

COMUNICACIÓN

## Indices de diversidad en ornitofauna: análisis en un matorral desértico micrófilo de Coahuila, México

Juan A. García-Salas, Mohammad H. Badii y Armando J. Contreras-Balderas.  
Laboratorio de Ornitología, F.C.B., U.A.N.L. A.P. 425, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. C.P. 66450.

**Abstract:** Intraspecific ( $\alpha$ ) and interspecific ( $\beta$ ) diversity for birds of desert matorral in Cuatrociénegas Basin were estimated and compared. Logarithmic series distribution was the index  $t$  that best described the pattern of intraspecific diversity. On the basis of sample rarefaction and comparison of several indices, the "a" index of log. series and the  $H'$  (Shannon-Weiner) are recommended. However, the  $a$  of log. series is the preferred index on the basis of criteria such as discriminant ability among very similar sites (in terms of diversity) and low sensitivity to sample size effect.

**Key words:** Bird community, statistical index, biodiversity, Cuatrociénegas, Coahuila, México.

Uno de los conceptos más utilizados en la ecología estadística es la diversidad, atendiendo a la riqueza específica y uniformidad de las comunidades bióticas. Existen dificultades en la comparación entre las distribuciones de abundancia de las especies, por lo que hay que recurrir a pruebas de bondad de ajuste y a métodos gráficos al analizar una serie de datos y seleccionar uno tomando en cuenta criterios como capacidad de discriminación entre localidades, dependencia del tamaño muestral, cual componente de la diversidad mide y su uso. Short (1979) estudió los patrones de diversidad y densidad de las comunidades de aves anidantes en Norteamérica con el índice de Shannon (1948); Rotenberry *et al.* (1979) analizaron la variación estacional y los mecanismos que regulan la diversidad de una comunidad de aves mediante el de Simpson (1949); James y Rathbun (1981) compararon cuatro índices con el método de curvas de rarefacción y Alfonso *et al.* (1988) estudiaron tres comunidades de aves en Cuba y cuatro índices fueron comparados con una prueba de Kruskal-Wallis. Para México existe el trabajo de

Ornelas *et al.* (1993) que evaluó la diversidad mediante Shannon (1948).

El objetivo del presente trabajo es describir estadísticamente la ornitofauna del Matorral Desértico Micrófilo (MDM) del Valle de Cuatrociénegas en función de un análisis comparativo de los índices biológicos de diversidad  $\alpha$  y  $\beta$ , estableciendo su interpretación biológica.

El área de estudio esta localizada en el Municipio de Cuatrociénegas, Coahuila, México; a 75 km. al W de la ciudad de Monclova (26° 45' y 27° 00' N; 102° 00' y 102° 20' W) se encuentra en el piedemonte sur de la Sierra de la Madera. Los suelos son regosoles cálcicos, su régimen climático (según Köppen modificado por García, 1964) es BWhw' (x') (é) que es desértico, semicálido con invierno fresco, régimen de lluvias en verano y muy extremoso. Los ámbitos de temperatura en el año de trabajo fueron -2 °C en diciembre a 26 °C en agosto; la mayor precipitación se presentó en septiembre con 84 mm. El tipo de vegetación dominante es el matorral desértico micrófilo.

Se estableció un recorrido de 10 km en el

Matorral Desértico Micrófilo; realizándose tres salidas en verano (17 de julio, 31 de agosto y 21 de septiembre) y tres en otoño (2 de noviembre, 24 de noviembre y 14 de diciembre) de 1990; se muestreó durante las primeras 4 hr después del amanecer siguiendo el criterio de Skirvin (1981). El arreglo y nomenclatura es de acuerdo a la A.O.U. (1983). Las especies registradas fueron 31: *Cathartes aura*, *Accipiter cooperii*, *Parabuteo unicinctus*, *Falco sparverius*, *Callipepla squamata*, *Zenaida macroura*, *Geococcyx californianus*, *Chordeiles acutipennis*, *Melanerpes aurifrons*, *Picoides scalaris*, *Sayornis saya*, *Myiarchus crinitus*, *Tyrannus forficatus*, *Hirundo rustica*, *Corvus corax*, *Auriparus flaviceps*, *Campylorhynchus brunneicapillus*, *Salpinctes obsoletus*, *Thryomanes bewickii*, *Polioptila melanura*, *Mimus polyglottos*, *Oreoscoptes montanus*, *Anthus spragueii*, *Lanius ludovicianus*, *Cardinalis cardinalis*, *Passerina ciris*, *Amphispiza bilineata*, *Quiscalus mexicanus*, *Molothrus ater*, *Icterus parisorum* y *Carpodacus mexicanus*. Se calcularon los siguientes índices biológicos:

Diversidad: La diversidad  $\alpha$ : la serie logarítmica de Fisher, Corbert y Williams (1943); el Logaritmo normal Truncado de Preston (1948); Simpson (1949); obteniendo intervalos de confianza para los tres índices anteriores con el análisis de Jackknifing (Quanoville 1956; modificado por Tukey 1958); además los índices de Shannon (1948); Margalef y Menhinick (Ludwing & Reynolds 1988).

