

Investigaciones Geográficas (Mx)

ISSN: 0188-4611

ISSN: 2448-7279

dianachg@igg.unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México

México

Hernández Cerda, María Engracia; Ordoñez Díaz,  
María de Jesús; Giménez de Azcárate, Joaquín

Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México

Investigaciones Geográficas (Mx), núm. 95, 2018, -, pp. 1-14

Universidad Nacional Autónoma de México

Distrito Federal, México

DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.57451>

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56966822004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

The logo for Redalyc.org consists of the word 'redalyc' in a red, lowercase, sans-serif font, followed by '.org' in a smaller, black, sans-serif font. A small red square icon is positioned above the letter 'd'.

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México

### *Comparative Analysis of Two Bioclimatic Classification Systems Applied in Mexico*

María Engracia Hernández Cerda,\* María de Jesús Ordoñez Díaz\*\* y Joaquín Giménez de Azcárate\*\*\*

Recibido: 11/10/2016. Aprobado: 10/03/2017. Publicado en línea (e-print): 06/12/2017

**Resumen.** Se compara el sistema de clasificación climática de Köppen Modificado por García (SM) usado en México, Centro y Sudamérica, con el Worldwide Bioclimatic Classification System (WBCS), de aplicación mundial. Ambos se aplican a México. Los dos utilizan datos de precipitación y temperatura para establecer distintas combinaciones al definir sus tipologías climáticas. El WBCS emplea los promedios mensuales de precipitación, de temperaturas máximas y mínimas, a partir de los cuales define los principales índices bioclimáticos. El SM emplea los promedios mensuales y anuales de precipitación y temperatura media para definir las diferentes condiciones de humedad y temperatura.

Se analizaron los datos de 1303 estaciones climatológicas con más de 30 años de información, previa aplicación de diferentes pruebas de homogeneidad. Los datos se clasificaron con los dos sistemas y se compararon. Los tipos de régimen de lluvias de invierno del SM coincidieron con los macrobioclímas mediterráneos. También los tipos de clima del SM coinciden con los bioclímas del WBCS. Con las equivalencias encontradas se etiquetaron los diferentes polígonos de la cobertura del mapa de climas publicado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), escala 1:1000 0000, y se obtuvieron los mapas de macrobioclímas y bioclímas.

Los dos sistemas tienen muchas semejanzas en las condiciones de humedad pero las equivalencias entre los termotípos del WBCS y las zonas térmicas del SM son aproximadas porque el primero incluye varias zonas térmicas del SM.

**Palabras clave:** Clasificaciones climáticas, bioclimáticas, México, regionalización, Köppen-Modificado, clima-vegetación.

**Abstract.** The characteristics of the different types of climate result from the functioning of the climate system and reflect the influence of the various components that collectively affect it. The study of climate behavior, distribution and evolution analyzes various meteorological elements (temperature, precipitation, wind, atmospheric pressure, humidity, etc.), at different spatial and temporal ranges that can be considered either individually or in combination.

Bioclimatic studies are structured from the establishment of relationships between climatology and the distribution of plants.

This paper reviews and applies two climate classification proposals related to the vegetation to Mexico: a) the Modified System (SM), based on Köppen's climate classification,

---

\* Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México. Email: mehc@unam.mx

\*\* Programa de Estudios Socioambientales. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad s/n, Circuito 2, C.P. 62210, col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. Email: mordonezwise18@gmail.com

\*\*\* Departamento de Botánica, Escola Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, calle Lope Gómez de Marzoa, s/n, Campus Vida, C.P. 15782, Santiago de Compostela, España. Email: joaquin.gimenezdeazcarate@usc.es

selected because it is widely known, easily applied, based on the implicit premise that natural vegetation is an indicator of climate, and for considering that some of its categories are supported on the climatic boundaries of certain plant formations. It was modified to adapt it to the orographic conditions of Mexico, which largely account for the great biodiversity.

These modifications include, among others, the application of Lang's index (total annual precipitation/mean annual temperature), percent winter rainfall, thermal zoning, and the use of a plant species locally called gobernadora (*Larrea tridentata*) as a reference for the distribution of arid regions in northern Mexico and southwestern United States. This system has been used in several issues of official map collections of Mexico.

The other climate classification system is the Worldwide Bioclimatic Classification System (WBCS), which establishes the relationships of reciprocity between the potential vegetation and the bioclimatic thresholds associated with the proposed indices, which characterize the system's typological units (macrobioclimate, bioclimate and thermotype). The different categories recognized at each level allow setting the type of system defined by the geographical distribution, thermal and ombric figures on an annual, seasonal or monthly basis, and that show specific discriminating threshold values.

We analyzed daily data recorded in 1303 weather stations of Mexico with over 30 years of information between 1955-2008, obtained from the National Meteorological Service (SMN). After application of different homogeneity tests, these data were classified according to the two systems. In the SM, the diagnosis was obtained using the Modifica Program; in the case of the WBCS, the classification was made using a worksheet.

The equivalence between the two systems was explored by comparing the climatic types obtained from the SM,

grouped by rainfall regime with macrobioclimates, organized by the degree of moisture with bioclimates and ombrotypes, and sorted by thermal areas with the thermotypes of WBCS. The results obtained are shown in tabular format.

The comparison of the hierarchical units of highest rank in both systems evidences that the climates with summer and intermediate rainfall regime match the Tropical macrobioclimate, while those with winter rainfall regime correspond to the Mediterranean macrobioclimate.

The overall agreement found between SM and Bioclimates was 98%, reaching 100% in some cases, particularly regarding the pluvial and pluvial seasonal bioclimates; the agreement for dry climate types was 70%.

The equivalence between ombrotypes and subtypes grouped according to the humidity conditions of the SM was 100% for the categories of lower humidity and above 75% for humid categories.

The two systems share many similarities in the humidity conditions; nonetheless, the equivalencies between the thermotypes of the WBCS and the thermal zones of the SM are approximations, as the former includes several thermal zones of the SM.

The equivalences found were used to label the different polygons on the map of climates published by CONABIO, at scale one to one million, and the maps of Macrobioclimates and Bioclimates were drawn. These were compared with maps previously published by several authors, noting that the ones obtained in this work agree with them in general terms; the differences found are attributed to the methodologies used in the definition of the bioclimatic and macroclimatic cartographies, as well as to the scale of maps.

**Key words:** Mexico, climate, bioclimate, classifications, Garcia, Rivas-Martinez.

## INTRODUCCIÓN

Las características que definen los climas son resultado del funcionamiento del sistema climático y reflejan la influencia de los distintos componentes que actúan en conjunto sobre él. En el estudio de su comportamiento, distribución y evolución, se analizan diferentes elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, viento, presión atmosférica, humedad, etc.) referidos a distintos rangos e intervalos temporales, que pueden ser considerados de forma aislada o combinada. En este último caso el acoplamiento de los valores dados para un lugar define la naturaleza de su clima. Estas combinaciones conducen a parámetros e índices más o menos complejos, cuyos valores son utilizados para establecer tipos climáticos (Cuadrat y Pita, 2006).

