

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO MONAICITO, SUBCUENCA DEL RÍO MOTATÁN-CARACHE*

CLIMATIC CHARACTERIZATION OF MONAICITO RIVER'S MICRO-BASIN, SUB-BASIN OF MOTATÁN-CARACHE RIVER

Neida Pineda Contreras^{1§}, Rosalva Arellano Godoy¹, Ligia Becerra Sánchez¹, María Eugenia Aular Villegas¹, Milton Azuaje Valera¹, José Pimentel Mendoza¹ y Edgar Jaimes Cárdenas¹

¹Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (GISA). Núcleo Universitario Rafael Rangel (NURR). Universidad de Los Andes. A. P. 177. Tel. 027 22362177. Trujillo, Venezuela. (rosalvare@cantv.net), (ligiab@ula.ve), (aularme@hotmail.com), (milazu1@hotmail.com), (jaimes@ula.ve). [§]Autora para correspondencia: pineida@ula.ve.

RESUMEN

Se realizó un estudio climático de la microcuenca del Río Monaicito (11 960 ha), perteneciente a la subcuenca del Motatán-Carache, estado Trujillo, Venezuela; fue realizado a partir de diez años de registros (1985-1995) de precipitación media mensual (seis estaciones) y de temperatura media mensual (una estación de referencia). Con la información de precipitación y la ayuda del interpolador Kriging (geoestadístico Surfer 8.0) se elaboró el mapa de isoyetas medias anuales. Posteriormente, se utilizó el método isoporcentual para obtener a escala 1:25 000, bajo el software Surfer, los mapas de líneas isoporcentuales mensuales, que fueron superpuestos para obtener el mapa de isoyetas medias mensuales y la precipitación media mensual de 85 puntos de referencia distribuidos en la microcuenca. La temperatura media mensual de los puntos de referencia se estimó utilizando el método del gradiente térmico vertical, a partir de los datos de la estación Santa Ana (1985-1995). Se elaboraron 85 balances hídricos usando el método Thornthwaite, los cuales sirvieron de base para la obtención de los mapas de índice hídrico anual, índice de humedad y evapotranspiración potencial anual. Luego, mediante la superposición de dichos mapas y la aplicación de los criterios de clasificación del método Thornthwaite, se realizó la regionalización climática de la microcuenca,

ABSTRACT

A climatic study of the micro-basin of Monaicito River (11 960 ha), belonging to the sub-basin of Motatán-Carache, Trujillo State, Venezuela was performed; this was made from ten years records (1985-1995) of monthly mean precipitation (six stations) and monthly average temperature (one station of reference). With rainfall information, and using a Kriging interpolator (Surfer 8.0 geo-statistical), a map of annual average isohyets was made. After this, an isopercentage method was used to obtain a 1:25 000 scales, using the Surfer software, maps of monthly isopercentage lines, which were superimposed to obtain the map of monthly average isohyets and monthly average rainfall of 85 referenced points distributed in the microbasin. The monthly average temperature of reference points was estimated using the vertical temperature gradient method, based on data from the Santa Ana station (1985-1995). 85 water balances were developed using the Thornthwaite method, which formed the basis for obtaining maps of annual water rate, moisture rate and annual potential evapotranspiration. Then, by superimposing these maps and the application of the criteria for classification of Thornthwaite method, the climatic regionalization of the micro-basin was performed, determining a predominantly dry sub-humid climate, with slightly or no water excess

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: octubre de 2011

determinándose que predomina un clima subhúmedo seco, con poco o ningún exceso de agua y cuatro regiones térmicas: mesotérmica templada-fría, mesotérmica templada-cálida, mesotérmica semicálida y megatérmica o cálida.

Palabras clave: balance hídrico, mapas, precipitación, temperatura, Thornthwaite.

