estaciones ubicadas en el sector entre Biscucuy y Boconó, cuenca alta del Río Boconó. Presentan un solo máximo pluviométrico, en junio, y el mínimo pluviométrico en enero. El monto promedio de precipitación anual es de 1883 mm.

Con excepción de los subgrupos 3.D y 4.B, todos los demás presentan un régimen bimodal de precipitación, con un máximo principal dominante en octubre y el secundario en abril/mayo, siendo el mes con menor precipitación enero, excepto para 1.A, seguido de junio/julio/agosto. Este tipo de régimen bimodal Tetraestacional Norte (Sarmiento, 1986), caracterizado por presentar un período de menor precipitación que coincide con la estación de verano del hemisferio norte ('Mid-summer minimum'), es característico de una amplia área geográfica que se extiende desde el sur de México, América Central y partes del Caribe (Portig, 1976; Pulwarty *et al.*, 1998), hasta el noroeste de Venezuela, incluida casi toda la región objeto de este estudio. Este veranillo ('Mid-summer minimum') ha sido estudiado por Magaña (Magaña *et al.*, 1998, citado por Pulwarty *et al.*, 1998) para México y áreas vecinas y, de acuerdo con Pulwarty *et al.* (1998) no parece ser causado por el doble pasaje de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Los subgrupos 3.D y 4.B, están caracterizados por un régimen pluviométrico unimodal Biestacional Norte (Sarmiento, 1986). Geográficamente comprenden las cuencas altas de los ríos Guanare y Boconó, orientados hacia la vertiente llanera y que, por lo tanto, no reciben ninguna influencia del Lago de Maracaibo, sino que están asociados a los factores climáticos que controlan la precipitación en los Llanos Occidentales. Tal como señala Pulwarty *et al.* (1998), la Cordillera de Los Andes en Venezuela demarca el contraste oeste/este en las conexiones relativas de la precipitación de julio-agosto con las temperaturas superficiales (SSTs) de los océanos Pacífico tropical y Atlántico tropical.

## CONCLUSIONES

Al aplicar el ACP, usando como variables la precipitación media anual, la altitud y la distancia al Lago de Maracaibo; se demuestra que las variables altitud y distancia al Lago de Maracaibo definen claramente al eje 1, mientras que la precipitación media anual caracteriza al

eje 2. Las estaciones pluviográficas se asocian en cuatro grupos, en relación a distancia al Lago de Maracaibo y altitud.

Un primer grupo está conformado por las estaciones ubicadas a menos de 12 km del Lago de Maracaibo, a altitudes menores de 10 m y con precipitaciones anuales de 800 a 1800 mm. Un segundo grupo constituido por estaciones ubicadas entre 4 y 80 km del lago, a altitudes hasta de 500 m y con un rango de precipitaciones anuales entre 600 y 1800 mm. Un tercer grupo incluye estaciones ubicadas a distancias del lago entre 20 y 160 km, en un amplio rango de altitudes entre 350 y 2100 m y, también, con un amplio rango de precipitaciones anuales entre 500 y 2500 mm. Y un cuarto grupo conformado por las estaciones ubicadas a gran distancia del lago, entre 100 y 150 km, a altitudes entre 1000 y 3000 m y con precipitaciones anuales entre 600 y 3200 mm.

El análisis de la variación temporal de la precipitación, permitió la caracterización de regímenes pluviométricos, que conjuntamente con la localización, determinan la diferenciación de subgrupos dentro de cada grupo. En total se obtuvieron once subgrupos. Con excepción de dos subgrupos que presentan régimen pluviométrico unimodal, los demás son de tipo bimodal. Los subgrupos de tipo unimodal están ubicados en sectores remotos del Lago de Maracaibo y, es de suponerse, que no reciben ninguna influencia de este cuerpo de agua.

Los controles climáticos responsables de los diferentes regímenes pluviométricos han sido preliminarmente analizados por Pulwarty *et al.* (1998), quienes cuestionan la clásica explicación del doble paso de la ZCIT. Sin embargo, este aspecto de la climatología dinámica sobre Venezuela, necesita aún más estudio.

Por último, hay necesidad de incluir, en un próximo análisis, otras variables físico-geográficas como pendiente, orientación y exposición (Basist y Bell, 1994), por ejemplo, y climáticas como dirección media del flujo del aire a 700 hPa, para mejorar el nivel explicativo de las características espacio-temporales de la precipitación en la región.

