El clima estacional del cinturón montano en el estado Mérida-Venezuela

Seasonal climate at the montane belt in Merida State-Venezuela

Aranguren Anairamiz[1], Andressen Rigoberto[2] y Henao Ángela[3]

Recibido: noviembre, 2010 / Aceptado: mayo, 2011

Resumen

Se abordaron algunos aspectos climáticos y ambientales que definen las condiciones potenciales donde el ecosistema estacionalmente seco se desarrolla en el estado Mérida, haciendo énfasis en el tipo de clima estacional de la franja altitudinal montana. Se trabajó con la información mensual de setenta y siete estaciones climatológicas ubicadas entre 500 y 2.700 msnm, donde se espera encontrar el ecosistema estacionalmente seco. Se emplearon diferentes criterios para delimitar la estacionalidad como: días de lluvia al mes, climadiagramas de Gaussen, relación evaporación-precipitación, índice termopluviométrico, diagramas de distribución de la precipitación y clasificación numérica (análisis de agrupamiento y de componentes principales). Los resultados permitieron definir las condiciones ambientales de los sitios donde se podría encontrar los bosques estacionalmente secos en el estado Mérida.

Palabras clave: Estacionalidad climática; bosque estacionalmente seco; Andes venezolanos; estado Mérida.

Abstract

Some environmental and climatic aspects that define the potential conditions where the seasonally-dry ecosystems are developed in Merida state are studied, emphasizing on the type of seasonal climate on the high mountain belts. Monthly data information of seventy seven climatologic stations located between 500 and 2.700 masl were used, where it is expected to find seasonally-dry ecosystems. Several criteria were used to delimit seasonality such as: rainy days per month, climate diagrams according to Gaussen, evaporation-precipitation relationship, thermopluviometric rate, rain distribution digram, numerical classification (grouping analysis and main components analysis). The results of the investigation enabled to define the environmental conditions of the places in Mérida state where seasonally dry forests could be found.

Key words: Climate seasonality; seasonally dry forests; Venezuelan Andes; Merida State.

1 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE). Correo electrónico: anairami@ula.ve

2 Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Comisión para el Programa de Ciencias Atmosféricas y Espaciales (CIAE). Correo electrónico: andressen2005@hotmail.com

3 Universidad de Los Andes, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Mérida-Venezuela.

1. Introducción

En regiones montañosas, la precipitación puede ser de tipo convectiva, ciclónica u orográfica (Barry, 1981) o, más frecuentemente, una combinación de las anteriores. Se considera que la precipitación anual depende de condiciones geográficas como latitud, distancia a las fuentes de humedad, altitud y forma del terreno, y de factores meteorológicos como los centros de presión, los sistemas sinópticos, etc. (Ablan *et al*., 2008). Con respecto a la temperatura, la misma influye, de manera muy significativa, en la delimitación de la distribución de las especies vegetales y animales.

Por otra parte, las características del relieve dan lugar a condiciones meteorológicas particulares, pocas veces estudiadas. Como por ejemplo, los vientos de valle, ya que durante las tardes cálidas, el viento que está comprimido lateralmente pero que se expande en sentido vertical, tiende a ascender siguiendo la dirección del eje del valle. Son vientos flojos y necesitan para desarrollarse un débil gradiente de presión. De esta manera se forman vientos anabáticos que son resultado del mayor calentamiento de las laderas del valle en comparación con el fondo (Barry y Chorley, 1972). Los vientos catabáticos se producen en las noches y madrugadas cuando el aire frío y más denso se hunde en las depresiones y valles. Barry y Chorley (1972) mencionan que las cadenas montañosas ejercen un importante efecto sobre el flujo del aire que las atraviesan. Entonces, la interacción entre la topografía y los elementos meteorológicos depende de las características de las formas de relieve. En este sentido, la orientación y arquitectura del relieve influye en el movimiento de masas de aire, dado que se pueden formar circulaciones locales como las brisas de ladera, de valle y de montaña. Otro tipo especial de viento es el llamado *Föhn*, *Chinook o Caldereta* relacionado con las barreras orográficas; es un viento fuerte, racheado, seco y cálido que se forma en la ladera de sotavento de las cadenas montañosas cuando el aire estable se ve forzado a ascender sobre la barrera a causa del gradiente regional de presión (Barry y Chorley, 1972).

En las regiones montañosas otros factores geográficos influyen en el clima como son la latitud, la altitud y la topografía (Barry y Chorley, 1972; Pérez, 2003). En el caso de los valles intermontanos venezolanos, éstos están influenciados estacionalmente por la zona de convergencia intertropical. La altitud como factor que influencia el clima es notable en las condiciones de montaña. Por otra parte, el clima relacionado con la presencia de bosques sufre cuatro tipos de modificaciones a una escala menor, como consecuencia de la presencia de una masa forestal que son: el intercambio de energía, del flujo del viento, de la humedad ambiental y naturalmente la modificación del ambiente térmico (Barry y Chorley, 1972).

Estas alteraciones climáticas traen como consecuencia condiciones de estacionalidad (Organización Meteorológica Mundial, s/f) analizadas en otras regiones del mundo (Krishnamurti *et al*., 2000) y descritas en la figura 1.

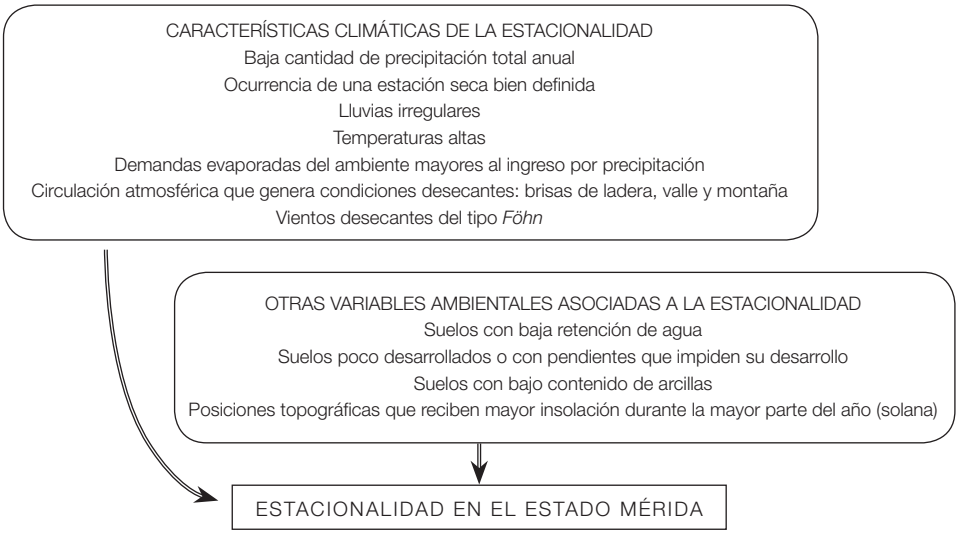

Figura 1. Modelo de variables ambientales evaluadas para determinar la existencia de condiciones de estacionalidad en el estado Mérida

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la presencia de factores característicos de estacionalidad hídrica, térmica y edáfica donde se puedan presentar bosques estacionalmente secos (BES) en el estado Mérida, Venezuela.

2. Área de estudio

El estado Mérida (Figura 2) se ubica entre los 07º39´53", 09º19´05" de latitud Norte y los 70º32`23", 71º54`54" de longitud Oeste. Limita al Norte con los estados Trujillo y Zulia, por el Sur con los estados Barinas y Táchira, por el Este con los estados Trujillo y Barinas y, por el Oeste, con los estados Táchira y Zulia. Cubre 12.473 km² (Quiñónez, 1997) y está definido por al menos tres tipos de zonas de piedemonte: el andino-lacustre, el andino-barinés, y el andino que limita con otras zonas montañosas de la cordillera de los Andes en Venezuela. Esta característica lo ubica dentro de una interacción amplia con diferentes tipos de piedemonte, lo que resulta en una alta diversidad de ecosistemas y de unidades ecológicas (Ataroff y Sarmiento, 2003).

El punto más septentrional del estado se encuentra en el valle del río Pocó, cerca de la localidad de Arapuey, ubicado a 9º 20´ de latitud Norte. El extremo más meridional está cerca de la confluencia del río Guaimaral con el río Caparo ubicado a 7º 40´. Por el occidente llega a la confluencia de los ríos Guaruríes y Escalante. El extremo más oriental se ubica próximo a la población de Santo Domingo (Quiñonez, 1997).

En esta investigación se trabajó con la franja altitudinal del estado Mérida,

Figura 2. Estado Mérida con sus municipios. Fuente: Mapa político del estado Mérida

comprendida entre 500 y 2.700 msnm, lo que representa el piso premontano y montano de la clasificación de Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR, 1989), lo cual incluye sólo una parte de la diversidad climática, espacial, de tipos litológicos, topografías, subcuencas y áreas de protección del estado.

A la diversidad de climas se le debe anexar los tipos geológicos desde los afloramientos más antiguos, del Precámbrico (aproximadamente 650 millones de años), hasta el Holoceno. En el estado Mérida afloran el Grupo Iglesias, las formaciones Tostós, Mucuchachí, Sabaneta, Palmarito, La Quinta, Río Negro, La Luna, Onia (Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, 2011). Además, diferentes tipos geomorfológicos, de fallas y de suelos que incluyen entisoles, inceptisoles, aridisoles, alfisoles, ultisoles, molisoles (Quiñonez, 1997). Con relación al relieve,

el estado Mérida presenta pequeños y grandes valles y dos vertientes o cuencas principales: la del Caribe formada por todos los ríos que drenan al lago de Maracaibo y la del Atlántico, que incluye los ríos que drenan al Orinoco. Existen dos grandes dominios climáticos: uno norte (región Caribe) y otro sur (región los Llanos), (Andressen y Ponte, 1973).