La clasificación climática consiste en la división del territorio en áreas más pequeñas, homogéneas desde el punto de vista espacial (Qiyao *et al.*, 1991), permite agrupar valores de los elementos climáticos según ciertos límites o divisiones y rara vez se puede definir una región climática con un solo elemento. Existen diversas clasificaciones climáticas que varían según los métodos utilizados para realizar la zonificación de los tipos de clima o bioclimas, sus escalas de expresión cartográfica y la tecnología disponible para el momento en que se utilizaron dichos métodos (Morales *et al.*, 2006). Algunos de estos sistemas de clasificación se encuentran actualmente en desuso; sin embargo, la selección para su empleo depende del objetivo que se persiga (Sánchez y Garduño, 2008).

Una de las más importantes contribuciones para solucionar el complejo problema de clasificar los climas es el método de Thornthwaite (1948), que según Moreno (1994) otorga gran importancia al balance de humedad como elemento para la caracterización del clima. Thornthwaite ideó el concepto de evapotranspiración potencial (ETP) que puede considerarse análogo a ET_0 (evapotranspiración) y generó una fórmula que permite estimarla a partir de la temperatura. A partir de los valores de precipitación y ETP (entradas y salidas de agua) es posible contabilizar, a través de cálculos sencillos, un balance hídrico del suelo que permite cuantificar los excedentes (E) o déficit (D) de humedad del mismo.

En los últimos años, la utilización de técnicas automatizadas para el procesamiento y representación de la información producida, unida al empleo de métodos estadísticos y geoestadísticos permiten procesar una gran cantidad de datos y obtener de manera relativamente sencilla, rápida y precisa mapas de gran calidad, en comparación con los métodos manuales tradicionales. López *et al.* (2001) afirman que es necesario el uso de métodos geoestadísticos, en el mejoramiento de los procesos de interpolación de las variables climáticas, debido que la baja densidad de estaciones climatológicas, la influencia de la orografía y la orientación de las vertientes imponen al proceso de interpolación tradicional de variables de

and four thermal regions: mesothermal warm-cold, mesothermal temperate-warm, mesothermal semi-warm and megathermal or warm.

Key words: maps, precipitation, temperature, Thornthwaite, water balance.

The climatic classification is the division of land into smaller areas, homogeneous in terms of space (Qiyao *et al.*, 1991), it allows grouping values from climatic elements according to certain boundaries or divisions and rarely a climate region can be defined with a single element. There are several climatic classifications which vary according to the methods used to make the zoning of weather types or bio-climates, its cartographic expression scales and the available technology by the time these methods were used (Morales *et al.*, 2006). Some of these classification systems are currently in disuse, but the selection for using them, depends on the pursued objectives (Sánchez and Garduño, 2008).

One of the most important contributions to solve the complex problem of classifying climates is the Thornthwaite method (1948), which according to Moreno (1994), attaches great importance to the moisture balance as an element for climate characterization. Thornthwaite devised the concept of potential evapotranspiration (ETP), which can be considered analogous to ET_0 (evapotranspiration) and generated a formula that allows to estimate it from the temperature. From the rainfall values and ETP (input and output of water) is possible to account, through simple calculations, a soil water balance which allows quantifying the surplus (S) or deficit (D) of moisture from it.

In recent years, the use of automated techniques for processing and representation of produced information, together with the use of statistical and geo-statistical methods, allow to process a large amount of data, resulting in a relatively simple, fast and accurate quality maps, compared with the traditional manual methods. López *et al.* (2001), say that it is necessary to use geo-statistical methods for improving processes of climatic variables' interpolation; because the low density of weather stations, the topography influence and the slopes orientation, impose to the traditional interpolation process of "continuous" distribution variables, usually by implementing distributed in a "discreet" way, constraints that impede the successful development of climatic mapping.

distribución “continua”, generalmente levantada mediante instrumentación distribuida de manera “discreta”, limitantes que dificultan la elaboración acertada de la cartografía climática.