La variación diurna de la precipitación, sobre todo de las lluvias tormentosas, en la faja vecina al Lago de Maracaibo, debe investigarse; ya que dicho lago debe jugar un papel muy importante en la generación y activación de tormentas, que en ocasiones están acompañadas de vientos fuertes, que llegan a causar estragos en las áreas más vecinas a la costa del lago.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes. Proyecto C-690. También queremos expresar nuestro agradecimiento al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables por el apoyo proporcionado con relación a la información climatológica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andressen, R.; R. Ponte. 1973. Estudio Integral de las Cuencas de los Ríos Chama y Capazón. Sub-proyecto II: Climatología e Hidrología. Mérida, Venezuela, Universidad de Los Andes, Instituto de Geografía. 135 p.
- Barry, R.G. 1981. Mountain Weather and Climate. New York, Methuen & Co. 313 p.
- Basist, A.; D. Bell. 1994. Statistical relationships between topography and precipitation patterns. *Journal of Climate* 7:1305-1315.
- Batista, J.M. 1989. Análisis Multivariante. Análisis en Componentes Principales. Barcelona, España, Editorial Hispano Europea.
- Bowden, D. J. 1980. Rainfall in Sierra Leone. *Singapore J. of Tropical Geography* 1(2):31-39.
- Brooks, C.E.; N. Carruthers. 1953. Handbook of Statistical Methods in Meteorology. London, Her Majesty's Stationery Office. 412 p.
- Cartografía Nacional. 1997. Atlas Práctico de Venezuela No. 22 estado Trujillo. Caracas, MARNR, Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía y Diario El Nacional.
- Ehrendorfer, M. 1987. A regionalisation of Austria's precipitation climate using principal component analysis. *J. of Climatology* 7:71-89.
- Eklundh, L.; P. Pilesjö. 1990. Regionalisation and spatial estimation of Ethiopian mean annual rainfall. *International J. of Climatology* 10:473-490.
- Lyons, W.A. 1966. Some effects of Lake Michigan upon squall-lines and summertime convection. Proc. 9<sup>th</sup> Conf. Great Lakes Res., University of Michigan. p. 259-273.
- Lyons, W.A. 1972. The climatology and prediction of the Chicago lake breeze. *J. of Applied Meteorology* 11:1259-1270.
- Lyons, W.A.; J.F. Chandik. 1971. Thunderstorms and the lake breeze front. Preprints, 7<sup>th</sup> Conference Severe Local Storms. American Meteor. Society. p. 46-54.
- Magaña, V.; J. Amador; S. Medina. 1998. The mid-summer drought over Mexico and Central America. *J. of Climate*.
- Mallants, D.; J. Feyen. 1990. Defining homogeneous precipitation regions by means of principal component analysis. *J. of Applied Meteorology* 29:892-901.
- Ogallo, L. 1980. Regional classification of East African rainfall stations into homogeneous groups using the method of principal component analysis. *Statistical Climatology: Developments in Atmospheric Science* 13:255-266.
- Overland, J.E.; R.W. Preisendorfer. 1982. A significant test for principal components applied to a cyclone climatology. *Monthly Weather Rev.* 110:1-4.
- Portig, W. 1976. The climate of Central America. *En: Schwerdtfeger, W. (Ed.) Climates of Central and South America.* Amsterdam, Elsevier. p. 409-479.

- Pulwarty, R.S.; R.G. Barry; C.M. Hurst; K. Sellinger; L.F. Mogollón. 1998. Precipitation in the Venezuelan Andes in the context of regional climate. *Meteor. Atmospheric Physics* 67:217-237.
- Puvaneswaran, K.M.; P.A. Smithson. 1991. Precipitation-elevation relationships over Sri Lanka. *Theor. Appl. Climatology* 43:113-122.
- Rodríguez, N. 1990. Clasificación de las estaciones pluviométricas de los Andes Venezolanos. Mérida, Venezuela, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Tesis de Grado.
- Sarmiento, G. 1986. Los principales gradientes ecoclimáticos en los Andes tropicales. *Anales del IV Congreso Latinoamericano de Botánica, Medellín, Colombia. 29 junio - 5 julio de 1986* 1:47-64.
- STAT-ITCF. 1991. Institut technique de céréales et des fourrages. Paris, Francia. Stringer, E.T. 1972. *Techniques of Climatology*. San Francisco, USA. W.H Freeman & Co. 539 p.