Con relación a la hidrografía destaca el río Chama, cuyos afluentes principales son los ríos Albarregas, Mucujún, Mocotíes y Nuestra Señora. Otros ríos son el Torondoy, Frío, Capaz, Mucujepe, Onia y Motatán que drenan sus aguas hacia el lago de Maracaibo. La vertiente del llano drena hacia el Orinoco y, posteriormente, hacia el Atlántico (ríos Negro, Mucuchachí, Canaguá, Uribante y Caparo.

3. Antecedentes

Los estudios del clima en el estado Mérida se inician a partir de 1891, cuando se obtiene el primer registro de la precipitación de la ciudad en 1899 (Silva, 2000). Posteriormente, en la Escuela de Geografía de la Universidad de los Andes, se realizan una serie de trabajos entre los que resaltan el de 'Climatología e Hidrología de las cuencas de los ríos Chama y Capazón' (Andressen y Ponte, 1973), el de 'Zonificación agroclimática del estado Mérida' (Urbina, 1990) y diferentes trabajos especiales de grado como los de Petit (1984), Díaz (1990), Briceño y Meza (1999), y Blanco y Dávila (2002). De estos antecedentes se desprende que las condiciones orográficas de la cordillera de Mérida ejercen una fuerte influencia sobre el carácter de las lluvias y los niveles de estacionalidad. Como consecuencia de esta orografía se presentan valles con bajas precipitaciones, donde existe un tipo de vegetación adaptado a condiciones de sequía, como los arbustales espinosos y los bosques secos. Esta situación fue estudiada por Cegarra (2006) y Costa *et al.* (2007), encontrando dos tipos con sequía o estacionalidad en Mérida. Escenarios que también se presentan en los valles de Colombia, Perú, Bolivia y Ecuador (Linares-Palomino, 2002; Linares-Palomino *et al.*, 2003; Emck *et al.*, 2006).

Otra de las consecuencias de la topografía montañosa del estado Mérida es la existencia de tipos climáticos muy influenciados por la altitud, la exposición, la posición topográfica, la pendiente y los movimientos de las corrientes de aire, que pueden ser de carácter húmedo o seco, y un mosaico de condiciones en distancias geográficas relativamente pequeñas.

Con relación a los movimientos de las corrientes de aire, Andressen ha propuesto un modelo de circulación para el valle del río Chama que muestra la existencia de un viento descendente en las primeras horas de la mañana (00 a 06 am) desde los picos más altos de la sierra de la Culata, y un viento ascendente desde el mediodía hasta el final de la tarde con dirección opuesta (Figura 3). Este modelo propone un flujo subsidente, en el sector medio del valle, que podría generar condiciones de sequía.

A pesar de lo importante que es el viento como factor del clima, a la vez que

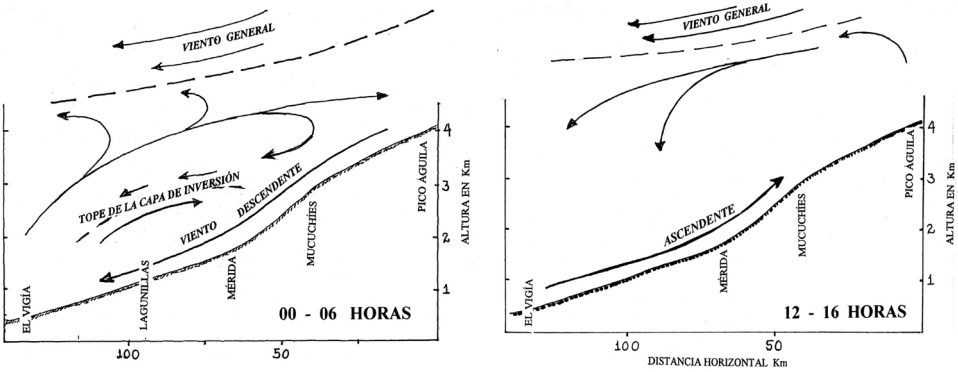

Figura 3. Modelo de circulación del aire en el valle del Chama desde las 00 hasta las 16 horas

como elemento del mismo, en el estado Mérida existen pocos análisis climáticos que lo incluyan, dada la inexistencia de observaciones. Veillón (1974; 1989; 1995; 1997) señaló que los vientos alisios del Noreste llegan a la cordillera andina después de atravesar una extensa región de los llanos y el piedemonte. Su alta humedad se condensa al ascender por la vertiente andino-llanera. Las áreas de barlovento reciben alta precipitación y las de sotavento mucho menos, por lo que tienen una vegetación adaptada a la sequía.

Los vientos ascendentes en el valle del río Chama son frecuentes y hasta permanentes durante el día y en ciertos meses del año. Estos vientos vienen cargados de humedad desde el lago de Maracaibo y descargan buena parte de la misma al chocar con las estribaciones de los Andes y desviarse en su ascenso valle arriba. Esta es una de las razones de la presencia de una zona xerofítica en Estanques-Lagunillas-Ejido en el valle medio del Chama, ya que estos lugares ocupan una posición de sotavento de los vientos dominantes del Norte y Noreste de la cuenca del lago de Maracaibo. Por otra parte, Veillón (1989) reporta que el *Föhn* que sopla desde el Sur y Sureste afecta a esta cuenca. Este *Föhn* es un viento caliente y seco, responsable de una disminución del 20 % de la humedad relativa del aire que puede influir en el clima y la vegetación de los valles andinos. El viento que viene de los llanos descarga su humedad en las vertientes Sur y Sureste de la cordillera de los Andes y baja en su vertiente opuesta (Norte y Noreste), como viento seco. Además, se recalienta al aumentar la presión hacia las zonas de baja altitud. Sopla en cualquier mes del año, pero es más frecuente en los meses de junio a septiembre, cambia de dirección y sopla en dirección opuesta. El estado Mérida está rodeado de una zona de vientos muy suaves, con una alta proporción de calmas, con velocidades del viento entre 0-5 Km/h (Veillón, 1989). La mayor parte del estado tiene vientos suaves con regular proporción de calmas, es decir con velocidades entre 5-10 Km/h. Se presenta

una zona de vientos de regular velocidad (10-15 Km/h) desde Mérida-Mucurubá-Mucuchíes y pico del Águila.

Andressen y Ponte (1973) mencionan que el *Föhn* resulta del ascenso de aire por la vertiente andino-llanera hasta las cumbres de la sierra Nevada descargando su humedad y disminuyendo su temperatura; luego, al descender por la vertiente interna hacia el valle del río Chama, se calienta adiabáticamente disminuyendo su humedad al llegar a los pequeños valles. Señalan que el *Föhn* en Mérida se presenta con poca frecuencia y afecta más la cuenca media del río Chama, pues en esta sección del valle es donde el descenso del aire permite mayor calentamiento y sequedad.

La respuesta de la vegetación a este mosaico de condiciones ambientales es la presencia de 13 unidades ecológicas (Ataroff y Sarmiento, 2002). Una de ellas, los bosques estacionalmente secos corresponderían en los sistemas de clasificación de la vegetación al piso premontano y el piso montano (MARNR, 1989), (Cuadro 1).

Finalmente, otro de los antecedentes que permiten entender la distribución de los bosques estacionalmente secos (BES) en el estado Mérida son los suelos. Quiñonez (1997), Méndez (2004) y, Quiñonez y Dal Pozzo (2005) mencionan que un 53% del estado Mérida es susceptible a riesgo muy alto de degradación, con pérdidas de suelo mayores a 200 t/ha/año. Estos autores mencionan que en el centro del estado, el riesgo de erosión es muy severo debido, no tanto a la agresividad climática, sino al riesgo de erosión causado por la topografía y la falta de cobertura vegetal. Al igual que en la cuenca del río Mocotíes, donde hay peligro severo de erosión como consecuencia de la agresividad de las precipitaciones, la topografía y la falta de cobertura vegetal. Otros procesos erosivos moderados han sido descritos en la parte Sur del estado en las cuencas de los ríos El Molino y Aricagua. Se consideró que estos antecedentes son relevantes, ya que aportan otros datos ambientales relacionados con la existencia de condiciones de estacio-

Cuadro 1. Elementos del clima usados en la clasificación de los bosques secos (Veillón, 1989)

Piso altitudinal de Holdridge	Zona de vida (Holdridge)	Límite de temperaturas medias (según Holdridge)°C	Precipitación media anual (mm/año)	Promedio anual de meses áridos (según Gaussen)*	Número límite de meses áridos
Premontano (500-1500)	Seco tropical Muy seco tropical	18-24° "	500-1500 360-850	2.5-5.5 5.5-8.5	4 7
Montano bajo (1500-2500)	Seco montano	12-18°	700-1600	2.5-5.5	4
	Muy secos montano bajo	"	400-600 aprox.	5.5-8.5	7
Montano (2500-3500)	Seco montano	6-12°	700-1600	2.5-5.5	4

*Usando el criterio de que la temperatura es superior a la precipitación

nalidad, como alteraciones o pulsos que son detectados por los BES y otras comunidades vegetales que se adaptan a estos ambientes, dado que hay características climáticas y otro tipo de variables asociadas a la estacionalidad.

