
ANÁLISIS MULTIVARIADO ESTATAL DE LOS MAMÍFEROS MEXICANOS CON UNA MODIFICACIÓN AL ALGORITMO DE PETERS

MULTIVARIATE ANALYSIS IN MEXICAN STATES OF MAMMALS WITH A MODIFICATION OF PETERS' ALGORITHM

JOSÉ RAMÍREZ-PULIDO*, DAVID FRIDRAN**, ALONDRA CASTRO-CAMPILLO*

*Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Apartado Postal 55-535, México 09340, D. F.

** MULTIX, S. C. Córdoba 12 - A, México 06700, D. F.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de las afinidades mastofaunísticas de las entidades federativas de México, así como un programa de cómputo para hacerlo. Se utiliza un enfoque multivariado con el uso de análisis de agrupamiento y los índices de similitud que se emplearon fueron los de Burt, Comunidad, Preston y Jaccard. Las entidades representan las Unidades Taxonómicas Operacionales (OTU'S) y los registros publicados de la presencia o ausencia de los taxa en cada una se consideran como sus niveles. Mientras que con los índices de Burt, Comunidad y Preston, la República Mexicana se puede dividir en siete regiones, con el índice de Jaccard se obtienen ocho.

ABSTRACT

In this paper we present an analysis of the mastofaunistic affinities among Mexican states, as well as a computer program for its development. A multivariate view by means of a cluster analysis is made, using Burt's, Community, Preston's, Jaccard's as Similarity Indexes. The Mexican states were considered as Operational Taxonomic Units (OTU'S) and the published records of the presence or absence of the taxa in each State are their levels. Results with Burt's, Community, and Preston's similarity indexes divide the country in seven regions of states, whereas with Jaccard's index, eight regions are found.

Introducción

Se ha mencionado que el conocimiento de las especies de la fauna mastozoológica de cada entidad federativa de nuestro país no es una actividad de competencia académica exclusivamente, sino que es un argumento central para las dependencias oficiales que participan en la toma de decisiones relacionadas con la administración, el manejo y la conservación de los recursos naturales renovables, tanto a nivel estatal como a nivel municipal y federal (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1993).

El primer intento por reunir la información referente a la riqueza mastozoológica de cada uno de los Estados de la República Mexicana en una publicación, se presentó en la Guía de los Mamíferos de México (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986). Esta obra junto con trabajos posteriores (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990 y 1993) permiten analizar la riqueza y diversidad de la fauna mastozoológica de cada entidad federativa.

El análisis de la similitud o divergencia entre las mastofaunas respectivas, resulta en información valiosa para su análisis zoogeográfico esto, a su vez, permite examinar la manera como se relacionan las faunas vecinas y, con base en ello, ayuda a que la toma de decisiones para la administración del recurso natural pueda hacerse considerando elementos técnicos y, asimismo, implica el primer acercamiento para establecer una regionalización, aunque sea de manera general.

Debido a que **a)** no todas las entidades federativas se han estudiado con igual intensidad y frecuencia, **b)** a que los resultados de los muestreos regionales o locales no se publican con la misma prioridad con que se hace el trabajo de recolección e identificación de los taxa y **c)** a que la temporalidad con que se hacen los estudios en cada entidad no coincide, el conocimiento de la diversidad mastozoológica de todas las entidades de la República aún no es completo ni uniforme. Sin embargo, con la información actual, es posible calcular la divergencia o similitud mastogeográfica entre los estados del país.

Existen diversos índices o coeficientes que pueden ser utilizados para calcular el grado de semejanza o divergencia biogeográfica entre áreas (Hagmeier y Stults, 1964; Peters, 1968; Sánchez y López, 1988). En general, los índices se basan en la comparación de las especies comunes entre dos áreas diferentes y tanto el número de especies como la magnitud de cada muestra son importantes. Además, la información que se obtiene de estos índices depende del énfasis que se haga, ya sea en las especies presentes en la muestra más grande o en las de la muestra pequeña, de tal manera que se calcula la divergencia o la similitud faunística, respectivamente, entre las áreas geográficas a comparar.

En diversas ocasiones se ha intentado probar la eficacia de estos índices al comparar los resultados obtenidos con cada uno de ellos. Algunos autores hacen énfasis en el grado de similitud faunística entre las áreas comparadas y prefieren la simplicidad de la fórmula de un determinado índice (Simpson, 1960; Sánchez y López, 1988), mientras que para otros, resaltar las diferencias entre las regiones es más importante y prefieren las fórmulas en que se minimiza el efecto de la magnitud de las muestras (Preston, 1962). Fuera de esto, varios autores han encontrado que en general, los índices llevan a resultados semejantes (Peters, 1971; Bock *et al.*, 1978; Sánchez y López, 1988) y que, asimismo, todos han sido diseñados para comparar la fauna de dos regiones (Webb, 1950; Simpson, 1960; Hagmeier y Stults, 1964; Huheey, 1965; Peters, 1968; 1971).

Este trabajo forma parte de una investigación para reconocer grupos de estados que constituyan regiones mastogeográficas, las cuales a su vez, puedan servir de base para la implementación de programas y centros de estudio de la diversidad mastozoológica del país. Para hacerlo, se han considerado todos los registros conocidos de las especies de mamíferos que habitan en cada entidad federativa (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990). Esta información es examinada por medio de análisis multivariados de agrupamiento (Sneath y Sokal, 1973) y considerando los coeficientes de Burt, Comunidad, Jaccard, así como la Fórmula de Similitud de Preston (Peters, 1968).

Para desarrollar los cálculos, se implementó un programa diseñado *exprofeso*, el cual puede ser usado con el programa MINT (Rohlf *et al.*, 1973), con la ventaja de que facilita al usuario el manejo de los datos y las operaciones, además de que le permite utilizar cualquiera de los índices mencionados a elección.

Uno de los objetivos de este trabajo es el de presentar el programa mencionado, mientras que el otro es el de mostrar los resultados del análisis de agrupamiento. En éste último, las 32 entidades del país son clasificadas de acuerdo con sus relaciones mastofaunísticas y los resultados que se obtienen con cada índice son comparados para analizar las relaciones mastogeográficas que guardan las entidades entre sí.

