

PROGRAMA INNOVADOR PARA EVALUAR USO Y PREFERENCIA DE HÁBITAT

INNOVATIVE PROGRAM FOR HABITAT USE AND PREFERENCE EVALUATION

Javier Montenegro, Alberto Acosta

*Unidad de Ecología y Sistemática, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Pontificia Universidad Javeriana, Cra. 7 No. 43-82 Bogotá, Colombia
montenegroj@javeriana.edu.co; laacosta@javeriana.edu.co*

Recibido: 27-02-2008: Aceptado: 14-10-2008:

Resumen

La preferencia de hábitat por parte de una especie es una temática de gran importancia en biología, ecología, evolución, y manejo y conservación de la biodiversidad, ya que nos permite determinar los recursos y condiciones que requiere una especie para su supervivencia, reproducción y perduración en el tiempo. Este tema es prioritario, dado los rápidos cambios climáticos que, según las predicciones, afectarán de forma directa o indirecta los recursos, condiciones y por ende el hábitat de las especies; modificando la abundancia, distribución espacial y probabilidad de extinción local. Actualmente es un tema difícil de abordar, debido a que la literatura existente es difusa, incluye contradicciones teóricas y los métodos matemáticos para inferir preferencia son repetitivos y no han sido priorizados. Considerando estas dificultades, se ha creado el programa HaviStat©, que permite realizar la mayoría de los procedimientos matemáticos, estadísticos y gráficos requeridos para inferir uso, selección, preferencia de hábitat o recursos (18 índices y 2 intervalos de confianza) y amplitud de nicho (4 índices y 2 intervalos de confianza) para cualquier especie. El programa fue creado en lenguaje Visual Basic® sobre la plataforma de Microsoft Office Excel®, y es el resultado de una exhaustiva revisión bibliográfica, donde se han seleccionado y compilado los índices más relevantes. La literatura complementaria ayudará a los investigadores a plantear el diseño experimental y entender la importancia de los resultados; además brindará las herramientas para entender cómo funcionan y cuándo deben ser aplicados los índices.

Palabras clave: hábitat, HaviStat©, preferencia, programa, recursos, selección, uso.

Abstract

The species habitat preference is an important topic in biology, ecology, evolution, and management and conservation of biodiversity, since it allows us to determine the resources and conditions required by species for survival, reproduction and persistence through time. This topic is high priority due to the rapid climatic changes that, according to model predictions, will directly or indirectly affect the resources, conditions and therefore its habitat, modifying its abundance, spatial distribution, and local probability of extinction. At the moment this topic is difficult to approach, because the existing literature is disperse, there are theoretical contradictions, and mathematical methods to infer preference are repetitive, and have not been ranked. Considering these difficulties, HaviStat© has been created. This program can perform the majority of mathematical, statistical, and graphical procedures required to infer habitat use, selection, preference or resources (18 indices and 2 confidence intervals), and niche amplitude for any species (4 indices and 2 confidence intervals). The program was made on Visual Basic® language on the Microsoft Office Excel® platform. It is the result of an exhaustive literature review, where the most relevant index were selected and compiled. Complementary literature will help researchers to set up experimental designs, and to know the importance of the results; also, it will bring basic tools to understand how the index work and when they must be applied.

Key words: habitat, HaviStat©, program, preference, resources, selection, use.

INTRODUCCIÓN

Conocer la preferencia de hábitat de una especie es un tema de particular interés en múltiples disciplinas como biología, ecología, evolución y áreas relacionadas con la administración y conservación de recursos naturales. Esta información permite inferir las necesidades ecológicas, es decir, las condiciones y los recursos bióticos y abióticos que requiere un organismo para explicar su abundancia, distribución espacial (Manly *et al.*, 1993), evolución y persistencia en el tiempo. No obstante, este tema es controversial y de difícil abordaje debido a la alta dispersión de la información publicada, a las diferentes interpretaciones que se le ha dado a los conceptos y a los múltiples índices que se han generado para tal fin. Hasta el momento no existe ninguna herramienta computacional, ni teórica que sintetice o aclare lo publicado, o que permita el fácil aprendizaje y análisis numérico en esta temática.

Para cualquier especie, el hábitat es definido como el lugar donde existen recursos y condiciones físicas y bióticas que permiten la sobrevivencia, reproducción y establecimiento de un organismo (Batzli y Lesieutre, 1991; Lubin *et al.*, 1993); o el área (espacialmente limitada) en la cual, la densidad o cualquier parámetro poblacional es diferente entre localidades o parches contiguos (Morris, 2003). Por su parte la preferencia de hábitat, que se evalúa a nivel poblacional (Meager y Utne-Palm, 2007), se entiende como una consecuencia de la selección o uso asimétrico de unos recursos sobre otros por parte de cada individuo de la población, de forma no aleatoria, entre los hábitat potenciales (Krausman, 1999; Morris, 2003). Según Matthiopoulos (2003) la preferencia de hábitat sólo puede ser inferida, o evaluada de manera indirecta, por medio del uso que hace el organismo de algunos recursos físicos y biológicos en hábitats diferentes (Litvaitis *et al.*, 1994).

