

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE ARIDEZ DEL ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

A PROCEDURE FOR THE ELABORATION OF AN ARIDITY MAP
FOR NUEVA ESPARTA STATE, VENEZUELA

MYLENE GUTIÉRREZ Y JORGE RODRÍGUEZ

RESUMEN

Este mapa de aridez se fundamenta en una razón entre la precipitación media anual (mm) y la evapotranspiración de referencia media anual (mm). Se conformó un repositorio de datos para el análisis de trece estaciones con datos de precipitación (mm) y cinco estaciones con datos de temperatura (°C) a los niveles: mensual y anual. La precipitación se estimó mediante el método de corrección por anomalías. La temperatura se estimó mediante el método de corrección por reducción al nivel del mar. Estos procedimientos se basan en la adaptación de funciones de regresiones lineales simples, con métodos de geoprocamiento asociados a tecnologías de información geográfica. El mapa de aridez está integrado por cuatro clases, de las cuales predominan la semiárida (58,3 %), asociada a zonas bajas de las áreas montañosas de la isla de Margarita y a la totalidad de la isla de Coche; y la árida (37,9 %), compuesta por la zona central, caracterizada por planicies de litorales y de erosión y a la isla de Cubagua. Los climas subhúmedos suman 3,6 % y se relacionan con las cumbres de los cerros con elevaciones superiores a los 500 m.s.n.m.

Palabras clave: mapa aridez, Nueva Esparta, SIG, precipitación, temperatura, gvSIG + Sextante

ABSTRACT

This aridity map is based on a ratio between the average annual precipitation (mm) and the reference average annual evapotranspiration (mm). A repository used for the analysis of monthly and yearly precipitation data belonging from thirteen (13) stations, and temperature data belonging from five (5) stations, was built for this purpose. Precipitation was estimated by using the anomaly correction method. Temperature is estimated with the reduction to sea level correction method. These methods are based on simple linear regression functions, with geoprocessing methods associated with geographic information technologies. The aridity map is composed by four (4) classes, of which the semiarid class (58.3%) associated with the Island of Coche and the lower mountain zones of Margarita Island, as well as the arid class (37.9%) associated with Cubagua Island and erosion and littoral central plains of Margarita Island, are predominant subhumid climates are related to elevations higher than 500 meters above sea level, representing 3.6% of the total area.

Key words: aridity map, Nueva Esparta, GIS, precipitation, temperature, gvSIG + Sextante

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas e insulares tienen un comportamiento climático difícil de discriminar a través de los métodos convencionales de clasificación, por lo cual, se seleccionó el índice de aridez anual propuesto por la UNEP (1997), para obtener una clasificación climática del estado Nueva Esparta. Esta selección parte de la revisión del Atlas de Zonas Áridas de América Latina y El Caribe (UNESCO *et al.*, 2010), iniciativa que realizó una amplia revisión conceptual, metodológica y práctica que contó con la participación de 26 países de la región, incluyendo a Venezuela, en la que se empleó una razón entre la precipitación media anual (mm) y la evapotranspiración de referencia media anual (mm).

En la conformación de un mapa climático para el estado Nueva Esparta, resulta limitante la escasez de series de datos meteorológicos concurrentes, y la ubicación de estaciones meteorológicas en altitudes inferiores a los 400 m.s.n.m. (a excepción de la nueva estación Cerro Copey, ubicada a 832 m.s.n.m. e instalada en el año 2005), condiciones que dificultan el análisis climático para la totalidad de la entidad federal, por lo que se planteó el ensayo de métodos, nuevas aproximaciones y tecnologías tales como los sistemas de información geográfica (SIG), que permiten minimizar estas limitaciones.

El estado Nueva Esparta se localiza al noreste de Venezuela entre las latitudes 10° 43' N y 11° 12' N y las longitudes 63° 46' W y 64° 25' W y está compuesto por tres islas: Margarita, Cubagua y Coche, con un área de 1150 km². La isla de Margarita es la más grande (956 km²) con una cercanía a tierra firme de alrededor de 22 km. Se caracteriza por dos regiones con macizos montañosos unidos entre sí por un istmo de relieve muy bajo y árido y la albufera de la laguna de La Restinga (figura 1).

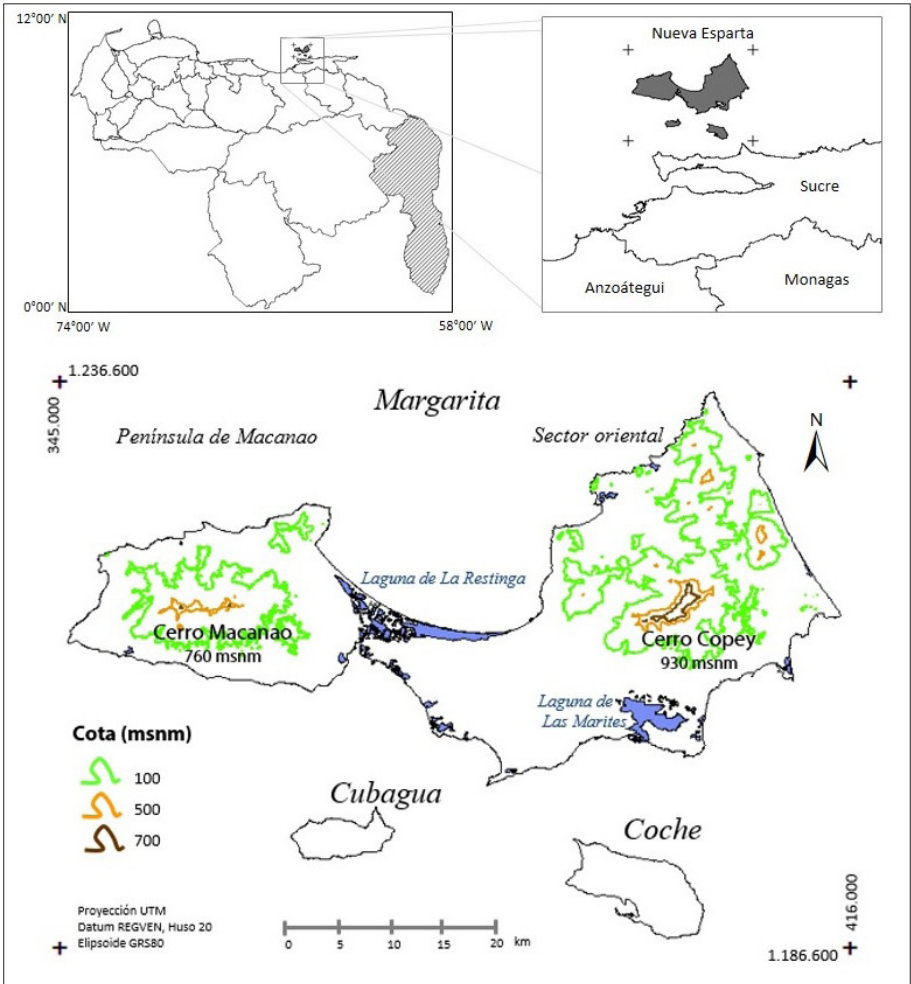
La región occidental de la isla de Margarita se conoce con el nombre de península de Macanao, la zona central está integrada por planicies litorales y de erosión que conectan a la zona occidental y oriental, que presentan macizos montañosos que en el lado Este, en el cerro Copey, alcanzan los 930 m.s.n.m. y al Oeste, alrededor de 760 m.s.n.m. en el pico Macanao (Bellizzia *et al.*, 1983; COPLANARH, 1974).