Métodos

Se tomó como referencia central la información de Ramírez-Pulido *et al.* (1986) y marginalmente la de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1990) para generar un banco de datos en una computadora HP-3000. En éstos trabajos aparecen todos los taxa registrados (n= 1,196) para cada entidad federativa del país hasta 1990.

Los datos fueron sometidos a un análisis multivariado de agrupamiento y para hacerlo, las entidades federativas fueron consideradas como Unidades Taxonómicas Operacionales (OTU'S), mientras que la presencia o ausencia de cada uno de los taxa en cada estado, representaba un nivel y cada taxa un carácter (Sneath y Sokal, 1973).

Con el objeto de agrupar y clasificar los taxa, en primer lugar, se elaboró una lista con los nombres de las especies monotípicas y las subespecies de los mamíferos terrestres de México para después sustituirlos por un código numérico de cuatro dígitos en orden progresivo hasta llegar al total de los taxa registrados para el país (0001 a 1196). Luego, a los nombres de los taxa así codificados, se le adicionaron los registros de su existencia en cada una de las entidades federativas del país, las cuales fueron ordenadas alfabéticamente e identificadas con una clave numérica de dos dígitos (01 a 32).

Con la información codificada así, se obtuvo una matriz de presencia-ausencia y para analizarla, uno de nosotros (D. F. R.) diseñó un programa en lenguaje FOTRAN, por medio del cual se generó una segunda matriz con el número total de taxa en cada entidad, así como el número de taxa comunes y el coeficiente de similitud faunística entre dos de ellas (Tabla 1).

El programa se hizo en una computadora HP-3000 y permite a elección del usuario utilizar la o las fórmulas que cita Peters (1968) para el cálculo de la afinidad faunística, en éste caso mastozoológica, entre las diversas OTU'S, de acuerdo con los coeficientes de Comunidad, Burt, Preston y Jaccard como se mencionan a continuación:

$$\text{COMUNIDAD (CC)} = (C \times 100) / N_1 + N_2 - C$$

$$\text{PRESTON (FSP)} = (N_1/N_1 + N_2 - C)^{1/2} + (N_2 / N_1 + N_2 - C)^{1/2} = 1$$

$$\text{BURT (CB)} = (2C \times 100) / N_1 + N_2$$

$$\text{JACCARD (CJ)} = (C \times 100) / N_2$$

en donde:

C = Número de taxa comunes en dos muestras;

N₁ = Número de taxa en la muestra más pequeña;

N₂ = Número de taxa en la muestra más grande

Posteriormente, en una computadora CDC se hicieron todos los cálculos, mediante el paquete MINT (versión abreviada del NT-SYS, Rohlf *et al.*, 1973), para obtener las matrices de similitud de n x n (donde n es el número de OTU's), así como los dendrogramas correspondientes a los índices mencionados. Los dendrogramas se construyeron con el método de pares asociados al azar sin peso aritmético (UPGMA, Sneath y Sokal, (1973).

Se usaron los coeficientes cofenéticos de correlación (r) para comparar la exactitud de los dendrogramas (Figs. 1-4) y se analizaron las agrupaciones de los estados obtenidas en cada uno. La escala convencional de los dendrogramas que se utiliza en todos los índices va de 1 a 100, con la excepción del método de Preston (Fig. 3) en donde los valores van de 0.1 a 1.0.

Se consideró más apropiado aquel o aquellos dendrogramas (Figs. 1-4) que tuviesen r³ 0.800 y que tuviesen mayor congruencia con datos biológicos (Fisher, 1968; Bock y Smith, 1982). De esta manera, para el análisis zoogeográfico de las entidades federativas, se superpusieron los dendrogramas (Figs. 1-4) sobre un mapa con la división política de la República Mexicana (Figs 5-6). Se formaron bloques de estados con un coeficiente de similitud del 50% o más y, asimismo, se consideraron los niveles de divergencia entre los estados para una división mastogeográfica (Hagmeier, 1966; Bock y Smith, 1982; Fa, 1989).

Resultados

MODIFICACIÓN AL ALGORITMO DE PETERS (1968)

A continuación se presenta el programa desarrollado, el cual incluye los cuatro métodos seleccionados (Burt, Comunidad, Preston y Jaccard):

64 A = 32

65 W = A

66 DO 50 I = 1, 4

67 P(I) = RR (I, I)

68 50 CONTINUE
69 C
70 DO 51 I = 1, A 1
71 DO 52 J = 1, W 1
72 S(I, J) = RR (I, J + I)
73 52 CONTINUE
74 W = W 1
75 51 CONTINUE
76 C
77 C
78 N = 0
79 W = A
80 DO 53 I = 1, A 1
81 DISPLAY = 1, A 1
82 N = N + 1
83 B = P (N)
84 T = N
85 DO 54 J = 1, W 1
86 T = T + 1
87 C = P (T)
88 C
89 Empiezan los cambios.
93 C MÉTODO DE PRESTON
94 $F = B / (B + C \ S (I, J))$
95 $G = C / (B + C \ S (I, J))$
96 CALL NEWTON (F, G, V)
97 $V = 100 \ V * 100$
110 C MÉTODO DE BURT
111 $V = 2 * S (I, J) / (B + C) * 100$
117 C MÉTODO DE COMUNIDAD
118 $V = S (I, J) / (B + C - S (I, J)) * 100$
125 C MÉTODO DE JACCARD

126 CC

127 C

128 IF (C. GT. B) GO TO 3001

129 $V = S(I, J) / C * 100$

130 GO TO 3002 131 3001 $V = S(I, J) / B * 100$

132 3002 CONTINUE

133 2001 CONTINUE

A diferencia del algoritmo de Peters (1968), el cual obliga al usuario a desarrollar una rutina por cada método de cálculo, este programa permite elegir cuál o cuáles de ellos se apliquen a un mismo conjunto de datos para correrse simultáneamente. Además, con la incorporación de las líneas correspondientes, se pueden agregar cualquiera de los otros índices que menciona Peters (1968) en su trabajo.

