

REGIONALIZACIÓN DE ZONAS CON ESCASO RÉGIMEN PLUVIAL: Estudio de caso zona Centro-Norte del estado de Durango, México

REGIONALIZATION OF AREAS WITH SCARCE RAINFULL REGIME: Case study Central-North region of Durango, Mexico

Pedroza Sandoval, Aurelio¹; Sánchez Cohen, Ignacio²; Becerra López, Jorge Luis¹; Ramos Cortez, Edith¹; Reyes Bernabé, César¹; Rosales Palacios, Lirio Vianey¹; Vargas Piedra, Gonzalo¹.

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH. A. P. Núm 8, Bermejillo, Dgo. MÉXICO. C. P. 35230.

Correo-e: apedroza@chapingo.urruza.edu.mx (*Autor para correspondencia)

²CENID-RASPA-INIFAP. km 6.5 Márgen derecha Canal Sacramento. Gómez Palacio, Dgo. MÉXICO.

RESUMEN

La regionalización, es una parte fundamental de la planeación en el uso y manejo de los recursos naturales. La zona centro-norte del estado de Durango, es una de las áreas más representativas del semiárido mexicano, la cual presenta un alto grado de vulnerabilidad ecológica que hace imperante un uso y manejo de sus recursos naturales con mejores bases de planeación. El presente estudio tuvo como objetivo identificar, con indicadores biofísicos, las diferentes microrregiones de la zona centro-norte del estado de Durango, México, para una mejor planeación de desarrollo regional en un marco de sustentabilidad. Mediante el uso de mapas fisiográficos digitalizados y técnicas SIG; así como de índices de aridez e intensidad de sequía usando bases de datos históricos climatológicos de temperaturas máximas y mínimas y precipitación, se obtuvieron diferentes microrregiones en el área de estudio. Con base en el tipo de vegetación, se identificaron dos grandes subregiones: la de pastizal con orientación Este y la de matorral xerófilo con orientación Oeste; con base en el grado de aridez existen tres grandes subregiones, la más árida (Categoría A₂) y menos árida (Categoría B₂) de las zonas áridas y la menos árida de las zonas semiáridas (Categoría B₃). Adicionalmente se identificaron tres principales intensidades de sequía: ligera, moderada y mínima. Integrando los tres criterios resultaron 13 ecorregiones, lo cual puede ser base para una mejor planificación de los procesos productivos agropecuarios y forestales en atención a un mejor uso y manejo de los recursos naturales.

PALABRAS CLAVE: Agroecología, zonas áridas, ecología, recursos naturales.

ABSTRACT

Regionalization is a fundamental part of planning the use and management of natural resources. The central-north area of the state of Durango is one of the most representative semi-arid area in Mexico, which presents a high degree of ecological vulnerability that makes prevalent use and management of natural resources with better planning basis. The objective of this study was to identify, using biophysics indicators, the different microregions of the central-north region of Durango, Mexico, for a better regional development planning with sustainability. Different microregions were identified by using physiographic maps, GIS tool, Aridity Index, and drought intensity using historical data bases of rain and maximum and minimum temperatures. Based on the type of vegetation, two sub-regions were identified: grassland with East direction, and Xeric scrubland with West direction. Based on the degree of aridity, there are three big subregions: the most arid region (Category A₂), and the less arid region (Category B₂) of the arid lands and the less arid region (Category B₃) of the semiarid lands. Finally, three main drought intensities were identified: low, moderate and minimum. A total of thirteen ecoregions were identified, joining the three criteria, which can be the basis for better planning of agricultural and forestry production processes in response to better use and management of natural resources.

KEYWORDS: Agroecology, arid land, ecology, natural resources.



Recibido: 25 de marzo, 2013

Aceptado: 9 de abril, 2014

<http://www.chapingo.mx/revistas>

doi: 10.5154/r.rchsza.2013.03.01

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas son extensas áreas con características comunes en relación con los recursos naturales en interacción con su entorno. Mundialmente han sido identificadas 238 ecoregiones, las cuales se consideran como los lugares biológicamente más importantes. México posee 12 de estas ecoregiones. Su impresionante riqueza biológica es el resultado de una topografía intrincada, una gran variedad de zonas climáticas y una gran diversidad de hábitats costeros y marinos. Sin embargo, esta riqueza está amenazada por la sobreexplotación y depredación de los recursos naturales y la invasión de especies exóticas (WWF, 2007). El grado de impacto y afectación depende de la región y tipo de ecosistema en referencia, así como del uso y manejo que se haga de sus recursos.

Los ecosistemas naturales son la fuente de los bienes y servicios ambientales de los que depende la calidad de vida de la población. La vegetación y la fauna, así como el resto de los recursos naturales que los conforman, son de gran valor estratégico que requieren ser conservados para una mejor garantía de supervivencia en el planeta. El manejo óptimo de los ecosistemas depende en gran medida del conocimiento que se tenga sobre ellos (González-Elizondo, 2007). La cantidad de componentes físicos y biológicos que integra un ecosistema y la forma en que éstos interactúan, es sumamente complejo, pero necesaria su comprensión para hacer un mejor manejo y uso de tales recursos, sin que ello implique un impacto negativo de trascendencia.

Los ecosistemas áridos son aquéllos donde la diversidad biológica es disminuida, por la escasez de agua, provocando una fragilidad ecológica que requiere ser tomada en cuenta. Por ello es importante la identificación de micro-regiones con características específicas del tipo y estado de sus recursos naturales, para una mejor planeación de desarrollo regional. Existen diversos criterios y metodologías de regionalización, como aquéllas que tienen como objetivo principal, incluir toda la heterogeneidad ecológica que prevalece dentro de un determinado espacio geográfico que permita proteger hábitats y áreas con funciones ecológicas vitales para la biodiversidad, las cuales no son consideradas con otro tipo de análisis (CONABIO, 2008). Otro criterio de regionalización es el desarrollado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, 1986), la cual se refiere al ordenamiento ecológico del país y cuya estrategia de planeación está considerada en el Programa de Medio Ambiente (PMA) 1995-2000. También destaca la regionalización hidrológica de la Comisión Nacional del Agua de 1997 (Arriaga *et al.*, 2000). Sin embargo, dichas regionalizaciones están más enfocadas a los recursos naturales genéricos de una región, con el enfoque conservacionista o recursos específicos para su explotación, pero pocas son las propuestas de regionalización para una planeación más integral en zonas áridas, donde la recurrencia de las sequías y la condición de aridez, hacen que se incremente la fragilidad ecológica en estas regiones. De acuerdo a Stankey, *et al.* (1985), una

INTRODUCTION

Ecosystems are large areas with common characteristics in relation to natural resources in interaction with their environment. A total of 238 ecoregions have been identified worldwide, which are considered the most biologically important places. Mexico has 12 of these ecoregions. The amazing biological wealth is the result of an intricate topography, a variety of climatic areas and diversity of coastal and marine habitats. However, this wealth is threatened by over-exploitation and depletion of natural resources and the invasion of exotic species (WWF, 2007). The degree of impact and involvement depends on the region and type of ecosystem in question, as well as the use and management of the resources.

Natural ecosystems are the source of environmental goods and services that depend on the quality of life of the population. Vegetation, wildlife, and other natural resources are of great strategic value needed to be preserved for a better guarantee of survival on the planet. Optimal management of ecosystems depends largely on the knowledge we have about them (González-Elizondo, 2007). The number of physical and biological components integrating an ecosystem and how they interact is extremely complex, but necessary to make better use and management of such resources without causing any negative impact of transcendence.