Según Underwood *et al.*, (2004) obtener la preferencia de hábitat de una especie a partir de medidas indirectas, como el uso y la selección, no permite representar de manera fiable todas sus necesidades ecológicas a lo largo del ciclo de vida. Con el ánimo de resolver este problema Underwood *et al.*, (2004) han propuesto que la preferencia de hábitat debe ser evaluada como la diferencia entre la proporción relativa de todos los recursos usados y la disponibilidad de los mismos; lo que ha generado que al evaluar la selección por uno o varios recursos (preferencia de hábitat), se extrapolen los resultados para determinar el hábitat de una especie. En parte, esta confusión también se debe al mal uso de términos en la literatura. Según la revisión bibliográfica hecha por Hall *et al.*, (1997) no existe una estandarización de términos para el estudio de la preferencia de hábitat; sugiriendo las siguientes definiciones:

hábitat no usado, como aquel en donde temporal o especialmente no se presenta la especie estudiada o donde su frecuencia de aparición durante el muestreo es baja, sin llegar a ser sinónimo de “no hábitat” (es decir que no brinda las condiciones o recursos mínimos para la especie). Por otro lado el uso de un hábitat es la forma en que un organismo aprovecha todos los componentes físicos y biológicos de éste, sin implicar necesariamente que exista una selección del mismo, ya que selección es un proceso jerárquico que involucra una variedad de decisiones innatas (genéticas) y aprendidas por parte de cada organismo, que resultan en el uso desproporcionado de unos recursos sobre otros y por ende de aquellos hábitat que los contengan. Algunas de estas definiciones, sin embargo, son difíciles de usar en la práctica. Ya que la forma como un organismo usa los recursos en un hábitat no es algo tangible para el investigador, como sí lo sería la proporción de los diferentes recursos dentro de un hábitat.

Según Hall *et al.*, (1997) para que un hábitat sea seleccionado, éste debe estar disponible para la especie, es decir, que el hábitat y los recursos a ser usados no posean factores limitantes (ej. físicos, biológicos y químicos). La disponibilidad de hábitat es difícil de determinar si consideramos que, estos factores varían en espacio y tiempo (estocasticidad; heterogeneidad espacial), al igual que lo hacen los requerimientos de un organismo a lo largo de su ciclo de vida (etapas), esto sumado a que la ausencia de organismos en un hábitat no necesariamente implica que éste no este disponible.

Esta dificultad lleva generalmente a los investigadores a extrapolar la disponibilidad de un hábitat a partir de la abundancia o área ocupada por el mismo en el espacio, siendo esto un error ya que un hábitat puede tener los recursos y condiciones necesarios para la especie y estar disponible o no.

Adicionalmente la selección de un hábitat también depende de la calidad del mismo, que usualmente es inferida a partir de parámetros poblacionales, ya que se asume que hay una relación lineal entre estos parámetros y la calidad del hábitat (ej. mayor tasa de natalidad implicando mayor calidad).

Independientemente del uso que se le ha dado a los términos para inferir preferencia, se han diseñado numerosos índices que según Lechowicz (1982) deben cumplir con siete criterios: 1) basarse en un modelo aleatorio; 2) la preferencia debe tener rangos equivalentes de aceptación o rechazo; 3) la preferencia debe tener valores claros de rechazo y de aceptación; utilizando el valor máximo cuando únicamente se usa un hábitat y el valor mínimo cuando un hábitat no es usado; 4) existir un relación lineal entre las variables; 5) ser lo menos sensible a errores de muestreo, como bajos tamaño de muestra y otros errores de diseño; 6) facilitar

comparaciones estadísticas entre subgrupos; y 7) arrojar resultados comparables independiente del tamaño de muestra y de la abundancia de recursos.