Tradicionalmente, para la generación de mapas de isoyetas o superficies de precipitación con el empleo de métodos de interpolación implementados con los SIG, no se considera a la altitud como variable directamente asociada a la lluvia; principalmente debido a los cambios que se producen con la orientación, y a las exposiciones a barlovento y sotavento. Sin embargo, debido a la gran heterogeneidad topográfica de la isla de Margarita, principalmente montañosa y colinosa a los extremos, resulta de gran interés evaluar el grado de asociación que se presenta con la altitud en la estimación y espacialización de la precipitación por las consecuencias

Figura 1.

Estado Nueva Esparta y sus áreas montañosas, destacando las cotas de 100, 500 y 700 m.s.n.m. En la parte superior se presenta la ubicación relativa nacional y la ubicación relativa regional. En la parte inferior, se muestran las islas del estado Nueva Esparta

Mylene Gutiérrez • Jorge Rodríguez



que tiene sobre el clima local y por la necesidad de identificar núcleos de precipitación en relieves elevados.

Es conocido que se presenta cierto grado de asociación a establecer, entre la precipitación y la elevación en la isla de Margarita que se expresa en la existencia de comunidades vegetales con elevados requerimientos de humedad, que están ubicadas en las zonas más altas (Sugden, 1986), en las cuales no se encuentran estaciones meteorológicas. Debido a esto, se propone modelar su comportamiento mediante funciones de regresiones lineales simples (FRLS) y adaptar el método de corrección por anomalías de Peck y Brown (1962) que en esta propuesta se adapta a la espacialización con el uso de los SIG, un modelo digital de elevaciones (MDE) y álgebra de mapas.

Para el caso de la temperatura del aire (base del cálculo de la evapotranspiración por el método de Holdridge), se partió de la hipótesis de que existe asociación lineal entre la temperatura y la elevación con un gradiente altotérmico conocido para Venezuela de $-0,61\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ de altitud (Röhl, 1951) y de la existencia del método de cálculo y espacialización de la humedad relativa propuesto por Fries *et al.*, 2012, basado en el empleo de FRLS, adaptadas para el cálculo de la temperatura, que en lo sucesivo denominaremos “método de corrección de temperatura por reducción a nivel del mar”.

METODOLOGÍA

Revisión de estudios previos, inventario de base de datos y compilación de estaciones

Se parte de la revisión de estudios previos de clima en el estado y de la preparación de los datos que consiste en un inventario de estaciones, la evaluación del período de registro y determinación de requerimiento de estimación de datos faltantes para proceder a la selección de estaciones y series temporales de los parámetros precipitación y temperatura del aire.

Estaciones meteorológicas y series de datos seleccionadas

En el estado Nueva Esparta se presentan alrededor de dieciocho estaciones meteorológicas, una de las cuales se ubica en San Pedro de Coche, mientras que en la isla de Cubagua, no se han instalado estaciones meteorológicas. Para la conformación del mapa climático en función del índice de aridez (UNEP, 1997), se requiere

obtener los datos de precipitación media anual y de temperatura media anual para el cálculo de la evapotranspiración de referencia media anual. En la totalidad de las estaciones meteorológicas del estado se ha registrado la precipitación; sin embargo, la disponibilidad de series de datos concurrentes de más de quince años, sólo se presenta en once estaciones entre los años 1980 y 1998, período seleccionado para el análisis de datos de precipitación. La temperatura del aire es registrada solo en seis estaciones y está disponible en cinco estaciones, para un período concurrente de once años de 1980-1990 (anexo).

Estimación de datos faltantes

Una vez compiladas las matrices en los niveles mensual y anual para los datos de precipitación y de temperatura, se procedió a la estimación de datos faltantes y al respectivo análisis de consistencia de las series meteorológicas transversales. En la elaboración del mapa de aridez del estado Nueva Esparta, el componente de precipitación se elaboró a partir del análisis de una base de datos que contiene una matriz de 2508 registros, provenientes de once estaciones con sus respectivas lluvias anuales (mm) para un período de dieciocho años (1980 – 1998). También se emplearon datos de dos estaciones de refuerzo con series de diez años, con un período de registro entre los años 1974 -1983. En la base de datos de precipitación mensual, se estimaron diecisiete datos faltantes (menos del 1 %), y los métodos de estimación fueron: media aritmética de registro conocido, regresión lineal transversal interanual, regresión lineal transversal intramensual y regresión lineal longitudinal intramensual. La base de datos de temperatura se compone de 528 registros, procedentes de cinco estaciones con once años de temperaturas medias anuales (°C) (1980-1990) de los cuales, se estimaron 21 datos faltantes (menos del 4 %) y se emplearon los siguientes métodos de estimación: media aritmética de registro conocido y regresión lineal transversal intramensual (Rodríguez, 1986).

Análisis de consistencia de las bases de datos de precipitación y temperatura

Para cada sucesión anual se realizó un análisis de consistencia para evaluar la calidad de los datos, basado en una combinación de métodos no paramétricos y paramétricos para la identificación de aleatoriedad, posibles valores extremos, cambios puntuales o graduales de la media aritmética, normalidad e independencia estadística.