Arid ecosystems are those where biological diversity is diminished by the lack of water, causing ecological fragility that needs to be taken into account. Therefore, it is important to identify microregions with characteristics specifying type and condition of natural resources, for better regional development planning. There are various approaches and methods of regionalization, as those whose main goal is to include all ecological heterogeneity prevailing within a given geographical area capable of protecting habitats and areas with vital ecological functions for biodiversity, which are not considered with another type of analysis (CONABIO, 2008). Another regionalization criteria is that developed by the Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, 1986), which refers to the ecological system of the country and whose planning strategy is considered in the Environmental Program 1995-2000. The hydrological regionalization of the Comisión Nacional del Agua de 1997 (Arriaga *et al.*, 2000) also highlights. However, such regionalization are more focused on generic natural resources of a region, with the conservation approach or specific resources for exploitation, but few regionalization proposals for more comprehensive planning in arid areas where recurrent droughts and the condition of aridity, increase the ecological fragility in these regions. According to Stankey, *et al.* (1985), an integrated planning considers the Limits of Acceptable Change (LAC), which refers to a process that determines which resource or social conditions are acceptable to prescribe a series of management actions to achieve those conditions. Particularly, LCA process consists of four major compo-

planeación integral es aquella que considera los Límites de Cambio Aceptable (LCA), la cual se refiere a un proceso que determina qué recursos o condiciones sociales son aceptables, para después, prescribir una serie de acciones de manejo para alcanzar dichas condiciones. En particular, el proceso de LCA consiste de cuatro componentes mayores: (1) La especificación de las condiciones sociales y ambientales aceptables y alcanzables, definidas por una serie de variables medibles; (2) Un análisis de la relación entre las condiciones existentes y las que se consideran como aceptables; (3) Identificación de las acciones de manejo necesarias para alcanzar las condiciones aceptables y; (4) Un programa de monitoreo y evaluación de la eficiencia del manejo. De esta manera, son escasos los estudios de planeación en el uso de los recursos naturales en zonas áridas y más aún los de carácter integral. Dentro de los pocos estudios de regionalización en zonas áridas, destacan los de Velazco y Reyes (2007) y Mercado, *et al.* (2010), el primero referido a una caracterización hidrológica para el estado de Sinaloa con base en un índice y régimen de aridez y el segundo referido a una calibración del índice de aridez de DeMartonne como estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas; así como otros estudios relacionados, tales como los referidos a los indicadores para evaluar y monitorear la desertificación en México, reportados por Etchevers *et al.* (s/f).

La región centro-norte del país es un área de las más representativas del semidesierto mexicano donde se ubican ecosistemas y agroecosistemas de importancia nacional en lo ambiental, económico y social. En esta región existen cuatro subregiones diferentes: la región del semidesierto, los valles, la sierra y las quebradas. Más allá de esta regionalización un tanto genérica, el estado de Durango, no cuenta con un proyecto de regionalización específica, con base en criterios integradores desde el punto de vista físico y biológico, que permita una mejor planeación de los recursos naturales directamente relacionados a los procesos de desarrollo regional. Lo anterior es importante ante la necesidad de una mayor producción agropecuaria y, al mismo tiempo, hacer un uso más racional de los recursos con mínimos o nulos impactos negativos en el ambiente. El presente estudio tuvo como objetivo, identificar, con indicadores de tipo de vegetación y tipo de uso de suelo, condición de aridez y sequía, las diferentes microrregiones en la zona centro-norte del estado de Durango, que permita hacer una mejor planeación en el uso de los recursos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica del área

Geográficamente, el estado de Durango se ubica en las coordenadas: al norte 26° 48', al sur 22° 19' de latitud norte, al este 102° 28' y al oeste 107° 11' de longitud oeste. Tiene una superficie de 123,181 km² y representa el 6.3 % de la superficie del país (INEGI, 2010).

nents: (1) Specification of acceptable and achievable social and environmental conditions, defined by a set of measurable variables; (2) An analysis of the relationship between existing conditions and those that are considered acceptable; (3) Identification of management actions needed to achieve acceptable conditions and; (4) A program of monitoring and evaluation of management efficiency. Thus, studies on planning in the use of natural resources in arid lands and even more comprehensive studies are limited. Among the few studies of regionalization in arid areas, those of Reyes and Velazco (2007) and Mercado, *et al.* (2010) highlight, the first study refers to a hydrological characterization for the state of Sinaloa, based on an index and aridity regime and the second referring to a calibration of the De Martonne aridity index as an estimate of aridity and desertification in dry lands; and other related studies, such as those on indicators for assessing and monitoring desertification in Mexico, reported by Etchevers, *et al.* (s/f).

The central-north region of the country is one of the most representative areas of the Mexican semidesert, where ecosystems and agro-ecosystems with environmental, economic and social importance are located. In this region, there are four different regions: semi-desert region, the valleys, mountains and ravines. Beyond regionalization somewhat generic, Durango state, does not have a project of specific regionalization, based on an integrative approach from the physical and biological point of view, to allow better planning of natural resources directly related to regional development processes. This is important given the need for greater agricultural production and, at the same time, to make more rational use of resources with minimal or no adverse environmental impacts. This study aim of this study was to identify, with indicators of type of vegetation and type of land use, condition of aridity and drought, different micro-regions in central-north area of the state of Durango, allowing a better planning in the use of natural resources.

MATERIALS AND METHODS

Geographic location of the area

Geographically, the state of Durango is located at the coordinates: to the north 26° 48', to the south 22° 19' north latitude, to the east 102° 28', to the west 107° 11' west longitude. This state has an area of 123,181 km² and represents 6.3 % of the land area (INEGI, 2010).

Regionalization criteria

Different indicators are used to make the comprehensive characterization of a region, taking into account both the physical factors and the most important biological factors (Pedroza, 1995). Aridity index, index of seasonal drought, vegetation and type of land use were the indicators used for the study of regionalization, reason for this study.

Crterios de regionalización

Diferentes indicadores son los utilizados para hacer la caracterización integral de una región, tomando en cuenta tanto los factores físicos, como los biológicos de mayor relevancia (Pedroza, 1995). El índice de aridez, índice de sequía temporal, vegetación y el tipo de uso de suelo, fueron los indicadores usados para hacer el estudio de regionalización motivo de este estudio.

Metodología para la determinación de las microrregiones fisiográficas del estado de Durango

1. Mediante el uso del programa Arc View 3.3 y empleando la base de datos INEGI (2010), se identificaron las subprovincias fisiográficas del estado de Durango, para lo cual se utilizó la información de escala de vegetación, edafología y fisiografía 1:1000 000 (Figura 1a).

2. Puesto que el interés particular del área de regionalización de este estudio es la parte centro-norte del estado de Durango, se estableció dicha subregión tomando como referencia las subprovincias del Bolsón de Mapimí, Sierra de Paila, Sierras Transversales, sierras y llanuras de Durango, sierra y llanura del Norte y sierra y lomeríos de Río Grande (Figura 1b).

3. Tomando en cuenta que el índice de aridez de Emberger modificado por Stretta y Mosiño (1963) que es específico para regiones áridas, se excluyó la vegetación de coníferas y encino presente en la Región Centro-Norte del estado de Durango, considerando únicamente los tipos de vegetación de pastizal y matorral xerófilo (Figura 2a).