Con el presente artículo se realiza una revisión, de la mayoría de los métodos matemáticos existentes para evaluar preferencia de hábitat, tales como índices, intervalos de confianza y pruebas estadísticas de bondad de ajuste, y se presenta la primera herramienta computacional en Colombia que permitirá a los investigadores evaluar eficientemente la preferencia de hábitat de una especie. El programa HaviStat©, de acuerdo a lo revisado en literatura, es de los más completos hasta la fecha diseñados, para brindar a los usuarios de manera gratuita elementos gráficos, matemáticos, estadísticos (jerarquizados) y una compilación bibliográfica sobre el tema; todo ello bajo una plataforma amigable e intuitiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica en las siguientes bases de datos, JSTOR (Journal Storage), Blackwell Sinergy, Ebrary, E-Libro, ISI Web of Science, Science Direct (Elsevier) y Springer Link con el fin de encontrar los métodos estadísticos, matemáticos y gráficos usados para evaluar preferencia por recursos y/o hábitat.

Una vez terminada la compilación, revisión y discriminación de los índices (300 artículos seleccionados y revisados), en lenguaje Visual Basic® (Microsoft Office Excel®) se programó un macro, dividido en módulos independientes para índices de preferencia, índices de amplitud de nicho, intervalos de confianza, gráficos, literatura complementaria y manuales audiovisuales para facilitar su uso. El programa fue diseñado con una interfaz sencilla e intuitiva, con capacidad de ingresar grandes matrices de datos (200 columnas x 3000 filas), aplicar índices, intervalos de confianza y generar gráficos de contraste, partiendo de parámetros iniciales ingresados por el usuario como son el número de variables dependientes e independientes y nivel de confianza deseado para los análisis.

RESULTADOS

Esta sección se presentará en el siguiente orden, la síntesis de los índices seleccionados de la literatura y luego la estructura del nuevo programa HaviStat© diseñado (CD anexo).

Los índices de preferencia de hábitat o recursos (18), de amplitud de nicho (4), e intervalos de confianza para infe-

rir preferencia y amplitud de nicho (4) seleccionados de la literatura consultada e integrados al programa HaviStat© se presentan a continuación, junto con sus respectivos rangos de valores y criterios de decisión para determinar preferencia, uso (simétrico-asimétrico), o no uso (evita). Las convenciones de las diferentes fórmulas son incluidas al final de las mismas.

a. Índices de preferencia, que permiten inferir si una especie está prefiriendo, o no usando (evita) un determinado hábitat, recurso o condición:

- Latino y Beltzer (1999), LB_i :

$$LB_i = \text{Log}[(p_{U_i} * 100)/(p_{N_i} * 100)] + 1]$$

Rango: va de 0 a 0,3 y de 0,3 a infinito.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0,3 prefiere, si es menor evita.

- Savage (1931) / Scott (1920) Forage Ratio, SS_i :

$$SS_i = p_{U_i}/p_{N_i}$$

Rango: va de 0 a 1 y de 1 a infinito.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 1 prefiere, si es menor evita.

- Jacob (1974) I y II, $J1_i$ y $J2_i$:

$$J1_i = [p_{U_i}(1 - p_{N_i})]/[p_{N_i}(1 - p_{U_i})]$$

$$J2_i = (p_{U_i} - p_{N_i})/(p_{U_i} + p_{N_i} - 2p_{U_i} * p_{N_i})$$

Rango: J1: va de 0 a 1 y de 1 a infinito; J2: va de -1 a 1.

Criterio: J1: si el valor del índice es mayor que 1 prefiere, si es menor evita.

J2: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Strauss (1979) / Jolicoeur y Brunei (1966) / Ready *et al.*, (1985), S_i :

$$S_i = p_{U_i} - p_{N_i}$$

Rango: va de -1 a 1.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Ivlev (1961), I_i :

$$I_i = (p_{U_i} - p_{N_i})/(p_{U_i} + p_{N_i})$$

Rango: va de -1 a 1.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Alfa de Manly *et al.*, (1972) / Chesson (1978) / Paloheimo (1979) y Manly (1993), α_i :

$$\alpha_i = \frac{p_{U_i}}{p_{N_i}} \left[\frac{1}{\sum (p_{U_i}/p_{N_i})} \right]$$

Rango: va de 0 a 1.

Criterio: Manly(1972) / Chesson (1978) / Paloheimo (1979): si el valor del índice es mayor que 0,5 prefiere, si es menor evita.

Manly (1993): si el valor del índice es mayor que (1/C) prefiere, si es menor evita. La fórmula es la misma pero el criterio varía (se usa la misma ecuación pero diferente criterio).

- Manly Estandarizado (1973), ME_i :

$$ME_i = \log(1 - p_{n_i}) / \sum \log(1 - p_{n_i})$$

Rango: va de 0 a 1.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0,5 prefiere, si es menor evita.

- Vanderploeg y Scavia (1979) I y II, $VS1_i$, $VS2_i$:

$$VS1_i = p_{n_i} / \sum p_{n_i}$$

$$VS2_i = \left(\left(\frac{p_{n_i}}{\sum p_{n_i}} \right) - 1/C \right) / \left(\left(\frac{p_{n_i}}{\sum p_{n_i}} \right) + 1/C \right)$$

Rango: va de -1 a 1.

