

DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE LA FAMILIA POACEAE EN CHIHUAHUA, DURANGO Y ZACATECAS, MÉXICO

Armando Cortés Ortiz

*Instituto Politécnico Nacional
CIIDIR Unidad Durango- COFAA
Sigma 119 Fracc. 20 de Noviembre II
Durango, Dgo., MEXICO, 34220
c_armando25@hotmail.com*

Yolanda Herrera Arrieta

*Instituto Politécnico Nacional
CIIDIR Unidad Durango- COFAA
Sigma 119 Fracc. 20 de Noviembre II
Durango, Dgo., MEXICO, 34220
yherrera@ipn.mx*

RESUMEN

Se analiza la distribución geográfica y diversidad de las gramíneas en tres estados del norte-centro de México (Chihuahua, Durango y Zacatecas), aplicando técnicas de análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica. El objetivo principal fue mostrar la distribución y diversidad de la familia Poaceae en el área de estudio, para lo que se utilizaron registros de ejemplares de herbario. Con ayuda del programa Diva-GIS, se construyó una cuadrícula regular (de 0.5 × 0.5 grados) en el territorio que comprende los tres estados y se determinó el número de ejemplares colectados y riqueza de especies, lo que permitió visualizar los efectos de la intensidad de colectas y se detectaron áreas de escasa o nula exploración botánica. Se calculó la diversidad aplicando los índices de Shannon y de Margalef. Los resultados señalan que las áreas con mayor diversidad se ubican en las zonas templadas con vegetación de bosques y pastizales naturales, por otra parte se presenta menor diversidad en la zonas con vegetación xerófila, aunque se aprecia un sesgo que ha provocado una mayor diversidad en zonas cercanas a las ciudades capitales de los tres Estados, así como a lo largo de las principales carreteras pavimentadas. Se concluye que estas técnicas de análisis espacial permiten obtener información útil sobre la diversidad y para futuras colectas, a pesar del sesgo mostrado.

PALABRAS CLAVE: Distribución geográfica, diversidad, norte de México, Poaceae, SIG

ABSTRACT

We analyzed the geographic distribution and diversity of grasses in three states of north central Mexico (Chihuahua, Durango, and Zacatecas), using spatial analysis techniques with GIS. The main objective was to document the distribution and diversity of the family Poaceae in the study area. Data were extracted from specimens in major herbaria in Mexico and the United States. Using the Diva-GIS program, we built a grid (0.5 × 0.5 degrees) in the three states, counted the number of herbarium specimens, and determined species richness; we looked at the intensity of collections from different sites and compared them to areas with little or no collections. Diversity was calculated using the Shannon and Margalef index. The results indicate areas with greater diversity are located in temperate areas with forests and grasslands, and lower diversity was recorded in xerophytic regions. There is greater collecting in and around the capital cities of the three states, as well as along the main highways. In spite of the intensity of collecting near population centers and principal highways, we conclude that our analysis provides useful information in determining the location of grass diversity and where future collecting might be focused.

KEY WORDS: Diversity, geographic distribution, GIS, north central Mexico, Poaceae

INTRODUCCIÓN

El estudio de la diversidad biológica es fundamental para entender el funcionamiento de los ecosistemas, la necesidad de su conocimiento se incrementa constantemente para tener un sustento en el manejo y preservación del funcionamiento de los ecosistemas. Esto se logra a través de proyectos de medición de la biodiversidad que consisten en el muestreo, separación, catalogación, cuantificación y mapeo de sus entidades, tales como los genes, individuos, poblaciones, especies, hábitats, ecosistemas y paisajes. Así, la síntesis de la información resultante permite analizar los procesos que la determinan. La correcta evaluación de la biodiversidad provee información esencial para el manejo de los ecosistemas, ya sea para conservación o restauración (Moreno 2001a).

Raven et al. (2011) mencionan que el éxito de las prácticas de conservación se fundamenta en buenos estudios taxonómicos, en el conocimiento ecológico, distribución geográfica y el entendimiento evolutivo de la biodiversidad. Cada uno de estos importantes aspectos en el proceso de estudio de la biodiversidad, representan tareas científicas independientes que sin embargo se conectan fuertemente.

Las especies de la familia Poaceae como cualquier ser vivo tiene una distribución que obedece a cierto

orden, ya que las plantas no están distribuidas al azar, sino que algunos factores limitan su distribución. La mayoría de los vegetales son inmóviles, lo que quiere decir que deben satisfacer sus requerimientos "in situ": allí donde viven deben obtener las materias primas para su sustento, además de tener las condiciones físico-químicas adecuadas. Las especies requieren diferentes condiciones para su óptimo desarrollo (Ederra 1997).

La familia Poaceae, quizás la de mayor importancia económica para la humanidad, presenta unos patrones de distribución y diversidad que obedecen a disponibilidad de sus requerimientos de materias primas y a las condiciones físicas del ambiente en que se desarrollan. Dicha distribución y diversidad son las propiedades que se analizarán en el presente estudio.

Con la idea de abordar algunos de los aspectos que conlleva el estudio de la biodiversidad de plantas, en este caso de las gramíneas distribuidas en el norte-centro de México, se han llevado a cabo revisiones taxonómico-florísticas de la familia Poaceae, en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas (al norte-centro de México) en el herbario CIIDIR del Instituto Politécnico Nacional (Herrera 2001; Herrera y Cortés 2010; Herrera et al. 2010). En ellos se registran más de 100 géneros y cerca de 500 especies de gramíneas que se distribuyen de forma natural en esta región. Donde se analizarán datos de solo presencia de especies, tomados directamente de ejemplares de herbario (alrededor de 8000) revisados con fines taxonómicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos digitales

Los datos digitales georreferidos utilizados en este trabajo fueron tomados de la base de datos BIOTICA generada en revisiones de gramíneas en los tres estados incluidos. Se convirtieron las coordenadas geográficas a grados decimales y se exportó como un archivo de texto (separado por tabulaciones), este archivo se importó en el programa de aplicación de SIG y se generó una cubierta (mapa digital) de puntos de sitios de colecta en formato shape para iniciar el proceso y análisis de su distribución. Mediante aplicaciones de tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en este caso el paquete DIVA-GIS, que fue desarrollado para análisis de diversidad y distribución de especies con el objeto de dilucidar patrones geográficos, ecológicos y genéticos (Hijmans et al. 2004), el cual contiene los algoritmos necesarios para generar en forma sencilla la información requerida.