4. Del Servicio Meteorológico Nacional se obtuvieron las estaciones climatológicas para la Región Centro-Norte del estado de Durango, las cuales fueron geo-referenciadas (Figura 2b).

5. Empleando el software Arc View 3.3 se elaboraron polígonos de Thiessen (Fritz, 2003), para identificar el área de influencia de las estaciones climatológicas incluidas en este estudio (Figura 3).

Metodología para la determinación del índice de aridez

Para determinar las diferentes microrregiones con base en el grado de aridez, se utilizó el Índice de Aridez de Emberger modificado por Stretta y Mosiño (1963), el cual integra la acción predominante del régimen pluviométrico y la influencia de las temperaturas máximas y mínimas promedio del más caliente y frío, respectivamente, ponderadas por la evaporación, obtenida esta última mediante la diferencia del promedio de las temperaturas máximas y mínimas. Esta relación de componentes ambientales concreta en la ecuación:

$$Q' = (M + 45)(M^2 - m^2) / Pp$$

Methodology for determining the physiographic microregions of the state of Durango

1. With the Arc View 3.3 program and the INEGI data base (2010), the physiographic sub-provinces of Durango state were identified, using the information from the vegetation, soil and topography scale 1:1000 000 (Figure 1a).

2. Since the particular interest of the area of regionalization of this study is the central-north region of Durango, this subregion was established taking as reference the sub-provinces of Bolsón de Mapimí, Sierra de Paila (mountain), Transverse ranges, mountains and plains of Durango, mountains and plains of the North and mountains and hills of Río Grande (Figure 1b).

3. Taken into account that the aridity index of Emberger modified by Stretta and Mosiño (1963) specific for arid regions, excluded vegetation of coniferous and oak present in the Central-North Region of the state of Durango, considering only grassland and Xeric scrublands (Figure 2a).

4. From the National Weather Service we obtained the climatic stations for the Central-North Region of the state of Durango, which were geo-referenced (Figure 2b).

5. Using the Arc View 3.3 software Thiessen polygons (Fritz, 2003) were developed to identify the area of influence of the climatic stations included in this study (Figure 3).

Methodology for determining the aridity index

To determine the different micro-regions based on the degree of aridity the Aridity Index of Emberger modified by Stretta and Mosiño (1963) was used, which integrates the predominant action of rainfall patterns and the influence of the average minimum and maximum temperatures of the warmest and coldest period, respectively, weighted by evaporation, this latter obtained by the difference of the average of the maximum and minimum temperatures. This ratio of environmental components formalizes in the equation:

$$Q' = (M + 45)(M^2 - m^2) / Pp$$

Where:

Q' = Aridity Index Value; m = Average of minimum temperature of the coldest month; M = Average of maximum temperature of the warmest month; 45 = constant and; Pp = Annual average precipitation.

For the calculation of the condition of aridity in each region, we proceeded to integrate a database from different climatic stations in the study area, using the findings in each area as determined by Thiessen polygons (Fritz, 2003).

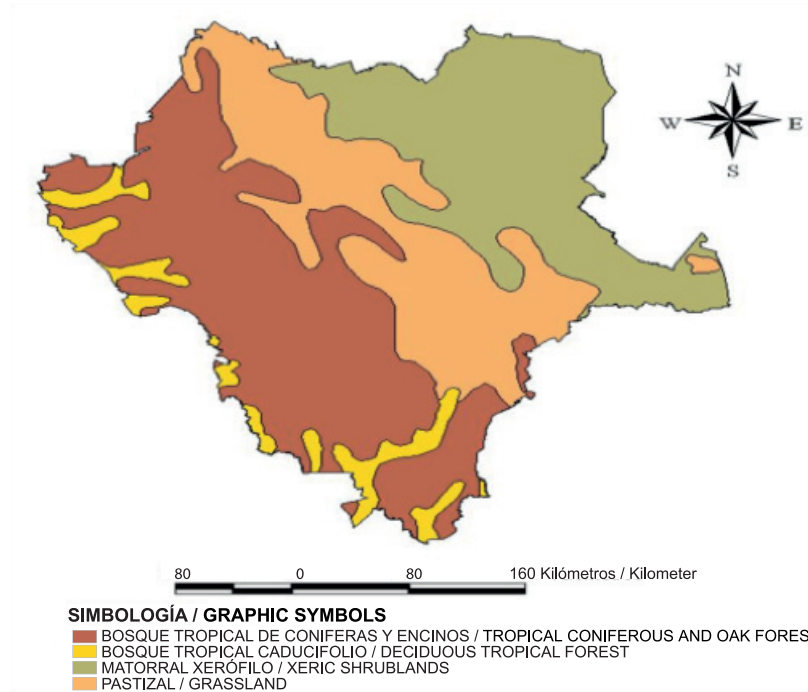


FIGURA 1. Tipos de vegetación (a) y subprovincias (b) en la región centro-norte del estado de Durango.
(Fuente: Elaboración propia con base en mapas disponibles en INEGI, 2010)

FIGURE 1. Types of vegetation (a) and subprovinces (b) in the central-north region of Durango.
(Source: Compiled by author based on maps available at INEGI, 2010)