Tabla 1. Taxa comunes a dos entidades (valores por arriba de la diagonal), número de taxa presentes en un estado (diagonal) y coeficientes de similitud correspondientes a los índices de Burt (A), Comunidad (B), Preston (C) y Jaccard (D). Las entidades federativas del país fueron ordenadas alfabéticamente y están representadas por los números progresivos en los márgenes de las matrices.

A

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	34	1	0	1	12	4	2	14	5	24	19	2	12	26	9	9	6	11	11	2	6	13	0	23	4	3	1	10	6	5
2	1	187	25	1	17	4	3	23	5	21	5	7	7	11	4	11	8	6	12	7	7	6	2	10	14	41	0	11	2	7
3	0	17	114	3	7	3	4	11	2	9	3	6	5	7	3	5	7	5	10	6	6	2	2	6	12	16	2	8	0	5
4	2	1	3	79	4	16	51	6	6	10	5	22	19	17	7	8	12	13	6	44	20	10	54	28	14	10	45	25	2	47
5	13	10	5	3	158	10	10	85	15	77	23	12	24	34	17	23	18	12	73	17	15	15	3	55	23	43	6	72	6	21
6	7	3	3	19	8	88	41	17	20	31	13	58	31	80	25	56	36	57	13	56	31	21	12	28	42	22	20	29	8	37
7	2	2	3	36	6	28	203	12	18	22	11	53	38	47	24	32	34	33	15	129	48	24	43	57	31	15	73	49	8	106
8	13	12	7	5	49	12	6	187	18	113	21	19	25	49	19	32	22	25	43	19	17	22	5	42	52	93	10	45	6	22
9	10	4	2	8	14	26	13	14	64	24	28	24	42	42	56	40	48	17	17	30	42	28	5	32	17	16	8	25	20	37
0	24	12	6	8	47	24	12	63	41	170	34	31	41	83	28	46	36	43	43	33	27	35	8	80	65	73	12	49	10	30
11	42	4	4	7	21	18	8	17	46	30	57	17	33	41	33	30	27	15	21	18	26	28	5	44	16	16	5	25	12	23
12	2	4	5	21	8	54	32	12	25	21	18	128	36	77	31	64	54	51	18	98	46	22	19	36	44	23	26	36	10	49
13	18	5	5	21	19	33	25	18	52	31	43	32	98	56	53	46	46	29	29	56	64	51	17	62	28	22	17	49	23	64
14	22	6	4	12	19	54	23	25	31	44	31	46	37	207	85	99	61	90	38	76	49	41	16	69	73	45	23	54	17	61
15	15	3	3	8	14	29	17	14	75	22	46	29	58	36	85	49	55	22	21	44	54	33	6	39	21	16	8	28	24	45
16	11	7	4	9	16	51	19	20	41	31	32	49	40	59	45	131	57	49	26	60	48	35	10	47	47	32	14	40	15	44
17	8	6	7	14	15	40	23	16	62	28	37	50	49	41	63	5	90	32	24	58	60	29	10	44	35	25	17	35	20	48
18	8	4	4	14	9	57	21	17	19	30	18	43	28	56	22	40	32	112	17	51	25	20	11	30	60	34	18	29	5	36
19	16	8	9	7	56	14	10	30	20	31	26	16	29	24	22	22	25	16	104	21	25	22	6	56	22	24	7	80	8	32
20	1	3	3	26	8	32	55	8	18	15	11	50	31	32	25	30	33	27	11	266	90	36	41	78	44	24	66	68	16	136
21	7	4	5	19	10	28	28	11	42	18	27	35	55	29	49	36	53	20	21	45	135	38	18	63	26	19	27	50	25	93
22	25	5	2	14	13	27	18	17	42	29	45	22	61	30	43	35	37	22	26	22	37	68	8	50	19	17	13	40	13	41
23	0	2	2	68	3	12	30	4	7	6	7	18	19	11	7	10	12	12	7	24	17	11	79	24	11	7	39	22	1	42
24	23	6	4	22	34	22	31	24	27	35	39	24	46	37	31	31	34	21	41	36	41	42	19	170	34	31	34	109	14	96
25	5	9	10	14	17	41	19	34	19	45	18	36	25	45	21	38	34	52	20	23	21	21	11	24	117	75	18	34	7	33
26	3	22	11	7	25	16	8	50	13	41	13	15	15	23	12	20	18	23	18	11	12	13	5	17	49	188	12	30	5	22
27	2	0	2	54	5	23	50	7	11	9	7	24	18	16	9	13	19	18	7	37	24	17	47	26	18	9	87	32	3	70
28	10	6	6	20	44	22	26	25	21	29	22	24	36	28	22	26	27	20	58	31	33	33	18	64	24	17	25	172	11	82
29	19	2	0	4	6	14	7	6	43	10	28	13	36	14	42	19	34	7	12	11	30	27	2	14	10	5	5	11	29	25
30	4	3	3	32	11	24	51	11	26	16	17	28	41	29	30	25	31	22	20	56	53	29	28	50	20	11	46	42	20	216
31	0	1	3	76	3	21	38	6	9	8	7	24	19	16	10	13	18	15	7	29	24	13	75	23	14	7	56	21	2	35
32	37	9	8	8	38	28	13	39	25	61	41	25	34	50	31	38	39	33	36	19	28	33	7	47	37	29	11	31	14	19