El agrupamiento sistemático de estos elementos en clases se fundamenta en diferentes parámetros e índices; el reto a la hora de proponer dichos grupos consiste en establecer criterios generales partiendo de los componentes climáticos que se consideran más representativos. El método de clasificación debe elaborarse en función del objetivo perseguido, aunque no siempre los parámetros y los datos de los que se dispone son adecuados o suficientes, ni están en consonancia con los fines de las distintas disciplinas (geografía, botánica, agronomía). Establecer un esquema tipológico universal, único y válido para las diferentes disciplinas y objetivos es algo utópico dadas la disparidad y complejidad de los propósitos. La formulación de clasificaciones orientadas a determinados ámbitos y fines es un paso necesario en toda ciencia, por su trascendencia

en la propuesta de hipótesis y en la orientación de las investigaciones. Esta visión ha prevalecido en las propuestas planteadas por muchos autores (por ejemplo, Gil y Olcina, 1997).

En el siglo pasado se elaboraron numerosos sistemas de clasificación climática. Este trabajo revisa y aplica dos propuestas. Por un lado, la de García (1964), "Sistema Modificado" (SM), quien consideró oportuno adaptar el sistema de Clasificación Climática de Köppen a las condiciones orográficas de México, responsables de la gran variabilidad altitudinal y climática. Por otra parte, la de Rivas-Martínez, "Worldwide Bioclimatic Classification System" (WBCS) (Rivas-Martínez 1987, 1994, 2004; Rivas-Martínez *et al.*, 1999, 2011), en la que se establecieron las relaciones de reciprocidad entre la vegetación potencial y los umbrales bioclimáticos de los índices propuestos, los cuales definen las unidades tipológicas del sistema (macrobioclimas, bioclimas y pisos bioclimáticos).

Por su importancia, se comparan ambos sistemas de clasificación sobre el territorio mexicano para establecer sus relaciones de equivalencia y las fronteras de los bioclimas del país, tomando como referencias las diagnósticas de las estaciones climatológicas consideradas y el mapa de climas de Köppen modificado por García (1997).

El clima es el principal factor medioambiental regulador de la distribución de la vegetación mundial (Larcher, 2003), mientras que los factores edáficos o del relieve juegan un papel secundario. La bioclimatología comenzó a estructurarse a partir del establecimiento de las relaciones entre la climatología (valores medios de temperatura y precipitación) y la distribución de las plantas. El conocimiento cada vez más preciso de la distribución y composición de la vegetación, junto con la disponibilidad de datos climáticos y de herramientas informáticas para su tratamiento, posibilitan el reconocimiento preciso, objetivo, recíproco de las fronteras bioclimáticas, de la vegetación y aportan criterio y objetividad en la confección de modelos (Fernández-González, 2004).

En México, García (1964) realizó una serie de modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (1936) debido a lo sencillo de su aplicación y a la premisa implícita de que la vege-

tación natural constituye un indicador del clima y considera que algunas de sus categorías se apoyan en los límites climáticos de ciertas formaciones vegetales. Los climas son definidos por los valores medios anuales y mensuales de las temperaturas y las precipitaciones, lo que permite diferenciar varios grupos y subgrupos climáticos que se identifican mediante un código de letras. Köppen (1948) divide a los climas del mundo en cinco grupos principales, identificados por una primera letra mayúscula; cada uno de ellos se divide en subgrupos, los que a su vez lo hacen en tipos, con referencias a la distribución estacional de la precipitación (régimen de lluvias). Las modificaciones realizadas afectan, entre otras, a la consideración del índice de Lang (cociente precipitación total anual/temperatura media anual), del porcentaje de lluvia invernal, de la zonificación térmica y de la utilización de la planta llamada gobernadora (*Larrea tridentata*) como referente de distribución de las regiones áridas del norte de México y suroeste de Estados Unidos; esto último permitió la delimitación más fina de uno de los subgrupos de los secos (García *et al.*, 1961). Este sistema ha sido utilizado a nivel oficial en el país mediante varias ediciones de mapas; la primera de 1970, consta de 45 cartas, escala 1:500 000, por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) (García *et al.*, 1970). Esta misma dependencia editó otras cartas de climas a escalas más pequeñas y en diferentes fechas. La última consta de 16 cartas, escala 1: 1 000 000, editada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (García, 1997).

La propuesta WBCS desarrollada por Rivas-Martínez y colaboradores se articula a partir de tres niveles fundamentales: macrobioclima, bioclima y termotipo. Las distintas categorías reconocidas en cada nivel permiten establecer la tipología del sistema; se definen por la distribución geográfica y guarismos térmicos y ómbricos de carácter anual, estacional o mensual, y que presentan determinados valores umbrales discriminantes. Los cinco macrobioclimas representados se subdividen en un total de 28 bioclimas, relacionados en cada región biogeográfica con su correspondiente tipo fisionómico de vegetación; en cada uno de ellos se diferencian los pisos bioclimáticos, definidos

mediante dos parámetros: el termotipo, basado en el índice de termicidad (It), y el ombrotipo, fundamentado en el índice ombrotérmico (Io). El concepto de piso bioclimático hace referencia al marco físico o climático que delimita a una realidad biológica, el piso de vegetación, cuyo dominio es altitudinal y latitudinal. La información bioclimática integrada de los tres niveles se sintetiza en el concepto de isobioclima. El fundamento central del sistema se basa en la relación entre los valores del clima y los modelos de distribución de la vegetación, explicados a través de la zonación altitudinal de los pisos bioclimáticos; sus índices recogen aspectos relacionados con las limitaciones que el clima plantea a la vida de las plantas y sus comunidades.

Este sistema ha llevado a que la bioclimatología sea considerada como uno de los pilares básicos para clasificar y delimitar los ecosistemas del planeta de una forma estandarizada, robusta y práctica a escalas adecuadas para su manejo (Sayre *et al.*, 2008), lo que posibilita su aplicación en programas de estudio y conservación de la biodiversidad y de los hábitats, en el pronóstico para la obtención de recursos agrícolas y forestales, y en la determinación de futuros escenarios climáticos y de vegetación (Navarro y Maldonado, 2002; Talbot y Meades, 2011; Gopar-Merino *et al.*, 2015). En el ámbito de la cartografía bioclimática y ecosistémica se han realizado mapas de diferentes territorios a diferentes escalas como, por ejemplo, EE.UU. (Cress *et al.*, 2009), Sudamérica (Sayre *et al.*, 2008), Bolivia (Navarro y Ferreira, 2007), África (Sayre *et al.*, 2013), Regiones Circumboreales (Sánchez Mata y Rivas-Martínez, 2012) y la Tierra completa (Rivas-Martínez *et al.*, 2011).