4. Métodos

4.1 Preparación de la base de datos climática

Se elaboró una base de datos con todas las 159 estaciones climatológicas instaladas en el estado Mérida (Aranguren, 2009), manejadas por entes gubernamentales y privadas, algunas de las cuales han dejado de funcionar. Esta base se depuró usando sólo las estaciones localizadas dentro de la franja altitudinal definida entre 500 a 2.700 msnm (Figura 4). Esta base de datos se denominó 'Clima-Bosque' y forma parte de la página Web 'Sistema de Información Hidrológica y Climática de los Andes Venezolanos (SIHCAV)', que contiene los datos de cada estación, los mapas de ubicación de las estaciones climáticas, un glosario y anexos (Comisión Rectoral para el Programa de Ciencias Atmosféricas y del Espacio de la Universidad de Los Andes-Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, s/f).

4.2 Análisis de la información climática

- Elaboración de diagramas de la variación mensual de los días de lluvias de 12 estaciones que reportaba esta variable.
- Elaboración de climadiagramas de Gaussen con la metodología de Walter y Medina (1971).
- Análisis de la relación evaporación-precipitación mensual de las estaciones que tenían esta información.
- Determinación del índice termo pluviométrico (Danti y Revenga, 1961) para estimar la presencia de tipos húmedos, semiáridos, áridos y subdesérticos, usando la precipitación promedio total anual y la temperatura promedio anual.
- Elaboración de diagramas de distribución mensual de la precipitación usando el método empleado por Andressen y Díaz (2000) y Unal *et al.* (2003).
- Realización de una clasificación numérica mediante el análisis de agrupamiento y el análisis de componentes principales (ACP), (Cune & Grace, 2002) de la matriz de las 77 estaciones meteorológicas. Se incluyeron datos de altitud, precipitación total anual, precipitación promedio de cada uno de los doce meses del año, número de meses con precipitación menor a 50 mm, número de meses con precipitación entre 50 y 100 mm, número de meses con precipitación mayor de 100 mm, exposición, pendiente y riesgo de erosión hídrica. La temperatura de las estaciones faltantes se extrapoló con el gradiente altotérmico (Silva, 1999); la exposición fue extrapolada con el modelo digital de elevación; el nivel de riesgo por erosión hídrica se obtuvo a partir de los mapas de Quiñonez (1997). De esta manera, se

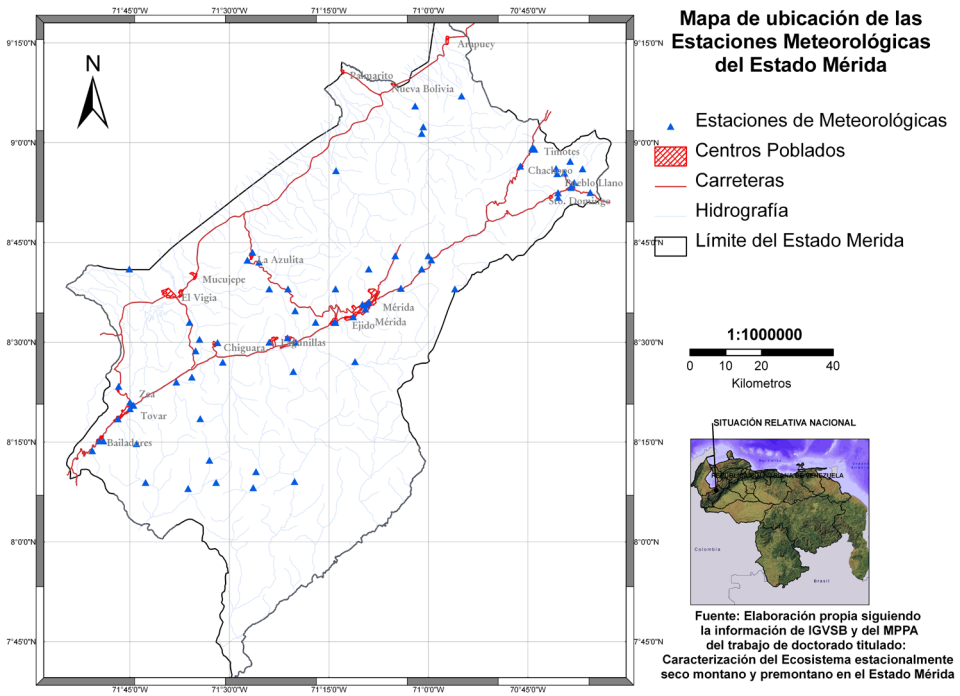

Figura 4. Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas del estado Mérida (Aranguren, 2009)

validó el modelo propuesto en la figura 1 aportando resultados sobre la existencia de un clima estacional en el estado.

5. Resultados y discusión

- La red climatológica del estado Mérida tuvo un cubrimiento espacial y temporal relativamente amplio, ya que existieron 159 estaciones instaladas; sin embargo, muchas han sido desincorporadas. La estaciones que se encuentran en el piso montano fueron 77 que registraron precipitación mensual, 12 con días de lluvia, 6 con valores máximos de precipitación, 23 con temperatura, 7 con registros de viento, 3 que miden nubosidad, 1 para presión atmosférica, 6 con insolación, 3 con radiación, 2 con horas de sol, 17 registran evaporación y 11 con humedad relativa (Figura 4). Estas estaciones estuvieron repartidas principalmente en fondos de valle siguiendo la red de carreteras (Andressen y Ponte, 1973). No obstante, no se tienen suficientes estaciones en la región de los pueblos del sur y en el extremo Norte del estado, dadas las dificultades de acceso por falta de carreteras, y por encontrarse en posiciones topográficas accidentadas. Se recomienda

recuperar estas estaciones e instalar nuevas, dada la importancia de una red climática para los estudios de distribución de especies y para el análisis de cambio climático.

- El análisis de la precipitación muestra que las localidades donde las lluvias cayeron en menos de 20 días del mes fueron Estanques, Tovar, Bailadores, Chachopo, San Cristóbal de Torondoy, Ejido Centro Cafetero, Timotes y La Azulita (Figura 5).

  En la localidad de Estanques esta situación es crítica, ya que ingresan 532 mm promedio al año y cae en menos de 10 días de cada mes. Este sitio es, claramente, un lugar donde llueve poco y esta lluvia está concentrada en pocos días del mes, lo cual afecta a la vegetación, ya que las especies deben desarrollar adaptaciones que les permitan retener la poca precipitación que ingresa, sobrevivir con los bajos ingresos de lluvia y mantener un balance hídrico favorable. Otra localidad que sobresale es la de San Cristóbal de Torondoy, donde llueve un promedio anual por el orden de 1.000 mm, pero apenas se puede decir que octubre es el único mes lluvioso.
- Los 24 climadiagramas elaborados muestran que en el área de estudio hay 12 localidades que presentaban al menos un mes con déficit hídrico (Cuadro 2). Las localidades como San Juan de Lagunillas y Estanques, en

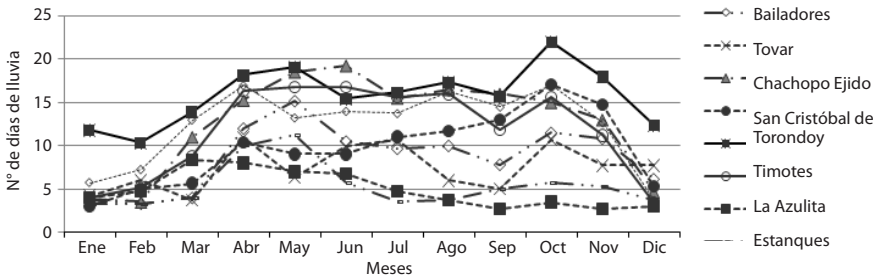

Figura 5. Variación del número de días de lluvias para las estaciones analizadas

Cuadro 2. Estaciones climatológicas que mostraron déficit hídrico de acuerdo al climadiagrama

Serial	Estación	N° Meses déficit hídrico	Serial	Estación	N° Meses déficit hídrico
s/n	San Juan Lagunillas	7	3040	La Cuchilla	1
3054	Estanques	6	3049	Las Piedras	1
3066	La Playa	3	3029	Mucurubá	1
3167	Bailadores	2	3100	San Cristóbal de Torondoy	1
3134	Canaguá	2	3114	Santo Domingo	1
s/n	Ejido Centro Cafetero	2	3141	Tovar	1

las que llueve menos de 600 mm al año, transcurren al menos seis meses con sequía.

Otras localidades como San Juan de Lagunillas, Estanques, La Playa, Bailadores, Canaguá, Ejido, Mucurubá, Santo Domingo y Tovar tienen más de dos meses con sequía al principio del año o bien cercano al mes de julio (Cuadro 3; Figura 6). Los sitios conocidos como La Playa, Canaguá, Ejido, La Cuchilla, Los Plantíos, Mucurubá, San Cristóbal de Torondoy, Santo Domingo, Tovar, luego de pasar por una breve temporada de sequía, recuperan el agua e incluso llegan a tener exceso hídrico, condición climática que permite tipos de vegetación semicaducifolia, caducifolia y siempreverde.

- La relación precipitación-evaporación fue analizada en 16 localidades en donde se registraron datos de estas dos variables climáticas. En la figura 7 se observan las localidades en donde existe un déficit hídrico: San Juan de Lagunillas (con 12 meses), Mucurubá (9), Bailadores (6), Chacantá (5), Las Piedras (5), La Cuchilla (4), Tovar-Sabaneta (3), Tovar (6), Santo Domingo (5) y Canaguá (4).