BURT, r = 0.79605

B

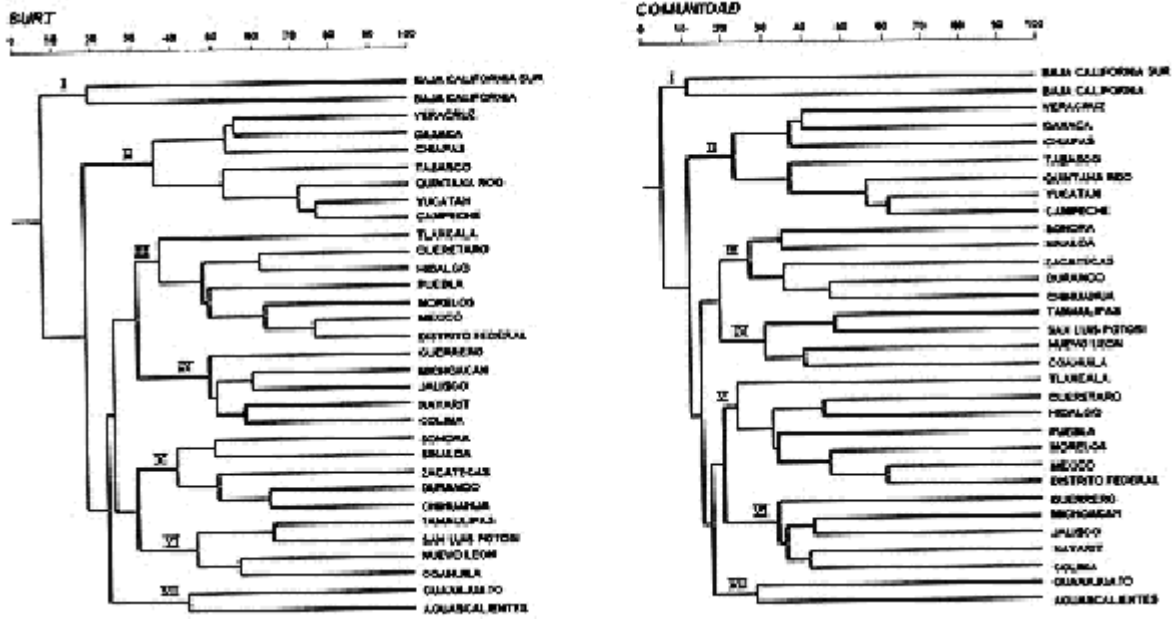


Figura 1. Similitud mastofaunística entre las 32 entidades federativas mexicanas de acuerdo al Índice de Burt. El dendrograma fue desarrollado utilizando la opción UPGMA (método de agrupamiento de pares asociados al azar sin peso aritmético). El valor cofenético de correlación (r) es de 0.796.

Figura 2. Similitud mastofaunística entre las 32 entidades federativas mexicanas de acuerdo al Índice de Comunidad. El dendrograma fue desarrollado utilizando la opción UPGMA (método de agrupamiento de pares asociados al azar sin peso aritmético). El valor cofenético de correlación (r) es de 0.818.

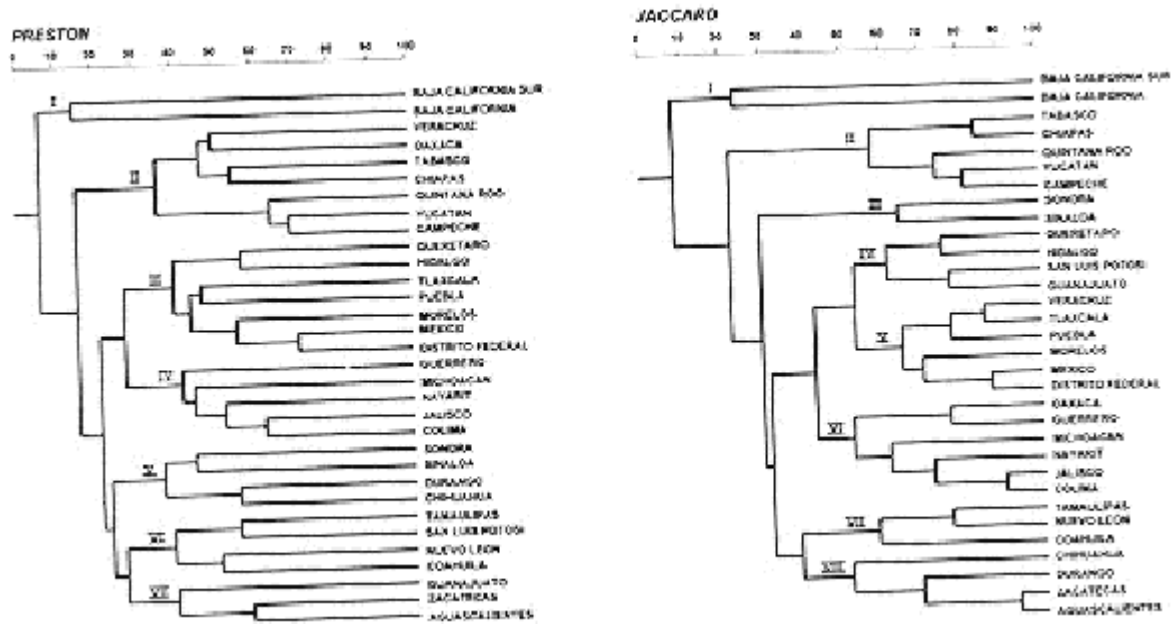


Figura 3. Similitud mastofaunística entre las 32 entidades federativas mexicanas de acuerdo al Índice de

Preston. El dendrograma fue desarrollado utilizando la opción UPGMA (método de agrupamiento de pares asociados al azar sin peso aritmético). El valor cofenético de correlación (r) es de 0.798.

Figura 4. Similitud mastofaunística entre las 32 entidades federativas mexicanas de acuerdo al Índice de Jaccard. El dendrograma fue desarrollado utilizando la opción UPGMA (método de agrupamiento de pares asociados al azar sin peso aritmético). El valor cofenético de correlación (r) es de 0.800.

TABLA 2. - Grupos (I - VIII) de entidades federativas (OTU's) de acuerdo con sus afinidades mastozoológicas calculadas con los índices de Burt, Comunidad; Preston y Jaccard. Se muestran los valores de integración de las OTU's según los dendrogramas respectivos (Figs. 1-4).