La microcuenca del Río Monaicito es una zona tradicionalmente dedicada al cultivo de café. En ella, Petróleos de Venezuela S. A. (PDVSA) tiene proyectado para el bienio 2010-2012, la construcción de una represa de agua en la confluencia de las quebradas El Cacao y Piedra Azul, principales afluentes del Río Monaicito, para abastecer de agua a la Planta de Etanol y para el suministro de agua destinada a usos agrícolas y urbanos en la planicie aluvial de dicha microcuenca.

Dentro del área en estudio se cuenta con poca información climática, apenas una estación climatológica que registra precipitación. El objetivo de este trabajo es obtener la regionalización climática digitalizada de la microcuenca del Río Monaicito, mediante el sistema Thornthwaite, utilizando un interpolador geoestadístico. La información generada servirá de base para determinar las pérdidas de suelo producidas por los procesos erosivos que tienen lugar en la microcuenca, para evaluar la aptitud de las tierras al uso cafetalero y otros usos potenciales en función de un manejo sostenible de los recursos naturales, y como base para la planificación agroecológica, agroindustrial y ambiental.

Esta microcuenca se ubica en la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo (Venezuela), drena sus aguas a la subcuenca del Río Carache perteneciente a la subcuenca del Motatán-Carache (estado Trujillo). Su altitud oscila entre los 240 y 2 200 m, cubriendo una superficie aproximada de 11 960 hectáreas. Está comprendida entre las coordenadas UTM 1042614 - 1059726 Norte y 341766 - 353940 Este. De acuerdo con Arellano *et al.* (2008) en el área de estudio predomina el tipo de utilización de la tierra (TUT) café en seco con bajo nivel de tecnología 57.2%, seguido del TUT café en seco con bajo a moderado nivel de tecnología y en menor proporción (7.1%) el TUT café en seco con moderado nivel de tecnología.

La base cartográfica digitalizada del área de estudio se obtuvo de la empresa regional sistema hidráulico trujillano (ERSHT), año 1998 a escala 1:25 000. Se dispuso de información referida a altitud y coordenadas UTM de 85 puntos de referencia distribuidos en la microcuenca, correspondientes a una descripción de suelos (barrenos) realizados previamente.

The Monaicito River micro-basin is an area traditionally devoted to coffee cultivation. There, Petróleos de Venezuela S. A. (PDVSA) has projected for the biennium 2010-2012, the construction of a water dam at the confluence of El Cacao and Piedra Azul streams, Monaicito River's main tributaries, in order to supply water to the ethanol plant and to supply water for agricultural and urban uses in the floodplain of this micro-basin.

Within the study area, there is little climate information, there's only a weather station recording the precipitation. The aim of this paper is to obtain the digital climatic regionalization of the micro-basin of Monaicito River by the Thornthwaite system, using a geo-statistical interpolator. The information generated will serve as a basis for determining soil loss caused by erosion processes that occur in the micro-basin, to assess the suitability of land for coffee crop and other potential uses based on sustainable management of natural resources and as basis for agro-ecological, agribusiness and environmental planning.

This micro-basin is located in the watershed of Lake Maracaibo (Venezuela); it drains its waters into the sub-watershed of Carache River belonging to the sub-basin Motatán-Carache (Trujillo state). Its elevation ranges between 240 and 2 200 m, covering an approximate area of 11 960 hectares. It's located between the coordinates UTM 1042614 to 1059726 North and 341766 to 353940 East. According to Arellano *et al.* (2008), the study area is dominated by the type of land-use (TLU) coffee in rainfed conditions with low technology level in 57.2%, followed by TLU coffee in rainfed with low to moderate technology level and to a lesser extent (7.1%), TLU coffee in rainfed with moderate technology level.

The digital cartographic base of the study area was obtained from the regional company of hydraulics trujillano (ERSHT), 1998, at 1:25 000 scales. Information regarding to elevation and UTM coordinates of 85 reference points, distributed in the micro-basin was available, which corresponded to a soils description (holes) made previously.