Criterio: $VS1$: si el valor del índice es mayor que 0,5 prefiere, si es menor evita.

$VS2$: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Larsen (1936), L_i :

$$L_i = p_{N_i} / p_{U_i}$$

Rango: va de 0 a 1 y de 1 a infinito.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 1 prefiere, si es menor evita.

- Gabriel (1978) LOR_i :

$$LOR_i = [p_{U_i} * 100 (100 - p_{U_i} * 100)] / [p_{N_i} * 100 (100 - p_{N_i} * 100)]$$

Rango: va de - infinito a + infinito.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Lechowicz (1982), LV_i :

$$LV_i = \frac{\left[\left(\frac{p_{U_i}}{p_{N_i}} \right) / \sum \left(\frac{p_{U_i}}{p_{N_i}} \right) \right] - \frac{1}{C}}{\left[\left(\frac{p_{U_i}}{p_{N_i}} \right) / \sum \left(\frac{p_{U_i}}{p_{N_i}} \right) \right] + \frac{1}{C}}$$

Rango: va de -1 a 1.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Thomas y Elmes (1998), TE_i :

$$TE_i = [p_{U_i}(1 - p_{N_i})] / [p_{N_i}(1 - p_{U_i})]$$

Rango: va de 0-1 y 1- infinito

Criterio: si el valor del índice es mayor que 1 prefiere, si es menor evita.

- Baltz (1990), B_i :

$$B_i = [(p_{U_i} - p_{N_i}) / (p_{U_i} + p_{N_i})] - 2p_{U_i} * p_{N_i}$$

Rango: va de -1 a 1.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0,2 prefiere, si es menor evita.

- Erdakov, Efimov, Galaktionov y Sergeev (1979), E_i :

$$E_i = \frac{p_{U_i} - [(U - u_i) / ((C - 1)U)]}{p_{U_i} + [(U - u_i) / ((C - 1)U)]}$$

Rango: va de -1 a 1

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0 prefiere, si es menor evita.

- Grobler y Charsley (1978), GC_i :

$$GC_i = (u_i/n_i) * 100$$

Rango: va de 0 a infinito.

Criterio: si el valor del índice es mayor que (promedio de "GC") prefiere, si es menor evita.

- b. Intervalos de confianza de preferencia, que permiten inferir si una especie está prefiriendo, usando o no usando un determinado hábitat, recurso o condición:**

- Bonferroni (Cherry, 1996), $Int. Bonf_i$:

$$Int. Bonf_i = p_{U_i} - Z_{\alpha/2C} \sqrt{\frac{p_{U_i}(1 - p_{U_i})}{U}}$$

$$\leq p_{U_i} \leq p_{U_i} + Z_{\alpha/2C} \sqrt{\frac{p_{U_i}(1 - p_{U_i})}{U}}$$

Rango: va de -1 a 1

Criterio: si el uso esperado > intervalo mayor entonces prefiere.

Si el uso esperado < intervalo menor entonces evita.

Si el intervalo mayor > uso esperado > intervalo menor entonces usa.

- Byers *et al.*, (1984), *Int. Byers_i*:

$$Int. Byers_i = p_{U_i} - Z_{\alpha/2C} \sqrt{\frac{p_{U_i}(1-p_{U_i})}{U}}$$

$$\frac{1}{2U} \leq p_{U_i} \leq p_{U_i} + Z_{\alpha/2C} \sqrt{\frac{p_{U_i}(1-p_{U_i})}{U}} + \frac{1}{2U}$$

Rango: va de -1 a 1

Criterio: si el uso esperado > intervalo mayor entonces prefiere.

Si el uso esperado < intervalo menor entonces evita.

Si el intervalo mayor > uso esperado > intervalo menor entonces usa.

c. Índices de amplitud de nicho, que permiten inferir qué tan uniformemente están siendo usados los recursos o hábitat:

- Levin's (1968), *LN_i*:

$$LN_i = 1 / \sum p_{U_i}^2$$

Rango: el índice va de 0 – 1 siendo menor y mayor uniformidad de uso.

- Hurlbert (1978) *H_i*:

$$H_i = \frac{1/\sum(p_{U_i}^2/p_{N_i}) - p_{N_i \text{ mínimo}}}{1 - p_{N_i \text{ mínimo}}}$$

Rango: el índice va de 1/(# de categorías de hábitat) a 1 siendo menor y mayor uniformidad de uso.