Estado		Burt		Comunidad		Preston		Jaccard
BC	I	18.6	I	11.3	I	15.3	I	23.3
BCS	I		I		I		I	
COAH	VI	44.6	IV	30.0	IV	38.6	VII	57.3
NL	VI		IV		IV		VII	
TAMPS	VI		IV		IV		VII	
SLP	VI		IV		IV		IV	61.3
QRO	III	36.6	V	23.3	V	40.0	IV	
HGO	III		V		V		IV	
PUE	III		V		V		V	65.3
TLAX	III		V		V		V	
MOR	III		V		V		V	
DF	III		V		V		V	
MEX	III		V		V		V	
VER	II	35.3	II	23.3	II	36.0	V	
TAB	II		II		II		II	57.3
CHIS	II		II		II		II	
Q ROO	II		II		II		II	
YUC	II		II		II		II	
CAMP	II		II		II		II	
OAX	II		II		II		VI	52.6
GRO	IV	48.0	VI	16.0	VI	39.3	VI	
MICH	IV		VI		VI		VI	
COL	IV		VI		VI		VI	
JAL	IV		VI		VI		VI	
NAY	IV		VI		VI		VI	
SON	V	39.3	III	26	III	36.0	III	64.6
SIN	V		III		III		III	
CHIH	V		III		III		VIII	52.0
DGO	V		III		III		VIII	
ZAC	V		III		VII	36.0	VIII	
AGS	VII	42.0	VII	16.0	VII		VIII	
GTO	VII		VII		VII		IV	

De acuerdo con el método escogido, se reconocen siete (I-VII: Burt, Comunidad y Preston, Figs. 1-3) u ocho (I-VIII: Jaccard, Fig. 4) grupos de entidades federativas. Asimismo, en estos grupos se observan las afinidades y diferencias entre la fauna mastozoológica de los estados, así como las relaciones entre los grupos. Así, en la Tabla 2, se reordenan los estados para indicar las relaciones entre ellos por los grupos que se reconocen en cada dendrograma (Figs. 1-4) y se presentan los valores a los cuales se separan los distintos grupos de estados, según el método empleado.

Es evidente que todos los dendrogramas coinciden en la agrupación de ciertas OTU's que comparten afinidades geográficas y mastozoológicas (Figs. 1-6, Tabla 2), como es el caso de la fauna de la Península de Baja California, la cual forma en todos el primer grupo (I) que se separa del resto (Tabla 2).

Respecto de las diferencias en la configuración de los dendrogramas, éstas son menores entre los que se obtienen con los índices de Burt, Comunidad y Preston (Figs. 1-3, 5; Tabla 2). Aunque, en todos ellos se pueden distinguir siete grupos de entidades federativas (I-VII), los cuales llevados a un mapa resultarían prácticamente en el mismo patrón (Fig. 5, Tabla 2), las relaciones entre los grupos son distintas.

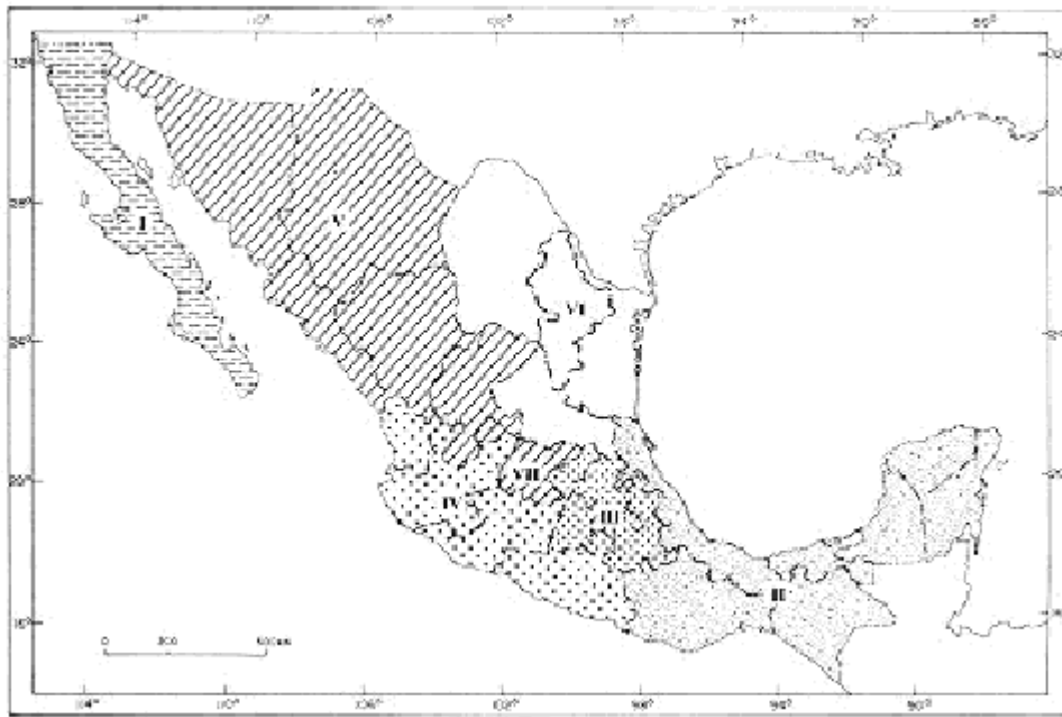


Figura 5. Agrupamiento estatal de acuerdo con los Índices de Burt, Comunidad y Preston. Los grupos de estados (I-VII) se hacen de acuerdo con la figura 1.

En el método de Burt (Fig. 1, Tabla 2), los mamíferos de los estados del centro de la República (grupo III) y los que ocurren en la costa del Pacífico desde Oaxaca hasta Nayarit (grupo IV), presentan mayor afinidad entre sí que con cualquier otro grupo. Estos dos grupos, se relacionan más con el conjunto que conforman los mamíferos de los estados localizados a partir de los 22° de latitud y que van desde Zacatecas y San Luis Potosí hacia el norte (grupos V y VI). A su vez, la fauna del conjunto que forman los estados de los grupos III a VI tiene mayores afinidades con la de los estados de Aguascalientes y Guanajuato (grupo VII). Los mamíferos de todos los grupos hasta ahora mencionados (grupos III-VII) tienen más afinidades entre sí que con los del grupo II, el cual incluye la región más accidentada del país desde Oaxaca y Veracruz hacia el sureste.