Datos digitales:

Registro de las gramíneas colectadas en el área de estudio.

Mapa geoestadístico de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas (marco geoestadístico de INEGI).

Programas de cómputo utilizados:

DIVA-GIS versión 7.1.7.2 (<http://www.diva-gis.org/>).

GVSIG 1.9 para Vista (<http://www.gvsig.org/>).

Los herbarios nacionales revisados para los estudios florísticos son: CIIDIR, CHAPA, COCA, ENCB, HUAA, MEXU, RELC, SLPM, UACJ y en el extranjero: ARIZ, NMC, TAES y US, mencionados en los estudios florísticos particulares de cada Estado (Herrera 2001; Herrera y Peterson 2007; Herrera et al. 2010).

Área de estudio

El área de estudio está formada por el territorio de los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, ubicados en el norte-centro de la república mexicana, ocupa una superficie de 446 mil km² (Fig. 1), y se localiza entre las coordenadas extremas 21°02'24" a 31°46'48" Norte y 109°04'12" a 100°44'24" Oeste.

El área se localiza en las Provincias Fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Llanura y Sierras del Norte y parte de la Mesa del Centro (INEG 2000). Por lo tanto, la topografía es variada y accidentada, con variaciones de altitud que va de menos de 500 a 3200 msnm. La ubicación latitudinal así como la distancia e influencia de la zona marina y de las características topográficas de la zona hace que el área de estudio presente una fuerte variación de los factores climáticos como son la temperatura y la precipitación. Dentro del área se presentan lugares de poca altitud donde la temperatura media anual es de 24 a 26°C hasta sitios con gran altitud y con temperaturas medias anuales entre 8 y 10°C. En cuanto a la precipitación, el área de estudio presenta zonas

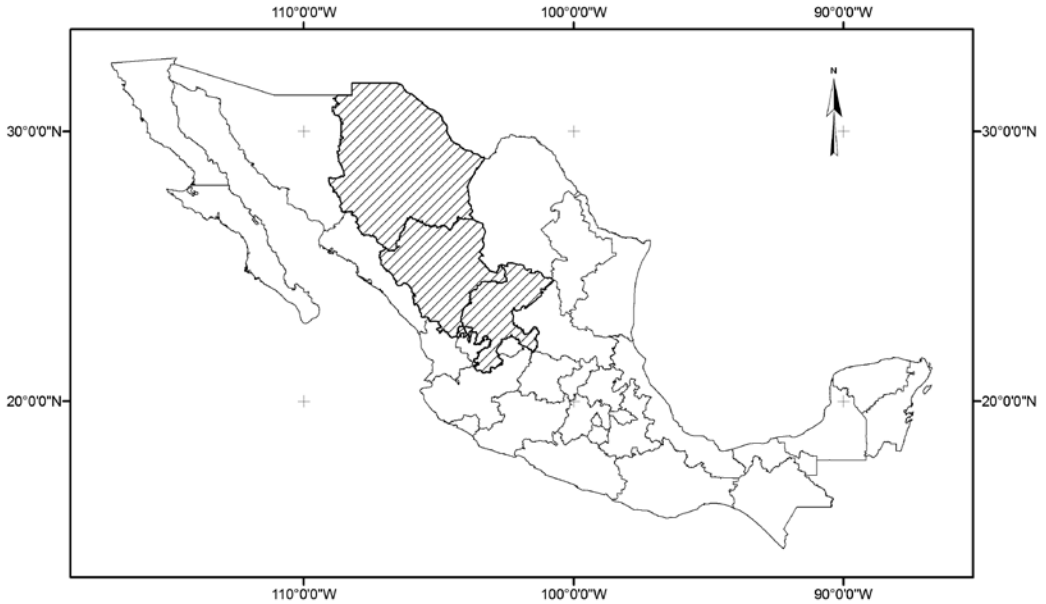


FIG. 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

secas con poca precipitación total anual (200 mm) y zonas subhúmedas con precipitación entre 1000 y 1500 mm anuales. Las características e interrelaciones de los factores hacen que en el área de estudio exista una variedad de comunidades vegetales o tipos de cobertura de suelo, existen áreas con selva baja caducifolia, bosques templados formados con pino y encino principalmente, pastizales naturales, matorrales xerófilos de diferentes tipos como son el matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral crasicale; además por las características del suelo se presentan comunidades arbustivas y pastizales de afinidad halófila (INEGI 1998).

1. Distribución de ejemplares colectados

El análisis de distribución de los sitios de las especies se realizó con la elaboración de un mapa de distribución de los sitios de colecta de gramíneas, el número de colectas y la relación de los sitios de colecta con la distancia a carreteras y principales ciudades. El listado florístico de las 535 especies de gramíneas incluidas en este análisis se reportan en Herrera y Cortés (2010).

A. Análisis de la distribución geográfica de ejemplares colectados.—Los datos analizados provienen de 8,171 ejemplares de gramíneas colectados en Chihuahua, Durango y Zacatecas por diversos colectores en diferentes fechas y depositados en herbarios nacionales y del extranjero, los cuales fueron revisados críticamente para validar su correcta identificación, organizados y referenciados geográficamente durante la realización de trabajos como: *Las Gramíneas de Durango* (Herrera 2001), *Muhlenbergia* (Poaceae) de Chihuahua, México (Herrera y Peterson 2007), *Gramíneas de Zacatecas, México* (Herrera et al. 2010), *Las Gramíneas de Chihuahua (en elaboración)* y *Listado florístico y aspectos ecológicos de la familia Poaceae para Chihuahua, Durango y Zacatecas, México* (Herrera y Cortés 2010). Con los registros de las colectas se elaboró con DIVA_GIS un mapa de distribución de los sitios colectados, carreteras y límites estatales.