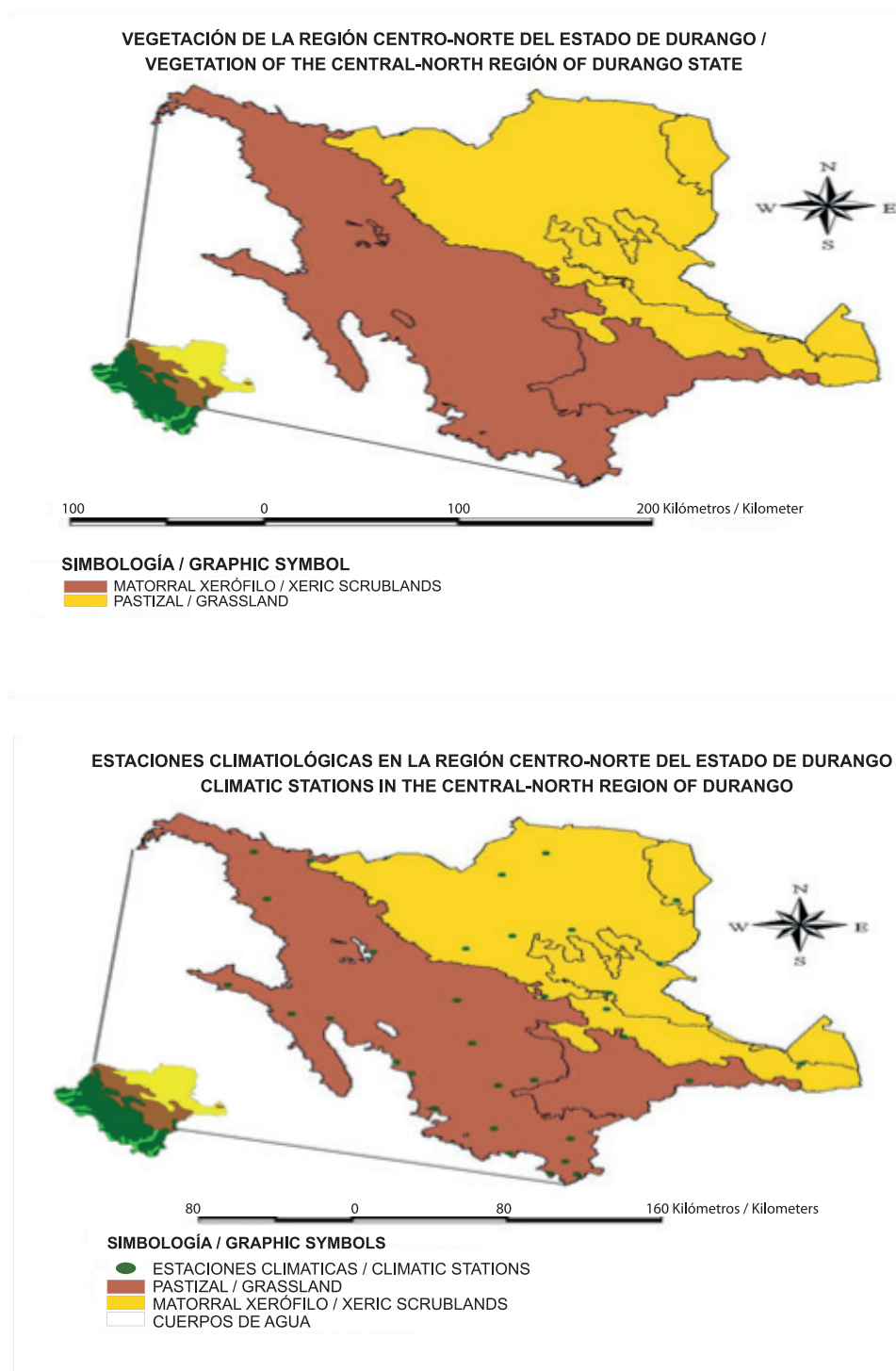


FIGURA 2. Áreas de vegetación de pastizal y matorral xerófilo (a) y georeferenciación de las estaciones climatológicas, indicadas con puntos (b) en la región centro-norte del estado de Durango.
(Fuente : Elaboración propia, con base en mapas disponibles en INEGI, 2010)

FIGURE 2. Vegetation areas of grassland and Xeric scrublands (a) and georeferencing climatic stations, marked with green dots (b) in the central-north region of Durango.
(Source: Compiled by author based on maps available at INEGI, 2010)

POLÍGONOS DE THIESSEN PARA LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL ESTDO DE DURANGO /
THIESSEN POLYGON FOR THE CENTRAL-NORTH REGION OF THE STATE OF DURANGO

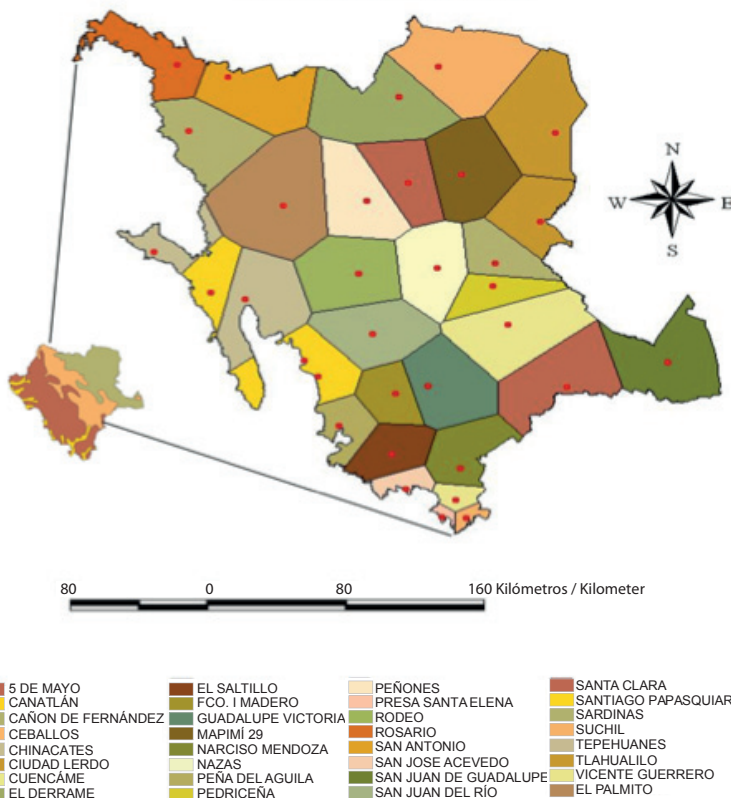


FIGURA 3. Micro-regionalización del área de influencia del estudio aplicando la técnica de los Polígonos de Thiessen (Fritz, 2003) para la Región Centro-Norte del estado de Durango. (Fuente: Elaboración propia)

FIGURE 3. Microregionalization of the area of influence of the study using the technique of Thiessen polygons (Fritz, 2003) for the Central-North Region of the State of Durango. (Source: compiled by author)

Donde: Q' = Valor del índice de aridez; m = Promedio de la temperatura mínima del mes más frío; M = Promedio de la temperatura máxima del mes más caliente; 45 = constante y ; Pp = Precipitación media anual.

Para el cálculo de la condición de aridez de cada región, se procedió a integrar una base de datos a partir de las diferentes estaciones climatológicas de la zona de estudio, aplicando los resultados a cada área de acuerdo a lo determinado con los polígonos de Thiessen (Fritz, 2003).

Determinación de la intensidad de la sequía en época de temporal

Para el cálculo de la intensidad de la sequía en época de temporal (periodo de mayo a octubre), se procedió a generar una base de datos con la precipitación media mensual de las diferentes estaciones climatológicas y se hicieron los respectivos cálculos de acuerdo al siguiente procedimiento:

Determination of the intensity of drought on rainfed

To calculate the intensity of drought on rainfed (from May to October), we proceeded to generate a database with monthly average rainfall from different climatic stations and the respective calculations were performed in accordance with the following procedures:

1. Rainfall records from the National Climatic Service were used during the period 1961 - 2000 to calculate the percentage of seasonal drought per five years of the 30 climatic stations within the study area.
2. The methodology is based on the estimation of the break in the rainfall averages of every five years in the months of May to October, which is the period of rainfed, divided by the overall average rainfall (40 years) from May to October, to calculate later the average for each season drought, according to the following equation:

1. Se utilizaron los registros de precipitación del Servicio Meteorológico Nacional, durante el periodo de 1961- 2000 con el objeto de calcular el porcentaje de sequía temporal por lustro de las 30 estaciones meteorológicas comprendidas en el área de estudio.

2. La metodología se basó en la estimación del receso de la lluvia mediante los promedios de precipitación de cada cinco años en los meses de mayo a octubre, que es el periodo de temporal, dividido entre el promedio de precipitación general (40 años) de mayo a octubre, para posteriormente calcular el promedio de la sequía para cada estación, aplicando la siguiente ecuación:

$$St = 100 - [Pp5m-o/Pprm-o](100)$$

Donde:

St= Sequía en época de temporal; Pp5m-o= Promedio de precipitación cada cinco años de mayo a octubre y; Pprm-o= Promedio de precipitación regional de mayo a octubre en los últimos 40 años.

3. Una vez obtenidos los promedios mensuales para intervalos o periodos de cada cinco años, se clasificaron los porcentajes de sequía según su intensidad y de acuerdo a los valores máximos y mínimos obtenidos en el estado de Durango.