Cuadro 3. Datos de temperatura de los climadiagramas de Gaussen

Estación	Altitud msnm	Max. abs. media	Max. med Más caliente	Min. med mas frío	Min. abs. Media
Azulita 3135	1.000	29,4	26,0	12,2	6,1
Azulita 8050	1.280	29,2	24,6	14,1	10,9
Bailadores 3167	1.736	25,8	19,5	17,0	6,0
Canaguá 3134	1.560	30,0	18,6	17,3	1,6
Ejido Centro Cafetero	1.167	31,0	23,7	21,7	16,4
Estanquez 3054	452	32,9	24,8	23,0	15,1
Hda. El Carmen 3168	2.250	25,0	19,8	10,1	5,0
Hechicera	1.920	16,3	16,1	14,3	14,8
La Carbonera	2.240	18,0	13,5	11,6	4,9
La Cuchilla 3040	2.280	28,8	20,3	8,8	6,5
La Palmita 8053	600	33,0	29,4	20,4	17,3
La Playa 3066	1.100	22,0	21,1	18,8	18,2
Las Piedras 3099	1.644	32,9	23,3	8,9	1,2
Mérida 3050	1.870	26,4	22,7	11,8	7,9
Mérida Aerop. 3047	1.479	31,6	24,8	14,4	9,2
Mérida Granja 3048	1.600	29,2	32,0	18,5	9,2
Mucurubá 3029	2.320	28,7	20,5	6,8	2,1
Mucuy	2.603	21,7	14,1	12,6	5,6
Mucuy	2.607	20,6	12,2	9,7	3,0
SanCristTorondoy 3100	1.107	29,5	29,5	16,0	16,0
San Juan INIA	529	34,0	26,5	16,1	12,4
Santa Elena	2.100	28,1	29,2	12,6	0,5 *
Sto. Domingo 3114	2.155	25,6	24,8	4,2	4,2
Tovar 3141	952	36,0	27,9	16,3	6,1

*este dato corresponde a febrero del año 2000

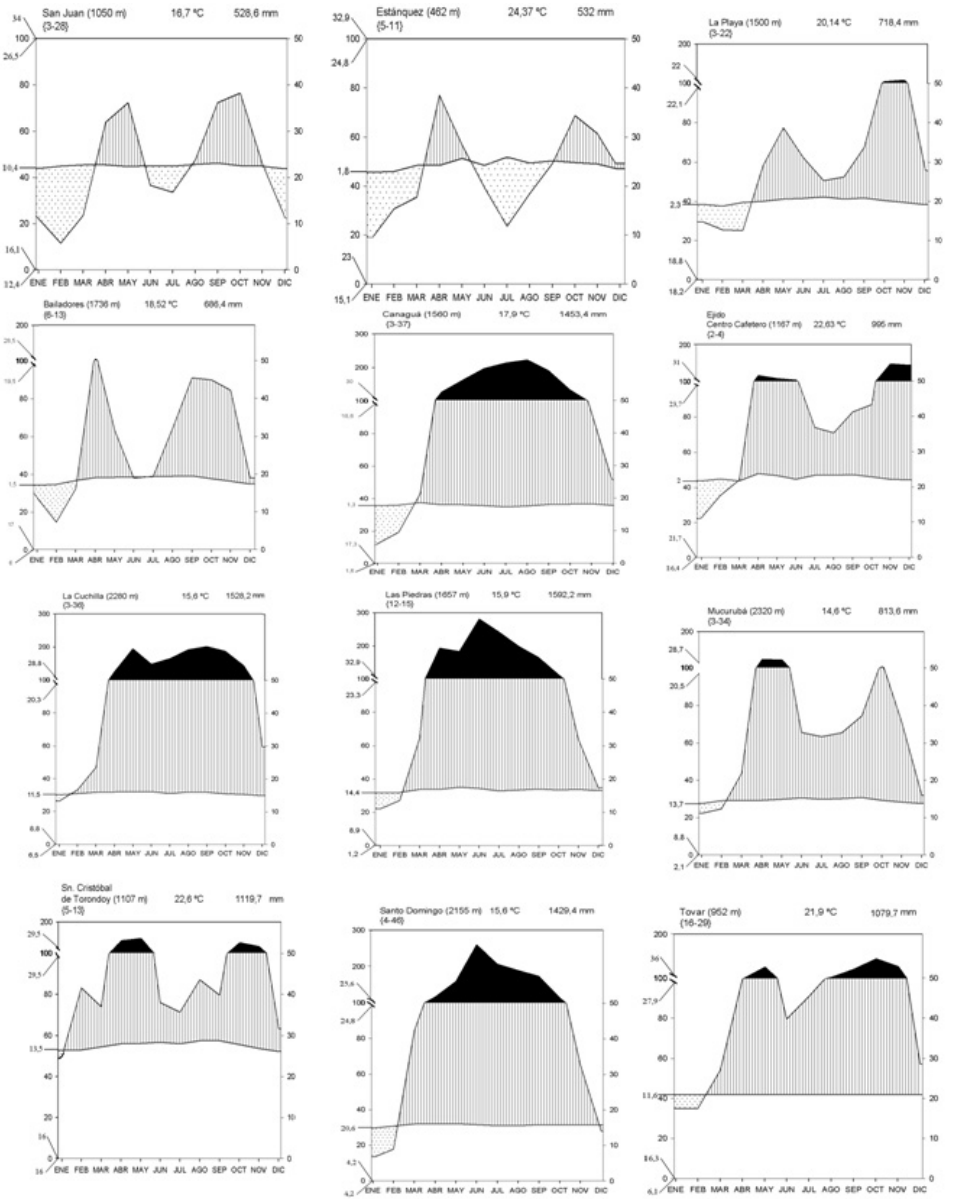

Figura 6. Climadiagramas de Gaussen de las estaciones con déficit hídrico

La figura 8 muestra las localidades en donde no hay evidencias de déficit hídrico, ya que la precipitación es superior a la evaporación o son valores muy cercanos. El único caso es la localidad de Mérida y Mérida-Granja en donde los primeros meses (enero hasta marzo) ocurre mayor evapora-

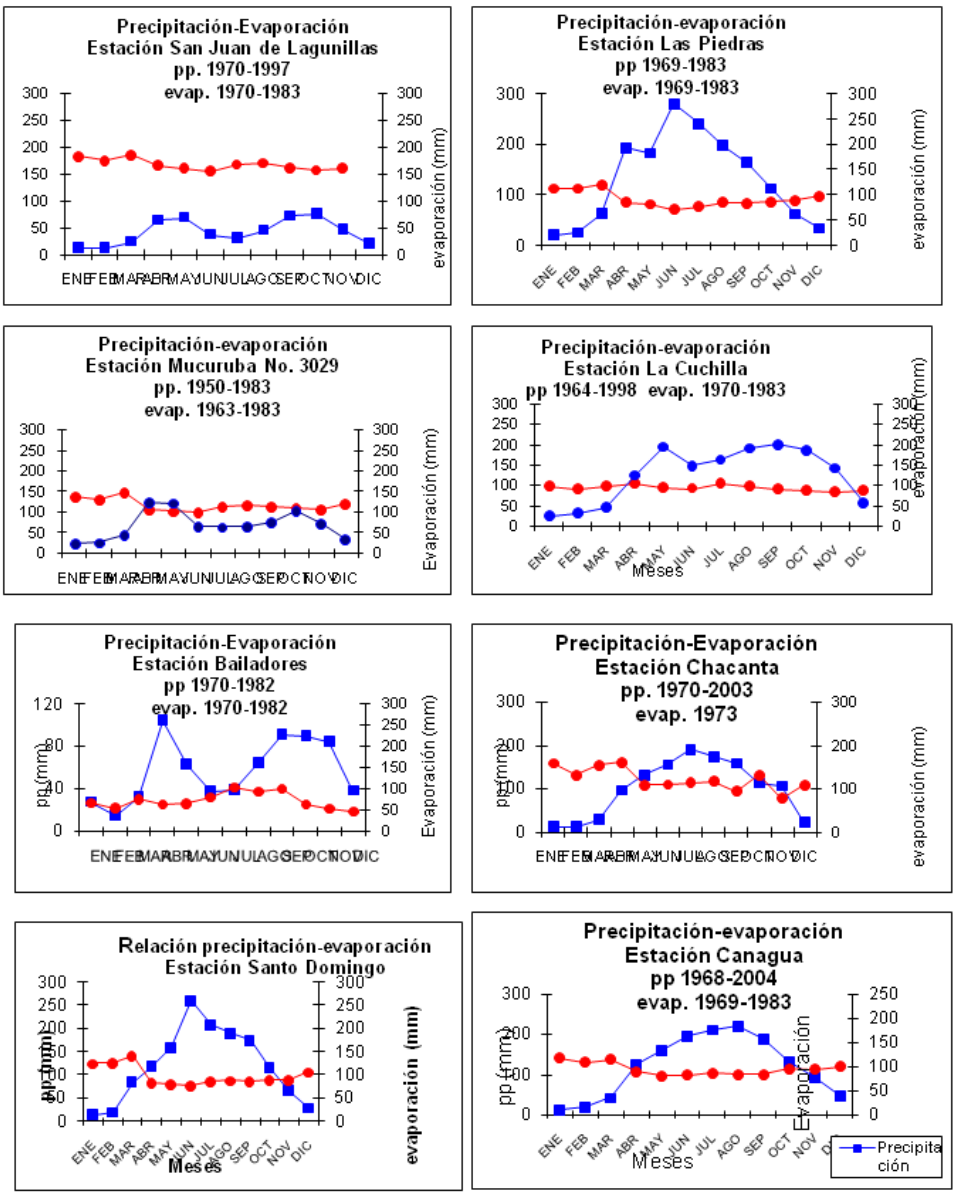

Figura 7. Relación entre evaporación-precipitación en las estaciones seleccionadas

ción; sin embargo, en los meses anteriores hubo abundantes lluvias.