Manejo de datos espaciales

A partir de las coordenadas de las estaciones meteorológicas se generó la cartografía de puntos en formato vectorial, que contiene los promedios mensuales y anuales de los parámetros analizados, así como su altitud. En este caso se empleó el manejador *gvSIG*, versión 1,11 con el *Plugin* de *Sextante* (algoritmos de geoprocésamiento) que son programas manejadores de SIG de libre distribución. En la espacialización de los parámetros climáticos se aplicó el método *SPLINE* para la precipitación y distancia inversa (*IWD*) para la temperatura, incluidos en el módulo de rasterización e interpolación de *Sextante*, asociado a esta versión de *gvSIG*. Todo ello en formato ráster, con una resolución espacial compatible con el modelo digital de elevaciones.

Uso del modelo digital de elevaciones

En la construcción de las FRLS para la incorporación de la altitud, se empleó el MDE *ASTER-GDEM* a una resolución espacial de 30 m, lo que permite la producción de cartografía a escala 1:60.000. Para cubrir el estado Nueva Esparta se seccionaron los siguientes cuadrantes: *ASTGTM2-N11W065*, *ASTGTM2-N10W065*, *ASTGTM2-N11W064* y *ASTGTM2-N10W064*, que pueden descargarse en forma gratuita en la red (*ASTER*, 2011). El mosaico de estos cuadrantes del MDE se utilizó tanto en la generación del mapa de precipitación media anual, como en el de temperatura media anual.

Corrección de la precipitación por el método de anomalías

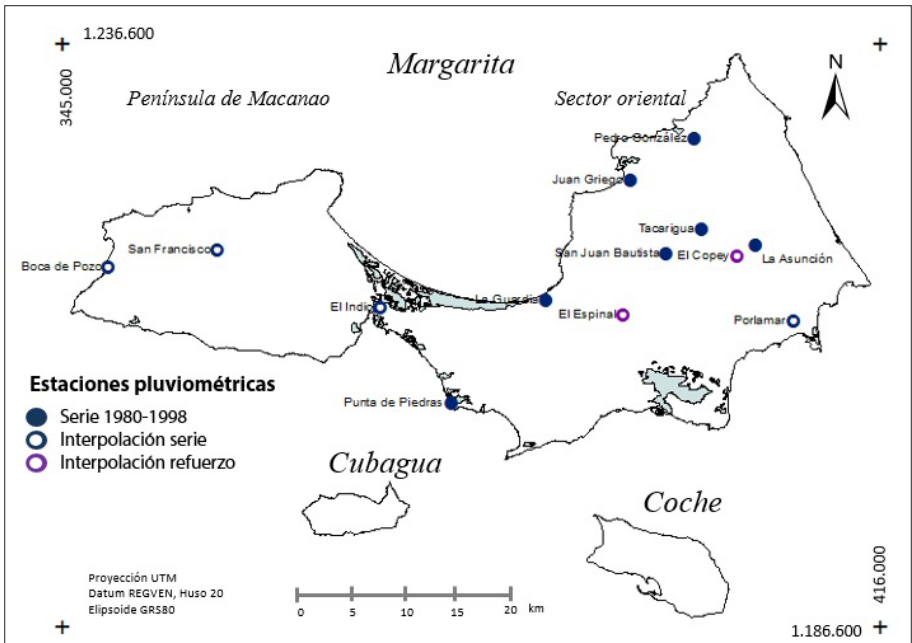
En la estimación espacializada de la precipitación media anual para el estado Nueva Esparta, se seleccionó y adaptó el método de corrección por anomalías (Peck y Brown, 1962) para el manejo con SIG; ya que permite relacionar la precipitación con la altitud a través de una FRLS. Lo relevante del método es que la estimación se realiza considerando los desvíos o anomalías (errores) que se deben a factores de exposición y a otras variables no consideradas en el modelo, como la sombra de lluvia, lo que permite ajustar de una manera adecuada los datos de precipitación con el apoyo de un MDE para su espacialización a todo el estado, mediante álgebra de mapas en un SIG.

Adicionalmente, en el cálculo de promedios anuales para generar la superficie de interpolación de las anomalías de precipitación se consideraron dos estaciones

que se denominaron de “refuerzo”, cuyos período de registro es distinto a la serie analizada (1974 - 1983), debido a que solo con su incorporación, es posible ofrecer una aproximación al comportamiento de la precipitación a sotavento del sistema de macizos montañosos del sector oriental (estación El Espinal a 60 m.s.n.m.) y en el gradiente altitudinal, para lo cual se incorporó la estación El Copey ubicada a 393 m.s.n.m., la más alta del estado Nueva Esparta en ese lapso (figura 2).

Figura 2.
Distribución espacial de las estaciones meteorológicas con datos de precipitación, período 1980-1998. Las estaciones de refuerzo empleadas en la interpolación de anomalías (período 1974-1983). Los puntos blancos centrales indican las estaciones seleccionadas para la interpolación con el método de SPLINE en función de su aporte en el coeficiente de correlación en una FRLS

Mylene Gutiérrez • Jorge Rodríguez

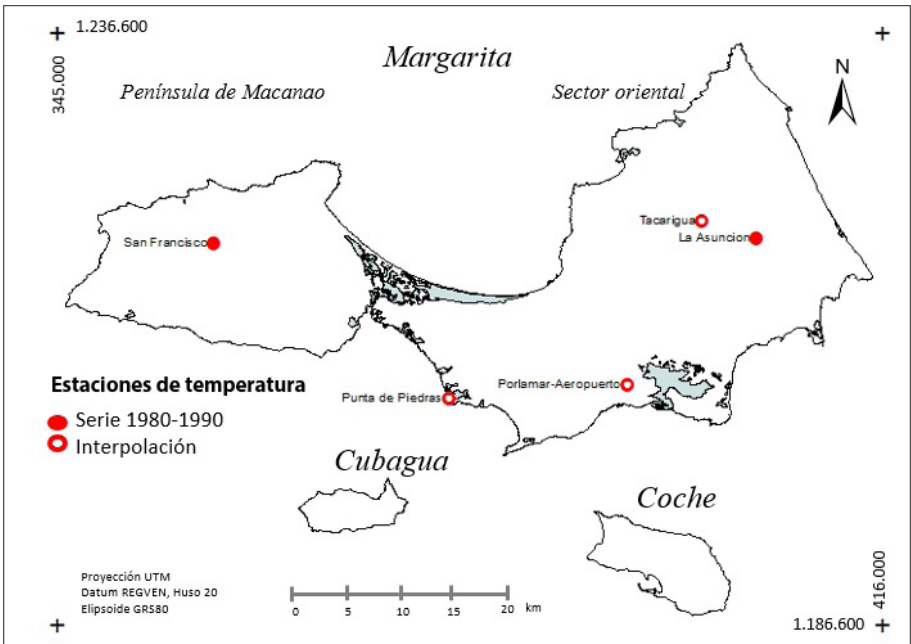


Corrección de la temperatura por el método de reducción a nivel del mar

En el caso de la temperatura del aire, solo seis estaciones registran el parámetro. De estas, se seleccionaron cinco y se dispone de datos de temperatura con períodos concurrentes de once años para el lapso 1980-1990 (figura 3).