## METODOLOGÍA

La información de referencia de las estaciones convencionales fue obtenida del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través del Banco Nacional de Datos Climatológicos (un total de 5415 estaciones). Dicho organismo depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), perteneciente a la Secretaría de Medio Ambiente

y Recursos Naturales (SEMARNAT). De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011), se seleccionaron estaciones con más de 30 años de registros; de ellas se extrajeron los valores diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación a nivel diario. Se aplicaron los siguientes filtros: a aquellos meses que no tuvieran un mínimo de 25 días de registro y por lo menos 10 meses con datos, dentro de cada año y en una serie de 30 años consecutivos. El total de estaciones que cumplieron los requisitos planteados fueron 2150; su información se procesó en una hoja de cálculo (Excel) para la obtención de los promedios mensuales. A estos datos se les aplicaron: pruebas de homogeneidad, para poder detectar errores aislados, saltos y derivas en la serie, etc. (Guijarro, 2004); pruebas de aleatoriedad de Kolmogorov-Smirnov y de regresión lineal (Stepanek, 2003); prueba de aleatoriedad de coeficiente de correlación serial de Von Neumann (Bartels, 1982), además de la estadística de Mann-Kendall (U.S. Army Corps of Engineers, 2005); también se calculó el coeficiente de varianza, el promedio aritmético, desviación estándar, la mediana, primer y tercer cuartil, los errores aislados (*outliers*) y los valores extremos. Con base en las pruebas anteriores se seleccionaron aquellas estaciones que superaron al menos 2 de las pruebas de homogeneidad: 1303 estaciones cumplieron los requisitos mencionados, del periodo 1955-2008.

Estas estaciones fueron clasificadas de acuerdo con el SM (García, 1964) y el WBCS (Rivas-Martínez *et al.*, 2011). En el SM se utilizó para la diagnosis el programa Modifica (García, 2004), que distingue cuatro grupos: A Cálido húmedo y subhúmedo, B Seco, C Templado húmedo y subhúmedo y E Frío, este último presente sólo en áreas muy reducidas en México.

Se tienen tres subgrupos con base en las temperaturas media anual y la del mes más frío, los cuales se presentan en la Tabla 1. La separación de los climas no secos en húmedos y subhúmedos se hace mediante dos gráficas en donde se emplean la cantidad de lluvia que se recibe en el mes más seco contra la total anual. Por condiciones de humedad los subgrupos resultantes y su correspondiente designación se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Símbolos que se utilizan para designar a los subgrupos del SM.

Subgrupos	Símbolos	
	Grupos no secos	Grupos secos
Semicálidos	A(C), C(A)	h'(h), h
Semifríos	Cb', Cc	k"
Muy fríos	EF	

De la combinación de estas letras (grupos y subgrupos) con los símbolos que indican la precipitación total anual, la estacionalidad de la lluvia, porcentaje de la lluvia invernal respecto de la total anual, la cantidad de lluvia que se recibe en el mes más seco y el cociente de precipitación total anual/temperatura media anual ( $p/t$ ), resultan los subtipos. Para matizar el régimen térmico se hace uso de una tercera letra, entre las más significativas se encuentran: a, b, h, k, k'.

Se tienen variantes como la canícula, la oscilación térmica y la marcha de la temperatura, cuyos símbolos son: w"; i, (i'), (e), (e') y g, respectivamente. La letra H se utiliza únicamente en los climas fríos, que en México sólo se localizan a gran altitud. El término tipo se emplea para designar a la fórmula completa obtenida con el sistema.

$$\text{Porcentaje de lluvia invernal} = (e + f + m)/p \times 100$$

Donde: **e, f, m** es la precipitación de los meses de enero, febrero y marzo, **p** precipitación total anual.

Con base en este porcentaje se establecen diferentes categorías en cada uno de los tres regímenes

Tabla 3. Regímenes de lluvia, porcentaje de lluvia invernal y los índices rh y rs del SM. t temperatura media anual.

Régimen de lluvias	Porcentaje de lluvia invernal	Índice rh para separar: A, C y E de B	Índice rs para separar: BS y BW
De verano w	Menor a 10.2%	$rh = 2t+28$	$rs = (2t+28)/2$
	Mayor a 10.2%	$rh = 2t+21$	$rs = (2t+21)/2$
Intermedio x, f		$rh = 2t+14$	$rs = (2t+14)/2$
Invierno s		$rh = 2t$	$rs = 2t/2$

Tabla 2. Subdivisión de subgrupos por sus condiciones de humedad.

Condiciones de humedad	
Subgrupos	Símbolos
Húmedos	m(w), m, m(f), f (m), f
Subhúmedos	w <sub>2</sub> , w <sub>1</sub> , w <sub>0</sub>
Semiáridos	BS <sub>1</sub>
Áridos	BS <sub>0</sub>
Muy áridos	BW

de lluvia contemplados en el SM. Se utilizan los índices **rh** y **rs** para separar los climas secos B de los húmedos A, C y E, y para separar los climas secos entre sí. En la Tabla 3 se indican los regímenes de lluvia con sus respectivos símbolos y en qué escenarios se emplean estos índices.

El cociente de Lang se utiliza para definir a las tres variantes en las que se dividen los subhúmedos (Tabla 4).

Este mismo cociente sirve también para definir a los subgrupos:

**BS<sub>1</sub>** semiáridos  $p/t$  mayor a 22.9.

**BS<sub>0</sub>** áridos  $p/t$  menor a 22.9.

Tabla 4. Subdivisión de los subhúmedos con base en el cociente  $p/t$ .

Subhúmedos	Designación	Índice de Lang $p/t$
w <sub>2</sub>	Los más húmedos	Mayor de 55
w <sub>1</sub>	Los intermedios	Entre 43.5 y 55.0
w <sub>0</sub>	Los más secos	Menor a 43.2

La diagnosis del sistema bioclimático de Rivas-Martínez *et al.* (2011) se hizo a través de una hoja de cálculo y se consideraron los parámetros más significativos:

**T:** temperatura media anual en grados centígrados.

**T<sub>i</sub>:** temperatura media mensual, siendo i: 1 = enero, ...., 12 = diciembre.

**T<sub>p</sub>:** temperatura positiva: suma en décimas de grado centígrados de las temperaturas medias mensuales.  $T_{11-12} > 0^{\circ}\text{C}$

**T<sub>max</sub>:** temperatura media del mes más cálido del año.

**T<sub>min</sub>:** temperatura media del mes más frío del año.

**m:** temperatura media de las mínimas del mes más frío en  $^{\circ}\text{C}$ .

**M:** temperatura media de las máximas del mes más frío en  $^{\circ}\text{C}$ .

**P<sub>i</sub>:** precipitación media mensual, siendo i: 1 = enero..., 12= diciembre.

**P<sub>p</sub>:** precipitación positiva anual (de los meses de T<sub>i</sub> superior a  $^{\circ}\text{C}$ ).

**I<sub>t</sub>:** índice de termicidad:  $I_t = (T + m + M) \times 10$ , índice que pondera la intensidad del frío invernal, factor limitante que controla la actividad biológica de muchas plantas y comunidades vegetales.