- Colwell y Futuyma (1971) (Shannon-Wiener), *SH_i*:

$$SH_i = \frac{-\sum p_{U_i} \log p_{U_i}}{\log C}$$

Rango: el índice va de 0 – 1 siendo menor y mayor uniformidad de uso.

- Smith (1982; Smith E.P. y Zaert T.M. 1982), *SM_i*:

$$SM_i = \sum \sqrt{p_{U_i} * p_{N_i}}$$

Rango: el índice va de 0 – 1 siendo menor y mayor uniformidad de uso.

d. Intervalos de confianza de amplitud de nicho, que permiten inferir qué tan uniformemente están siendo usados los recursos o hábitat:

- Hurlbert (1978), *H_{int}*:

$$H_{int} \pm Z_{\alpha/2C} \sqrt{\frac{4H_i[\sum(p_{U_i}^3/p_{U_i}^2) - (1/H_i)^2]}{U}}$$

Rango: el índice va de 1/(# de categorías de hábitat) a 1 siendo menor y mayor uniformidad de uso.

- Smith (1982; Smith E.P. y Zaert T.M. 1982), *SM_{int}*:

$$SM_{int} = \text{Seno} \left[\text{Arcoseno} SM_i \pm \frac{Z_{1-(\alpha/2C)}}{2\sqrt{U}} \right]$$

Rango: el índice va de 0 – 1 siendo menor y mayor uniformidad de uso.

e. Estadísticos:

- Error estándar (Krebs, 1989):

$$S_{error} = \sqrt{\frac{p_{U_i}(1-p_{U_i})}{U * p_{N_i}^2}}$$

- Prueba G (Krebs, 1989):

$$G(X^2) = 2 \sum \left[u_i \ln \left(\frac{u_i}{U * p_{N_i}^2} \right) \right]$$

- Prueba χ^2 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(p_{U_i} - p_{U_i \text{ esperado}})^2}{p_{U_i \text{ esperado}}}$$

- Evaluación del tamaño de muestra (Dixon y Massey, 1969):

$$U(1 - p_{U_i}) \geq 5 \rightarrow \text{Adecuado}$$

$$U * p_{U_i} \geq 5 \rightarrow \text{Adecuado}$$

Convenciones de las variables usadas en las fórmulas

Variabes	Significado
LB_i	Latino & Beltzer (1999)
SL_i	Savage (1931) / Larsen (1936)
$J1_i$	Jacob (1974) I
$J2_i$	Jacob (1974) II
S_i	Strauss (1979)
I_i	Ivlev (1961)
M_i	Manley (1993)
MV_i	Manley Estandarizado (1993) / I)Vanderploeg & Scavia (1979)
α_i	Alfa de Manley (1972) / Chesson (1978)
L_i	Larsen (1936)
LN_i	Levin's (1968)
LOR_i	Gabriel (1978)
LV_i	Lechowicz (1982) / II)Vanderploeg & Scavia (1979)
TE_i	Thomas & Elmes (1998)
B_i	Baltz (1990)
E_i	Erdakov, Efimov, Galaktionov & Sergeev (1979)
C	número de categorías de hábitat
N	número total de unidades en todas las categorías de hábitat
n_i	número de unidades en la categoría " i " de hábitat
p_{Ni}	N / n_i , proporción de unidades de la categoría " i " con respecto a N
U	número total de individuos
u_i	número de individuos que usan la categoría " i "
p_{Ui}	U / u_i , proporción de uso de la categoría " i " con respecto a U
p_{ni}	n_i / u_i , proporción de uso en la categoría " i " con respecto a n_i
$Z_{\alpha/2c}$	valor en la distribución Z, que corresponde al área de la cola de $\alpha/2C$
/	separa autores que poseen índices similares

Estructura del programa:

- **Hoja "Datos"**



Desde esta Hoja se deben ingresar las dimensiones de la plantilla (matriz de datos), la variable dependiente que se desea graficar y seleccionar el nivel de confianza, los índices de amplitud y de preferencia de hábitat deseados (usando la lista desplegable para seleccionarlos).

Botones y funciones:

Reparar: restaura el programa a sus condiciones iniciales.

Generar Plantilla: genera una plantilla con las dimensiones deseadas (categoría de la variable independiente x variables independientes)

Limpiar Todo: borra y restaura el contenido de todas las hojas del programa.

Borrar Índices Guardados: borra el contenido de la Hoja "Índices Guardados"

Exportar Índices a un Nuevo Documento: crea un nuevo documento de Excel y exporta a éste los índices guardados en la Hoja "Índices Guardados".