B. Análisis de la relación de los sitios de colecta con los caminos y principales ciudades.—Con las capas digitales de los sitios de colecta, carreteras y límites estatales se analizó la relación de los sitios de colecta con las carreteras para conocer el sesgo de infraestructura (Hijmans et al. 2000), que podría influir en los resultados de este trabajo. En este análisis por medio del programa de SIG se calculó la distancia entre cada sitio de muestreo con la

carretera más cercana y los datos obtenidos fueron organizados por la distancia desde la carretera y el número de sitios de colecta. Además, se calculó la distancia entre cada sitio y las ciudades de Chihuahua, Durango, Fresnillo y Zacatecas y los resultados fueron organizados según la distancia encontrada.

C. Análisis de número de ejemplares colectados.—Este análisis de inicio en DIVA-GIS con la capa de puntos (en formato shapefile) correspondientes a los 8,171 ejemplares colectados con los que se formó una rejilla con 214 cuadros de 30' de latitud por 30' de longitud, y se determinó el número de ejemplares colectado en cada cuadro.

2. Riqueza de especies y diversidad

Se estimaron índices de diversidad alfa con el Índice Shannon y el Índice de Margalef para evaluar la riqueza de especies. Estos índices, indican la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea y con un método basado en la cuantificación del número de especies presentes (Moreno 2001^a). Esta forma de analizar la diversidad es muy conveniente ante la rápida transformación de los ecosistemas naturales, ya que ayuda a monitorear el efecto de los cambios en el ambiente tanto en comunidades naturales y modificadas (Moreno 2001b).

A. Análisis de riqueza de especies.—La riqueza de especies se determinó de manera similar al número de ejemplares, con el programa Diva-GIS se generó una primera rejilla indicando el número de especies en cada uno de los 214 cuadros.

B. Análisis de distribución latitudinal de especies.—Se realizó un proceso con Diva-GIS para conocer la variación del número de especies por cada grado de latitud para lo que se formó una rejilla dividida cada grado de latitud con el número de especies presentes.

C. Análisis de diversidad.—El análisis de diversidad de tipo alfa (Moreno 2001^a) se realizó con algoritmos de diversidad del programa Diva-GIS a nivel de cada cuadro aplicando los índices (Tabla 1).

RESULTADOS

1. Distribución de ejemplares colectados.

A. Distribución geográfica de ejemplares colectados.—Se obtuvo un mapa con los sitios de colecta de 8,171 ejemplares de gramíneas incluidas en el presente análisis, indicando las carreteras pavimentadas, terracerías y límites estatales (Fig. 2). Las especies de importancia (endemismos, escasas, específicas de un tipo de vegetación, introducidas y acuáticas o subacuáticas) se citan en Herrera y Cortés (2010), donde además se puede consultar la Tabla 1 que contiene todos los taxa (535) encontrados en esta región, con datos de comunidades vegetales en que se encontraron, origen, subfamilia a la que pertenecen y Estados de esta región donde se encontraron ejemplares.

B. Relación de los sitios de colecta con los caminos y principales ciudades.—En el mapa (Fig. 2) se observa que los sitios de colecta están cercanos a las principales vías de comunicación y grandes ciudades como Chihuahua, Durango, Fresnillo y Zacatecas. Como resultado del análisis de la relación de los sitios de colecta y la red de carreteras se obtuvo que la mayoría de los sitios se encuentran localizados a menos de 2 km de distancia. En la Figura 3 se aprecia que la mayor frecuencia de sitios está a menos de 200 m de los caminos principales y que disminuye conforme aumenta la distancia, principalmente a distancias mayores de 2 km.

También se obtuvo como resultado que los sitios se encuentran en mayor porcentaje a menos de 250 km de las ciudades de Chihuahua, Durango, Fresnillo y Zacatecas, como puede observarse en la Figura 4.

Esta cercanía a los principales caminos y ciudades provoca un sesgo conocido como sesgo de infraestructura (Hijmans et al. 2000) que repercute en los resultados de diversidad y distribución de las especies de gramíneas que se generaron en este trabajo.

C. Número de ejemplares colectados.—Como resultado del análisis de los ejemplares colectados se encontró que algunas áreas (celdas de la rejilla) están muy colectadas mientras que otras celdas no presentan ejemplares colectados. Así, encontramos (Fig. 5) que 45 celdas (22.8% del área) no presentan ninguna colecta, 24 celdas (12.2%) presentan 1 a 5 ejemplares colectados, 25 celdas (12.7%) con 6 a 10 ejemplares, 82 celdas (41.6%) con

TABLA 1. Fórmulas para estimar los índices de diversidad utilizados.

Índice	Fórmula
Shannon	$H' = -\sum p_i \ln p_i$
Margalef	$D_{Mg} = (S - 1) / \ln(N)$

S – número de clases únicas por celda (especies)