As an initial step to obtain climate regionalization, information from 10 stations located inside and outside the study area was collected, selecting six for its homogeneous records and direct influence on the micro-basin (Santa Ana, El Jarillo, Carache, Trujillo-Liceo, Pampán and Guamas de

Como paso inicial para obtener la regionalización climática se recopiló información de 10 estaciones que se encuentran dentro y fuera del área de estudio, seleccionándose seis por presentar registros homogéneos e influencia directa sobre la microcuenca (Santa Ana, El Jarillo, Carache, Trujillo-Liceo, Pampán y Guamas de Monay). Para el estudio de la precipitación se consideró el período 1985-1995 (11 años), utilizando los registros medios mensuales de las 6 estaciones, bajo el criterio de un número mínimo de 10 años de funcionamiento continuo (OMM, 2003). No se utilizó información más reciente ya que dichas estaciones presentan discontinuidad de la toma de datos e incluso fueron cerradas.

Los registros de precipitación fueron sometidos a un análisis de consistencia, determinándose que algunas estaciones presentaban falta de información, utilizándose el método de la razón normal con o sin estación adyacente (Duke, 1980) para completarla. Para verificar la consistencia de los datos de las series pluviométricas se aplicó el método de doble ploteo de masas (Guevara, 2003), obteniéndose que las estaciones Trujillo-Liceo y Guamas de Monay presentaron inconsistencias, efectuando sus respectivas correcciones. La distribución espacial de la precipitación se determinó utilizando el método isoporcentual, técnica que se empleó para disminuir los efectos orográficos del área bajo estudio, por encontrarse en regiones montañosas y se utilizó el interpolador kriging del software de aplicación geoestadística Surfer, versión 8.0 (Golden Software, 2002) para la elaboración de mapas.

La temperatura media mensual de los 85 puntos de referencia, se estimó a partir de los datos de la estación Santa Ana (mayor influencia sobre el área de estudio) para el período 1985 a 1995, por medio del método del gradiente térmico vertical, utilizando el valor de $0.58\text{ }^{\circ}\text{C } 100\text{ m}^{-1}$ como gradiente térmico vertical para la temperatura media del estado Trujillo según Hernández (1988).

La información antes obtenida sobre precipitación media mensual y temperatura media mensual de cada uno de los 85 puntos de referencia, se utilizó para elaborar los balances hídricos, a través de una hoja de cálculo, usando el método Thornthwaite, obteniendo valores de ETP, exceso, déficit, índice de aridez, índice de humedad e índice hídrico anual; luego se elaboraron mediante el programa de interpolación software Surfer (Golden Software, 2002), los mapas de índice hídrico anual, índice de humedad y evapotranspiración potencial anual. Finalmente, se obtuvo el mapa de clasificación climática para la microcuenca del

Monay). For the rainfall study, the period 1985-1995 (11 years) was considered, using monthly average records from 6 stations, under the criterion of a minimum of 10 years of continuous operation (OMM, 2003). No recent information was used, because these stations have discontinuity of data-collection, and even some of them were closed.

The precipitation records were subjected to an analysis of consistency, determining that some stations had missing information, using the normal ratio method with or without adjacent station (Duke, 1980) to complete it. In order to check the consistency of the rainfall data series, the method of double mass plot (Guevara, 2003) was applied; obtaining that Trujillo-Liceo and Guamas de Monay stations had inconsistencies; so, corrections were made. The spatial distribution of precipitation was determined using the isopercentage method, a technique used to reduce the orographic effects of the area under study, due to its mountainous regions conditions, the kriging interpolator of Surfer geo-statistics application software was used, version 8.0 (Golden Software, 2002) for mapping.

The monthly average temperature of 85 reference points, was estimated from data from Santa Ana station (major influence on the study area) for the period 1985 to 1995, through the vertical temperature gradient method using the value of $0.58\text{ }^{\circ}\text{C } 100\text{ m}^{-1}$ as a vertical thermal gradient for average temperature of Trujillo state, according to Hernández (1988).