La diversidad  $\beta$ :  $\beta_1$  (binaria) con el método de Sorensen (1948);  $\beta_1$  (no binaria) con el método de Morisita (1959) y la diversidad  $\beta_2$  mediante Whittaker (1960).

La diversidad  $\alpha$ , medida por la riqueza de las especies, es casi igual en las dos estaciones. Las medidas que son una combinación de S (número de especies) y N (número total de individuos) como el índice de riqueza de Margalef, Menhinick y a de serie logarítmica, muestran una disminución de verano a otoño. Sin embargo el diagrama de rango/abundancia muestra que otoño tiene más especies abundantes y menos especies raras que verano, en esta última estación hay menos especies abundantes y más raras. Estas observaciones vienen de los índices que incorporan la información referente a la abundancia proporcional de las especies como Simpson y logaritmo normal

truncado. Al comparar las dos estaciones se reconoce una mayor heterogeneidad en verano, por lo tanto su diversidad en las aves es mayor que la de otoño. El cálculo de Jackknifing se utilizó para analizar los datos y eliminar el sesgo causado por el contagio o agregación de las especies dominantes, obteniendo intervalos de confianza para a de serie logarítmica (alta capacidad de discriminación)  $\partial$  de logaritmo normal truncado (baja capacidad de discriminación) y Simpson (moderada capacidad de discriminación), para demostrar si realmente existen diferencias mínimas entre verano y otoño. En el primer índice al comparar la distribución observada y esperada mediante una prueba de  $J_i^2$ , la  $\sum J_i^2$  calculada es 4.072 para verano y 2.960 para otoño; se comparó este valor con el obtenido en tablas con 6 grados de libertad y una  $P = 0.05$  el cual es igual a 12.592; concluyendo que no existe diferencia significativa entre la distribución observada y la esperada con una  $P \ll 0.05$  entre las dos estaciones. Al obtener el valor del modelo de Jackknifing (Cuadro 1) para verano y otoño, se observa que en ambos casos el valor obtenido en el modelo de serie logarítmica queda fuera del intervalo de confianza, lo que sugiere que algunos factores del medio ambiente y etológicos hacen que la muestra no sea representativa de la comunidad en ambas estaciones puesto que es el modelo que representa los datos. Con respecto al modelo de logaritmo normal truncado, al compararse la distribución observada con la esperada mediante  $J_i^2$ ; la  $\sum J_i^2$  calculada es 116.40 y 89.13 para verano y otoño; al compararse con el valor obtenido en tablas con 6 grados de libertad y la misma probabilidad  $J_i^2$  calculada » $J_i^2$  tablas, por lo tanto en ambos casos los datos no pueden ser descritos por este modelo. Sin embargo, al obtener el valor del modelo de Jackknifing para verano y para otoño; se observa que el valor obtenido en ambas estaciones queda en el intervalo de confianza, pero este modelo no describe los datos. El índice de Simpson ( $1/d$ ) se encuentra fuera de los intervalos de confianza para las dos estaciones, considerando que esta fuertemente influenciado por la abundancia de las especies y por ser una distribución de serie logarítmica, como en este caso, el índice no es sensible a la riqueza de especies y no muestra incremento cuando (S) excede de 10 (Magurran, 1988) como en este caso.

Al medir la diversidad  $\beta$  o diferencial entre la avifauna de verano y otoño, las comunidades que contengan más especies comunes serán las que tengan la diversidad  $\beta$  más elevada. Utilizando el índice de similitud de Sorensen (Cuadro 1), basado en la presencia o ausencia de las especies (binario), el verano y otoño participan con 22 y 21 especies respectivamente. La comparación del mismo índice en las dos estaciones indica un 53% de similitud al compartir 12 de las 20 especies residentes en ambas estaciones; al medir la misma diversidad  $\beta_1$  con el índice de Morisita, que toma en cuenta la riqueza específica más la abundancia de las especies, da un valor de 0.23 que nos indica un 23% de similitud entre el verano y otoño; este valor está fuertemente asociado al incremento de individuos que se incorporan a la comunidad por migración o reproducción. Al analizar  $\beta_2$  por el método de Whittaker, existe una mayor diversidad en verano que en otoño.