N – número de observaciones por celda

n_i – número de individuos en la clase i -ésima

p_i – abundancia proporcional a la clase i -ésima = n_i / N

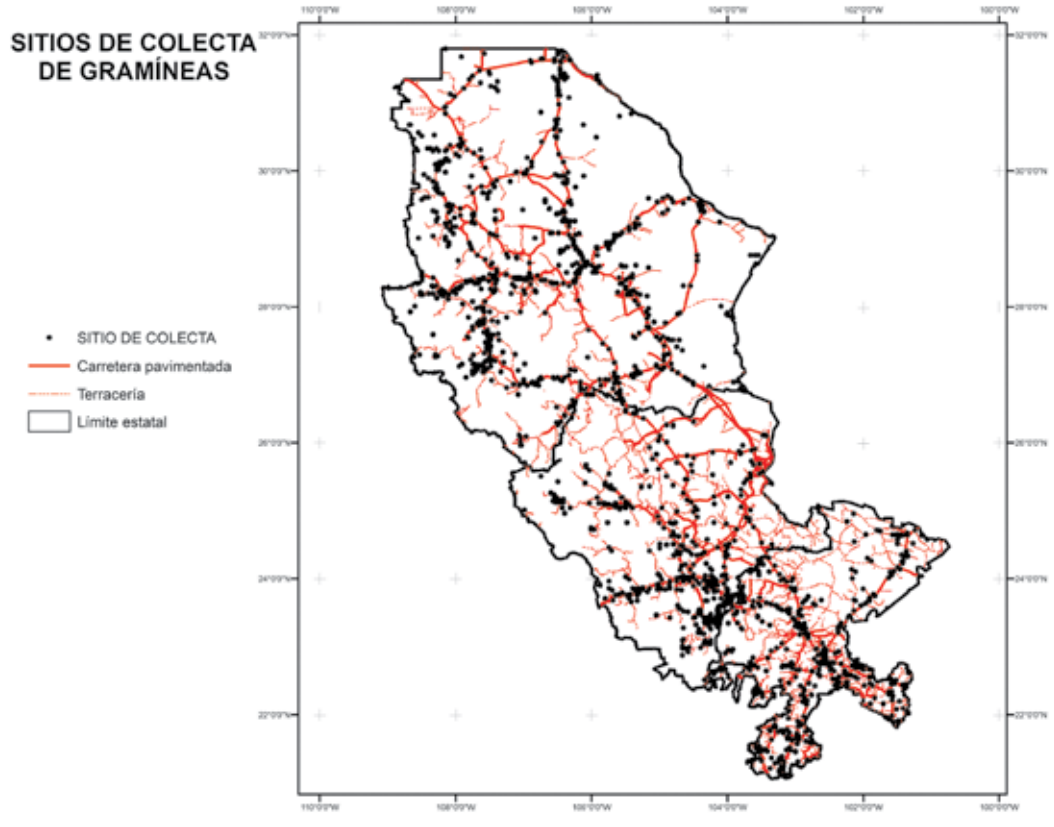


Fig. 2. Mapa de sitios de colecta de las gramíneas en el área de estudio.

11 a 100 1ejemplares, 14 celdas (7.1%) con 101 a 200 ejemplares, 5 celdas (2.5%) con 200 a 300 ejemplares, 1 celda (.5%) con 301 a 400 y otra (0.5%) con 401 a 506 ejemplares colectados. Esta distribución de ejemplares colectados se nota sesgada como se plantea en las secciones anteriores, por la presencia de grandes ciudades y otros sitios de interés biológico sobre-muestreados como son: la Reserva de La Michilia, el Parque Nacional Cascada Basaseachi y la Barranca del Cobre en Batopilas, Chihuahua.

2. Riqueza de especies y diversidad

Se obtuvieron datos y mapas de riqueza de especies y del índice de diversidad, en dichos mapas se ven estos dos indicadores en forma clara y se puede apreciar la influencia del sesgo producido por la distribución de las colectas.

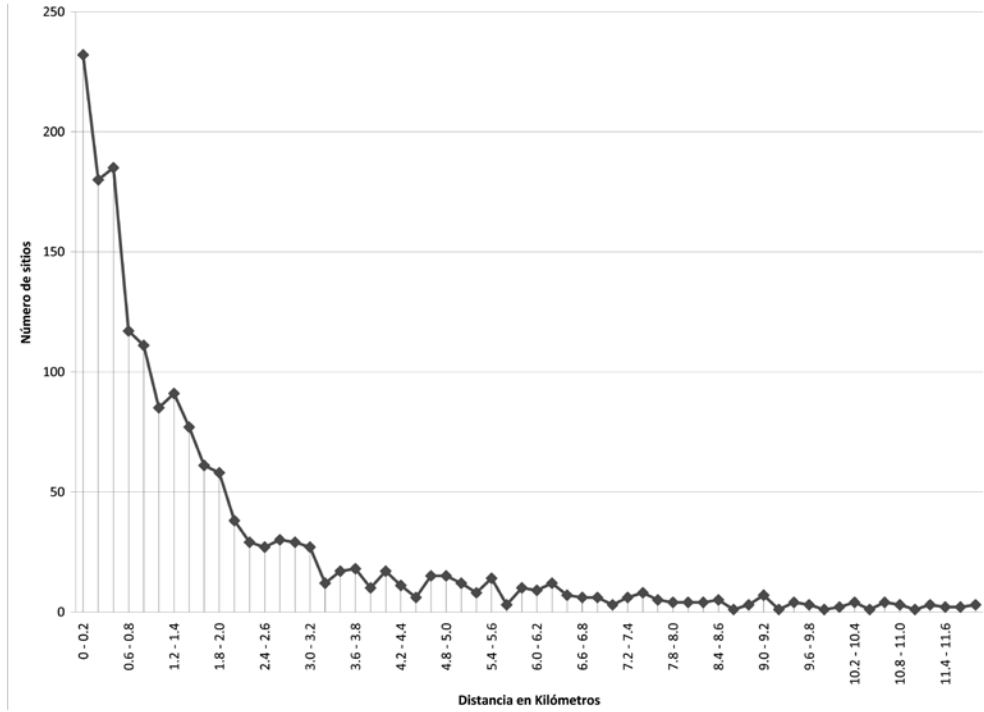


Fig. 3. Número de sitios de colecta según la distancia a las carreteras.