**I<sub>o</sub>:** índice ombrotérmico:  $I_o = (P_p / T_p) \times 10$ .

**I<sub>c</sub>:** índice de continentalidad simple o intervalo térmico anual ( $T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$  en  $^{\circ}\text{C}$ ).

**Iod1, Iod2, Iod3:** índices ombrotérmicos del mes, del bimestre y del trimestre más secos del año, respectivamente.  $Iod1 = (P_{id1} / T_{id1}) \times 10$ ;  $Iod2 = (P_{id2} / T_{id2}) \times 10$ ;  $Iod3 = (P_{id3} / T_{id3}) \times 10$ . Estos índices sólo se utilizan en los macrobioclimas tropicales.

Para cada estación se obtuvieron los macrobioclimas, bioclimas y termotipos con los índices ya mencionados.

Para encontrar las equivalencias entre los dos sistemas, se compararon los regímenes de lluvias obtenidos por el SM con los macrobioclimas y todos los tipos climáticos del SM agrupados por su grado de humedad con los bioclimas y los compilados por sus condiciones térmicas con los

termotipos. Con las equivalencias encontradas entre los dos primeros se nombraron los diferentes polígonos de la cobertura de climas del SM, escala uno a un millón, y de esa forma se obtuvieron los mapas de macrobioclimas y bioclimas del país.

Toda la información cartográfica fue procesada con el sistema de información geográfica ArcMap.

## RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la distribución de las estaciones empleadas en el presente trabajo. En general, sólo el 41% del territorio nacional cuenta con una red mínima satisfactoria según los lineamientos propuestos por la Organización Meteorológica Mundial (Jáuregui, 1973; Bautista, 2007).

Las estaciones se agruparon según los criterios tipológicos de cada sistema. Así, para el SM, se consideraron las condiciones térmicas y grado de humedad. En la Tabla 5 se observa que el mayor porcentaje de estaciones con régimen de lluvias de verano e intermedio (39.9%) son cálidas y en menor proporción semifrías (1.9%). En aquellas con régimen de lluvias de invierno, sólo el 0.2% son cálidas.

La Tabla 6 muestra el número y porcentaje de estaciones incluidas en cada jerarquía climática, según su grado de humedad; destacan las estaciones subhúmedas y las semiáridas que conforman casi el 72.1% respecto del total. De las estaciones con régimen de lluvias de invierno, las más representativas fueron las muy áridas (1.5%). El hecho de que la mayoría de las estaciones esté encuadrada en dichas condiciones de humedad se atribuye a su ubicación en zonas con alta densidad de población, donde se concentra el 62% de la población total del país (INEGI, 2010).

Al aplicar la propuesta de Rivas-Martínez se reconocieron para el país los macrobioclimas Tropical y Mediterráneo. Dentro del primero se identificaron 4 de los 5 bioclimas representados a nivel mundial. El número de estaciones para cada uno se muestra en la Tabla 7, donde también se indican los valores en porcentaje. No hubo estaciones con bioclima hiperdesértico. Respecto a los termotipos, el termotropical y el mesotropical fueron los

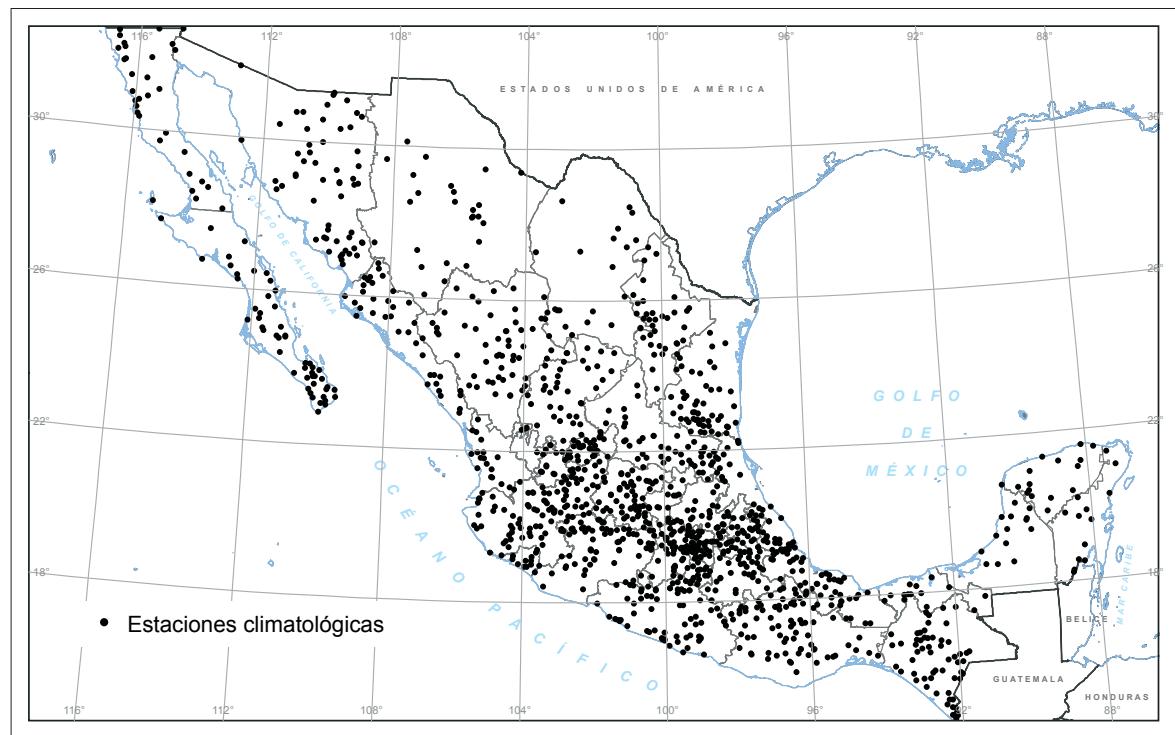


Figura. 1 Localización de estaciones climatológicas.

Tabla 5. Condiciones térmicas, Sistema modificado.

Con regímenes de lluvias de verano e intermedio	Símbolos	No. de estaciones (%)
Cálidos	A, (h'), (h')h	520 (39.9%)
Semicálidos	AC, h'(h), h	364 (27.9%)
Templados	C, k, k'	360 (27.6%)
Semifríos	Cb', Cc, k"	25 (1.9%)
Con régimen de lluvias de invierno		No. de estaciones (%)
Cálidos	(h')h	2 (0.2%)
Semicálidos	h'(h), h	16 (1.2%)
Templados	C	16 (1.2%)

mejor representados, el 81.2% de las estaciones se ubicaron en alguna de estas situaciones. Respecto a los ombrotípos, el seco junto con el subhúmedo conforman el 67.1% del total. Los ombrotípos tropicales ultrahiperárido y ultrahiperhúmedo no fueron registrados en ninguna estación.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por otros autores, destaca aquí la ausencia del

bioclima Mediterráneo pluvial oceánico y del termotípico supramediterráneo, señalados por Peinado *et al.* (1994) y Macías *et al.* (2014) en las sierras de Juárez y San Pedro Mártir (Baja California Norte), del Mediterráneo hiperdesértico oceánico, reconocido en el extremo occidental de la península de El Vizcaíno (Macías *et al.*, 2014), y del Tropical hiperdesértico en la cuenca baja del río Colorado

Tabla 6. Condiciones de humedad, Sistema modificado.