The information obtained regarding the monthly average precipitation and monthly mean temperature, of each of the 85 reference points, was used to develop the water balance through a spreadsheet, using the Thornthwaite method; obtaining values of ETP, excess, deficit, aridity index, moisture index and annual water rate. After this, and using the interpolation program Surfer software (Golden Software, 2002), maps of annual water rate, moisture rate and annual potential evapotranspiration were developed. Finally, the map of climatic classification for Monacito River's micro-basin was obtained, through the superimposition of maps mentioned above and the application of the classification criteria according to the Thornthwaite method.

According to the annual average isohyetal map obtained with the values of annual average precipitation of the micro-basin, they decrease gradually from 1 400 mm in

Río Monaicito, a través de la superposición de los mapas antes mencionados y de la aplicación de los criterios de la clasificación según el método Thornthwaite.

De acuerdo al mapa de isoyetas medias anuales, obtenido los valores de precipitación media anual de la microcuenca, disminuyen gradualmente desde 1 400 mm en las cotas altitudinales inferiores, hasta menos de 900 mm en las cotas altitudinales superiores. Con respecto a la evapotranspiración potencial anual (ETP), sus valores oscilan desde casi 1 800 mm en las cotas altitudinales inferiores, hasta un poco menos de 900 mm en las cotas altitudinales superiores.

La elaboración de los 85 balances hídricos distribuidos en la microcuenca, permitió determinar que el régimen anual de lluvias es bimodal; con un periodo seco ($p < ETP$) durante los meses de febrero, junio, julio y agosto, y un periodo húmedo ($p > ETP$) en los meses de abril y octubre, que no representan un mayor porcentaje en la recarga de la reserva de agua en el suelo. En general, la microcuenca presenta deficiencia de agua durante el año, ya que la precipitación es menor a la evapotranspiración potencial en la mayor parte de los meses del año.

Clasificación climática según la metodología Thornthwaite

Las isolíneas de índice hídrico (I_m) presentan valores por debajo de 0 hasta -14, indicando que el área de estudio corresponde a la categoría de “clima seco”, por presentar valores de I_m que comprenden el rango de 0 a -20; con un tipo de clima “subhúmedo seco”, cuyo símbolo es “ C_1 ”. Se determinó que los valores del índice de humedad (I_h) están dentro del rango de 0 a 16.7 ($d =$ nulo o pequeño exceso de agua) ya que la ETP supera las precipitaciones en la mayoría de los meses del año, así el área de estudio presenta deficiencia de agua, siendo necesaria la aplicación de riego de acuerdo a los requerimientos de los cultivos y a las características físicas de los suelos.

A partir del mapa de ETP anual se subdividió el área de estudio de acuerdo al régimen térmico en cuatro regiones térmicas así: megatérmica o cálida (A'), mesotérmica semicálida (B'_4), mesotérmica templada-cálida (B'_3) y mesotérmica templada-fría (B'_2). Además, se determinó la concentración de la eficiencia térmica en verano, sumando los valores de ETP de los tres meses de verano (junio, julio y

lower elevations, to less than 900 mm in higher elevations. Regarding to annual potential evapotranspiration (ETP), its values range from almost 1 800 mm in lower elevations, to a little less than 900 mm in higher ones.

The development of the 85 water balances distributed in the micro-basin, permitted to determine that the annual precipitation regime is bimodal; with a dry period ($p < ETP$) during February, June, July and August and a wet period ($p > ETP$) in April and October, which do not represent a higher percentage in recharging the water reservoir in the soil. In general, the micro-basin have water deficit during the year, as rainfall is lower than potential evapotranspiration in most of the months in the year.

Climatic classification according to the Thornthwaite method

The isolines of water index (I_m), had values below 0 to -14, indicating that the study area falls into the category of “dry weather”, for presenting I_m values comprising the range of 0 to -20; with a “dry sub-humid” type of climate, its symbol is “ C_1 ”. It was determined that the moisture index values (I_h) are within the range of 0 to 16.7 ($d =$ no or slight excess of water) because ETP exceeds rainfall in most of the months in the year, and the studied area presents water deficiency, requiring irrigation according to the crop's requirements and soil's physical characteristics.