Una variación menor ocurre en el método de Comunidad (Fig. 2, Tabla 2), en el cual Guanajuato y

Aguascalientes (grupo VII) tienen mayor similitud faunística con los grupos V y VI (grupos III y IV en Burt, respectivamente). Este conjunto se asocia con el que forman los estados de los grupos III y IV (V y VI en Burt, respectivamente). Por lo demás, la configuración de los dendrogramas obtenidos a partir de los métodos de Burt (Fig. 1) y de Comunidad (Fig. 2) es idéntica.

En el dendrograma que se obtiene a partir del índice de Preston (Fig. 3, Tabla 2) los grupos VI y VII forman el primer conjunto al cual se agrega la fauna de mamíferos provenientes del V grupo. La diferencia más importante en la configuración de este dendrograma con respecto a los dos anteriores, es que los mamíferos de Zacatecas se agrupan estrechamente con los de Aguascalientes y Guanajuato en el grupo VII, mientras que en los dos dendrogramas anteriores queda incluido con los cuatro estados del noroeste de la República (Sonora, Sinaloa, Durango y Chihuahua, grupo V en el dendrograma de Burt y grupo III en el de Comunidad, respectivamente). Por lo demás, este dendrograma es idéntico al que se genera con el índice de Comunidad.

En estos tres dendrogramas, se distinguen seis grandes grupos (Figs. 1-3, 5, Tabla 2). Al norte del país se aprecia el primero constituido por los estados del noreste, Sonora y Sinaloa, mientras que un segundo lo está por tres estados del Altiplano Mexicano (Chihuahua, Durango y Zacatecas). El tercer grupo lo conforman los estados del oeste y del sur de México (Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero) y el cuarto está compuesto por cuatro estados del noreste (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas). El quinto grupo también está claramente definido y lo forman los estados del sur y sureste (Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo). Finalmente, el sexto grupo corresponde a los estados del centro del país (Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos, México y Distrito Federal).

Por otra parte, en el dendrograma que se obtiene con el índice de Jaccard se distinguen ocho grupos (Figs. 4 y 6, Tabla 2) que básicamente se originan en el rearrreglo de algunas entidades que se encontraban en algunos de los grupos presentes en los otros dendrogramas (Figs. 1-3, Tabla 2). Por ejemplo, la fauna mastozoológica de San Luis Potosí se agrega con la de Querétaro e Hidalgo (grupo IV) y a este conjunto se suma la fauna de Guanajuato. Asimismo, en este dendrograma, la fauna de Veracruz se asocia con la de las entidades del centro de la República (Puebla, Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal y México, grupo V) y la correspondiente a Oaxaca lo hace con la de los estados de la vertiente neotropical del Atlántico (de Guerrero a Nayarit, grupo VI). Por su parte, la fauna de la Península Yucateca junto con la de Tabasco y Chiapas constituyen otro conjunto (grupo II). Finalmente, al norte del país también existen rearrreglos que resultan en tres y no dos grandes grupos de estados. Por un lado la fauna de Sonora y Sinaloa se establece en un sólo grupo (III), la de Chihuahua, Durango y Zacatecas en un segundo (grupo VIII) y la de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas en un tercero (grupo VII).

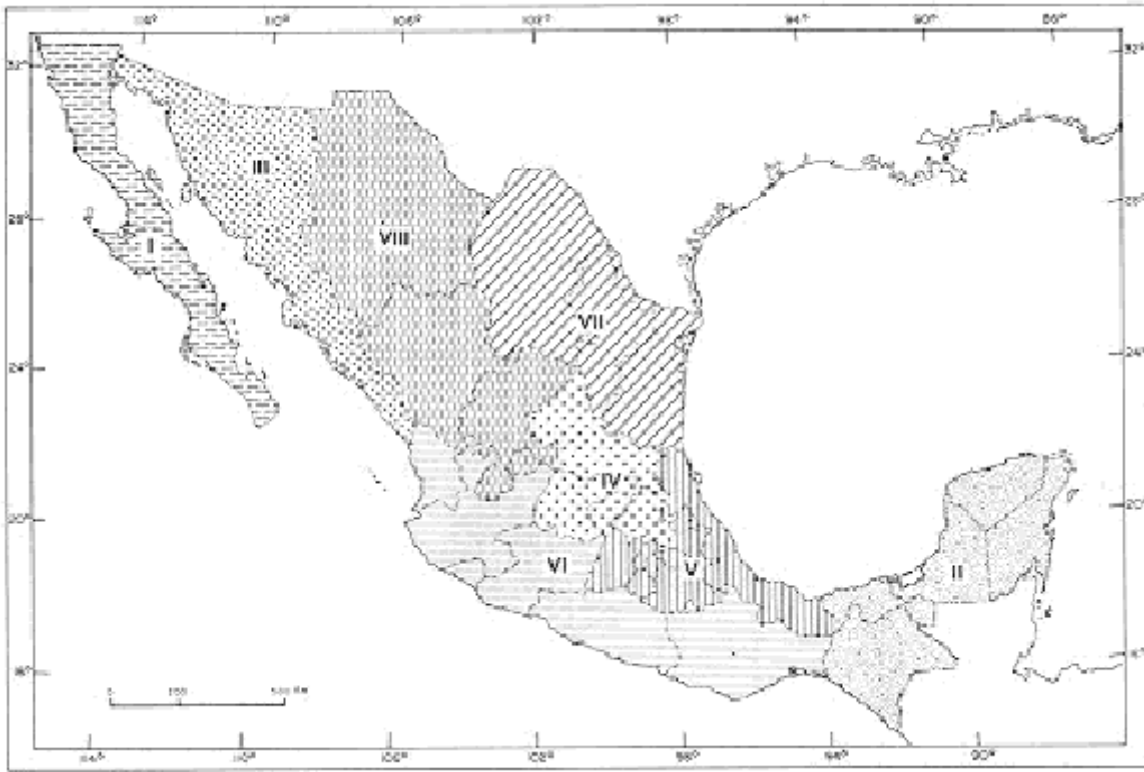


Figura 6. Agrupamiento estatal de acuerdo con el Índice de Jaccard. Los grupos de estados (I-VIII) se hacen de acuerdo con la figura 4.