Condiciones de humedad	Símbolo	No. de estaciones (%)	
		Parcial	Nacional
Húmedos con régimen de lluvias de verano		76 (5.8)	
Con lluvia invernal entre 5 y 10.2%	m	41 (53.9)	
Con lluvia invernal mayor de 10.2%	mf	35 (46.1)	
Húmedos con régimen de lluvias intermedio con menos de 18% de lluvia invernal	fm		46 (3.5)
Subhúmedos con régimen de lluvias de verano		684 (52.5)	
Con p/t mayor a 55.0	w <sub>2</sub>	164 (24)	
Con p/t entre 43.2 y 55.0	w <sub>1</sub>	207 (30.2)	
Con p/t menor de 43.2	w <sub>0</sub>	313 (45.8)	
Semiáridos con regímenes de lluvias de verano e intermedio	BS1		255 (19.6)
Áridos con regímenes de lluvias de verano e intermedio	BSo		109 (8.4)
Muy áridos con regímenes de lluvias de verano e intermedio	BW		99 (7.6)
Régimen de lluvias de invierno		34 (2.6)	
Templados	Cs	2 (5.7)	
Áridos	BSs	13 (37.1)	
Muy áridos	BWs	19 (57.1)	

Tabla 7. Macrobioclimas, bioclimas, termotipos y ombrotipos, WBCS.

	Macrobioclimas	No. de estaciones (%)	
	Tropicales	1268 (97.31)	
	Mediterráneos	35 (2.69)	
Bioclimas tropicales	No. de estaciones (%)	Bioclimas mediterráneos	No. de estaciones (%)
Pluvial	50 (3.84)	Xérico oceánico	11 (0.84)
Pluviestacional	458 (35.15)	Desértico oceánico	24 (1.84)
Xérico	692 (53.11)		
Desértico	68 (5.22)		
Temotipos tropicales		Termotipos mediterráneos	
Infratropical	163 (12.51)	Inframediterráneo	16 (1.23)
Termotropical	579 (44.44)	Termomediterráneo	18 (1.38)
Mesotropical	479 (36.76)	Mesomediterráneo	1 (0.08)
Supratropical	47 (3.61)		
Ombrotipos tropicales		Ombrotipos mediterráneos	
Hiperárido	2 (0.15)	Hiperárido	10 (0.77)
Árido	66 (5.07)	Árido	14 (1.07)
Semiárido	183 (14.04)	Semiárido	11 (0.84)
Seco	525 (40.29)		
Subhúmedo	349 (26.78)		
Húmedo	123 (9.44)		
Hiperhúmedo	20 (1.53)		

(Peinado, *et al.*, 2006); todos ellos presentan una escasa superficie representativa. Esto se debe a que las estaciones de referencia utilizadas por estos autores se omitieron aquí porque carecen de las condiciones requeridas, lo que impidió verificar la presencia de dichos bioclimas. Es muy importante mencionar que desde el punto de vista climatológico, el noroeste del país se caracteriza por la alta variabilidad estacional de la precipitación, lo que refuerza la necesidad de contar con rangos de datos suficientemente amplios (Latorre *et al.*, 1988; Díaz *et al.*, 2008; Salinas-Zavala *et al.*, 1992; Minnich *et al.*, 2000; Vidal y Hernández, 2007).

Al comparar las unidades jerárquicas de mayor rango de ambos sistemas se deduce que los climas con régimen de lluvias de verano e intermedio se corresponden con el macrobioclima Tropical, mientras que los de régimen de lluvias de invierno se vinculan con el Mediterráneo; únicamente una estación con régimen de invierno faltó a la relación comentada. El SM no utiliza el término clima mediterráneo, sino el de clima templado con régimen de lluvias de invierno, situación identificada en la porción noroccidental del país; tanto la localización como las causas que originan estas lluvias en el invierno, han sido ampliamente mencionadas en la literatura (Wallén, 1955; Hastings y Turner, 1965; García y Mosiño, 1968; Latorre, *et al.*, 1988; Walkowiak y Solana, 1989; Zavala *et al.*, 1990).

El WBCS utiliza numerosos índices para definir y acotar las unidades bioclimáticas representativas de los territorios de la Tierra e incide en su relación con las formaciones y comunidades vegetales. En tanto el SM ha sido ajustado ex profeso para México y aplicado con éxito en diferentes países de Centro (INETER, 2007) y Sudamérica. Los diferentes tipos de climas del SM responden a la situación latitudinal del país en relación con los fenómenos tropicales y sistemas atmosféricos de latitudes medias, su compleja topografía, la conformación del continente, las condiciones térmicas de las diferentes corrientes marinas, los océanos que rodean al país, entre otros; por lo tanto, existe una alta concordancia entre los climas con la gran diversidad de ecosistemas del territorio nacional.

En la Tabla 8 se presentan las equivalencias entre los subtipos y subgrupos del SM con los bioclimas

Tabla 8. Equivalencias de Bioclimas con el Sistema Modificado.

Bioclimas tropicales	Subtipos y subgrupos SM	Bioclimas mediterráneos	Subtipos SM
Pluvial	fm	Xérico oceánico	BSs; Cs
Pluviestacional	mf; m; w2; w1	Desértico oceánico	BWs
Xérico	wo; BS1; BSo		
Desértico	BW		

del WBCS. Para definir los bioclimas se utilizan los índices ombrótécnicos Io anual y el Iod2; en el caso del SM se emplean el régimen de lluvias, los valores de la precipitación del mes más seco y anual, el cociente p/t y el porcentaje de lluvia invernal, para los subtipos climáticos húmedos y subhúmedos; para los grupos y subgrupos secos se utilizan los índices rh, rs, y p/t además de los anteriores.

La relación que se encontró entre el SM con los bioclimas fue del 98% en general, en algunos casos del 100%; en el caso de los pluviales, pluviestacionales y con los desérticos dicha concordancia fue del 70%.

La Tabla 9 muestra seis ombrotípos tropicales registrados, aunque faltan los más extremos, el ultrahiperárido, el ultrahiperhúmedo y el hiperárido.

Las equivalencias encontradas entre los ombrotípicos y los subtipos agrupados por sus condiciones de humedad del SM fueron del 100% para las categorías de menor humedad y mayores al 75% en los húmedos. Los dos sistemas definen los grados de humedad con base en la relación entre p y t (Io WBCS y p/t del SM).