Integración de criterios de regionalización

Una vez determinadas las diferentes regiones fisiográficas por el tipo de vegetación, calculado el índice de aridez y la intensidad de la sequía temporal, se procedió a generar en mapas digitalizados, la integración en capas de estos tres criterios de regionalización. Posteriormente, se procedió a categorizar cada microrregión, con la finalidad de identificar las regiones comunes, que compartieran los mismos índices y con base en ello, hacer la caracterización por tipo de vegetación, grado de aridez e intensidad de sequía temporal de las microrregiones resultantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipo de vegetación

Los tipos de vegetación predominantes para la Región Centro-Norte del estado de Durango fueron matorral xerófilo y pastizal (Figura 2a), con un gradiente de cambio en sentido del noreste (NE) hacia el suroeste (SW), respectivamente.

Grado de aridez

De acuerdo a los resultados para el grado de aridez, existen tres grandes categorías: la más y menos árida de las zonas áridas y la menos árida de las zonas semiáridas, correspondiente a 3, 11 y 16 estaciones para cada categoría, respectivamente. Lo anterior indica que en la región centro-norte

$$St = 100 - [Pp5m-o/Pprm-o](100)$$

Where:

St= drought in rainfed; Pp5m-o= Rainfall average every five years from May to October and; Pprm-o= Average of regional rainfall from May to October in the last 40 years.

3. Once we obtained the monthly averages for intervals or periods of five years, drought percentages were classified according to their intensity and according to the maximum and minimum values obtained in the state of Durango.

Integration of regionalization criteria

After determining the various physiographic regions per type of vegetation, calculated the index of aridity and intensity of seasonal drought, we proceeded to generate digital maps, layered integration of these three criteria of regionalization. Later, we proceeded to categorize each microregion to identify common regions that share the same indexes and based on this, making characterization by vegetation type, degree of dryness and intensity of seasonal drought of resulting microregions.

RESULTS AND DISCUSSION

Type of vegetation

The predominant types of vegetation for the Central-North Region of Durango were Xeric scrubland and grassland (Figure 2a), with a gradient of change in direction of the Northeast (NE), to southwest (SW), respectively.

Degree of aridity

According to the results for the degree of aridity, there are three broad categories: the most and less arid of the arid areas and the less arid of the semi-arid areas, corresponding to 3, 11 and 16 stations for each category, respectively. This indicates that in the central-north region of the state of Durango, the most arid sub-region of the arid areas with aridity index between 222-500 with class A₂ (Stretta and Mosiño, 1963), is identified at climatic stations of Lerdo, Ceballos (Mapimí) and Tlahualilo. This area is considered part of Bolsón of Mapimí and indeed is the most representative of the Mexican semiarid. Due to the aridity conditions is difficult to make seasonal agriculture, except when irrigation water is supplied (Blando, 2001).

The other sub-region is identified as the less arid from the arid areas, with category B₂ with an aridity index ranging from 118-222 (Stretta and Mosiño, 1963), in which the absence of seasonal agriculture persists. This category includes 11 stations, located in the municipalities of Mapimí, San Pedro del Gallo, Indé, San Juan de Guadalupe, Rodeo, Nazas and Cuencamé (Table 1) were found. This region could be

del estado de Durango, la sub-región más árida de las zonas áridas con índice de aridez entre 222 y 500 con categoría A_2 (Stretta y Mosiño, 1963), es la identificada en las estaciones meteorológicas del municipio de Lerdo, Ceballos del municipio de Mapimí y el municipio de Tlahualilo. Esta área se considera parte de la región del Bolsón de Mapimí y que efectivamente, es la parte más representativa del semiárido mexicano. Por la condición de aridez es difícil hacer agricultura de temporal, excepto cuando se suministra agua de riego (Blando, 2001).

La otra subregión es la identificada como la menos árida de las zonas áridas, con categoría B_2 con un índice de aridez que varía de 118 a 222 (Stretta y Mosiño, 1963), en las cuales persiste la ausencia de agricultura de temporal. En esta categoría se encontraron 11 estaciones, ubicadas en los municipios de Mapimí, San Pedro del Gallo, Indé, San Juan de Guadalupe, Rodeo, Nazas y Cuencamé (Cuadro 1). Esta región podría considerarse como la parte intermedia de sur a norte y donde se aprecia una condición de aridez regular. Aunque no hay agricultura de temporal, sí es factible la práctica de esta actividad mediante la captación de agua de lluvia procedente de cuencas hidrológicas. Pero es común también este tipo de agricultura a partir de captación de escurrimientos hídricos de laderas, en lo que se denomina como agricultura de escorrentía (Pedroza, 2010).

CUADRO 1. Ubicación de las estaciones clasificadas como Zonas Áridas B_2 , según Índice de Aridez de Embarger modificado por Stretta y Mosiño (1963).

TABLE 1. Location of the stations classified as Arid Areas B_2 , according to the Embarger's Aridity Index modified by Stretta and Mosiño (1963).

MUNICIPIO / MUNICIPALITY	ESTACIONES / STATIONS
Cuencamé	Cañón de Fernández
San Pedro del Gallo	5 de Mayo
Cuencamé	Cuencamé
Mapimí	El Derrame
Indé	El Palmito
Mapimí	Mapimí km 29
Nazas	Nazas
San Pedro del Gallo	Peñoles
Cuencamé	Pedriceñas
Rodeo	Rodeo
San Juan de Guadalupe	San Juan de Guadalupe

considered as the intermediate part from south to north, and with a regular condition of aridity. Although there is no seasonal agriculture, the practice of this activity is feasible by capturing rain water from watersheds. But it is also common this type of agriculture from slope water catchment runoff, in what is termed as runoff agriculture (Pedroza, 2010).

The last area located south of the study area was classified with the A_3 category, considered the most arid are from the semi-arid areas, ranging from 67-118 according to the categorization made based on the Embarger index modified by Stretta and Mosiño (1963). This subregion covered 16 meteorological stations located in 14 municipalities (Table 2), which could be considered the less arid subregion, where part of the most representative rainfed area of the country is located, mainly in what refers to Guadalupe Victoria and surrounding municipalities that make up the so-called region of plains (Figure 4).

Seasonal drought

According to the results of seasonal drought expressed as a percentage, according to the equation given in Materials and Methods, we proceeded to make a categorization of 1 (1-3 %), 2 (4-6 %), 3 (7-9 %), 4 (10-12 %) and 5 (13-15 %) to classify the sub-regions by drought intensity: low, light, moderate, medium and high, respectively (Table 3). According to this categorization, we have that 54.5 % of the monitored stations recorded a slight drought, corresponding to a value between 4-6 % intensity; followed in importance the moderate drought frequency with 36.3 % of stations with 7-9 % intensity of drought; minimum frequency values were the minimum and high drought, with 6 and 3 % of the climatic stations. Medium drought was not recorded in any of the monitored sites (Table 4).

According to the spatial distribution of the intensity of seasonal drought (Figure 5), is possible to identify a gradient from high to low intensity in north-south direction of the study region.