Aplicar Índice (uno para preferencia y otro para amplitud): aplica la estadística relevante para probar preferencia (to-

tales, error estándar de la preferencia, evaluación de tamaño muestral y pruebas χ^2 y G) y el índice seleccionado por el usuario y entrega el resultado en la Hoja “Índices Amplitud” o “Índices Preferencia”, dependiendo si el índice es de preferencia de hábitat o amplitud de nicho.

Graficar: genera histogramas de contraste en la Hoja “Gráficos” junto con los respectivos datos de origen.

Graficar Todos: grafica todas las variables dependientes en la Hoja “Gráficos”.

Borrar Gráficos: borra el contenido de la Hoja “Gráficos”.

Exportar Gráficos a un Nuevo Documento: crea un nuevo documento de Excel y exporta a éste los gráficos de la Hoja “Gráficos”.

• **Hoja “Índices Amplitud”**



En esta Hoja se generarán los resultados de los índices de amplitud aplicados.

Botones y funciones:

Guardar este Índice: guarda los resultados del índice de amplitud aplicado en la Hoja “Índices Guardados”.

Borrar Índices Guardados: borra el contenido de la Hoja “Índices Guardados”.

• **Hoja “Índices Preferencia”**



En esta Hoja se generarán los resultados de los índices de preferencia de hábitat aplicados.

Botones y funciones:

Guardar este Índice: guarda los resultados del índice de amplitud aplicado en la Hoja “Índices Guardados”.

Borrar Índices Guardados: borra el contenido de la Hoja “Índices Guardados”.

• **Hoja “Índices Guardados”**



En esta Hoja se guardan automáticamente los índices ejecutados desde la opción “Los más importantes (*)” (según el autor) y “Todos” en las listas desplegables de la Hoja

“Datos”.

Botones y funciones:

Exportar a un Nuevo Documento: crea un nuevo documento de Excel y exporta a éste el contenido de la Hoja “Índices Guardados”.

• **Hoja “Gráficos”**



En esta hoja se presentan los gráficos de contraste generados desde la Hoja “Datos”.

• **Hoja “Referencias Bibliográficas”**



En esta hoja se encuentran las referencias bibliográficas usadas para realizar el programa.

Botones y funciones:

Literatura Complementaria: permite acceder a artículos en pdf sobre la temática de preferencia.

• **Hoja “Manuales”**



Desde esta hoja se podrá acceder a los manuales escritos y audiovisuales del programa.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta los diversos procedimientos matemáticos encontrados en la literatura y los seleccionados para usar en el programa, se puede considerar que los análisis existentes para inferir preferencia de hábitat se dividen en dos grandes categorías; por una parte están los índices, capaces de revelar preferencia o rechazo de las categorías de la variable independiente que se evalúa, y por otra parte los intervalos de confianza, que adicionalmente indican el uso de uno o más recursos.

Según Lechowicz (1982) los índices, en principio, deben presentar límites específicos y en su mayoría poseer criterios estáticos que correspondan a rangos equivalentes para la toma de decisiones, es decir aceptar o rechazar preferencia; no obstante, en literatura fueron encontrados algunos índices que no cumplen con esta condición básica, como

son el de Latino & Beltzer (1999), Savage (1931), Scott (1920), I. Jacob (1974) y Larsen (1936) que poseen como en el último caso un límite inferior "0" y superior ∞ , y como rango de aceptación de la preferencia 0-1 y rango de rechazo de la misma 1- ∞ , no cumpliéndose así la equidad entre rangos. Para otros índices como los de Manly (1993) y Grobler & Charsley (1978) el criterio de decisión varía según el número de categorías de la variable independiente, o del valor promedio del índice en las categorías de la variable independiente, condición que los hace más sensibles para detectar preferencia, mas no así para el rechazarla. No indicando esto que los índices no puedan ser usados, sino que se debe tener precaución al interpretar los mismos.

Otro factor identificado como importante al momento de seleccionar los índices a emplearse en las investigaciones es la facilidad de interpretación de los resultados arrojados por los mismos, siendo los mejores en este sentido los de Jacob II (1974), Ivlev (1961), Vanderploeg & Scavia II (1979), Lechowicz (1982), Gabriel (1978), Baltz (1990) y Erdakov, Efimov, Galaktionov & Sergeev (1979) ya que, al moverse entre rangos "-" y "+", permiten de manera intuitiva relacionar el "-" con rechazo y el "+" con aceptación, sin necesidad de realizar comparaciones numéricas, usando los criterios arbitrarios establecidos por el autor, para llegar a una decisión.