Para la definición de los bioclimas mediterráneos, el WBCS, además de utilizar el Io, emplea el índice de continentalidad Ic (oscilación térmica en el SM). Este aspecto es de gran importancia en ambos sistemas; al respecto García (1964) incluye cuatro intervalos que denotan el comportamiento espacial latitudinal y se indica en la fórmula climática con su respectivo símbolo (García y Vidal, 1992).

Tabla 9. Equivalencias en las condiciones de humedad entre los dos sistemas.

Ombrotípitos tropicales	Equivalencias con Sistema modificado
Árido	BW
Semiárido	BSo
Seco	wo; BS1
Subhúmedo	w2 (cálidos, semicálidos y templados); w1; mf (cálidos)
Húmedo	fm (cálidos); mf (semicálidos y templados); m (cálidos, semicálidos y templados); Cb'(w2)
Hiperhúmedo	Cb'm(f)
Ombrotípitos mediterráneos	Equivalencias con Sistema modificado
Hiperárido	BWs
Árido	BWs
Semiárido	BSs, Cs

Tanto los termotípitos tropicales como los mediterráneos tienen menor correspondencia con las condiciones térmicas empleadas en el SM, como se muestra en la Tabla 10. Para los termotípitos orotropical y criorotropical se careció de información, aunque fueron identificados en otros trabajos con diferentes métodos (Almeida *et al.*, 2004; Giménez de Azcárate *et al.* 2013; Gopar-Merino *et al.*, 2015).

Los termotípitos supramediterráneo, oromediterráneo y crieromediterráneo (Tabla 10) no se registraron, aunque el primero sí se menciona en los trabajos de Peinado *et al.* (1994).

La tipología de los termotípitos y de las zonas térmicas presenta escasa coincidencia debido a que el WBCS en su formulación del It utiliza, además de la temperatura media anual, las temperaturas máximas y mínimas promedio del mes más frío, lo que permite ponderar la intensidad del frío invernal como factor limitante en la distribución de plantas y comunidades.

Con las equivalencias encontradas a nivel bioclimático y en la distribución de los polígonos del mapa de Climas de García (1999) se elaboró un

Tabla 10. Equivalencias en las condiciones térmicas entre los dos sistemas.

Termotípitos tropicales	Equivalencias con Sistema modificado
Infratropical	Cálidos (31.4%)
Termotropical	Cálidos (67.6%), Semicálidos (62.6%)
Mesotropical	Semicálidos (36.4%), Templados (93.8%)
Supratropical	Semifrios (100%), Templados (6.1%)
Termotípitos mediterráneos	Equivalencias con Sistema modificado
Inframediterráneo	Cálidos (100%), Semicálidos (81.2%)
Termomediterráneo	Semicálidos (18.7%), Templados (93.7%)
Mesomediterráneo	Templados (6.2%)

mapa de regionalización macrobioclimática del país (Figura 2).

El macrobioclima Mediterráneo se localiza en la vertiente del Pacífico, en el noroeste de la Península de Baja California, distribución que coincide en buena medida con las propuestas de Peinado *et al.* (1994), Rivas-Martínez *et al.* (1999) y Macías *et al.* (2014). La diferencia en las fronteras se deben a la escala de los mapas, a la información de las estaciones utilizadas y a las variaciones de los regímenes normales de lluvia (Zavala *et al.*, 1990).

La Figura 3 muestra el mapa de distribución de los bioclimas. La Península de Baja California tiene 5 bioclimas: el Mediterráneo desértico oceánico, a lo largo de la costa del Pacífico entre los 28° y 30° 30' de latitud Norte; el Mediterráneo xérico oceánico al norte del anterior, el Mediterráneo pluviestacional oceánico sobre la vertiente occidental superior de las sierras de Juárez y San Pedro Martir. Los otros dos bioclimas en la Península son el Tropical xérico, en la sierra de la Laguna y en otras sierras de Baja California Sur; el Tropical desértico en la vertiente interior de la Península y en su extremo meridional.

Rivas-Martínez *et al.* (2011) identificaron el macrobioclima Mediterráneo en el noreste de



Figura 2. Mapa de macroclimas.

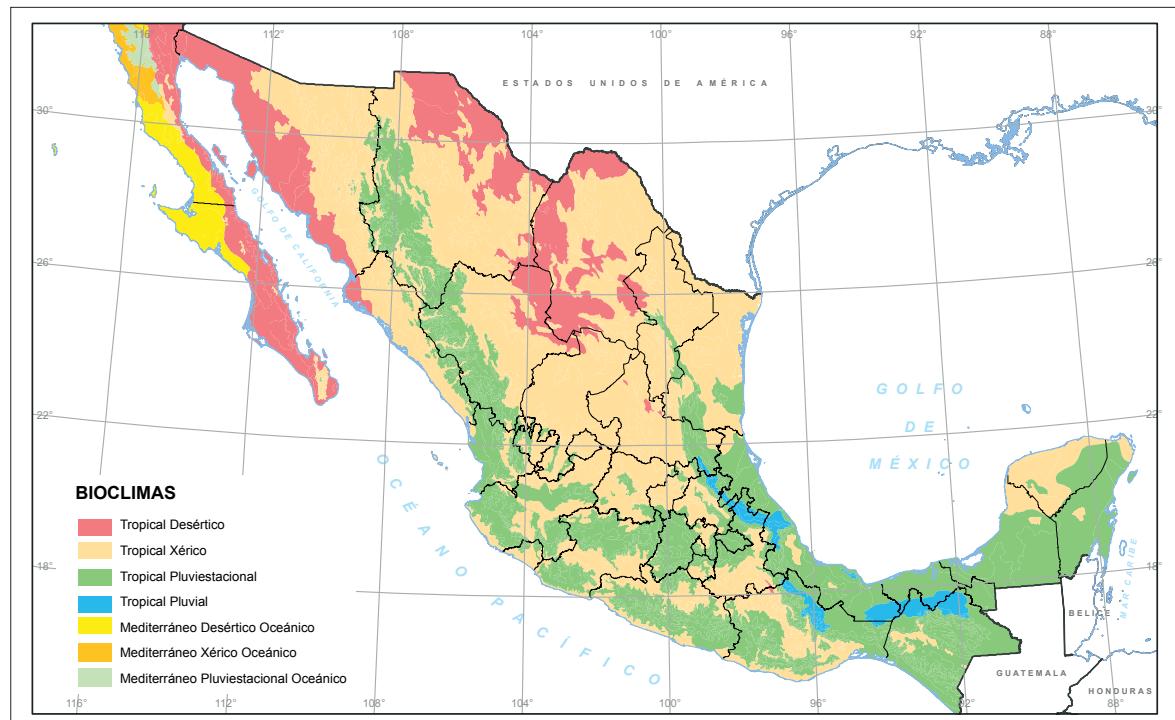


Figura 3. Mapa de bioclimas.

Coahuila con presencia de los bioclimas xérico continental, xérico oceánico y desértico oceánico; sin embargo, ninguno se identificó en nuestro análisis.