From the map of annual ETP, the studied area was subdivided according to thermal regime in four thermal regions: megathermal or warm (A'), mesothermal semi-warm (B'_4), mesothermal temperate-warm (B'_3) and mesothermal temperate-cold (B'_2). In addition, the concentration of thermal efficiency in summer was determined, adding the values of ETP of the three summer months (June, July and August) and relating them to the sum of the annual ETP; obtaining values less than 48% of thermal efficiency concentration for the micro-basin, which corresponds to the type of climate a' so that the average monthly temperatures show no seasonal temperature change (their values do not vary a lot among themselves during the year), since its value is close to 25%.

Finally, the map of climatic regionalization was obtained (Figure 1) allowing to classifying the study area as follows: dry sub-humid climate type (C_1); with no or slight excess of water (d) and four thermal regions: megathermal (A'),

agosto) y relacionándolos con la sumatoria de la ETP anual; así se obtuvo valores menores de 48% de concentración de eficiencia térmica para la microcuenca, que corresponde al tipo de clima a' por lo que las temperaturas medias mensuales no muestran cambio térmico estacional (sus valores no varían mucho entre sí durante el año), ya que su valor está cercano a 25%.

Finalmente, se obtuvo el mapa de regionalización climática (Figura 1) que permitió clasificar el área de estudio así: tipo de clima subhúmedo seco (C_1); con nulo o pequeño exceso de agua (d) y cuatro regiones térmicas: megatérmica (A'), mesotérmica semicálida (B'_4), mesotérmica templada-cálida (B'_3) y mesotérmica templada-fría (B'_2); y una concentración de eficiencia térmica de menos de 48% (a').

A continuación se describen los componentes del mapa de regionalización climática:

- $C_1 d B'_2 a'$ Clima subhúmedo seco, con nulo o pequeño exceso de agua, región mesotérmica templada-fría (ETP: 712-855 mm); 1 014.12 ha (8.48%).
- $C_1 d B'_3 a'$ Clima subhúmedo seco, con nulo o pequeño exceso de agua, región mesotérmica templada-cálida (ETP: 855-997 mm); 3 665.69 ha (30.65%).
- $C_1 d B'_4 a'$ Clima subhúmedo seco, con nulo o pequeño exceso de agua, región mesotérmica semicálida (ETP: 997-1 140 mm); 2 429.65 ha (20.31%).
- $C_1 d A' a'$ Clima subhúmedo seco, con nulo o pequeño exceso de agua, región megatérmica o cálida (ETP > 1 140 mm); 4 850.54 ha (40.56%).

Se demostró que el sistema Thornthwaite y el uso del interpolador geoestadístico Surfer, son útiles para generar información sobre los elementos precipitación, temperatura y ETP de la microcuenca del Río Monaicito, para obtener la cartografía climática digitalizada en el periodo estudiado. Se sugiere la instalación de estaciones climáticas en el área de estudio para contar con información actualizada y completa que será útil para la planificación y ordenamiento territorial de esta importante área cafetalera del estado Trujillo.

mesothermal semi-warm (B'_4), mesothermal temperate-warm (B'_3) and mesothermal temperate-cold (B'_2) and a concentration of thermal efficiency of less than 48% (a').