Para la estimación de la temperatura media anual se adaptó el método de Fries, *et al.* 2012, desarrollado para la estimación espacializada de humedad relativa, que consiste en el empleo de FRLS para la estimación de la temperatura y su posterior

Figura 3. Distribución espacial de las estaciones con datos de temperatura, período 1980-1990. Con el punto blanco central se presentan las estaciones empleadas en la interpolación con el método de la distancia inversa en función de su aporte al coeficiente de correlación en una FRLS



Metodología para la elaboración del mapa de aridez del estado Nueva Esparta, Venezuela

reducción al nivel del mar para aplicar métodos de interpolación y así mejorar la estimación espacializada, apoyada en un MDE y mediante álgebra de mapas en un manejador de SIG.

Generación del mapa de precipitación media anual para cálculo del índice de aridez

De las trece estaciones de precipitación analizadas, se seleccionaron seis con promedios anuales para maximizar la FRLS entre precipitación y altitud. La normalidad de la serie se evaluó mediante una prueba de Shapiro-Wilk, incluida en el programa *PAST* (Hammer *et al.*, 2001), con un valor de $p = 0,2322$, resultando normal. El coeficiente de determinación (r^2) de la FRLS resultó estadísticamente significativo ($F_{\text{calculado}}=31,28$; $p=0,005$). Tal FRLS, permite obtener una mejor aproximación a los núcleos de máxima precipitación relacionados con la altitud. La estimación espacializada de la precipitación media anual se realiza en nueve pasos y a través de cinco ecuaciones (figura 4).

Generación del mapa de temperatura media anual para el cálculo del índice de aridez

Se seleccionaron tres de las cinco estaciones de temperatura disponibles, maximizando la FRLS que describe la relación entre la temperatura y la altura. La normalidad de la serie se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, incluida en el programa *PAST* (Hammer *et al.*, 2001), con un valor $p = 0,5098$, resultando normal. La FRLS medida a través del coeficiente de determinación (r^2) resultó estadísticamente significativa a un nivel de $\alpha=0,25$ ($F_{\text{calculado}} = 9,0629$; $p= 0,2042$). Esto implica que el nivel de confianza de los datos estimados es de un 75 %, lo que puede explicarse por una elevada variabilidad de la temperatura por debajo de 100 m.s.n.m. en zonas costeras y en áreas urbanas; así como por la escasez de datos empleados para la estimación. Tal FRLS permitió obtener una aproximación al gradiente altitudinal de la temperatura para el estado Nueva Esparta. La espacialización de la temperatura media anual, se realizó en ocho pasos y a través de cuatro ecuaciones planteadas que se detallan en la figura 5.

Figura 4.

Obtención del mapa de precipitación media anual corregido por el método de anomalías, adaptado de Peck y Brown (1962)

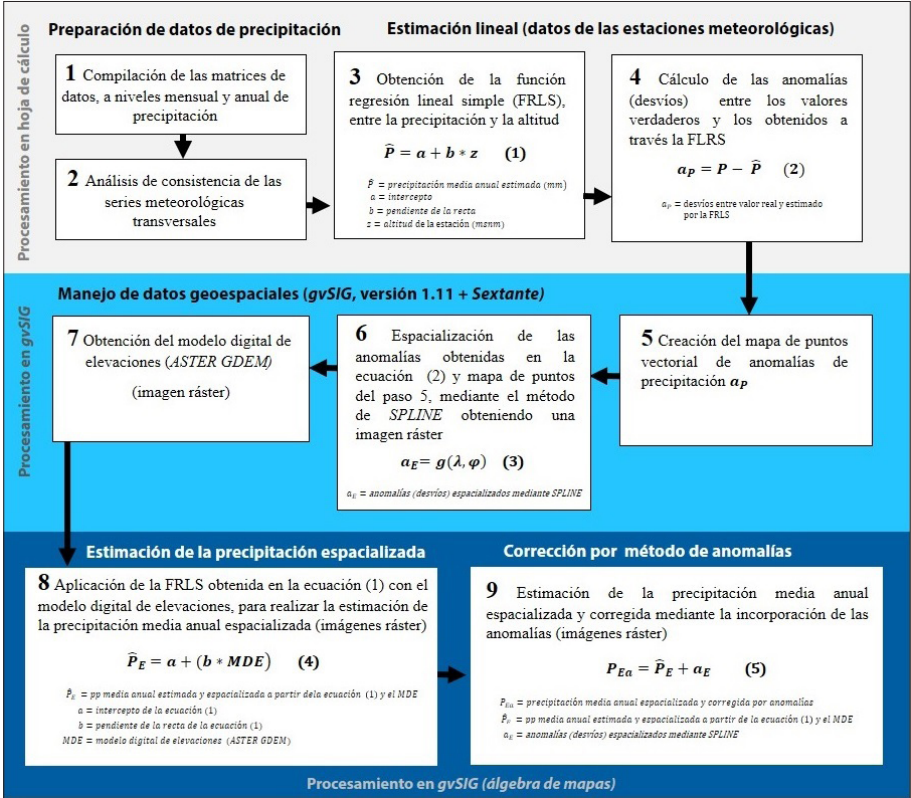
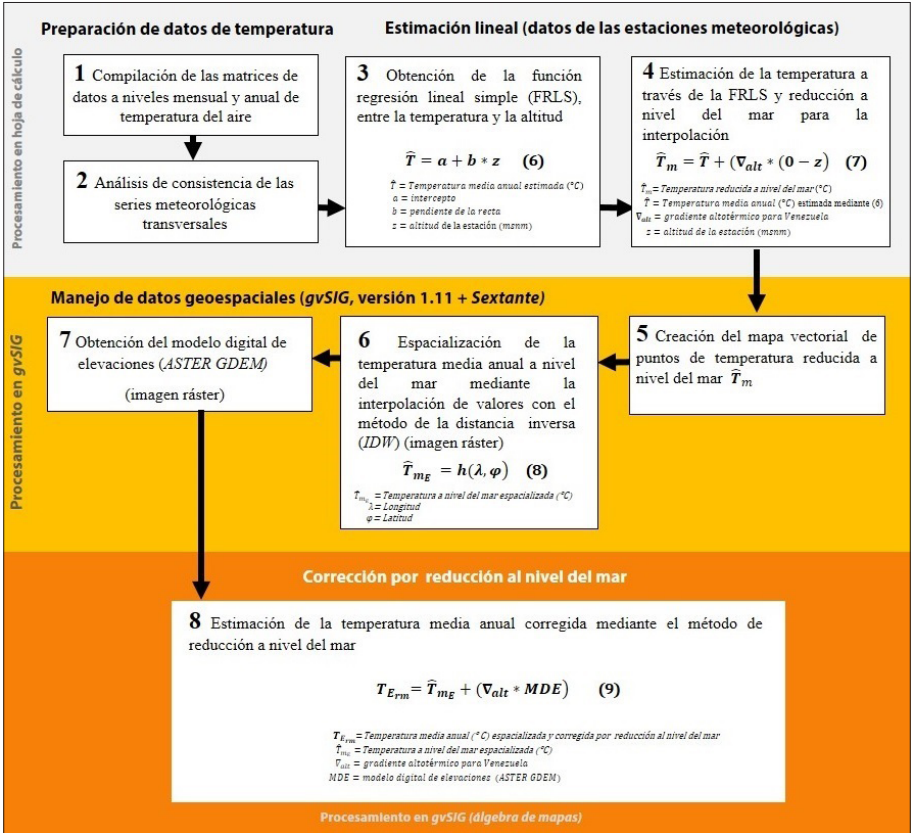