CUADRO 1

*Estadísticos muestrales de la ornitofauna de un matorral desértico micrófilo, en el Valle de Cuatrociénegas, Coahuila (verano y otoño, 1990).*

	Verano	Otoño
a) Diversidad $\alpha$		
Riqueza de especies	22	21
Individuos	223	346
Índice de Margalef	3.8837	3.4208
Índice de Menhinick	1.4732	1.1289
Índice de Shannon (H')	1.5500	2.2400
Índice de Simpson (1/D)	5.9794	7.6207
Jackknife de (1/D)		
(media)	7.5166	11.4243
(error estándar)	0.4690	1.2618
Índice de serie logarítmica (a)	6.0538	4.9234
Jackknife de diversidad a		
(media)	8.0582	5.4234
(error estándar)	1.3912	0.3822
Índice de log. normal truncado ( )	38.1228	30.4797
Jackknife de a de logaritmo normal truncado		
(media)	48.8636	30.4249
(error estándar)	11.7273	6.9555
b) Ajuste de los modelos		
Serie geométrica	no	no
Serie logarítmica	si	si
Logaritmo normal truncado	no	no
Palo quebrado	no	no
c) Diversidad $\beta$ (diferencial)		
$\beta_2$	1.063	0.575
$\beta_1$ (binaria)	0.125	0.350
$\beta_1$ (no binaria)	0.230	

Con base en los modelos analizados en el cuadro 1 se infiere que la serie logarítmica se ajusta a la diversidad intraespecífica de la avifauna del matorral desértico micrófilo del Valle de Cuatrociénegas. Los otros modelos como: logaritmo normal truncado describe una comunidad en un ambiente que fluctúa aleatoriamente y/o cuando varios factores del medio afectan la dinámica de la comunidad; ahora bien cuando la dinámica de la comunidad está impactada por un solo factor, la distribución de palo quebrado es el modelo adecuado y da una expresión estadística de una distribución uniforme donde las especies utilizan equitativamente todos los recursos; mientras que si es la misma comunidad dominada por un solo factor; la serie logarítmica es una descripción de una distribución  $n$  o uniforme basada en un uso jerárquico de los recursos hecho por las especies. Cabe señalar que la forma ideal de este tipo de hábitat, con el uso jerárquico de los recursos es la serie geométrica. De lo anterior se infiere que la avifauna del matorral desértico micrófilo del Valle de Cuatrociénegas es una comunidad simple debido a la presencia de una comunidad clímax como el bioma de *Larrea*.

Al analizar los índices paramétricos de diversidad a el índice  $\alpha$  de la serie logarítmica que es el que mejor describe la comunidad de aves del matorral desértico micrófilo de Cuatrociénegas y al compararlo contra los índices usados por otros autores tenemos que: a de serie logarítmica es un método que representa la abundancia de las especies al relacionar el número de especies y el número de individuos de las mismas, es un índice que tiene una gran capacidad de discriminación, su sensibilidad al tamaño de muestra es baja y está fuertemente influenciado por la riqueza. Al comparar este método contra las curvas de rarefacción de James y Rathbun (1981) que son una medida de la diversidad y sirve para calcular el número de especies esperadas en cada muestra asumiendo que todas las muestras son iguales, se pierde mucha información ya que el número de especies y la abundancia relativa de las muestras se conoce antes de aplicar el método y después de aplicarlo se obtiene el número de especies esperadas y no el observado. El mismo índice, a de serie logarítmica, comparado contra los que miden la diversidad de acuerdo a la abundancia proporcional de las especies como el índice de Shannon-Weiner usado por