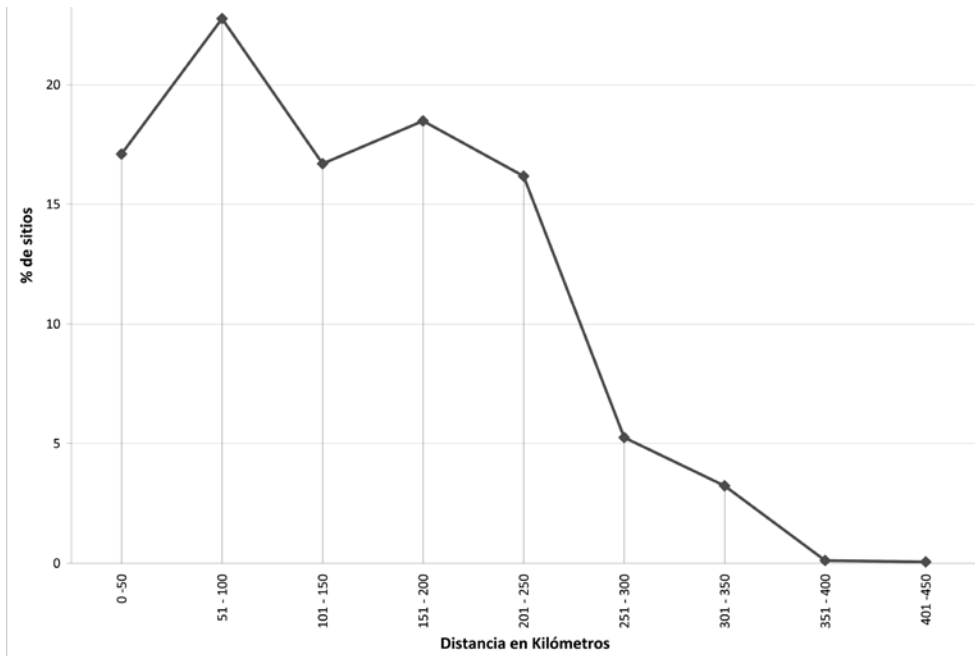


Fig. 4. Distancia desde los sitios de colecta a las principales ciudades del área de estudio (Chihuahua, Durango, Fresnillo y Zacatecas).

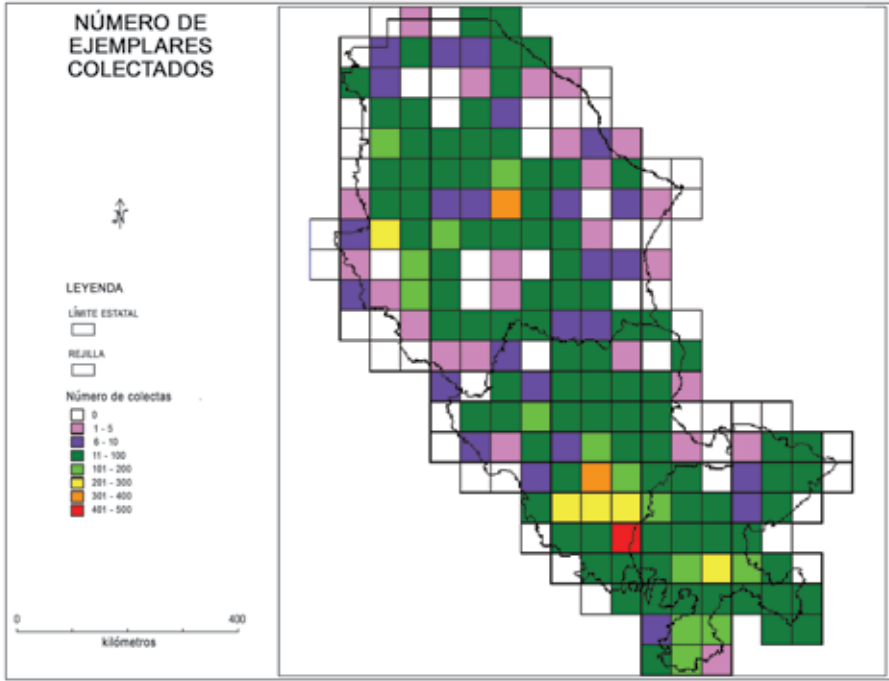


Fig. 5. Mapa con la rejilla de cuadros de 30 x 30 minutos y con la distribución de ejemplares colectados.

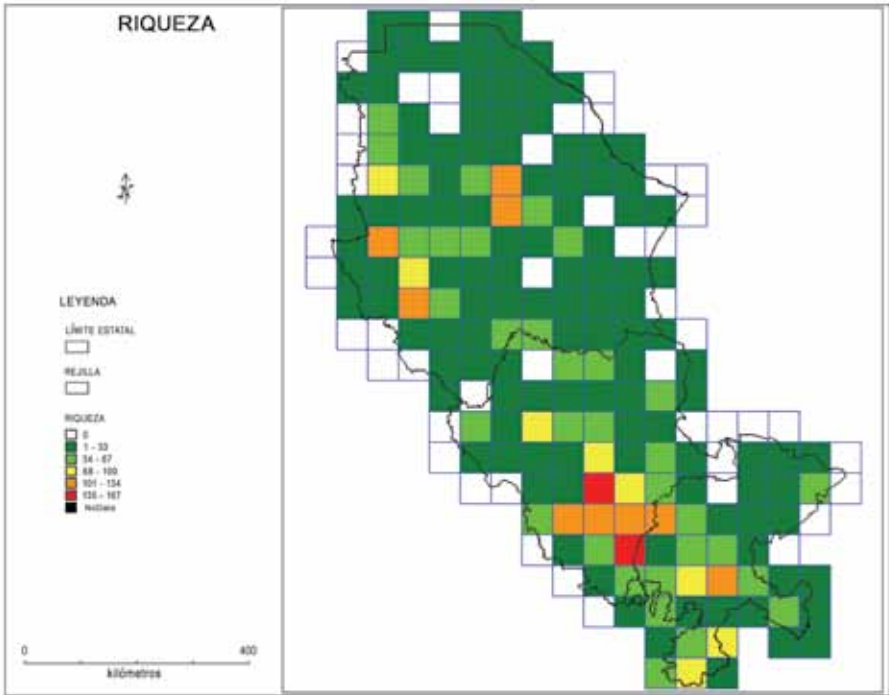


Fig. 6. Mapa de riqueza de especies.