Figura 5.
Obtención del mapa de temperatura media anual corregida mediante reducción a nivel del mar. Adaptado de Fries et al. (2012)



Mylene Gutiérrez • Jorge Rodríguez

Cálculo del índice de aridez

El índice de aridez (UNEP, 1997) puede ser considerado como la variante inversa de la relación de provincias de humedad de Holdridge (1959) propuestas como uno de los tres componentes considerados junto a la biotemperatura y la lluvia, a través de pisos latitudinales y altitudinales para el establecimiento de zonas de vida. Las provincias de humedad son determinantes para establecer los límites entre las zonas de vida, dejando a un lado la consideración de otras fuentes de agua. Se calculan mediante la razón de la evapotranspiración potencial media anual, expresada en mm equivalentes de precipitación (denominada ahora ET_0) y el precipitación media anual (mm), obteniendo un índice adimensional (Ewel y Madrid, 1968; Nassar *et al.*, 2013). Al invertir la relación entre la precipitación y evapotranspiración de referencia, se crea el llamado índice de aridez (UNEP, 1997; UNESCO *et al.*, 2010), cuyos intervalos se modificaron también para el establecimiento de clases de aridez. Se expresa como:

$$I_a = \frac{P_a}{ET_0} \quad (10)$$

Donde:

I_a es el índice de aridez

P_a es la precipitación media anual (mm)

ET_0 es la evapotranspiración de referencia media anual (mm)

En el cálculo del I_a se requieren los parámetros precipitación media anual (P_a) y la (ET_0), que para este caso, se estimó a partir del modelo de Holdridge. El potencial de evapotranspiración se basa en temperatura multiplicada por la constante 58,93 (Holdridge, 1959). La aplicación de este método de estimación de la resulta adecuada cuando la temperatura del aire está comprendida entre 0 y 30° C, la llamada biotemperatura, debido a que en este intervalo están determinados los procesos fisiológicos de las plantas tales como: respiración, transpiración y fotosíntesis; así como la tasa de evaporación directa del agua contenida en el suelo y en la vegetación (Ewel y Madriz, 1968; Vega y Jara, 2009).

Se seleccionó el método de Holdridge para determinación de la I_a , por la sencillez de cálculo y debido a la imposibilidad de calcular la ET_0 por el método de Penman-Montheith, sugerido en la metodología del Atlas de Zonas Áridas de América Latina y El Caribe (UNESCO *et al.*, 2010), debido a la carencia de datos. La relación precipitación con evapotranspiración define seis clases de aridez:

Cuadro 1.
Clase de aridez e intervalos del asociados

Clase de aridez	Valor de
Hiperárida	< 0,05
Árida	0,05-0,20
Semiárida	0,20-0,50
Subhúmeda seca	0,50-0,65
Subhúmeda húmeda	0,65-1,00
Húmeda	> 1,00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la metodología detallada en la figura 4, se obtuvo la FRLS mediante la ecuación (1) correspondiente al paso 3:

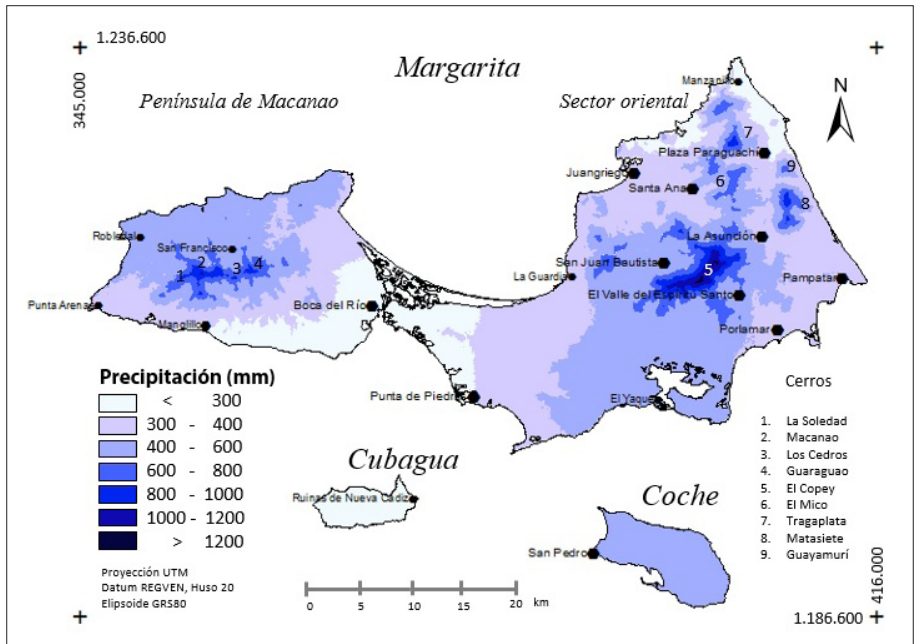
$$\hat{P} = 352,05 + 0.9879 * z$$

con un $r^2 = 0,8866$, que corresponde a la estimación de precipitación media anual (mm) en función de la altitud, obtenida en la ecuación (3). Posteriormente, para obtener el mapa de precipitación media anual corregida por el método de anomalías para el estado Nueva Esparta, se requiere de la aplicación de los pasos 4 al 9 de la metodología (figura 6).