Regionalización Estatal de Acuerdo a sus Afinidades Mastofaunísticas

En las figuras 5 y 6 se muestran las grandes asociaciones de estados de nuestro país, de acuerdo con las relaciones mastofaunísticas que resultan de los índices de similitud empleados. En el mapa de la figura 5 se han resumido los resultados de los índices de Burt, Comunidad y Preston, para lo cual se ha considerado la numeración de los grupos de acuerdo con el primer método (Figs. 1-3). El mapa de la figura 6 se hizo con base en el dendrograma que se origina a partir del índice de Jaccard (Fig. 4).

Las asociaciones mastofaunísticas que aparecen en las figuras 5 y 6, guardan relación con las agrupaciones de vegetación potencial que describen Rzedowsky y Reyna-Trujillo (1992), así como con las Provincias Mastogeográficas de Ramírez-Pulido y Castro-Campillo (1992).

La unidad faunística de la Península de Baja California (Fig. 5-6, I) y los estados del noroeste, Sonora-Sinaloa (Fig. 5, V; Fig. 6, III), tienen una vegetación de matorral xerófilo y bosque espinoso. Ahí se asientan siete Provincias: Del Cabo, Baja Californiana, Californiana, Sonorense, Sinaloense, Nayarita y Sierra Madre Oriental.

Los estados de la parte central y norte, Chihuahua-Durango-Zacatecas-Aguascalientes (Fig. 5, V-VII; Fig. 6 VIII), con bosque de coníferas y encino, pastizal y matorral xerófilo, se localizan en las Provincias Chihuahuense, Sierra Madre Occidental, Coahuilense y Zacatecana.

Los estados del noreste, Coahuila-Nuevo León-Tamaulipas (Fig. 5, VI; Fig. 6, VII), presentan matorral xerófilo, así como bosque de coníferas y de encino y se encuentran comprendidos en las Provincias Coahuilense, Sierra Madre Oriental, Tamaulipeca y Del Golfo.

En los estados del suroeste, Nayarit-Jalisco-Colima-Michoacán-Guerrero-Oaxaca (Fig. 5, II, IV; Fig. 6, VI), pueden encontrarse el bosque tropical caducifolio, el bosque de coníferas y encino y el bosque tropical

subcaducifolio. Esta región comprende las Provincias Nayarita, Volcánico-Transversa, Del Balsas, Sierra Madre del Sur y Guerrerense.

Los estados del centro, San Luis Potosí-Guanajuato-Querétaro-Hidalgo (Fig 5, III, VI, VII), con bosque de coníferas y encino y matorral xerófilo, se encuentran comprendidos en las Provincias Sierra Madre Oriental, Zacatecana y Volcánico-Transversa.

En los estados del centro y oriente, México-Morelos-Distrito Federal-Tlaxcala-Puebla-Veracruz (Fig. 5, II, III; Fig. 6, V), con bosque tropical perennifolio, bosque mesófilo de montaña y bosque de coníferas y encino, se localizan las Provincias Sierra Madre Oriental y Volcánico-Transversa.

Finalmente, los estados del sur y sureste, Chiapas-Tabasco-Campeche-Yucatán-Quintana Roo (Fig. 5, II; Fig. 6, II), cuentan con bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio y bosque tropical caducifolio. Esta región cubre las Provincias Del Golfo, Chiapaneca y Yucateca.

Discusión

Aunque en el pasado, Alvarez y de Lachica (1974) han mencionado la similitud de la fauna de los vertebrados existente entre las diversas Comarcas en las que dividieron las Regiones Naturales del país, el análisis comparativo de la similitud mastozoológica entre las entidades federativas del país sólo se había asumido. Con el conocimiento actual de los componentes mastozoológicos de cada una de ellas (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986; Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1990) y con la metodología estadística multivariada, es un hecho que este tipo de análisis se puede realizar.

Los cuatro índices de similitud (Figs. 1-4) que se usan aquí, muestran las relaciones cercanas entre la fauna de los estados y entre grupos de ellos. Estas relaciones demuestran la asociación natural que guardan entre sí los grupos de estados, ya que al compartir características ecológicas y fisiográficas similares, también comparten elementos mastozoológicos afines, como lo expresan los valores de similitud semejantes.

Los resultados muestran que con cualquiera de los métodos que se seleccione, se tiene un alto grado de certidumbre para cuantificar el o los niveles de similitud entre estados vecinos, aunque la configuración de los dendrogramas varíe a un nivel más fino, ya que el coeficiente cofenético de correlación es superior a 0.790 y muy cercano en todos los casos (Sokal and Sneath 1973).

En los cuatro dendrogramas es evidente que la fauna de la Península de Baja California representa la primera de las siete grandes asociaciones generales y es diferente a la del resto del país, lo cual es debido a la abundancia de especies de heterómidos y a la baja diversidad de especies de los otros grupos de mamíferos.

Asimismo, también es patente que la fauna de la Península de Yucatán forma una subunidad junto con Tabasco y Chiapas en cualquiera de los grupos en los que se encuentra. Aunadas a ésta, otras asociaciones que destacan son las que constituyen Coahuila-Nuevo León-Tamaulipas en el noreste del país; Sonora-Sinaloa en el noroeste; Nayarit-Jalisco-Colima-Michoacán-Guerrero en la vertiente del Pacífico; Puebla-Tlaxcala-Morelos-Distrito Federal-México en el centro.

Por otra parte, hay estados que no presentan asociaciones tan definidas (Figs. 5-6), como es el caso de Veracruz, San Luis Potosí, Querétaro, Oaxaca y, especialmente, de Zacatecas, Aguascalientes y Guanajuato.

Las diferencias entre los dendrogramas pueden estar debidas, por un lado, al diseño de las fórmulas de los índices empleados (Hagmeier y Stults, 1964; Peters, 1968; Sánchez y López, 1988). Mientras que los índices de Burt, Comunidad y Preston (Figs. 1-3) hacen énfasis en las relaciones de similitud entre los grupos a estudiar, en el primero el denominador reduce el efecto de la diferencia de magnitud entre las muestras comparadas; en el segundo, además de ello, se sustrae el número de taxa comunes a dos entidades y en el tercero, se considera la extensión del área. Por su parte, el índice de Jaccard usa como denominador la muestra de mayor magnitud.