Regionalization categories

The categorization proposed by integrating the indicators mentioned above, arises from the possible combinations of the different levels of each regionalization approach, resulting in the following categories (Figure 6):

Category 1: Area A_2 , corresponding to the most arid area, with Xeric scrubland and moderate seasonal drought. Stations belonging to this sub-region are: Ceballos, Tlahualilo and Cd. Lerdo. **Category 2:** With aridity index B_2 , corresponding to the most arid area, with Xeric scrubland having a seasonal moderate drought; the station belonging to this category is located in the municipality of Mapimí, specifically in the population of el Derrame. **Category 3:** With aridity index B_2 , also corresponding to the driest areas of the

La última zona ubicada hacia el sur de la región de estudio, fue clasificada con la categoría A_3 , considerada como la más árida de las zonas semiáridas, que se ubica en el rango de 67 a 118 de acuerdo a la categorización hecha con base en el Índice de Embarger modificado por Stretta y Mosiño (1963). Esta subregión abarcó 16 estaciones meteorológicas, ubicadas en 14 municipios (Cuadro 2), los cuales podrían considerarse como la subregión menos árida, donde se localiza parte del área de temporal de secano más representativa del país, principalmente en lo que se refiere a Guadalupe Victoria y municipios circunvecinos, que conforman la denominada región de los Llanos (Figura 4).

CUADRO 2. Ubicación de las estaciones clasificadas como Zonas Áridas A_3 , según Índice de Aridez de Embarger modificado por Stretta y Mosiño (1963).

TABLE 2. Location of stations classified as Arid Areas A_3 , according to Embarger Aridity Index and modified by Stretta and Mosiño (1963).

MUNICIPIO / MUNICIPALITY	ESTACIÓN / STATION
Nombre de Dios	El Saltito
Pánuco de Coronado	Fco. I. Madero
Guadalupe Victoria	Guadalupe Victoria
Poanas	Narciso Mendoza
Durango	Peña del Águila
Ocampo	Rosario
Ocampo	San Antonio
Nombre de Dios	San José Acevedo
San Juan del Río	San Juan del Río
Santa Clara	Santa Clara
San Bernardo	Sardinas
Súchil	Súchil
Tepehuanes	Tepehuanes
Vicente Guerrero	Vicente Guerrero
Canatlán	Canatlán
Santiago Papasquiaro	Santiago Papasquiaro

arid areas, with Xeric scrubland but with a slight seasonal drought; the stations belonging to this category are: Cañón de Fernández and 5 de Mayo, municipality of Cuencamé and the station Mapimí km 29, located in the municipality of Mapimí. **Category 4:** With aridity index B_2 , corresponding to the same degree of aridity that the last two categories and also with Xeric scrubland, but with secondary grassland vegetation and moderate seasonal drought; the stations belonging to this category are: Nazas in the municipality with the same name, Peñoles in the municipality of San Pedro del Gallo, Pedriceña in the municipality of Cuencamé and San Juan de Guadalupe. **Category 5:** With aridity index B_2 , also corresponding to the driest parts of the arid areas, with Xeric scrubland as main vegetation and grassland as secondary vegetation, but with a slight seasonal drought; the station belonging to this category is Cuencamé, in the municipality with the same name. **Category 6:** With aridity index B_2 , like the previous categories, with grassland as main vegetation and Xeric scrubland as secondary vegetation, and has a slight seasonal drought; the stations belonging to this category are: El Palmito in the municipality of Indé and Rodeo in the municipality with the same name. **Category 7:** With aridity index A_3 , corresponding to less arid area from the semiarid areas with Xeric scrubland as vegetation primary and grassland as secondary vegetation and moderate seasonal drought. The station belonging to this category is San Antonio in the municipality of Ocampo. **Category 8:** Also with aridity index A_3 , with Xeric scrubland as main vegetation and grassland as secondary vegetation, but with a slight seasonal drought. The station belonging to this category is Santa Clara in the municipality with the same name. **Category 9:** With the same aridity index A_3 , grassland as main vegetation and Xeric scrubland as secondary vegetation and a moderate seasonal drought; the station belonging to this category is el Rosario in the municipality of Ocampo. **Category 10:** Also A_3 , with grassland as main vegetation and Xeric scrubland as secondary vegetation, but with a slight seasonal drought; the stations belonging to this category are: Guadalupe Victoria in the municipality with the same name; San Juan Río in the municipality with the same name and Sardinas in the municipality of San Bernardo. **Category 11:** A_3 also, but predominantly grassland vegetation and a slight seasonal drought; the station belonging to this category is that of Santiago Papasquiaro in the municipality with the same name. **Category 12:** Also A_3 and grassland area with moderately seasonal drought; the stations belonging to this category are: Francisco. I. Madero in the municipality of Pánuco de Colorado, Narciso Mendoza in the municipality of Poanas, Peña del Águila in the municipality of Durango, San José Acevedo in the municipality Nombre de Dios, Súchil in the municipality with the same name, Vicente Guerrero and Canatlán, both in the municipalities with the same name, respectively. **Category 13:** A_3 with grassland having a minimum seasonal drought; the stations belonging to this category are: El Saltito in the municipality of Nombre de Dios and Tepehuanes in the municipality with the same name.

ÍNDICES DE ARIDEZ PARA LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE DURANGO /
ARIDITY INDEX FOR THE CENTRAL-NORTH REGION

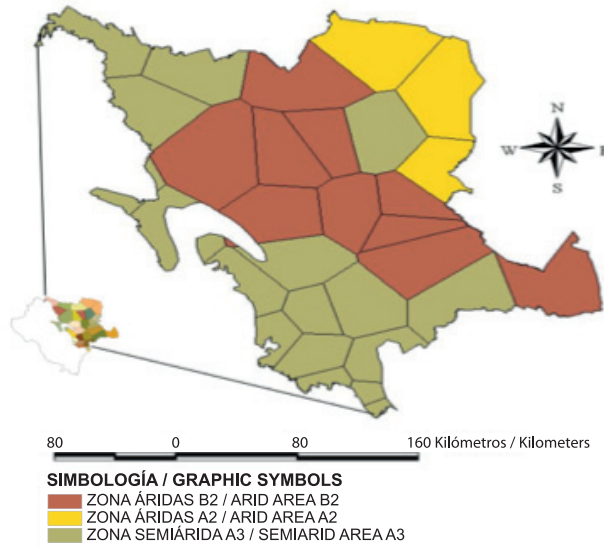


FIGURA 4. Grados de aridez para la región centro-norte del estado de Durango.
(Fuente: Elaboración propia).

FIGURE 4. Levels of aridity for the central-north region of the state of Durango.
(Source: Compiled by author).

Sequía temporal

De acuerdo a los resultados de la sequía temporal expresada en porcentaje, de acuerdo a la ecuación indicada en materiales y métodos, se procedió a hacer una categorización de 1 (1-3 %), 2 (4-6 %), 3 (7-9 %), 4 (10 a 12 %) y 5 (13-15 %) para clasificar a las subregiones por intensidad de sequía: mínima, ligera, moderada, media y alta, respectivamente (Cuadro 3). De acuerdo a esta categorización, se tiene que el 54.5 % de las estaciones monitoreadas registraron una sequía ligera, correspondiente a un valor entre el 4 a 6 % de intensidad; le siguió en importancia de frecuencia la sequía moderada con un 36.3 % de las estaciones con un 7 a 9 % de intensidad de sequía; los valores mínimos de frecuencia fueron los de sequía mínima y alta, con el 6 y el 3 % de las estaciones meteorológicas. La sequía media no se registró en ninguna parte de los sitios monitoreados (Cuadro 4).

De acuerdo a la distribución espacial de la intensidad de la sequía temporal (Figura 5), se puede identificar un gradiente de intensidad de mayor a menor en sentido norte-sur de la región de estudio.