Es de resaltar que los intervalos de confianza de Bonferroni y de Byers nos brindan un mayor grado de resolución que los índices, al determinar donde hay uso, y no sólo las opciones de preferencia o rechazo. Estos intervalos no sólo permiten ratificar el resultado de los índices, bien sea éste el de aceptación o rechazo de la preferencia, sino que además deben ser empleados adecuadamente, por ejemplo, Cherry (1996) sugiere que el intervalo de confianza de Byers está diseñado para ser utilizado cuando el investigador posee tamaño de muestra pequeño, ya que si es aplicado en el caso contrario puede revelar falsos estados de uso. Esto implica que el tamaño de muestra es un factor importante en el diseño experimental y al momento de decidir las pruebas a ser implementadas. El programa HaviStat© soluciona parte del problema ya que de forma predeterminada evalúa si el tamaño de la muestra es adecuado o no, a través de las dos pruebas comúnmente usadas en literatura y planteadas por Dixon y Massey (1969). Según Cherry (1996) si el tamaño de la muestra supera las dos pruebas anteriores (con valores superiores a 5 por cada categoría de variable independiente), el muestreo se puede considerar adecuado para evaluar la preferencia de hábitat. De no ser apropiado el tamaño de la muestra, el investigador debe tener cuidado con la interpretación y

confiabilidad de su resultado, o retornar a campo para aumentar el número de individuos y con ello el nivel de precisión.

Basado en las dificultades mencionadas, consideramos que ningún procedimiento matemático cumple a cabalidad, por sí solo, con todas las características deseadas y propuestas por Lechowicz (1982) para definir con certeza preferencia; por ello en el programa HaviStat© se han seleccionado un grupo de índices (descriptivos) e intervalos de confianza (estadísticos) que consideramos óptimos y complementarios para evaluar de forma más precisa la preferencia de hábitat. Los índices elegidos son altamente intuitivos, poseen rangos proporcionales, criterios de decisión que no varían (ej. Ivlev, 1961; Manly, 1993) y dan la posibilidad de realizar pruebas estadísticas para rechazar hipótesis (ej. intervalos de confianza de Bonferroni y de Byers); estos últimos brindando la opción de confirmar los resultados de los índices y de establecer el uso de uno o más recursos.

La información lograda con el programa HaviStat© podrá ser aplicada en estrategias de manejo que tengan como objetivo aumentar el tamaño poblacional de una especie en vía de extinción o rara, o por lo contrario, controlar el excesivo crecimiento poblacional de una especie invasora o plaga. De igual forma, conocer la "preferencia de hábitat" de poblaciones locales y especies ayudará a entender procesos adaptativos y las consecuencias del cambio climático global, a razón de nuevas condiciones y recursos que experimentarán las especies.