Por otro lado, el comportamiento de los estados que no conservan su relación en el dendrograma de Jaccard (Fig. 4) con los grupos en los otros dendrogramas (Figs. 1-3), así como el estado de Zacatecas en el de Preston (Fig. 3), puede deberse al nivel estatal en el que se hizo este trabajo. Es decir, comparando estos resultados con los de un estudio realizado a nivel de todo el país en donde se reconocieron 20 Provincias Mastogeográficas (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1992), se observa que los estados que se encuentran en esta situación son aquellos en los que por sus condiciones fisiográficas, climáticas y ecológicas, la fauna de mamíferos queda dividida

en distintas Provincias.

Esta es la situación de las regiones tropicales del país desde el Istmo de Tehuantepec y hasta la Península de Yucatán, las cuales se separan en tres diferentes Provincias (Del Golfo, Chiapaneca y Yucateca), quedando parte de Veracruz y de Oaxaca en relación con otras Provincias que tienen afinidades neárticas hacia el centro del país. Se trata de las zonas elevadas de estos estados, las cuales tienen clima templado o frío con la vegetación asociada a ellos.

En el caso de San Luis Potosí, Zacatecas y Guanajuato, estos estados comparten afinidades mastogeográficas en la Provincia Zacatecana con Querétaro, Aguascalientes, parte de Durango, Jalisco y una pequeña porción de Coahuila, Puebla y del Estado de México. Pero además, San Luis Potosí se asocia con Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Guanajuato, Puebla y el Estado de México en la Provincia de la Sierra Madre Oriental y en menor grado con Tamaulipas, Veracruz y Tabasco en la Provincia Del Golfo. Guanajuato también comparte afinidades mastogeográficas con Jalisco, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Puebla y Veracruz en la Provincia Volcánico-Transversa y una pequeña porción de Zacatecas se asocia con Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Durango en la provincia de la Sierra madre Occidental.

Agradecimientos

A Hugo Martínez Paz por su ayuda en la captura y diseño de las Tablas 1-4 y a Fernando Vega por la elaboración de las figuras 5 y 6. Para la elaboración de este trabajo se contó con el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT No. 1253-9203), Dirección General de Investigación Científica y Superación Académica (SEP 94-01-00-002-247) y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO No. FB106/B011/94).

Parte de este trabajo fue desarrollado cuando David Frid Ran trabajaba en la Coordinación de Servicios de Cómputo de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ, T. y S. DE LACHICA, 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. p. 219-332, *In*: El escenario geográfico: Recursos naturales de México (J. L. Lorenzo, coord.). INAH, México. 335 p.
- BOCK, C. E, J. H. BOCK y L. W. LEPTHIEN, 1978. Abundance patterns of some birds species wintering on the Great Plains of the USA. *J. Biogeogr.*, 4: 101-110.
- BOCK, C. E. y H. M. SMITH, 1982. Biogeography of North American amphibians: a numerical analysis *Trans. Kansas Acad. Sci.*, 85: 177-186.
- FA, J. E., 1989. Conservation motivated analysis of mammalian biogeography in the Trans-Mexican Neovolcanic Belt. *Nat. Geogr. Res.*, 5: 296-315.
- FISHER, D. R., 1968. A study of faunal resemblance using numerical taxonomy and a factor analysis. *Syst. Zool.*, 17: 48-63.
- HAGMEIER, E. M., 1966. A numerical analysis of the distributional patterns of North American mammals. II. Re-evaluation of the provinces. *Syst. Zool.*, 15: 279-299.
- HAGMEIER E. M. y C. D. STULTS, 1964. A numerical analysis of the distributional patterns of North American mammals. *Syst. Zool.*, 13: 125- 155.
- HUHEEY, J. E., 1965. A mathematical method of analyzing biogeographical data. I. Herpetofauna of Illinois. *Amer. Midland Nat.*, 73: 490-499.
- PETERS, J. A., 1968. A computer program for calculating degree of biogeographic resemblance between areas. *Syst. Zool.*, 17: 64-69.
- PETERS, J. A., 1971. A new approach in the analysis of biogeographic data. *Smithsonian Contr. Zool.*, 107: 1-28.

- PRESTON, F. W., 1962, The canonical distribution of commonness and rarity. part II. *Ecology*, 43: 410-432.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., M. C. BRITTON, A. PERDOMO y A. CASTRO, 1986. Guía de los mamíferos de México. Referencias hasta 1983. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. México. 720 p.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. y A. CASTRO-CAMPILLO, 1990. Bibliografía reciente de los mamíferos de México. 1983/1988. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. México, 120 p.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. y A. CASTRO-CAMPILLO, 1992. Mapa de las Regiones y Provincias Mastogeográficas de México. *In*: Sección Naturaleza, Subsección Biogeografía del "Atlas Nacional de México". Instituto de Geografía de la UNAM, Hoja IV. 8. 8.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. y A. CASTRO-CAMPILLO, 1993. Diversidad mastozoológica en México. p.413-427 *In*: Diversidad Biológica en México. R. Gío-Argáez y E. López-Ochoterena (Eds.). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 44: 1-427.
- ROHLF, F. J., J. KISHPAUGH y D. KIRK, 1973. NT-SYS. Numerical Taxonomy System of multivariate statistical programs. State Univ. New York, Stony Brook.
- RZEDOWSKI, J., T. REYNA-TRUJILLO, 1992. Mapa de Vegetación Potencial. *In*: Sección Naturaleza, Subsección Biogeografía del "Atlas Nacional de México". Instituto de Geografía de la UNAM, Hoja IV. 8. 2.
- SÁNCHEZ, O. Y G. LÓPEZ, 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomológica Mex.*, 75: 119-145.
- SIMPSON, G.G., 1960. Notes on the measurement of faunal resemblance. *Amer. J. Sci.*, 258: 300-311.
- SNEATH, P. H. Y R.R. SOKAL, 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Co., San Francisco.
- WEBB, W. L., 1950. Biogeographic regions of Texas and Oklahoma. *Ecology*, 31: 426-433.

Trabajo recibido el 18 - 01- 95 y aceptado el 20 - 03 - 95