En las localidades de La Palmita y Hacienda El Carmen se observa meses con estacionalidad; ya después de un período de precipitación relativamente significativa se incrementó la evaporación hasta el nivel de indicar

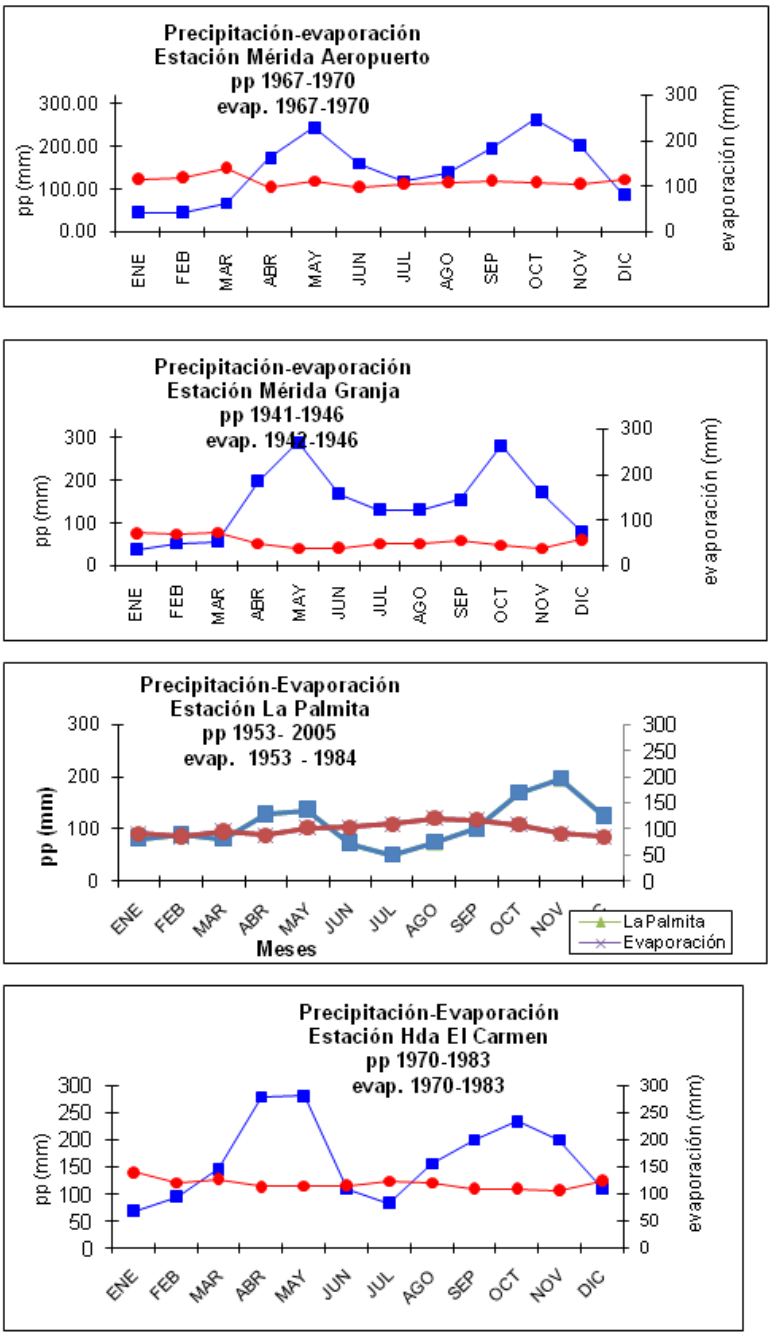

Figura 8. Relación entre evaporación-precipitación en las localidades seleccionadas

una breve sequía. Además, se espera que haya un mayor riesgo de lavado potencial de los suelos, de acuerdo al criterio de Quiñónez (1997).

- El índice termo pluviométrico muestra cinco estaciones con aridez: Chiguará (3053), Estanques (3054), San Juan de Lagunillas (3170), Lagunillas (3055) y El Morro (3080). Y 20 estaciones con semiaridez (Cuadro 4).

Se tienen evidencias de semiaridez en las localidades de Timotes (en la parte alta de la cuenca del río Motatán, estado Trujillo), en las localidades de Ejido, la Mesa Ejido, Mesa Bolívar, y La Palmita (cuenca media del río Chama). Estas localidades están en la misma cuenca de localidades con aridez como San Juan de Lagunillas, Lagunillas, Chiguará, Estanques y

Cuadro 4. Estaciones con un índice termo pluviométrico semiárido y árido

Estación	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ITP	Tipo
Palmita 8053	1224	24.5	2,00	Semiárido
Tovar 3071	1117	22,5	2,01	Semiárido
Torondoy 3100	1120	22,6	2,02	Semiárido
Tovar 3141	1080	21,9	2,03	Semiárido
Tovar 3067	1097	22,4	2,04	Semiárido
Ejido 3044	984	20,9	2,12	Semiárido
Timotes 3104	749	15,9	2,12	Semiárido
Tapias 3132	773	16,6	2,15	Semiárido
Torondoy 2097	980	21,5	2,19	Semiárido
Bailadores 3076	675	14,9	2,21	Semiárido
Mesa Bolívar 3052	1084	22,1	2,21	Semiárido
Mesa de Ejido 3042	863	19,0	2,21	Semiárido
Ejido Cafetero	995	23,0	2,31	Semiárido
Ejido 3043	883	20,9	2,37	Semiárido
Tostós 8057	575	13,7	2,38	Semiárido
Santa Cruz de Mora 3065	1029	24,7	2,40	Semiárido
Tovar 3069	891	21,8	2,45	Semiárido
Chiguará 8056	841	21,6	2,57	Semiárido
Playa 3066	718	19,1	2,66	Semiárido
Bailadores 3167	688	18,5	2,69	Semiárido
Chiguará 3053	637	22,1	3,5	Árido
Estanques 3054	540	25,4	4,7	Árido
San Juan de Lagunillas 3170	508	22,5	4,4	Árido
Lagunillas 3055	458	21,6	4,7	Árido
El Morro 3080	458	17,1	3,7	Árido

las Tapias, lo cual confirma el 'bolsón seco' reportado por otros autores para esta parte media de la cuenca del río Chama. En la cuenca del Mocotíes hay evidencias de semiaridez en la Playa, Santa Cruz y Bailadores. Hacia los pueblos del sur, la localidad de Tostós presenta valores que la definen como semiárida y el Morro como árida; ambas forman parte de la cuenca del río Nuestra Señora que drena sus aguas al río Chama. Es interesante acotar el caso de Torondoy, en la vertiente del lago de Maracaibo, que presenta un ITP semiárido (estaciones Torondoy 2097 y San Cristóbal de Torondoy 3100). Esta misma conclusión fue obtenida por Urbina (1990), quien concluye que en la planicie del Sur del lago hay un clima subhúmedo-seco-cálido que varía desde húmedo hasta templado entre Mesa Julia y Torondoy.

- El análisis de los patrones de la precipitación muestra que hay 21 patrones unimodales y 58 bimodales (Cuadro 5). Son evidentes dos patrones de pre-

Cuadro 5. Localidades con un patrón de precipitación unimodal

Nombre y No. serial	Período de medición	Precipitación media anual	Mes más seco	Monto precipitación (mm)
Morro 3080	1962-1997	458	Febrero	5,0
El Molino 3023	1966-1997	894	Enero	16,0
Capurí 3001	1984-1997	1009	Enero	11,2
Guaraque 3030	1969-1997	985	Enero	12,7
Azulita 3026	1941-1944	1199	Enero	42,3
Chacantá 3138	1970-1997	1138	Enero	12,3
Pueblo Llano 3198	1970-1983	1217	Enero	14,9
Santo Domingo 3113	1950-1970	1305	Enero	13,9
Morro de Motus 3196	1970-1983	1316	Enero	13,8
Mucuchachí 3133	1970-1998	1334	Enero	8,3
Culata 3089	1969-1997	1321	Enero	17,6
Santo Domingo 3114	1963-1997	1235	Enero	11,4
Canaguá 3134	1968-1998	1453	Enero	12,6
Cuchilla 3040	1963-1998	1443	Enero	26,5
Piedras 3099	1696-1983	1592	Enero	22,0
El Perol 3197	1970-1996	1525	Enero	17,3
Mesa de Aracay 3098	1969-1997	1547	Enero	14,4
Campamento la Mitisús 3117	1948-1952	1724	Marzo	15,8
Mitisús 3115	1961-1997	1626	Enero	15,6
Pm. Quemado 3005	1967-1997	1559	Enero	40,1
Las Mesas 3195	1970-1997	2376	Enero	15,2

cipitación, los cuales tienen una gran trascendencia ecológica, dado que la cantidad y temporalidad de las precipitaciones está muy relacionada con el crecimiento vegetal y con los ritmos fenológicos. El primero de ellos, cuando hay una sola época de lluvias (abril hasta octubre) y un período de menores precipitaciones (enero-marzo). De todas estas localidades resaltan el Morro, el Molino, Capurí y Guaraque en donde no solo llueve poco sino que esta precipitación cae durante siete meses del año y los restantes cinco meses llueve muy poco.