Desde el punto de vista de la distribución espacial, a través de este método se diferencian núcleos de precipitación, asociados a niveles de condensación de nubes en la península de Macanao, que no habían sido identificados por otros métodos de estimación de la precipitación para la isla de Margarita. Uno de los estudios del clima del estado Nueva Esparta más antiguos publicado es el de Goldbrunner (1962), quien analiza diversos parámetros tales como: precipitación, temperatura, humedad relativa y vientos para producir una cartografía a escala 1:1.000.000. Para el caso de la precipitación produce, un mapa de isoyetas confeccionado a mano, que ajusta al relieve, en el que se identifica un núcleo de precipitación sobre el cerro Copey, en el sector oriental y un gradiente de disminución de la precipitación Este-Oeste, desde la zona montañosa del sector oriental hasta el inicio del sistema montañoso de Macanao, donde se presenta un gradiente de disminución de la precipitación Norte-Sur que le atribuye a la influencia de los vientos del Sureste.

Por otra parte, existen evidencias que apoyan este patrón de distribución de la precipitación en la península de Macanao a través del estudio de la vegetación, en la que se distinguen comunidades boscosas en la vertiente norte de Macanao; mientras que en la vertiente sur, solo se presentan arbustales, aunque compartan un conjunto significativo de especies de plantas, lo cual puede explicarse por este patrón de mayor precipitación al Norte (Sugden, 1983; González, 2007; Sanz *et al.*, 2011). En los resultados obtenidos en este estudio se presenta el mismo patrón de precipitación, aunque con mucha más precisión. Otra referencia de la precipitación publicada por Contreras (1967) presenta tres zonas homogéneas: la zona “A” ubicada en el sector oriental de la isla con una precipitación media anual de 610 mm, una zona central (Zona “B”) con 310 mm, que incluyó a las islas de Cubagua y Coche y una Zona “C” con un promedio de 450 mm, ubicada en Macanao. Estos resultados

Figura 6.
Mapa de precipitación media anual (mm) corregida mediante el método de anomalías



son más generales que los obtenidos por Goldbrunner (1962); ya que el relieve no es considerado.

Por otra parte, en los resultados obtenidos por el método de corrección por anomalías en el sector oriental de la isla de Margarita son notorios los núcleos de precipitación asociados a los cerros El Mico y Tragaplata, al norte de cerro Copey, y a los cerros Matasiete y Guayamurí al Este; así como un núcleo asociado a Macanao y sus cerros más elevados. También fue posible estimar las condiciones asociadas a las islas de Cubagua y Coche empleando métodos de interpolación espacial, con lo que se puede afirmar que ha habido un avance significativo en la precisión.

En el caso de la estimación de la temperatura media anual en función de la altitud, se aplicaron los 8 pasos referidos en la figura 5. En el paso 3, se obtuvo una FRLS mediante la ecuación 6:

$$\hat{T} = 27,817 - 0.0108 * z$$

con un $r^2 = 0,9006$ que corresponde a la estimación de la temperatura media anual (°C) en función de la altitud. En la corrección por reducción a nivel del mar y su espacialización, se aplicaron los pasos 4 al 8 de la metodología, para obtener el resultado que se presenta en la figura 7. Se evidencia una homogeneidad de las zonas bajas con elevaciones por debajo de 100 m.s.n.m., un descenso progresivo de la temperatura con la altura y una adecuada distribución espacial en zonas colinosas y montañosas que con otros métodos no se detectan. Este patrón es consistente con la cartografía de temperatura elaborada por Goldbrunner (1962), aunque con mayor precisión asociada a la elevación aportada por el MDE.

Previo al cálculo espacializado del índice de aridez, se hizo necesario calcular el mapa de evapotranspiración de referencia (mm) para luego aplicar la ecuación 10, y así obtener el índice de aridez para todo el estado y su posterior reclasificación de valores de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 1 (figura 8).

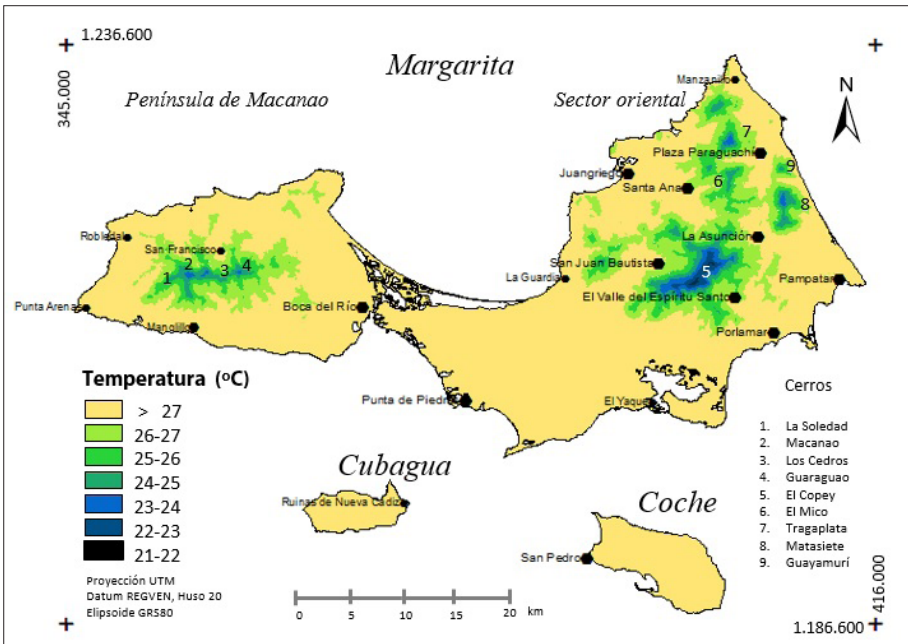
En el estado Nueva Esparta se presentan cuatro clases de aridez que se pueden asociar a tipos climáticos. La clase de aridez dominante en el estado Nueva Esparta es la semiárida, con un 58,3 % del área, seguida por la árida (37,9 %). Las clases asociadas a tipos climáticos subhúmedos suman el 3,6 % de la entidad federal y se asocian a las cumbres de los cerros más elevados de la isla de Margarita, tanto en la península de Macanao, como en el sector oriental. Las zonas subhúmedas secas y subhúmedas húmedas presentan alto grado de asociación con las comunidades de bosques secos, bosques húmedos y arbustales húmedos, referidos en el mapa de vegetación y uso actual más reciente publicado para el estado Nueva Esparta (Sanz, et al., 2011).