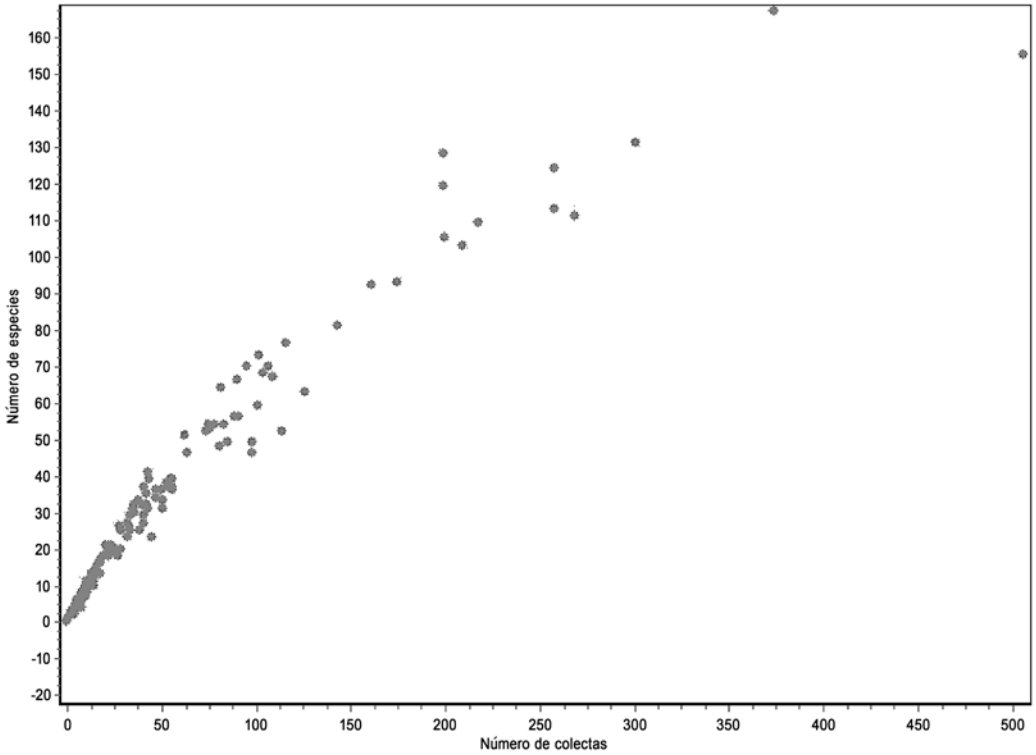


Fig. 7. Proyección del modelo de acumulación de especies de dependencia lineal entre número de muestras o colectas y el número de especies registradas en los cuadros.

TABLA 2. Número de especies (riqueza de especies) y número de cuadros del área de estudio.

Número de especies	Cuadros
0	47
1–33	115
34–67	33
68–100	8
101–134	9
135–167	2
Total	214

A. *Análisis de riqueza de especies.*—En cuanto a la riqueza de especies, es decir el número de especies en cada cuadro, se obtuvo el mapa de la Figura 6, se observa que la mayoría del área presenta pocas especies colectadas menos de 33 especies y sólo en algunas áreas hay hasta 167 especies de gramíneas. También hay 47 cuadros en que no se han realizado colectas (Tabla 2).

Con la cuantificación de colectas y riqueza de especies fue posible determinar la relación entre ambas cantidades como se muestra con la proyección del modelo de acumulación de especies con dependencia lineal. Estos resultados muestran (Fig. 7) que entre más colectas se han realizado mayor es el número de especies registradas en cada uno de los cuadros. Una aplicación de esta función es en la planeación del trabajo de campo, ya que permite conocer el esfuerzo de colecta requerido para añadir un determinado número o porcentaje de especies a la muestra (Moreno & Haffter 2000).

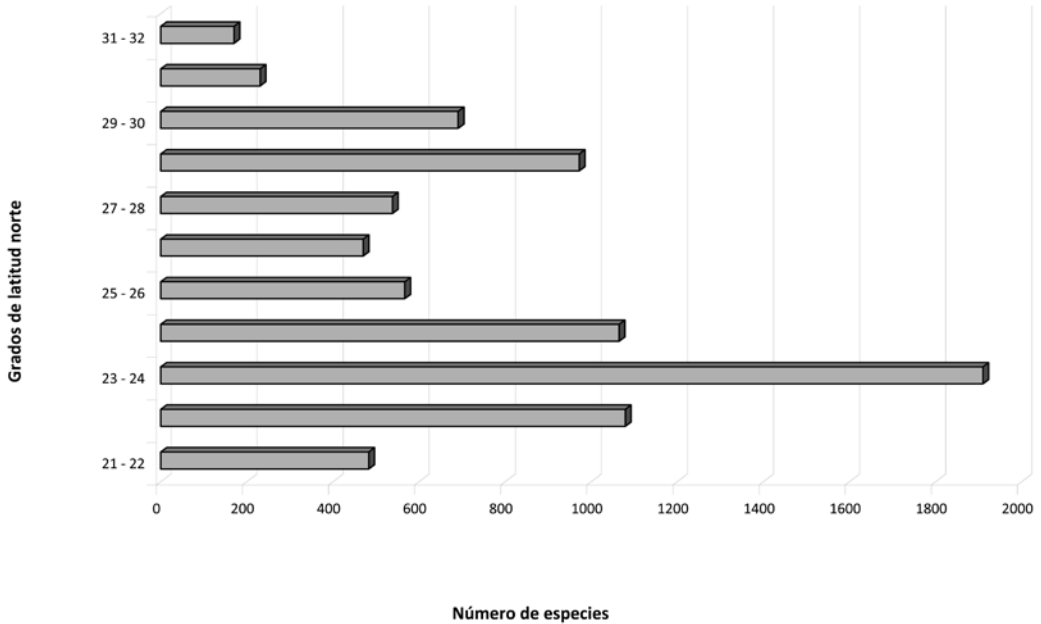


Fig. 8. Frecuencia de especies de gramíneas registradas según la latitud.