Categorías de regionalización

La categorización propuesta mediante la integración de los indicadores anteriormente citados, surge de las combinacio-

The identification of the 13 subregions of the study area, should allow planning a more targeted and systematic use of natural resources, based on the biophysical characteristics that each subregion has. A planning process with different purposes, such as: conservation, development and/or production of biotic resources in arid areas. According to different authors (Etchevers, *et al.*, s/f; Velazco and Reyes, 2007; Stankey, *et al.*, 1985) regionalization is the best planning tool, especially when integrating different biophysical indicators such as the type of soil, type of native vegetation, frequency of droughts and aridity conditions, which are the main factors that determine and affect the productive potential in arid regions.

CONCLUSIONES

The type of vegetation in the study area is composed of two major subregions: grassland with East direction and Xeric scrubland with West direction, in the direction of the subprovince of Bolsón de Mapimí, toward the subprovince of Sierra y Llanura de Durango.

Three major subregions of aridity were identified: A₂, B₂ and A₃, corresponding to the most arid and less arid area of the arid areas and the most arid area of the semi-arid areas, with 3, 11 and 16 % of the climatic stations monitored, respectively, aridity gradient from highest to lowest in northwest-southeast direction (NW-SE).

CUADRO 3. Clasificación para el porcentaje de sequía temporal.

Escala Sequía Temporal		
Rango (%)	Valor	Categoría
1 - 3	1	Mínima
4 - 6	2	Ligera
7 - 9	3	Moderada
10 - 12	4	Media
13 - 15	5	Alta

TABLE 3. Classification for percentage of seasonal drought.

Scale Seasonal drought		
Range (%)	Value	Category
1 - 3	1	Low
4 - 6	2	slight
7 - 9	3	Moderate
10 - 12	4	Medium
13 - 15	5	Hight

CUADRO 4. Frecuencia estimada de sequía temporal por categoría de intensidad en la zona centro-norte del estado de Durango.

Frecuencia	Valor	Clasificación
2	1	Mínima
18	2	Ligera
12	3	Moderada
0	4	Media
1	5	Alta

TABLE 4. Estimated frequency of seasonal drought per intensity category in the central-corth region of the state of Durango.

Frequency	Value	Classification
2	1	Low
18	2	slight
12	3	Moderate
0	4	Medium
1	5	High

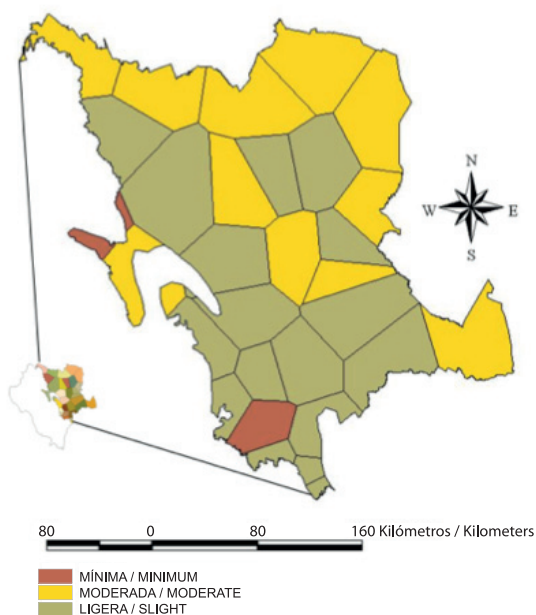


FIGURA 5. Distribución espacial de la sequía temporal en la región centro-norte del estado de Durango. (Fuente: Elaboración propia).

FIGURE 5. Spatial distribution of seasonal drought in the central-north region of the state of Durango. (Source: compiled by author).

CATEGORÍAS PARA LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE DURANGO /
CATEGORIES FOR THE CENTRAL-NORTH REGION OF DURANGO

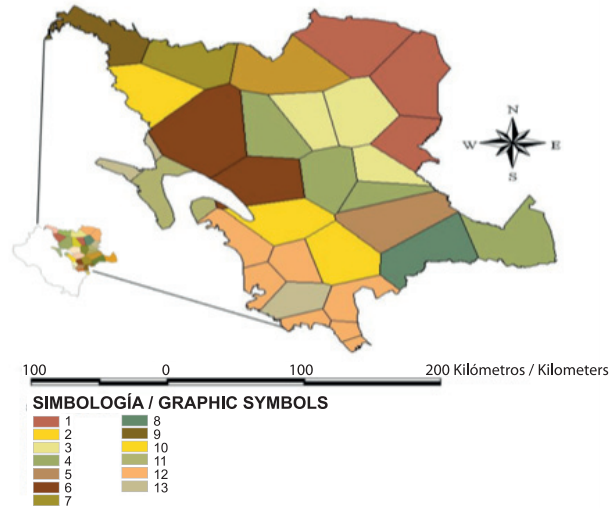


FIGURA 6. Micro-regiones resultantes en la zona centro-norte de Durango de acuerdo a tipo de vegetación, grado de aridez e intensidad de la sequía temporal.
(Fuente: Elaboración propia)

FIGURE 6. Microregions resulting in the central-north region of Durango according to type of vegetation, degree of aridity and intensity of temporary drought.
(Source: Compiled by author)

nes posibles de los diferentes niveles de cada criterio de regionalización, resultando las siguientes categorías (Figura 6):

Categoría 1: Zona A₂, que corresponde a la más árida de las zonas áridas, con matorral xerófilo y una sequía temporal moderada. Las estaciones que pertenecen a esta sub-región son: Ceballos, Tlahualilo y Cd. Lerdo. **Categoría 2:** Con índice de aridez B₂, correspondiendo a la más árida de las zonas áridas, con matorral xerófilo que presenta una sequía temporal moderada; la estación que pertenece a esta categoría es la ubicada en el municipio de Mapimí, específicamente en la población el Derrame. **Categoría 3:** Con índice de aridez B₂, correspondiente también a las zonas más áridas de las zonas áridas, con matorral xerófilo pero con una sequía temporal ligera; las estaciones que pertenecen a esta categoría son: Cañón de Fernández y 5 de Mayo del municipio de Cuencamé y la estación Mapimí km 29, ubicada en el propio municipio de Mapimí. **Categoría 4:** Con índice de aridez B₂, correspondiente al mismo grado de aridez que las dos últimas categorías y también con matorral xerófilo, pero con vegetación secundaria de pastizal y una sequía temporal moderada; las estaciones que pertenecen a esta categoría son: Nazas del municipio del mismo nombre, Peñoles del municipio de San Pedro del Gallo, Pedriceña del municipio de Cuencamé y San Juan de Guadalupe. **Categoría 5:** Con índice de aridez B₂, correspondiente también a las más áridas de las zonas áridas, vegetación principal matorral xerófilo y vegetación secundaria de pastizal, pero con una sequía temporal ligera; la estación que pertenece a esta categoría

In particular seasonal drought is 54.5 % of the stations monitored with a slight drought (from 4 to 6 %); according to the frequency importance, followed by (36.3 %) with moderate drought (7-9 %) and; only 6 and 3 % of the climatic stations recorded a minimum drought (1-3 %) and high drought (13-15 %).

The interaction of types of vegetation, degrees of aridity and drought temporal levels generate as a result 13 micro-regions, which can be a basis for better planning of agricultural and forestry production processes in response to better use and management of resources natural.