La clase subhúmeda seca ocupa el 2,6 % del área; mientras que el área más pequeña la ocupa la clase subhúmeda húmeda con sólo 1,1 % del estado. En relación al mapa de aridez de Venezuela que se presenta en el Atlas de Zonas Áridas de América Latina y El Caribe (UNESCO et al., 2010), se reconocen dos nuevas clases de aridez asociadas a zonas subhúmedas: subhúmeda seca y subhúmeda húmeda, debido al incremento de la precisión en el manejo de datos climáticos.

CONCLUSIONES

El índice de aridez, es apropiado para discriminación de las clases de aridez asociadas al clima del estado Nueva Esparta, lo que es consistente a lo reportado en la literatura, y se mejora la precisión obtenida a una escala cartográfica semidetallada

Figura 7.
Mapa de temperatura media anual (°C) mediante el método reducción a nivel del mar

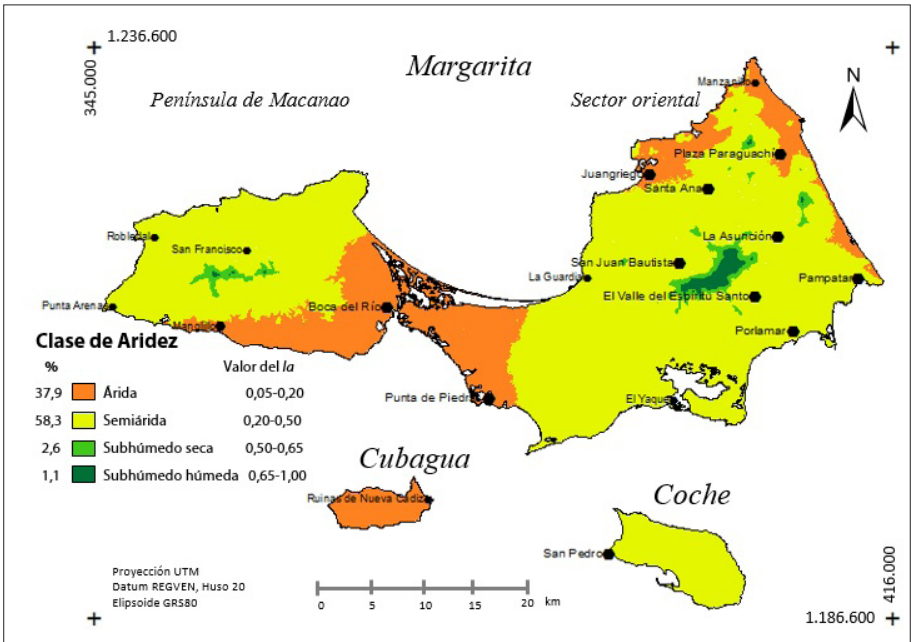


(1:60.000), en la que se reconocen dos nuevas clases de aridez para el estado en relación a la cartografía de aridez publicada para Venezuela.

El estado Nueva Esparta es predominantemente semiárido (58,3%), lo que se asocia a las zonas bajas de las área montañosas y colinosas de la isla de Margarita y a la totalidad de la isla de Coche, y árido (37,9%), asociada a la zona central de la isla caracterizada por planicie de litorales y de erosión y a la isla de Cubagua. Los climas subhúmedos suman 3,6 % y se relacionan con las cumbres de los cerros con elevaciones superiores a 500 m.s.n.m.

La adaptación y aplicación del método de estimación de precipitación media anual corregido por el método de anomalías, ofrece una mejor aproximación del comportamiento de la precipitación en relación al relieve del estado Nueva Esparta, lo que es confirmado con el alto grado de asociación que se observa con las comunidades vegetales que se presentan en zonas elevadas.

Figura 8.
Mapa de aridez media anual obtenido en el presente estudio para el estado Nueva Esparta



La adaptación y aplicación del método de estimación de temperatura corregida por reducción a nivel del mar, con el apoyo de modelos digitales del terreno, permitió obtener una mejor representación de la temperatura considerando el relieve.

El empleo las tecnologías de información geográfica con el adecuado apoyo en la estadística y métodos de control de calidad de datos, ofrecen buenas perspectivas para la generación de soluciones alternativas ante la escasez de datos y la creciente necesidad de generar información.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto PEII No. 2013002308, financiado por el FONACIT titulado “Paisajes ecológicos de la Isla de Margarita como base para la ordenación territorial-ambiental”. Al Centro de Estudios Integrales del Ambiente de la UCV, por el apoyo. También al Ing. Dante Speciale-Fay por la traducción al inglés y al Dr. José Vicente García por los comentarios y sugerencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASOCIACIÓN gvSIG (2009). gvSIG Desktop, versión 1.11 + *Plugin* de Sextante para gvSIG. Documento en Línea. Software libre manejador de SIG con licencia GNU/GPL. Disponible en: <http://www.gvsig.com/> [Consultado el 21/03/2015].

ASTER (2011). Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection (ASTER). Documento en Línea. Global digital elevation model (GDEM). Disponible en: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp> [Consultado el 23/03/2015].

BELLIZZIA, A., MUÑOZ, N., MACSOTAY, O. y C. KEY (1983). Guía de la excursión geológica a la isla de Margarita. Documento en Línea.. En: Código Geológico de Venezuela. Excusiones. PDVSA Intevep, 1997. Disponible en: <http://www.pdv.com/lexico/excursio/exc-83.htm>. [Consultado el 11/11/2014].

COPLANARH (1974). Estudio Geomorfológico de la isla de Margarita. Inventario Nacional de Tierras. Región 7, Subregión 7B, Zona 7B3. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agropecuarias. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH). Publicación No. 39. 78 pp.