B. Análisis de distribución latitudinal de especies.—El número de especies registradas varía con la latitud de tal manera que los cuadros ubicados en los intervalos 23°–24° N y 28°–29° N presentan mayor número de especies (Fig. 8). La ciudad de Durango se ubica a una latitud de 24°01'N y la ciudad de Chihuahua en la latitud de 28°38'N, lo que confirma la existencia del sesgo ocasionado por una frecuencia de muestreo mayor cerca de las principales ciudades del área de estudio. Gaston y Spicer (2004) establecen la consideración muy generalizada de que, “la riqueza de especies de la mayoría de los grupos de organismos se incrementa desde las altas latitudes (templadas) hacia las bajas latitudes (tropicales)”, condición que no se cumple en este análisis por el fuerte sesgo que se presentan los datos de distribución de los sitios de colecta, que hace que no se cumpla la observación generalizada.

C. Análisis de diversidad.—Al determinar los índices de diversidad con el programa Diva-GIS se generó el mapa de la Figura 9, el cual indica para el índice de Shannon valores que van de 0 a 5. Los valores más altos (5) se presentan cerca de la ciudad de Durango, en el Valle del Guadiana y en la región de la zona de Reserva de la Biosfera La Michilia. Otra zona con valores altos corresponde a la región del municipio de Chihuahua, Chih. Una tercera zona con valores altos del índice de Shannon es el área que comprende los municipios de Batopilas, Guachochi y Urique, Chih., en donde se localiza las Barrancas del Cobre y el Parque Natural Cascada Basaseachi. Mientras que los cuadros con valores de 3 y 4 de Índice de Shannon son cruzados por las principales carreteras existentes en el área de estudio y con tipos de vegetación de bosques y pastizales naturales. Todo ello indica un sesgo por mayor número de colectas y de especies. Las áreas con vegetación xerófila presenta principalmente valores de 2 a cero por pocas colectas y pocas especies registradas.

El mapa generado con el Índice de Margalef (Fig. 10) muestra los cuadros representados con los valores del índice que van de 1 a 28, los cuadros con valores de 23 a 28 representados con el color rojo corresponden a la ciudad de Durango, ciudad Chihuahua, zona de la Barranca del Cobre y la Reserva de la Biosfera La Michilia. También se observa que los cuadros con valores de 5 a 22 corresponden a las áreas que presentan carreteras pavimentadas por lo que presentan cierta frecuencia de colectas realizadas.

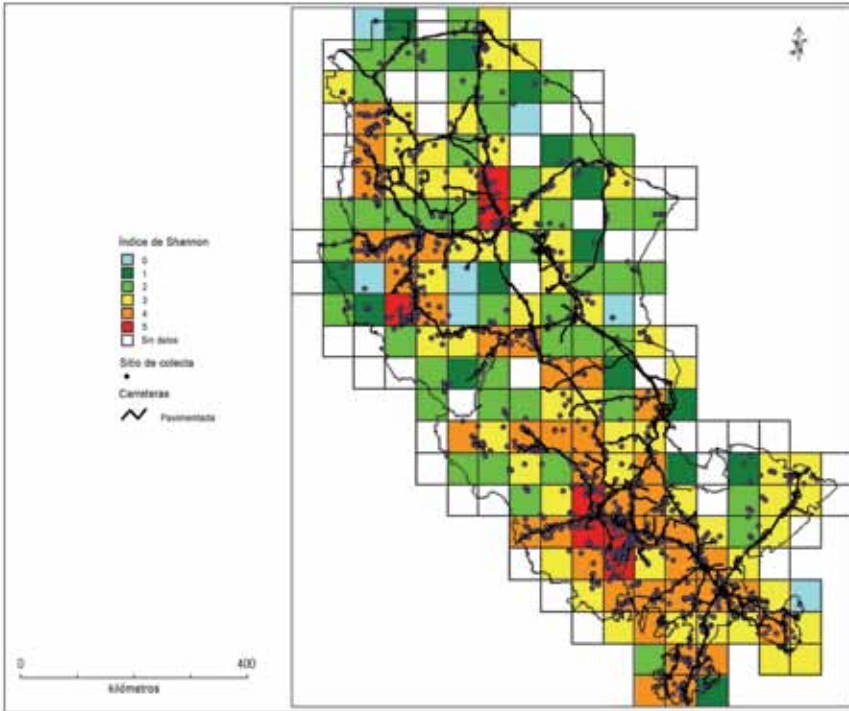


FIG. 9. Mapa de cuadrícula con el Índice de Shannon en cada cuadro de estudio.