Short (1979), James y Rathbun (1981), Alfonso *et al.* (1988) y Ornelas *et al.* (1993), tenemos que el segundo índice es considerado no paramétrico ya que no utiliza ningún supuesto de la distribución de abundancia de las especies y al estimar  $P_i$  produce un sesgo que puede ser insignificante ya que la mayor fuente de error viene de que no todas las especies de la comunidad se incluyen en el muestreo, supuesto de este método y dicho error se incrementa a medida que la proporción de especies disminuye; por lo que su capacidad de discriminación es moderada, su sensibilidad es moderada con respecto al tamaño de muestra y esta influenciado por la riqueza de especies. Otros índices basados en la abundancia proporcional de las especies como el Simpson usado por Rotenberry *et al.* (1979) y James y Rathbun (1981) y el índice de Berger-Parker usado por los dos últimos autores están basados en la dominancia, pero Simpson se pondera de acuerdo a la abundancia de las especies más comunes y la diversidad se expresa como su inverso, lo cual significa que mientras el valor del índice aumenta la diversidad disminuye, su capacidad de discriminación es moderada y su sensibilidad al tamaño de muestra es bajo; sin embargo el valor del índice en muestras de 10 o más especies se ve influido por la distribución de abundancia de las especies. El segundo índice, Berger-Parker, expresa la importancia proporcional de las especies más abundantes y la diversidad se calcula como su recíproco; de todos los índices mencionados anteriormente es el más pobre en su capacidad de discriminación y con una baja sensibilidad al tamaño de muestra. Otra alternativa presentada por Alfonso *et al.* (1988) es obtener una serie de índices transformados un lugar de un solo valor; como por ejemplo la serie Hill donde se obtienen valores de diversidad según se pondere la riqueza específica o la dominancia obteniendo un índice que se expresa como la abundancia proporcional media y se clasifica de acuerdo a las especies raras, al comparar el valor de la serie de Hill contra el valor de un solo índice, el primero tiene una mayor capacidad de discriminación.

Tomando en cuenta todos los factores anteriores, se puede concluir que los índices en los diferentes estudios tienen una capacidad variable de discriminación y en ocasiones el más sencillo y menos costoso, es igualmente efecti-

vo que otro más complicado; por lo que se recomienda usar los índices ponderados con respecto a la riqueza como la serie logarítmica y el de Shannon (1948) para encontrar las diferencias entre localidades y estaciones entre los dos índices anteriores de acuerdo a su capacidad de discriminación, sensibilidad al tamaño de muestra, la facilidad de cálculo y uso a de la serie logarítmica es el más efectivo.

Con respecto a la diversidad  $\beta$  diferencial contra un gradiente, los valores obtenidos en el presente trabajo servirán de referencia para futuras investigaciones, porque no existe ninguna referencia de este índice para las aves en México.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al CONACYT (UANL-CONACYT P220CC0892080) por financiar el proyecto de donde derivó el presente trabajo y a Roberto Mercado Hernández por comentarios sobre el manuscrito.

#### REFERENCIAS

- Alfonso, M.A., V. Berovides & M. Acosta. 1988. Diversidad ecológica y gremios de tres comunidades de aves cubanas. *Cienc. Biol.* 19-20: 20-29.
- American Ornithologist's Union. 1983. Check-List of North American Birds. American Ornithologist's Union. Nueva York 877 p.
- Fisher, R.A., A.J. Cobert & S.C.B. Williams. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.* 1: 42-58.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 246 p.
- James, F.C. & S. Rathbun. 1981. Rarefaction, relative abundance and diversity of avian communities. *Auk* 98: 785-799.
- Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. A primer on methods and computing statistical ecology. Wiley, Nueva York. 337 p.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Croom Helm, Londres.
- Morisita, M. 1959. Measuring of interespecific associations and similarity between communities. *Mem. Fac. Kyushu Univ. Ser. E. (Biol.)* 3: 65-80.
- Ornelas, J.F., M.C. Arizmendi, L. Marquez-Valdemar,

- M.L. Navarajo & H.A. Berlanga. 1993. Variability profiles for line transect bird census in a tropical dry forest in México. *Condor* 95: 415-422.
- Preston, F.W. 1948. The commonness and rarity of species. *Ecology* 29: 254-283.
- Quanoville, M.H. 1956. Notes on bias in estimation. *Biometrics* 43: 353-360.
- Roetnberry, J.T., R.F. Fitzner & W.H. Rickard. 1979. Seasonal variation in avian community structure: differences in mechanisms regulating diversity. *Auk* 96: 499-505.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 27: 379-243, 623-656.
- Short, J.J. 1979. Pattern of alpha-diversity and abundance in breeding bird communities across North America. *Condor* 81: 21-27.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- Skirvin, A.A. 1981. Effect of time of day and time of season on the number of observations and density estimates of breeding birds, p 271-274. *In* C.J. Ralph & J.M. Scott (eds.) *Estimating the number of terrestrial birds*. Studies in avian biology. No. 6. Ornithological Society. Kansas.
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish Commons. *Biol. Skr. (K. Danske Vidensk. Selk. N.S.)*. 5: 1-34.
- Tukey, J. 1958. Bias and confidence in not quite parge samples *Ann. Math. Stat.* 29: 614.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monogr.* 30: 279-338.