El patrón bimodal es típico de localidades influenciadas por el patrón general de circulación característico de la cuenca del lago de Maracaibo, con dos picos de precipitación y dos períodos de menor precipitación (Chachopo, Timotes, Mucurubá, Mesa de Ejido, Ejido, Lagunillas, San Juan de Lagunillas, Estanques, Tostós, Chiguará, Tovar, Bailadores, La Playa, Las Tapias y Torondoy), en donde caen menos de 1.000 mm anuales, distribuidos en dos temporadas de lluvias (Figura 9).

Tal como señalan Andressen y Díaz (2000, citando a Pulwarty *et al.*, 1998), este patrón es típico de la cor-

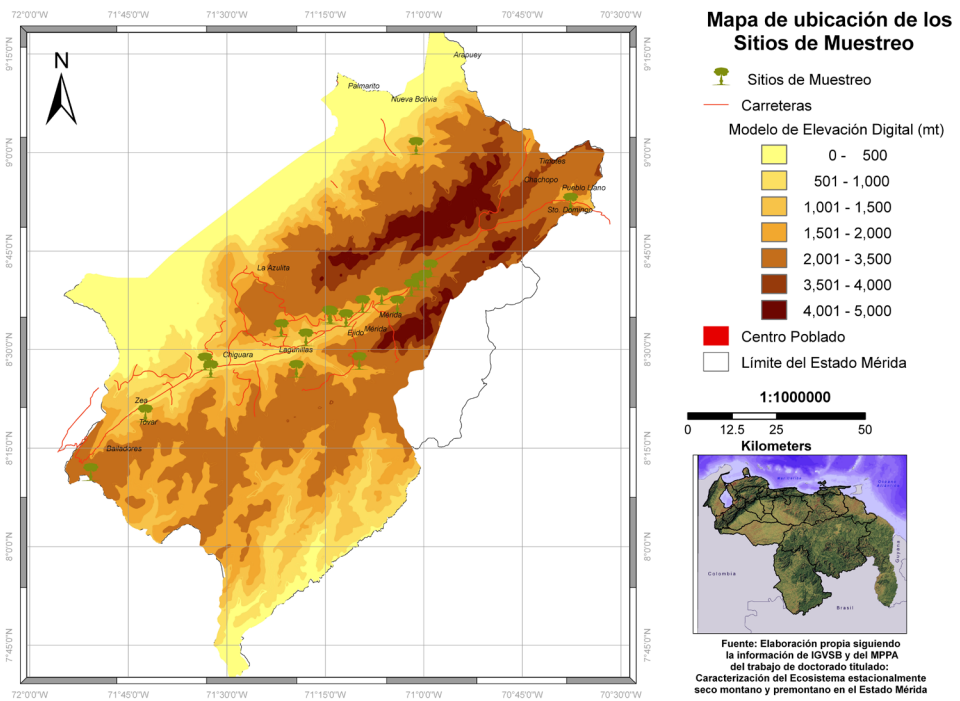

Figura 9. Mapa de ubicación de las estaciones bimodales y unimodales del estado Mérida (Tomado de Aranguren, 2009)

dillera de los Andes en Venezuela, y marca el contraste Oeste-Este en las teleconexiones de la precipitación de julio-agosto con las temperaturas superficiales de los océanos Pacífico tropical y Atlántico tropical. Este tipo de régimen tetraestacional Norte (Sarmiento, 1986) presenta un período de bajas precipitaciones que coincide con la estación de verano del hemisferio Norte (*Mid-summer minimum*), se presenta en una amplia área geográfica que se extiende desde el Sur de México, América Central y partes del Caribe, hasta el Noroeste de Venezuela (Andressen y Díaz, 2000). Finalmente, siguiendo con Andressen y Díaz (2000), 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 Zona de Convergencia Intertropical. Sin embargo, este aspecto de la climatología dinámica sobre Venezuela necesita aún más estudio y en este caso, sólo se hace un aporte sobre estos patrones, particularmente para el estado Mérida.

Es de resaltar que los meses más secos ocurren en enero, cuando el patrón es unimodal y suceden en febrero en el patrón bimodal y que en éstos la cantidad total de precipitación es la más baja (Cuadro 6). En pocas localidades ocurren en marzo (Campamento la Mitisús, Bailadores, la Playa, Tovar Alcaldía). Este elemento tiene una gran relevancia para las especies vegetales que están sometidas a sequía durante varios meses consecutivos y son susceptibles a la estacionalidad.

- El análisis de agrupamiento de las 77 estaciones (Figura 10) diferencian dos grandes ramas (A y B). Dentro de la primera de estas ramas se encuentran tres estaciones meteorológicas, denotadas como los subgrupo 3 (Hacienda El Carmen y las dos ubicadas en una localidad de selva nublada llamada la Mucuy 1 y 2). En la sub-rama AB se encuentran localidades como Bailadores, Mucurubá (3029 y 3039), Chachopo y Tovar. El grupo 5 está conformado por 13 localidades. En la rama B, también se observan cinco ramas finales; las primeras tres que forman los subgrupos indicados como 6, 7 y 8. La primera de estas sub-ramas (subgrupo 6) agrupa a las localidades de la Azulita, el Mesón, Mucuchachí y la Punta. En el segundo grupo quedan todas las estaciones meteorológicas ubicadas en Ejido (3), las de Torondoy (1), las de Tovar (6), Mesa Bolívar (1), Jají (1) y Zea (1) conformando el subgrupo 7. Y como un subgrupo de transición aparece el 8, conformado por las estaciones de Chiguará, Lagunillas, San Juan y Estanques. En los subgrupo 9 y 10 encontramos 7 y 3 localidades respectivamente.

  Este resultado se complementa con el análisis de componentes principales que muestra que el primer eje absorbe el 59 % de la variación y, el segundo eje absorbe el 36 %. La altitud se presenta como la variable que separa a estas localidades, ya que se obtuvo un

Cuadro 6. Localidades con un patrón de precipitación bimodal

Estación	Período Medición(años)	Precipitación media anual (mm/año)	Meses más Secos	Precipitación Meses secos (mm)
Lagunillas 3055	50-67	457	Febrero	7,3
San Juan Lagunillas 3170	70-97	508	Febrero	11,6
Estanques	71-81	532	Febrero	18,7
Estanques 3054	43-46	540	Enero	14,8
Tostós 8057	70-90	534	Enero	8,5
Chiguará 3053	50-69	637	Febrero	25,1
Bailadores 3076	41-46	675	Marzo	17,2
Bailadores 3167	41-46	686	Febrero	14,5
La Playa 3066	49-70	718	Marzo	25,0
Timotes 3104	53-73	749	Febrero	12,7
Mucurubá 3029	50-83	814	Enero	23,4
Las Tapias 3132	68-97	773	Enero	26,6
Chiguará 8056	70-97	804	Enero	49,0
Mesa Ejido 3042	61-97	860	Febrero	18,6
Chachopo 3102	41-45	870	Febrero	17,2
Timotes 3166	70-95	831	Febrero	15,2
Timotes 3103	41-69	875	Febrero	9,6
Ejido 3043	50-65	883	Enero	12,1
Tovar 3069	50-73	891	Enero	36,2
Ejido Centro Caf.	40-43	923	Enero	22,7
Mucurubá 3039	61-83	825	Enero	23,0
Torondoy Alc. 2097	50-79	980	Febrero	42,0
Torondoy Schussler	34-46	1131	Enero	49,9
Timotes 3105	41-46	991	Febrero	14,8
Ejido 3044	40-43	994	Enero	22,7
Santa Cruz 3065	49-72	1029	Enero	42,6
Tovar 3141	68-97	1080	Enero	34,9
Mesa Bolívar 3052	61-95	999	Enero	47,8
Tovar Alc. 3067	42-63	1097	Marzo	28,0
Tovar Sabaneta 3071	63-68	1117	Enero	18,3
San Cristóbal Torondoy3100	34-46	1120	Enero	50,0
Torondoy 2098	34-46	1131	Enero	49,9
La Punta 3045	54-69	1171	Febrero	20,5
Pm. Molino 3070	62-83	1176	Febrero	42,8
Zea La Florida 3142	29	1234	Febrero	62,9
Hda. Santa Elena	86-06	1237	Enero	34,7
Jají 3169	71-96	1260	Febrero	42,6
La Punta 8049	75-97	1203	Enero	20,4
Palmita 8053	61-95	1224	Enero	67,8
La Punta 8055	69-77	1360	Febrero	27,3
La Azulita Granja 8050	80-84	1420	Enero	37,2
Carbonera	70-76	1457	Febrero	40,0
Jají Joque 3041	45-46	1461	Febrero	34,0
La Azulita 3135	69-95	1495	Enero	56,5
El Mesón 3108	67-98	1521	Enero	53,2
Mérida 3049	50-73	1521	Febrero	41,9
Tabay 3038	61-95	1556	Enero	33,9
Valle Grande 3024	61-96	1594	Febrero	54,9
Mérida Granja 3048	43-46	1753	Enero	37,8
Mérida Aeropuerto 3047	21-2007	1755	Febrero	45,0
La Hechicera	66-77	1857	Enero	46,8
Mérida Finol	97-2009	1892	Enero	53,7
Mérida 3050	67-70	1909	Febrero	30,5
Hda Carmen 3168	70-83	1968	Enero	68,8
La Mucuy II	68-71	2044	Enero	57,7
Mesa Julia 8075	73-97	1965	Enero	91,1