En la parte continental del país se encontraron representados cuatro de los cinco bioclimas tropicales: el desértico, el xérico, el pluviestacional y el pluvial. El bioclima Tropical desértico se localiza sobre la llanura costera del Golfo de California, en el estado de Sonora y noroeste de Sinaloa, así como en el norte de los estados de Chihuahua y Coahuila, noreste de Durango, centro-oeste de Nuevo León, algunas zonas aisladas del noreste de San Luis Potosí y los límites estatales de Puebla y Oaxaca. El Tropical pluviestacional se ubica a lo largo de las sierras Madre Occidental y Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, llanura costera del Golfo de México, Istmo de Tehuantepec, región sureste y en la mayor parte de la Península de Yucatán. El Tropical Pluvial se distribuye en la base del declive este de la Sierra Madre Oriental, al sur del paralelo 22° N; sobre la vertiente oriental de la sierra de los Tuxtlas y a lo largo del pie septentrional de las montañas del norte de Chiapas. El resto del territorio registra el bioclima Tropical xérico.

En buena medida los límites aquí presentados coinciden con los establecidos en los mapas realizados en distintas áreas de México con diferentes fines y escalas (Barber *et al.*, 2001; Rivas-Martínez *et al.*, 2011; Giménez de Azcárate *et al.*, 2013; Macías *et al.*, 2014; Gopar-Merino *et al.*, 2015).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La comparación de los dos sistemas de clasificación permitió confirmar sus concordancias en relación con las condiciones de humedad debido a la similitud de sus índices; sin embargo, difieren en aspectos de temperatura, por el uso de guarismos que abordan elementos incompatibles. En el WBCS el autor ha intentado conferir a su sistema el máximo grado de resolución posible a partir de la información climática y geobotánica obtenida, optimizando y ajustando el carácter predictivo de los índices matemáticos con la distribución de las formaciones y comunidades vegetales, lo cual es

favorecido por el carácter jerárquico e inclusivo de sus unidades tipológicas. Debido a la baja disponibilidad de datos climáticos fiables en diferentes partes del mundo, ha elaborado diversos procedimientos matemáticos para establecer de manera indirecta una diagnosis bioclimática apropiada en los casos con mayores limitaciones; de ahí el éxito obtenido.

En el caso del SM, García (1964) utilizó el criterio de Köppen de que las plantas constituyen indicadores climáticos, cuya distribución define las regiones de clima. La incorporación de una serie de índices permitió subdividir los tipos para caracterizar detalladamente las variaciones climáticas a escalas local y regional en México. Es por ello que ha ganado terreno en cuanto a su aplicación en este país y en algunas otras regiones de Centro y Sudamérica. Es un sistema que refleja un análisis y conocimiento de las condiciones meteorológicas, de la configuración del relieve y de la variación altitudinal del territorio nacional.

En cuanto a las condiciones de humedad hay más subdivisiones en el SM, ya que varios subtipos y subgrupos quedan incluidos en una jerarquía del WBCS, mas no así en cuanto a los rangos de temperatura que en el SM tienen límites más amplios.

Es importante destacar que la información que aporta la carta de climas de CONABIO, en donde se aplica el SM, representa la gran diversidad climática que existe en México y, por lo tanto, ha sido ampliamente utilizada como fuente de información básica en todos los proyectos de ordenamiento ecológico y territorial, así como de análisis de vegetación en relación con el clima y por diversas disciplinas.

Las concordancias encontradas entre estos sistemas permiten considerar que los dos pueden complementarse en el caso de México, aportando una mejor delimitación de las condiciones térmicas y de humedad para el uso del suelo especialmente de la vegetación.

Es importante señalar que el uso del SM en México no sólo se ha centrado en la relación clima-vegetación sino en otros campos del quehacer científico, como el de clima-agricultura, clima-suelos, entre otros, por el hecho de que considera las condiciones meteorológicas de estas latitudes y

la orografía como factor climático determinante en el territorio nacional.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dar las gracias a Celia López Miguel y a Humberto Díaz Álvarez por su apoyo en la elaboración de la cartografía. A los dos revisores anónimos y al Editor Académico de la revista por las correcciones y sugerencias realizadas, las cuales contribuyeron a la mejora del artículo.

## REFERENCIAS

- Almeida, L., Giménez de Azcárate, J., Cleff, A. M. y González Trápaga, A. (2004). Las comunidades vegetales del zacatal alpino de los Volcanes Popocatépetl y Nevado de Toluca, Región Central de México. *Phytocoenología*, 34, 91-132.
- Barber, A., Tun, J. y Crespo, B. M. (2001). A new approach on the Bioclimatology and potential vegetation of the Yucatan Peninsula (Mexico). *Phytocoenología*, 31, 1-31.
- Bartels, R. (1982). The rank version of von Neumann's ratio test for randomness. *Journal of the American Statistical Association*, 77, 40-46.
- Bautista, L. H. M. (2007). *Algunas bases de datos climáticos y redes de distribución de estaciones climatológicas para México*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Cress, J. J., Sayre, R., Comer, P. y Warner, H. (2009). Terrestrial Ecosystems-Isobioclimates of the conterminous United States. 26 de Agosto de 2016, de U. S. Geological Survey. Scientific Investigations. Recuperado de <https://pubs.er.usgs.gov/publication/sim3084>
- Cuadrat J. M. y Pita, M. F. (2006). *Climatología*. Madrid, España: Ediciones Cátedra, Geografía.
- Díaz, C. S., Salinas-Zavala, A. C. y Hernández-Vázquez, S. (2008). Variability of rainfall from tropical cyclones in northwestern Mexico and its relation to SOI and PDO. *Atmósfera*, 21, 213-223.
- Fernández-González, F. (2004). Bioclimatología. En *Botánica* (715-794). Madrid: Mc Graw-Hill Interamericana.
- García, E. (1964). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- García, E. (1997). *Cartas de Climas, escala 1: 1, 000,000 según el Sistema de Köppen Modificado por García*. 23 de agosto de 2016 de CONABIO. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (5ª ed.)*. México: Instituto de Geografía, UNAM (cd con el programa Modifica).
- García, E., Soto, C. y Miranda, F. (1961). *Larrea y Clima. Anales del Instituto de Biología*, 31, 133-171.
- García, E. y Mosiño, P. A. (1968). Los climas de Baja California. En *Memoria 1966-67 del Comité Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional* (29-56). México: Instituto de Geofísica, UNAM.
- García, E., Reyna, T. y Sierra, R. (1970). *Carta de Climas, 45 hojas, escala 1:500 000. Clasificación de climas según el sistema de Köppen modificado por García*. México: CETENAL- Instituto de Geografía, UNAM.
- García, E. y Vidal, Z. R. (1992). Temperaturas Extremas (Oscilación Anual de las Temperaturas Media Mensuales, escala: 1:16 000 000. En *Atlas Nacional de México* (vol. 2, cap. IV, núm. 4.7). México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Gil, O. A. y Olcina, C. J. (1997). *Climatología General*. Barcelona, España: Editorial Ariel, S. A.
- Giménez de Azcárate, J., Macías, M. A. y Gopar, F. (2013). Bioclimatic belts of Sierra Madre Occidental (México): A preliminary approach. *International Journal Geobotanical Research*, 3, 13-135.
- Gopar-Merino, L. F., Velázquez, A. y Giménez de Azcárate, J. (2015). Bioclimatic mapping as new method to assess effects of climatic change. *Ecosphere*, 6, 1-12.
- Guijarro, P. J. A. (2004). Climatol: software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos. En *El clima entre el Mar y la Montaña* (pp. 493-502). Santander, España: Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria.
- Hastings, J. R. y Turner, R. M. (1965). Seasonal precipitation regimes in Baja California, Mexico. *Geografiska Annaler*, 47, 204-223.
- INEGI (2010). *Población por localidad, 2010, escala: 1:1 millón. (Censo de Población y Vivienda 2010)*. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> el 23 de agosto de 2016.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) (2007). *Caracterización Climática del Departamento de Chinandega*. Nicaragua: INETER, Dirección General de Meteorología.
- Jáuregui, E. O. (1973). Hacia una planeación de la Red Meteorológica Nacional. *Recursos Hídricos*, 2, 97-112.
- Köppen, W. (1948). *Climatología, con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica.