- CONTRERAS, A. (1967). Características pluviométricas del estado Nueva Esparta. *Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 27(76):46-75.
- FRIES, A., ROLLENBECK, R., NAUß, T., PETERS, T. y J. BENDIX (2012). Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. *Agricultural and Forest Meteorology* 152:17- 30.
- EWEL, J. y A. MADRIZ (1968). *Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico*. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas. 265 pp. Incluye anexo el Mapa ecológico según la clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge, escala 1:2.000.000.
- GONZÁLEZ, V. (2007). La vegetación de la Isla de Margarita y sus interrelaciones con el ambiente físico. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 167, 131-161.
- GOLDBRUNNER, A.W. (1962). El clima de la Isla de Margarita. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, 22: 146-156.
- HAMMER, O., HARPER, D. y P. RYAN (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9.
- HOLDRIDGE, L. R. (1959). Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science*, 130 (3375), 572-572.
- NASSAR, J.M., VELÁSQUEZ, G., ROMERO-BRICEÑO, J. C. y E. MEDINA (2013). Las cactáceas como elementos de caracterización de ambientes áridos y semiáridos de Venezuela. En: Medina, E., Huber, O., Nassar, J.M., y P. Navarro (Eds) *Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela*. Ediciones IVIC. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Caracas, Venezuela. Pp 97-123.
- PECK, L. y M.J. BROWN (1962). An approach to the development of isohyetal maps for mountainous areas. *Journal Geophysical Resources* 67(2):681-694.
- RODRÍGUEZ, J. (1986). *Proposición y evaluación de conocimientos teóricos y de procedimientos cuantitativos aplicables en climatología en el estudio geográfico regional*. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Humanidades y Educación. Caracas, Venezuela.

- ROHL, E. (1951). Sobre el gradiente térmico vertical de Venezuela. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas Naturales y Matemáticas*. 14(44):6-60.
- SANZ, V., RIVEROS, M., GUTIÉRREZ, M. y R. MONCADA (2011). Vegetación y uso de la tierra en el estado Nueva Esparta, Venezuela: un análisis desde la ecología del paisaje. *Interciencia*, 36 (12): 881-887.
- SUDGEN, A.M. (1986). The montane vegetation and flora of Margarita island, Venezuela. *Journal of the Arnold Arboretum* 67 (2): 187-232.
- UNEP (1997) *World Atlas of Desertification*. United Nations Environment Programme (UNEP) 2nd. ed. Oxford University Press. 182 p.
- UNESCO PHI-LAC; CAZALAC. (2010). Documento Técnico N° 25. *Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe*. [En línea]. *Biblioteca Virtual del Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe de la UNESCO*. Disponible en: <http://omeka.int.unesco.org/phi/biblioteca/items/show/23>. (Consultado el: 03/05/2015)
- VEGA, E. C., y J. C. JARA (2009). Estimación de la evapotranspiración de referencia para dos zonas (costa y región andina) del Ecuador. *Engenharia Agrícola*, 29(3), 390-403.

ANEXO**Estaciones pluviométricas y período de registro seleccionado**

#	Estación	Serial	Latitud N	Longitud W	Altitud	Período de registro
1	BOCA DEL POZO	791	11°00'41"	64°22'36"	4	1980-1998
2	SAN FRANCISCO	795	11°01'30"	64°17'26"	88	1980-1998
3	JUAN GRIEGO	881	11°04'50"	63°57'54"	5	1980-1998
4	TACARIGUA	883	11°02'36"	63°54'31"	80	1980-1998
5	PEDRO GONZÁLEZ	885	11°06'50"	63°54'53"	8	1980-1998
6	SAN JUAN BAUTISTA	893	11°01'26"	63°56'10"	78	1980-1998
7	LA ASUNCIÓN	897	11°01'49"	63°51'58"	77	1980-1998
8	LA GUARDIA	1720	10°59'14"	64°01'54"	1	1980-1998
9	EL INDIO	1721	10°58'52"	64°09'42"	2	1980-1998
10	PUNTA DE PIEDRAS	1740	10°54'23"	64°06'21"	3	1980-1998
11	PORLAMAR	1806	10°58'16"	63°50'09"	17	1980-1998
12	CERRO COPEY*	894	11°01'20"	63°52'55"	393	1974-1983
13	EL ESPINAL*	1708	10°58'34"	63°58'12"	60	1974-1983

*Las estaciones 12 y 13 se emplearon como refuerzo en la interpolación de precipitación. Las estaciones resaltadas en gris fueron empleadas en la espacialización mediante *SPLINE* (*gvSIG*, versión 1.11 + *Sextante*).

Estaciones con temperatura y período de registro seleccionado

#	Estación	Serial	Latitud N	Longitud W	Altitud	Período de registro
1	SAN FRANCISCO	795	11° 01' 30"	64° 17' 26"	88	1980-1990
2	TACARIGUA	883	11° 02' 36"	63° 54' 31"	80	1980-1990
3	LA ASUNCIÓN	897	11° 01' 49"	63° 51' 58"	77	1980-1990
4	PUNTA DE PIEDRAS	1740	10° 54' 23"	64° 06' 21"	03	1980-1990
5	PORLAMAR AEROPUERTO	871	10° 54' 58"	63° 57' 36"	24	1980-1990

Las estaciones resaltadas en gris fueron empleadas en la espacialización mediante distancia inversa (*IDW*, con *gvSIG*, versión 1.11 + *Sextante*).

Mylene Gutiérrez Angulo. Licenciada en Geografía, (1997, UCV). Especialista en Sistemas de Información Geográfica, Teledetección y Cartografía (2002, Universidad de Alcalá. España), Especialista en Análisis de Datos en Ciencias Sociales (2004, UCV). *Magister Scientiarum* en Gestión de Sistemas de Información Geográfica (2004, Universidad de Girona. España). Cursa estudios doctorales en Ecología (2012, UCV). Profesora a nivel de Agregado (2011) adscrita al Centro de Estudios Integrales del Ambiente (CENAMB-UCV) y a la Escuela de Geografía, UCV. Áreas de investigación: Tecnologías de información geográfica y ecología.

Correo electrónico: gutierangulo@yahoo.com

Jorge Rodríguez Gómez. Licenciado en Geografía, Mención Cartografía (1968, UCV). Ingeniero Civil, Mención Estructuras (1983, USM). *Magister Scientiarum* en Geografía (1986, UCV). Especialista en Planificación e Ingeniería de los Recursos Hidráulicos (1991, USB). Profesor Titular (2000). Escuela de Geografía. UCV. Docencia en Matemáticas (USB). Maestría en Estadística (escolaridad completa; UCV). Especialista en Análisis de Datos en Ciencias Sociales (2004, UCV). Áreas de Investigación: Climatología básica y climatología aplicada, modelos lineales univariados y multivariados; series de tiempo.