CONCLUSIONES

El programa HaviStat© es una valiosa herramienta para ecología y áreas afines, que permitirá a los investigadores inferir, de manera rápida, sencilla, efectiva y confiable, la preferencia de hábitat o el uso de recursos por parte de cualquier organismo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Departamento de Biología de la Pontificia Universidad Javeriana por proporcionar los recursos para la producción física y distribución gratuita del programa (CD HaviStat©). A los investigadores Dra. María Argenis Bonilla, Dr. Camilo Peraza, Dr. Andrés Reimel Acosta y Dr. Jorge Jácome quienes evaluaron y validaron el programa, y finalmente al Dr. Yuri Orlik por sus valiosos comentarios para mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- BALTZ, D.M. *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland. 1990, págs. 585-607.
- BATZLI, G.O. y LESIEUTRE, C. The influence of high quality food on habitat use by arctic microtine rodents. *Oikos*, 1991, 60, 299-306.
- BYERS, C.R.; STEINHORST, C.K. y KRAUSMAN, P.R. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management*, 1984, 48, 1050-1053.
- CHERRY, S.A. Comparison of Confidence Interval Methods for Habitat Use-Availability Studies. *The Journal of Wildlife Management*, 1996, 60, 653-658.
- CHESSON, J. Measuring preference in selective predation. *Ecology*, 1978, 59, 211-215.
- COLWELL, R.K. y FUTUYMA, D.J. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 1971, 52, 567-576.
- DIXON, W.J. y MASSEY, F.J. *Introduction to statistical analysis*. McGraw-Hill, New York. 1969, págs 638.
- ERDAKOV, L.N.; EFIMOV, V.M., GATAKIONOV, Y.K. y SERGEEV, V.E. Quantitative evaluation of the fidelity of habitat. *Soviet Journal of Ecology*, 1979, 9, 293-295.
- GABRIEL, W.L. *Statistics of selectivity*. S.J. Lipovsky and S.A. Simenstad (eds.), Washington. 1978, 62-66.
- GROBLER, J.H. y CHARLESLEY, G.W. Host preference of the yellow-billed oxpecker in the Rhodes Matopos National Park, Rhodesia. *South African Journal of Wildlife Research*, 1978, 8, 169-170.
- HALL, L.S.; KRAUSMAN, P.R. y MORRISON, M.L. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 1997, 25, 173-182.
- HURLBERT, S.H. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 1978, 59, 67-77.
- IVLEV, V.S. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven. 1961, 302.
- JACOB, J. Quantitative measurement of food selection. A modification of foraging ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia (Berlin)*, 1974, 14, 413-417.
- JOLICOEUR, P. y BRUNEL, P. Application du diagramme hexagonal a l'étude de la selection de sesproies par la Morue. *Vie Milieu B. Oceanography*, 1966, 17, 9-433. En: MANLEY B.F.J., MACDONALD, L.L. y THOMAS, D.L. *Resources selection by animals: Statistical design and analysis for field studies*. Chapman and Hall. London. 1993, 10.
- KRAUSMAN, R.P. Some basic principles of habitat use, grazing behavior of livestock and wildlife. *Idaho Forest. Wildlife and Range Experiment Station Bulletin*, 1999, 70, 85-90.
- KREBS, C.J. *Ecological methodology*. Harper-Collins Publishers. New York. 1989, 456-495.
- LARSEN, K. The distribution of the invertebrates in the Dybso Fjord, their biology and their importance as fish food. *Report of the Danish Biological Station to the board of agriculture*, 1936, 41, 3-35.
- LATINO, S. y BELTZER, A. Ecología trófica del benteveo *Pitangus sulphuratus* (aves: Tyrannidae) en el valle de inundación del río Paraná, Argentina. *Orsis*, 1999, 14, 69-78.
- LECHOWICZ, M.J. The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia*, 1982, 52, 22-30.
- LEVINS, R. *Evolution in changing environments*. Princeton University Press. New Jersey, USA. 1968, 120.
- LITVAITIS, J.A.; TITTUS, K. y ANDERSON, E.M. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Bookhout, Th.A. ed. Bethesda, Maryland. 1994, 254-274.
- LUBIN, Y.; ELLNER, S. y KOTZMAN, M. Web relocation and habitat selection in a desert widow spider. *Ecology*, 1993, 74, 2456-2459.
- MANLY, B.; MCDONALD, L. y THOMAS, D. *Resource Selection by Animals, Statistical Design and Analysis for Field Studies*. Chapman & Hall. London. 1993, 10.
- MANLY, B.F.J.; MILLER, P. y COOK, L.M. Analysis of a selective predation experiment. *American Naturalist*, 1972, 106, 719-136.
- MANLY, B.F.J. A linear model for frequency-dependent selection by predators. *Researches on Population Ecology*, 1973, 14, 137-150.
- MATTHIOPOULUS, J. The use of space by animals as a function of accessibility and preference. *Ecological Modeling*, 2003, 159, 239-268.
- MEAGER, J.J. y UTNE-PALM, A.C. Effect of turbidity on habitat preference of juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Environmental Biology of Fishes*, 2007, DOI 10.1007/s10641-007-9183-z.
- MORRIS, D.W. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecologia*, 2003, 136, 1-13.
- PALOHEIMO, J.E. Indices of food type preference by a predator. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1979, 36, 470-473.
- READY, R.C.; MILLS, E.L. y CONFER, J.L. A new estimator of, and factors influencing, the sampling variance of the linear index of food selection. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1985, 114, 258-266.
- SAVAGE, R.E. The relation between the feeding of the herring off the east coast of England and the plankton of the surrounding water. *Fishery Investigation. Ministry of Agriculture. Food and Fisheries*, 1931, 2, 1-88.

- SCOTT, A. Food of Port Erin Mackerel in 1919. *Report of the Lancashire Sea-Fisheries Laboratories*, 1978, 28, 1920. En: COCK M.J.W. The Assessment of preference. *The Journal of Animal Ecology*, 1978, 47, 805-816.
- SMITH, E.P. y ZAERT, T.M. Bias in estimating niche overlap. *Ecology*, 1982, 63, 1248-1253.
- STRAUSS, R.E. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio, and a proposed linear index of food selection. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1979, 108, 344-352.
- THOMAS, J.A. y ELMES, G.W. Higher productivity at the cost of increased host-specificity when *Maculinea* butterfly larvae exploit ant colonies through trophallaxis rather than by predation. *Ecological Entomology*, 1998, 23, 457-464.
- UNDERWOOD, A.J., CHAPMAN, M.G. y CROWE, T.P. Identifying and understanding ecological preferences for habitat or prey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2004, 300, 161-187.
- VANDERPLOEG, H. y SCAVIA, D. Two electivity indices for feeding with special reference to zooplankton grazing. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1979, 36, 362-365.