End of English Version

es Cuencamé, del municipio del mismo nombre. **Categoría 6:** Con índice de aridez B_2 , igual que las anteriores, con vegetación principal de pastizal y con vegetación secundaria matorral xerófilo, y presenta una sequía temporal ligera; las estaciones que pertenecen a esta categoría son: El Palmito del municipio de Indé y Rodeo del municipio del mismo nombre. **Categoría 7:** Con índice de aridez A_3 , correspondiente a la menos árida de las zonas semiáridas con vegetación principal de matorral xerófilo y vegetación secundaria de pastizal y una sequía temporal moderada; la estación que pertenece a esta categoría es la de San Antonio del municipio de Ocampo. **Categoría 8:** También con un índice de aridez A_3 , vegetación principal de matorral xerófilo y con vegetación secundaria de pastizal, pero con una sequía temporal ligera. La estación que pertenece a esta categoría es la de Santa Clara de municipio del mismo nombre. **Categoría 9:** Con el mismo índice de aridez A_3 , pero con vegetación principal de pastizal y con vegetación secundaria de matorral xerófilo y una sequía temporal moderada; la estación que pertenece a esta categoría es la de Rosario del municipio de Ocampo. **Categoría 10:** También A_3 , vegetación principal de pastizal y con vegetación secundaria de matorral xerófilo, pero con una sequía temporal ligera; las estaciones que pertenecen a esta categoría son: Guadalupe Victoria, del municipio del mismo nombre; San Juan del Río, del municipio del mismo nombre y Sardinias del municipio de San Bernardo. **Categoría 11:** También A_3 , pero con vegetación predominante de pastizal y con una sequía temporal ligera; la estación que pertenece a esta categoría es la de Santiago Papasquiaro del municipio del mismo nombre. **Categoría 12:** También A_3 y área de pastizal que presenta una sequía temporal moderada; las estaciones que pertenecen a esta categoría son: Francisco. I. Madero del municipio de Pánuco de Colorado, Narciso Mendoza del municipio de Poanas, Peña del Águila del municipio de Durango, San José Acevedo del municipio de Nombre de Dios, Súchil del municipio del mismo nombre, Vicente Guerrero y Canatlán, ambas de los municipios del mismo nombre, respectivamente. **Categoría 13:** A_3 con pastizal que presenta una sequía temporal mínima; las estaciones que pertenecen a esta categoría son: El Saltito del municipio de Nombre de Dios y Tepehuanes del municipio del mismo nombre.

La identificación de las 13 subregiones del área de estudio, habrá de permitir una planeación más dirigida y sistemática en el uso de los recursos naturales, en función de las características biofísicas que cada subregión contiene. Una planeación que puede tener diferentes fines, tales como: la conservación, aprovechamiento y/o producción de los recursos bióticos de las zonas áridas. De acuerdo a diferentes autores (Etchevers, *et al.*, s/f; Velazco y Reyes, 2007; Stankey, *et al.*, 1985) la regionalización es la mejor herramienta de planeación, máxime al integrar diferentes indicadores biofísicos, como el tipo de suelo, tipo de vegetación nativa, frecuencia de sequías y condición de aridez, los cuales son los principales factores que determinan y condicionan el potencial productivo en las regiones áridas.

CONCLUSIONES

El tipo de vegetación presente en la región de estudio, está conformada por dos grandes subregiones: la de pastizal con orientación Este y la de matorral xerófilo con orientación Oeste, en dirección de la subprovincia del Bolsón de Mapi-mí, hacia la subprovincia Sierra y Llanura de Durango.

Se identificaron tres grandes subregiones de aridez: A_2 , B_2 y A_3 , correspondiente a las más y menos áridas de las zonas áridas y la más áridas de las zonas semiáridas, con 3, 11 y 16 % de las estaciones meteorológicas monitoreadas, respectivamente, en un gradiente de aridez de mayor a menor en orientación Noroeste-Sureste (NW-SE).

En particular la sequía temporal es de 54.5 % de las estaciones monitoreadas con una sequía ligera (del 4 al 6 %); le siguió en importancia de frecuencia (36.3 %) con sequía moderada (7 a 9 %) y; solo el 6 y 3 % de las estaciones meteorológicas registraron una sequía mínima (1-3 %) y alta (13-15 %).

La interacción de tipos de vegetación, grados de aridez y niveles de sequía temporal generan como resultado 13 microregiones, lo cual puede ser base para una mejor planificación de los procesos productivos agropecuarios y forestales en atención a un mejor uso y manejo de los recursos naturales.

LITERATURA CITADA

- Améndola, R. s/f. Perfiles por país del recurso pastura/forraje. FAO. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/estudiodepais/CAP3_Biodiversidad.pdf
- Arriaga, L.; Espinoza, J. M.; Aguilar, E. C.; Martínez Gómez L.; Loa, E. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/.../terrestres.html>
- Blando-Navarrete, J. L. 2001. Caracterización de unidades ambientales en la región árida de Durango, México. Tesis de Maestría. 129 pp.
- CONABIO, 2008. Regionalización. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>
- Etchevers B. J. D.; Gómez, D. J. D.; Monterroso, R. A. I.; Tinoco, R. J. A. s/f. Formulación de indicadores para evaluar y monitorear la desertificación en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología. Colegio de Posgraduados. Universidad Autónoma Chapingo. 155 pp.
- Fritz, R. F. 2003. Simple and Practical Method for Determining Station Weights Using Thiessen Polygons and Isohyetal Maps. Journal of Hydrological Engineering. July/August, 2003. Recuperado de: www.ehowenespanol.com Educación y ciencia
- Granados T.; Soria J.; Fernández Y. 2008. Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México. Investigaciones

- Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 54: 24-35.
- González-Elizondo, S. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés. Recuperado de: <http://www.plazayvaldes.com.mx/libro/vegetacion-y-ecorregiones-de-durango/1337/>
- INEGI, 2010. Vegetación y Fauna. Recuperado de: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/vegfauna/vegetaci.cfm?c=191>
- Mercado-Mancera, G.; Troyo-Dieguez, E.; Aguirre-Gómez, A.; Murillo-Amador, B.; Beltrán-Morales, L. F.; García-Hernández, J. L. 2010. Calibración y aplicación del índice de aridez De Martonne para el análisis del déficit hídrico como un estimador de la aridez y desertificación en zonas áridas. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo* 26(1): 51-64.
- Pedroza, S. A. 1995. El déficit hídrico en las plantas. Principios y técnicas de manejo. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Bermejillo, Dgo. 162 pp.
- Pedroza, S. A. 2010. Desarrollo Comunitario Sustentable. Una alternativa a la crisis agroalimentaria en países en desarrollo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 147 pp.
- SEMARNAT-INEGI, 2005. Vegetación en México. Recuperado de: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/02_vegetacion/recuadros/c_rec1_02.htm
- Stankey, G.; Cole, D.; Lucas, R.; Petersen, M.; Frissell, S. 1985. The limit of acceptable change, system for wilderness planning. general technical report INT-176. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT. USA
- Stretta, E. J.; Mosiño, P. A. 1963. Distribución de las zonas áridas de la república según un nuevo índice de aridez derivado del de Emberger. *Ingeniería Hidráulica en México* Vol. 16.
- Velasco, I.; Reyes, O. 2007. Caracterización hídrica del estado de Sinaloa, mediante el índice de aridez y el régimen de aridez. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Resumen Núm.028 del Congreso de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Autónoma del Estado de México. Mesa de Recursos Naturales. Recuperado de: www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/.../RN028.doc
- WWF, 2007. Ecorregiones prioritarias. Recuperado de: <http://www.wwf.org.mx/wwfmex/programas.php>