- Larcher, W. (2003). *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology and Functional Groups.* Berlín, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Latorre, D. C. y Penilla, L. (1988). Influencia de los ciclones en la precipitación de Baja California Sur. *Atmósfera*, 1, 99-112.
- Macías, M. A., Peinado, M., Giménez de Ázcarate, J., Aguirre, J. L. y J. Delgadillo, J. (2014). Clasificación bioclimática de la vertiente del Pacífico mexicano y su relación con la vegetación potencial. *Acta Botánica Mexicana*, 109, 133-165.
- Minnich, R. A., Franco, V. E. y Dezzani, R. J. (2000). The El Niño/Southern Oscillation and Precipitation Variability in Baja California, Mexico. *Atmósfera*, 13, 1-20.
- Navarro G. y Maldonado, M. (2002). *Geografía ecológica de Bolivia. Vegetación y ambientes acuáticos.* Cochabamba Bolivia: Centro Ecología Simón I. Patiño. Departamento de Difusión.
- Navarro, G. y Ferreira, W. (2007). *Mapa de vegetación de Bolivia*, escala 1:250 000. Edición en CD-ROM. Bolivia: The Nature Conservancy (TNC), RUMBOL.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). (2011). *Guía de prácticas climatológicas.* Ginebra, Suiza: OMM.
- Peinado, M., Bartolomé, C., Delgadillo, J. y Aguado, I. (1994). Pisos de vegetación de la sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. *Acta Botánica Mexicana*, 29, 1-30.
- Peinado, M., Macías, M. A., Delgadillo, J. y Aguirre, J. L. (2006). Major plant communities of North America's most arid region: the San Felipe Desert, Baja California, México. *Plant Biosystems*, 140, 280-296.
- Rivas-Martínez, S. (1987). Nociones sobre fitosociología, biogeografía y bioclimatología. En *La vegetación de España* (pp. 17-46). Madrid: Universidad de Alcalá de Henares.
- Rivas-Martínez, S. (1994). Sistema de clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botánica Matritensis*, 16, 1-29.
- Rivas-Martínez, S. (2004). Sinopsis biogeográfica, bioclimática y vegetacional de América del Norte. *Fitosociología*, 41, 19-52.
- Rivas-Martínez, S., Sánchez Mata, D. y Costa, M. (1999) North American new phytosociological classes. *Itineraria Geobotanica*, 13, 349-352.
- Rivas-Martínez, S., Rivas-Sáenz, S. y Penas, A. (2011). Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany*, 1, 1-634.
- Sánchez-Mata, D. y Rivas-Martínez, S. (2012). Bioclimatic Dossier for the Circumboreal Vegetation Mapping Project (CBVM). En *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International: Conservation of Artic Flora and Fauna (CAFF) Flora Group Workshop* (pp. 42-51). Akureyri, Islandia: Conservation of Artic Flora and Fauna (CAFF).
- Salinas-Zavala, C. A., Lluch-Cota, D. B., Hernández-Vázquez, S. y Lluch-Belda, D. (1992) Anomalías de precipitación en Baja California Sur durante 1990. Posibles causas. *Atmósfera*, 5, 79-93.
- Sayre, R., Bow, J., Josse, C., Sotomayor, L. y Touval, J. (2008). Terrestrial ecosystems of South America. En *North America Land Cover Summit*, Washington, D. C. (pp. 131-152). Washington, D. C.: Association of American Geographers.
- Sayre, R., Comer, P., Hak, J., Josse, C., Bow, J., Warner, H., Larwanou, M., Kelbessa, E., Bekele, T., Kehl, H., Amena, R., Andriamasimanana, R., Ba, T., Benson, L., Boucher, T., Brown, M., Cress, J., Dassering, O., Friesen, B., Gachathi, F., Houcine, S., Keita, M., Khamala, E., Marangu, D., Mokua, F., Morou, B., Mucina, L., Mugisha, S., Mwayu, E., Rutherford, M., Sanou, P., Syampungngani, S., Tomor, B., Vall, A., Vande Weghe, J., Wangui, E. y Waruingi, L. (2013). *A New Map of Standardized Terrestrial Ecosystems of Africa.* Washington, DC: Association of American Geographers.
- Stepanek, P. (2003). *AnClim software for time series analysis.* MU, Brno: Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences. Recuperado de: <http://www.climahom.eu/software-solution/anclim/>
- Talbot, S. S. y Meades, W. J. (2011). Circumboreal Vegetation Map (CBVM): Mapping the Green Halo. Concept Paper. En CAFF Strategy Series Report No. 3. CAFF Flora Group (CFG) (pp. 1-14). Akureyri, Islandia: International Secretariat. Conservation of Artic Flora and Fauna (CAFF).
- U.S. Army Corps of Engineers. (2005). *Mann-kendall analysis.* Former Fort Ord. OU-1 Annual Groundwater Monitoring Report. Appendix D California: HydroGeoLogic, Inc.
- Vidal, Z. R. y Hernández, M. E. (2007). Climas. Regímenes pluviométricos y distribución de la lluvia. En *Nuevo Atlas Nacional de México* (NA IV 6. Esc. 1: 8 000 000). México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Wallén, C. C. (1955). Some characteristics of precipitation in Mexico. *Geografiska Annaler*, 37, 51-85.
- Walkowiak, A. M. y Solana, E. (1989). Distribución estacional de lluvias en Baja California, México. Análisis de probabilidades. *Atmósfera*, 2, 209-218.
- Zavala, S. C. A., Leyva, A. C., Lluch, D. B. y Díaz, E. R. (1990). Distribución geográfica y variabilidad climática de los regímenes pluviométricos en Baja California sur, México. *Atmósfera*, 3, 217-237.