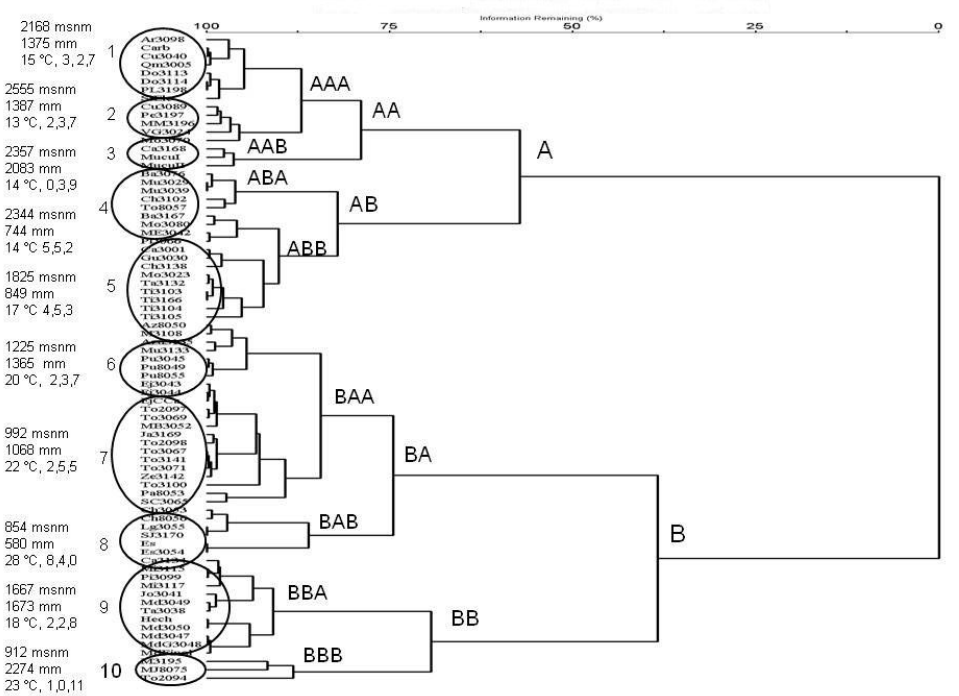

Figura 10. Análisis de agrupamiento de estaciones con base en todas las variables ambientales Encadenamiento 2,07%

valor significativo de r =0,978 (n=77 con un 99% de significancia) y la precipitación total anual es la variable responsable del segundo eje con un r = 0,946 (Figura 11), se anexaron las representaciones de los climadiagramas de Gaussen para diferenciar las localidades secas y húmedas y donde hay sequía.

Finalmente, en el cuadro 7 y figura 12 se resumen las 30 estaciones meteorológicas en el estado Mérida en las que hay evidencias de que existen factores característicos de estacionalidad hídrica, térmica o edáfica, donde potencialmente se pueden desarrollar BES. Estas variables climáticas y de otro tipo, muestran pulsos ambientales que pueden ser percibidos por las especies vegetales y que determinarán su área potencial de distribución. En la cuenca media del río Chama, se puede observar que desde la población de Mucurubá hay bajas precipitaciones, alta evaporación anual y temperaturas máximas altas. Al llegar a la localidad de Cacute, donde se encuentra la hacienda Santa Elena, se observa un pequeño aumento de las precipitaciones y de las temperaturas, pero hay vientos tipo *Föhn*. Luego, desde la población de Ejido y la Mesa de Ejido, San Juan de La-

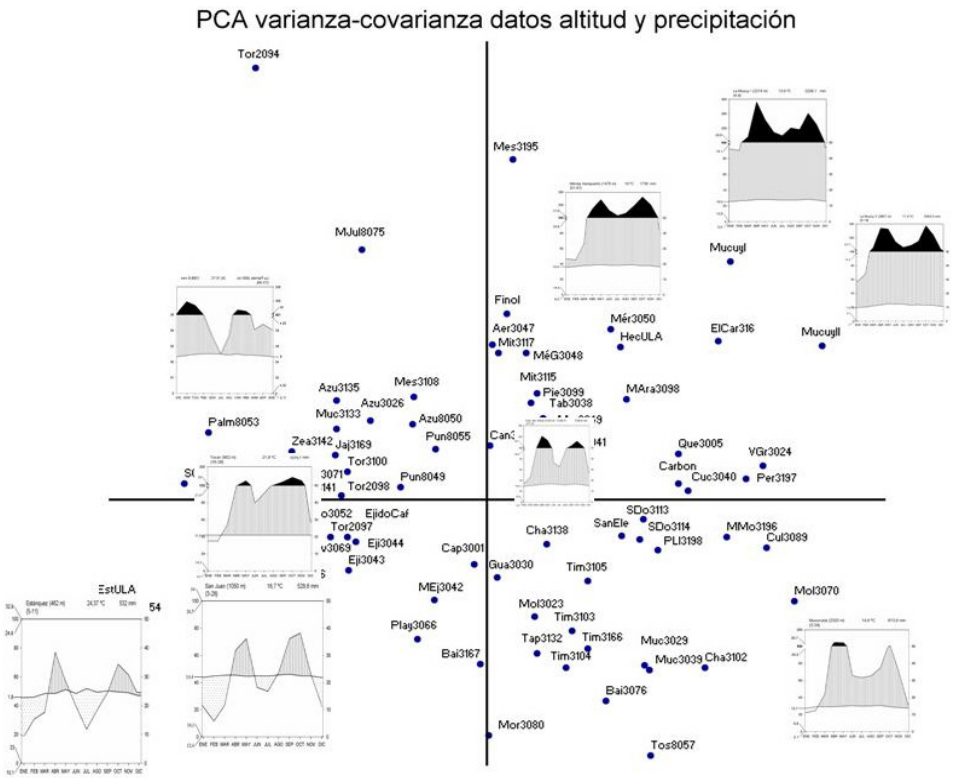

Figura 11. Análisis de componentes principales de las 77 estaciones climatológicas

gunillas, Estanques, y hasta la localidad de La Palmita hay bajas precipitaciones, altas temperaturas, un índice termo pluviométrico de aridez y condiciones de riesgo de erosión. Una situación de semiaridez se puede observar en el valle del río Mocotíes en donde se presentan bajas precipitaciones desde la población de Santa Cruz de Mora, Tovar y Bailadores. Por otra parte, en la cuenca del río Motatán ocurre un descenso de la precipitación total anual y en los días de lluvia en Chachopo hasta la población de Timotes, cuando se presentan situaciones de semiaridez de acuerdo al índice termo pluviométrico y exposición Este.

En la cuenca del río Nuestra Señora, en la localidad de El Morro hay estacionalidad con bajas precipitaciones, que caen en pocos meses del año, hay condiciones de aridez y los riesgos de erosión son severos. Y en la cuenca del río Santo Domingo y Torondoy.

Como consecuencia de todas estas evidencias se puede concluir que existe algún tipo de estacionalidad en 28 localidades de Mérida, donde se espera la existencia de algún tipo de vegetación propia como son los Bosques Estacionalmente Secos (BES).

Cuadro 7. Resumen de las variables para definir estacionalidad en esta investigación

No.	Estación Meteorológica	Días de lluvia	Patrones Prec.	Gaussen	Evap/ pp	ITP	Vientos	Temp. > 20	Exp. Este	Riesgo erosión
9	Bailadores									
8	San Juan de Lagunillas									
7	Tovar									
7	Estanques									
6	Ejido									
5	La Playa									
5	Mucurubá									
4	San Crist. deTorondoy									
4	Timotes									
4	La Palmita									
4	Chiguará									
4	El Morro									
4	Sto. Domingo									
4	Torondoy									
3	Lagunillas									
3	Mesa de Ejido									
3	Tostós									
3	Hda. Santa Elena									
3	La Cuchilla									
3	Las Piedras									
2	Chachopo									
2	Las Tapias									
2	Canaguá									
1	La Azulita									
1	Capurí									
1	Guaraque									
1	El Molino									
1	Chacantá									
1	Santa Cruz									
1	Mucuchachí									
		8	18	13	10	16	8	12	10	10

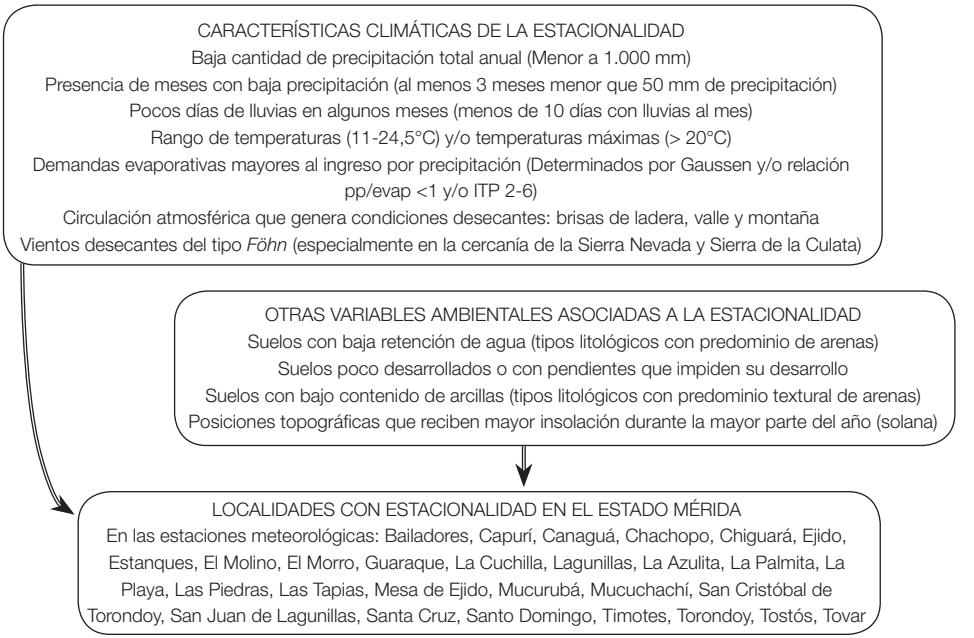

Figura 12. Modelo de variables climáticas y ambientales con estacionalidad en el estado Mérida

6. Agradecimientos

La realización de este trabajo fue posible gracias al financiamiento del CDCHT-ULA: Proyecto No. C-14720701B y CVI-PIC-C-03-02. Y recibimos datos de la red de estaciones de la ULA, MARNR, INIA, SeMet-Av.