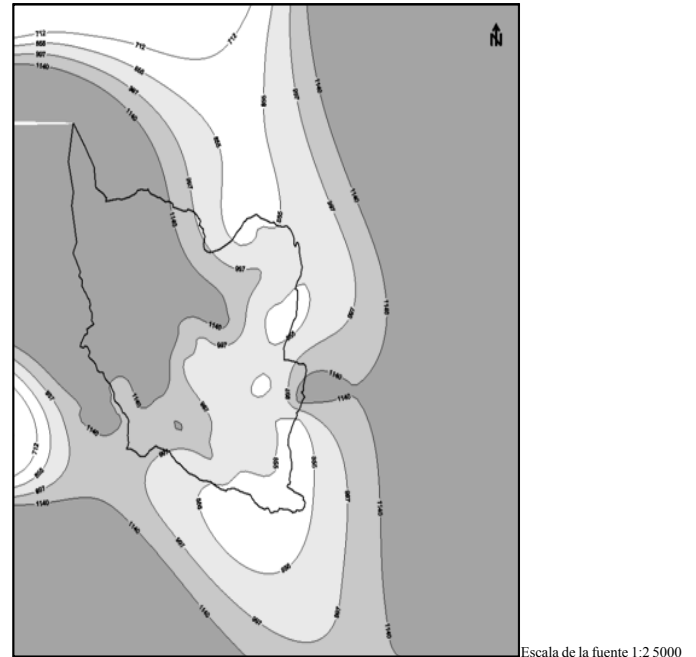


Figura 1. Mapa de regionalización climática de la microcuenca del Río Monaicito.

Figure 1. Map of climatic regionalization of Monaicito River's micro-basin.

It was shown that the Thornthwaite system and the use of Surfer geo-statistical interpolator are useful, for generating information on the elements: precipitation, temperature and the ETP of Monaicito River's micro-basin, for digitized climatic mapping in the studied period. It's suggested the installation of weather stations in the studied area, in order to have complete and current information that will be useful, for planning and zoning this important coffee-area of Trujillo state.

CONCLUSIONS

This map, shows that megathermal or warm region, has the highest percentage of the study area (40.56%), followed by mesothermal temperate-warm region (30.65%).

End of the English version



CONCLUSIONES

En este mapa se aprecia que la región megatérmica o cálida, ocupa el mayor porcentaje del área de estudio (40.56%) seguida de la región mesotérmica templada-cálida (30.65%).

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela, por el financiamiento otorgado bajo el código NURR-C-392-05-01-A.

LITERATURA CITADA

- Arellano, G. R.; Pineda, C. N. M.; Becerra, S. L. M. y Jaimes, C. E. J. 2008. Tipos de utilización de la tierra en áreas cafetaleras, microcuenca del Río Monaicito, estado Trujillo-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*. 49(1):43-56.
- Duque, C. R. A. 1980. Precipitación, formación, medición y análisis de datos. CIDIAT. Mérida, Venezuela. 57 p.
- Guevara, D. J. M. 2003. Métodos de estimación y ajuste de datos climáticos. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 128 p.
- Hernández, R. 1988. Zonificación agroclimática del estado Trujillo. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Dirección General Sectorial de Información del Ambiente. Dirección de Hidrología y Meteorología. Vol. I. Caracas, Venezuela. 105 p.
- López, M. J.; Sánchez, J. y Andressen, R. 2001. Comparación de varios métodos para la representación cartográfica de información climática en zonas altas del estado Lara. *Bioagro*. 13(1):39-46.
- Morales, S. L.; Canessa, M. F.; Mattar, C.; Orrego, R. y Matus, F. 2006. Caracterización y zonificación edáfica de la región de Coquimbo, Chile. *J. Soil Sci. Plant. Nutr.* 6(3):52-74.
- Moreno, S. A. 1994. Climatología agrícola. Teoría. Parte III. Cátedra de climatología agrícola. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Ingeniería Agrícola. Maracay, Venezuela. 61 p.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2003. Manual on the global observing system. Vol. I:544. Ginebra, Suiza. 51 p.
- Qiyao, L.; Jingming, Y. and Baopu, F. 1991. A method of agrotopoclimatic division and its practice in China. *International J. Climatol.* 11:86-96.
- Sánchez, S. N. y Garduño, L. R. 2008. Algunas consideraciones sobre los sistemas de clasificación climatic. *Revista ContactoS*. 68:5-10.
- Golden Software, Inc. 2002. SURFER. Version 8.0. Surface Mapping System. Colorado, USA.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of the climate. *The Geographical Review*. 38(1):55-94.