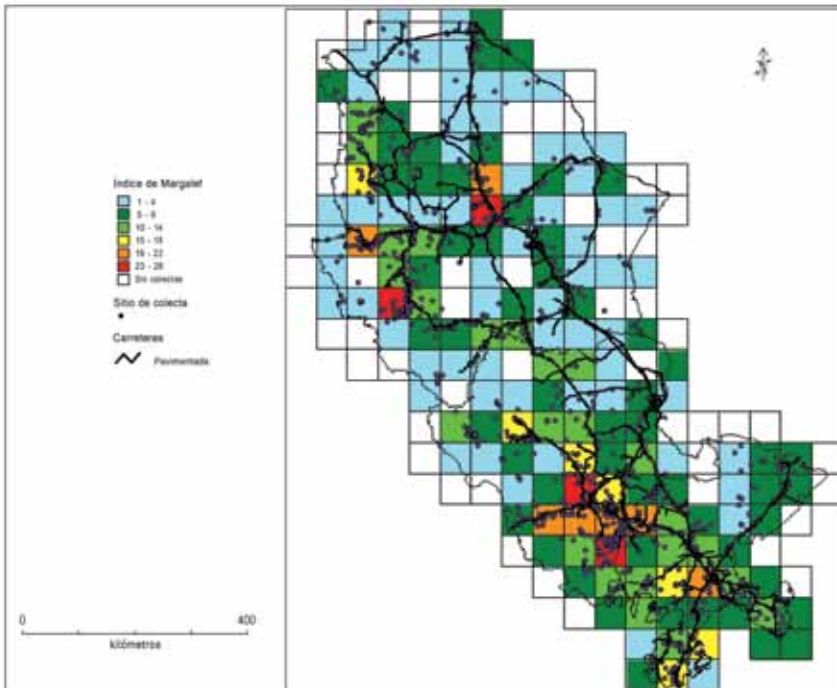


FIG. 10. Mapa con el Índice de Margalef determinado para cada cuadro del área de estudio.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En este trabajo fue posible conocer cómo se encuentran distribuidas espacialmente las gramíneas en los estados de Chihuahua, Durango y Zacatecas, México. Fue posible analizar la ubicación de los sitios de colectas en relación a las principales vías de acceso terrestre y a las principales ciudades del área de estudio. Se encontró que la mayor densidad de sitios de colecta se ubican cerca de: a) las principales carreteras pavimentadas, b) las grandes ciudades existentes en el área de estudio y c) de regiones protegidas como Parques Nacionales o Reservas Naturales. Resultado que responde a la serie de colectas realizadas cerca de las ciudades capitales de los Estados desde finales del Siglo XIX a la fecha, y a los estudios e investigaciones aplicados a sitios de interés particular como son las regiones protegidas (Rancho La Campana, Barranca del Cobre, Cascada Basaseachi). Así también se percibe la escasez de colectas o ausencia total de ellas en lugares alejados de poblaciones, carreteras pavimentadas y caminos, lo que ocasiona claramente un sesgo a considerar en los resultados de distribución y diversidad de la familia Poaceae (gramíneas) de esta región. Dicho sesgo fue evidente al analizar: a) la riqueza de especies, b) la distribución latitudinal, y c) la diversidad estimada con los índices de Shannon y de Margalef; por lo que se tienen dudas sobre la fiabilidad de los resultados.

Se concluye que: 1) los datos de distribución de especies tomados de ejemplares colectados con fines de estudios florísticos, deben ser complementados con colectas adicionales, que den homogeneidad a la frecuencia de colectas; con el fin de lograr una mejor interpretación de la distribución de riqueza de especies y diversidad florística. 2) existen lugares poco o nada colectados que sobresalen y se indican en un estudio de este tipo (ver Fig. 5, cuadros en blanco sin colectas, cuadros en rosa con 1 a 5 especies y cuadros en púrpura con 6 a 10 especies), para ser tomados en cuenta por los estudiosos de la taxonomía o de cualquier otro aspecto de la biodiversidad. 3) estas técnicas de análisis espacial permiten obtener información útil sobre la diversidad y para futuras colectas, a pesar del sesgo mostrado. 4) este estudio muestra la utilidad de la aplicación de las técnicas con fines de manejo y conservación de las especies estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento otorgado a los proyectos: "Florística de Gramíneas de Durango" DGPI-1998045 y CONABIO-R035, "Florística de Gramíneas de Zacatecas" SIP-20070429 y CONABIO- EE014; "Florística de Gramíneas de Chihuahua" SIP-20100879 y CONABIO-GE003; donde se generaron los datos incluidos en el presente reporte. Se agradece a 3 revisores anónimos su tiempo para revisar y hacer observaciones que enriquecieron el presente trabajo.

REFERENCIAS

- EDERRA, A. 1997. Botánica Ambiental Aplicada. Las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra Tierra. 2ª Ed. Ediciones Universidad de Navarra, S. A., Pamplona, España.
- GASTON, K.J. y J.I. SPICER. 2004. Biodiversidad, Introducción, Editorial Acirbia, S.A., Zaragoza, España.
- HERRERA ARRIETA, Y. 2001. Las Gramíneas de Durango. Instituto Politécnico Nacional y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- HERRERA ARRIETA, Y. y A. CORTÉS ORTIZ. 2010. Listado florístico y aspectos ecológicos de la familia Poaceae para Chihuahua, Durango y Zacatecas, México. J. Bot. Res. Inst. Texas 4:711–738.
- HERRERA ARRIETA, Y. y P.M. PETERSON. 2007. *Muhlenbergia* (Poaceae) de Chihuahua, México. Sida, Bot. Misc. 29: 1–109.
- HERRERA ARRIETA, Y., P.M. PETERSON y A. CORTÉS ORTIZ. 2010. Gramíneas de Zacatecas, México. Sida, Bot. Misc. 32:1–239.
- HIJMANS, R.J., K.A. GARRETT, Z. HUAMÁN, D.P. ZHANG, M. SCHREUDER y M. BONIERBALE. 2000. Assessing the Geographic Representativeness of Genebank Collections: the Case of Bolivian Wild Potatoes. Conservation Biol. 14:1755–1765.
- HIJMANS, R.J., L. GUARINO, C. BUSSINK, P. MATHUR, M. CRUZ, I. BARRANTES y E. ROJAS. 2004. "DIVA-GIS Versión 4. Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies." Manual, International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), y UC Berkeley Museum of Vertebrate Zoology, USA.
- INEGI. 1998. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250 000 (vectorial). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.

- INEGI. 2000. Diccionario de datos fisiográficos, escala 1:1000 000 (vectoriales). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.
- MORENO, C.E. 2001a. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Veracruzana, Jalapa, México.
- MORENO, C.E. 2001b. Métodos para medir la biodiversidad, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe , UNESCO (ORCYT-UNESCO) y Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), Zaragoza, España.
- MORENO, C.E. y G. HAFFTER. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *J. Appl. Ecol.* 37:149–158.