7. Referencias citadas

ABLAN, M.; ANDRESSEN, R.; VARGAS, M. P.; GUERRERO, CH. y M. ACEVEDO. 2008. *Propuesta metodológica para el procesamiento de datos en estudios de variabilidad de la precipitación*. **Revista de Agronomía Tropical**. 58 (1): 57-60.

ANDRESSEN, R. y R. PONTE. 1973. *Climatología e hidrología. Proyecto 18 de Estudio Integral de las cuencas de los ríos Chama y Capazón*. Subproyecto II. Universidad de los Andes-Corpoandes. Mérida-Venezuela. 135 pág.

ANDRESSEN, R. y DÍAZ DE PASCUAL. 2000. *Influencia de la altitud y la distancia al lago de Maracaibo en la caracterización pluviométrica del estado Trujillo, Venezuela*. **Rev. Fac. Agron**. 26: 107-124.

ARANGUREN, A. 2009. *Caracterización de comunidades leñosas estacionalmente secas premontanas y montanas en el estado Mérida*. Doctorado en Ecología Tropical. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Tesis de Doctorado. 195 p. (Inédito).

ATAROFF, M. y L. SARMIENTO. 2002. Unidades ecológicas de Los Andes de Venezuela. En: La Marca, E. y P. Soriano (Eds.). **Reptiles de Los Andes de Venezuela**. 9-25. Fundación Polar. CODEPRE-ULA. FUNDACITE Fundación Biogeos. Mérida-Venezuela.

ATAROFF, M. y L. SARMIENTO. 2003. **Diversidad en los Andes de Venezuela. I. Mapa de Unidades Ecológicas del Estado Mérida**. CD-ROM, Ediciones Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.

BARRY, R. y R. J. CHORLEY. 1972. **Atmósfera, tiempo y clima**. Editorial Omega. Barcelona-España.

BARRY, R. 1981. **Mountain, weather and climate**. Methuen & C.O. London.

BLANCO, J. y E. DÁVILA. 2002. *Topoclimas y síntesis bioclimática y Centro Occidente de Venezuela*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 106 p. (Inédito).

BRICEÑO, T. e Y. MEZA. 1999. *Inventario integrado de los recursos naturales en el sector semiárido de la confluencia del río Chama y Nuestra Señora*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 113 p. (Inédito).

CEGARRA, J. A. 2006. *Bioclimatología y pisos bioclimáticos de los Andes de Mérida, Venezuela*. Universidad de Valencia. Valencia-España. Tesis de Doctorado. 583 p. (Inédito).

COMISIÓN RECTORAL PARA EL PROGRAMA DE CIENCIAS ATMOSFÉRICAS Y DEL ESPACIO DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - INSTITUTO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y ECOLÓGICAS (ICAE). s/f. *Sistema de información hidrológica y climática de los andes venezolanos*. (On line) Disponible en: http://www.saber.ula.ve/redhidroclimatica (Consulta: septiembre, 2010).

COSTA, M.; CEGARRA, A.; LUGO, L.; LOZADA, J.; J. GUEVARA & P. SORIANO. 2007. *The bioclimatic belts of the Venezuelan Andes in the State of Mérida*. **Phytocoenologia**, 37 (3-4): 711-738.

CUNE, B. & J. GRACE. 2002. **Analysis of ecological communities**. MJM Sofware design. Oregon-USA.

DANTIN CERECEDA J. y A. REVENGA. 1961. Indice Termopluviométrico. En: Lorente, J. M. (Ed.) **Meteorología**. Editorial Labor. Barcelona-España. 286 pp.

DÍAZ, L. 1990. *Inventario de recursos naturales y zonificación para la conservación en las cuencas secas de los ríos Tostós, Vizcaína y San Pablo del estado Mérida*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 124 p. (Inédito).

EMCK, P.; A. MORERA-MUÑOZ y M. RICHTER. 2006. El clima y sus efectos en la vegetación. En: M. Moraes B. Ollgaar, L.P. Kvist; F. Borchsenius & H. Balslev (Eds.). **Botánica Económica en los Andes Centrales**. 11-36. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia.

KRISHNAMURTI, T. N.; KISHTAWAL, C.M.; ZHANG, Z.; LAROW, T.; BACHIOCHI, D.; WILLIFORD, E.; GADGIL, S. & S. SURENDRAN. 2000. *Multimodel ensemble forecasts for weather and seasonal climate*. **J. Climate**, 13, 4196–4216

LINARES-PALOMINO, R. 2002. *A floristic and phytogeographic analysis of Peruvian seasonally dry tropical forests*. University of Edinburgh. Magister Thesis. UK.

LINARES-PALOMINO, R.; PENNINGTON & S. BRIDGEWATER. 2003. *The phytogeography of the seasonally dry tropical forests in Equatorial Pacific South America*. **Candollea**, 58(2): 473-499.

Mapa Político del estado Mérida. Recuperado de: http://www.a-venezuela.com/mapas/map/html/estados/merida.html

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR). 1989. **Atlas de la vegetación de Venezuela**. Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. Dirección de suelos, vegetación y fauna. Caracas-Venezuela.

MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA Y PETRÓLEO. 2011. *Código geológico de Venezuela*. Petróleos de Venezuela (PDVSA)/INTEVEP. Caracas-Venezuela. (On line). Disponible en: http://www.pdvsa.com/lexico/. (Consulta: enero, 2011).

MÉNDEZ, J. 2004. *Uso de la tierra y calidad de vida de la población en comunidades rurales de la cuenca del río Mocotíes, estado Mérida*. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado (CEFAP). Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Maestría en Ordenación del Territorio. Mérida-Venezuela. Tesis de Maestría. 146 p. (Inédito).

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). s/f. (On line). Disponible en: http://www.wmo.int/pages/themes/climate/index_es.html], (Consulta: enero, 2011).

PÉREZ VEGA, A. 2003. *El control del relieve sobre la distribución espacial de la vegetación en zonas de montaña de alta diversidad*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. México. Tesis de Maestría. 125 pág. (Inédito).

PETIT, P. 1984. *Variación altitudinal de la vegetación en la Cordillera de Mérida*. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela. Trabajo Especial de Grado. 123 pág. (Inédito).

PULWARTY, R. S.; BARRY, R. G.; HURST, C. M.; SELLINGER, K. & L. F. MOGOLLÓN. 1998. *Precipitation in the Venezuelan Andes in the context of regional climate*. **Meteor. Atmospheric Physics**, 67: 217-237.

QUIÑONEZ, E. 1997. *Distribución espacial de riesgos de degradación de suelos en el estado Mérida: una aplicación de un sistema de información geográfico*. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Maestría de Gestión de Recursos Naturales Renovables y Manejo Ambiental. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela Tesis Maestría. 82 pág. (Inédito).

QUIÑONEZ, E. y F. DAL POZZO. 2005. *Influencia del cálculo del factor topográfico en la distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por la erosión hídrica en el Estado Mérida, Venezuela*. **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**. 5: 204-218.

SARMIENTO, G. 1986. Los principales gradientes ecoclimáticos en los Andes Tropicales. *Anales del IV Congreso Latinoamericano de Botánica*. 1:47-64. Medellín-Colombia.

SILVA, G. 1999. *Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela*. **Revista Geográfica Venezolana**. 40(1): 9-42.

SILVA, G. 2000. *Historia resumida de la hidrografía venezolana*. **Revista Geográfica Venezolana**. 41 (1): 139-166.

URBINA, C. 1990. *Zonificación agroclimática del estado Mérida*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Departamento de Agrometereología. Volumen 1-A. Caracas-Venezuela. 62 pág.

UNAL, Y.; KINDAY, T. & M. KARACAS. 2003. *Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis*. **International Journal of Climatology**. 23: 1045-1055.

VEILLÓN, J. P. 1974. *Relaciones entre los bosques naturales y el clima en diferentes zonas ecológicas del noroccidente de Venezuela*. Universidad de Los Andes, Instituto de Silvicultura. Mérida-Venezuela. 42 pág.

VEILLÓN, J. P. 1989. Los bosques naturales de Venezuela (Parte I). En: **El medio ambiente**. Oscar Todtmann Editores C.A. Mérida-Venezuela. 118 pág.

VEILLÓN, J. P. 1995. Los bosques naturales de Venezuela (Parte II). En: **Bosques xerófitos zonas de vida: bosque espinoso tropical y bosque muy seco tropical**. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). Mérida-Venezuela. 55 pág.

VEILLÓN, J. P. 1997. Los bosques naturales de Venezuela (Parte III). En: **Los bosques tropóficos o veraneros de la zona de vida Bosque seco tropical**. Mérida-Venezuela. 127 pág.

WALTER, H. y E. MEDINA. 1971. *Caracterización climática de Venezuela sobre la base de climadiagramas de estaciones particulares*. **Boletín Soc. Venezolana de Ciencias Naturales**, XXIX (119-120): 211-238.