

## Reflexiones acerca de los métodos de muestreo para mariposas en las comparaciones biogeográficas

Carmen Pozo, Jorge Llorente Bousquets, Armando Luis Martínez, Isabel Vargas Fernández y Noemí Salas Suárez

La comprensión de la distribución de la biodiversidad y las causas que la generan ha sido uno de los objetivos centrales de los biogeógrafos y de muchos ecólogos (Gaston, 2000). Adicionalmente, este tópico se ha vuelto de interés para políticos, ambientalistas, administradores de áreas protegidas y otros especialistas, interesados en el manejo y el uso sustentable de los recursos naturales (Janzen, 1986; Tilman, 2000). Para que las decisiones que se tomen sobre bioconservación sean útiles, es necesario una perspectiva global que permita entender mejor la distribución de las distintas entidades biológicas (Noss, 1990; Kim, 1993; Stoms y Estes, 1993; Morrone, 1999; Gaston, 2000). Por lo cual, para contrarrestar la 'crisis de la biodiversidad', al optimizar esas decisiones, son urgentes estudios sistematizados con métodos estandarizados, particularmente en las regiones tropicales, donde la tasa de conversión de la tierra es alta y el conocimiento de las especies que en ellas habitan es incompleto o fraccionario (Lawrence y Bierregaard, 1997; Orians, 2000). Los pocos estudios publicados son difíciles de comparar debido a que fueron realizados en sitios distintos, en temporadas diferentes, con esfuerzos de muestreo variados (Beccaloni y Gaston, 1995) y, lo más importante, con métodos de muestreo incomparables (Stork, 1994; Brown, 1997). El reto es particularmente complejo en los bosques tropicales, en los cuales la riqueza de especies es bastante alta y, no obstante, el conocimiento florístico y faunístico es escaso, además en algunas regiones geográficas y parques naturales ya se requiere de programas de monitoreo.

Recientemente algunos autores han propuesto el uso de especies indicadoras como sustitutos para evaluar la comunidad entera (Noss, 1990; Kim, 1993; Kremen, 1994; Daily y Ehrlich, 1995; Stork, 1995; Favila y Halffter, 1997; Fisher, 1999). Los insectos han sido propuestos como buenos taxones indicadores,

incluyendo hormigas (Belshaw y Bolton, 1993; Fisher, 1999), termitas (Lawton *et al.*, 1998), algunos coleópteros (Pearson y Cassola, 1992; Watt *et al.*, 1997) y mariposas (Brown, 1991; Kremen, 1992, 1994; Beccaloni y Gaston, 1995; Daily y Ehrlich, 1995). El análisis de diversos estudios de mariposas nos proporciona un ejemplo claro sobre los problemas de comparación entre listas de especies obtenidas con diferentes tipos de muestreo. La gran diversidad de las mariposas en los trópicos, aunado con la complejidad de los hábitats en estas regiones, hacen casi imposible utilizar los métodos para censos desarrollados en áreas templadas (ver Pollard, 1977 y Pollard y Yates, 1993). En consecuencia, se han utilizado métodos variados para registrar poblaciones de mariposas en tales áreas. En algunos estudios se han utilizado técnicas de búsquedas intensivas en tipos de hábitats diferentes (Brown, 1972; Lamas, 1985; Lamas *et al.*, 1991), mientras que en otros se han hecho censos en caminos (Hill, 1995; Hamer *et al.*, 1997) o en transectos (Brown y Boyce, 1998; Hill, 1999). En algunos estudios se han usado, además de la recolecta con red aérea normal, trampas con cebo (Luis-Martínez *et al.*, 1991; Daily y Ehrlich, 1995; De Vries *et al.*, 1997), registros visuales en transectos con trampas cebadas (Kremen, 1994), o bien trampas Malaise (Owen, 1975). Sparrow *et al.* (1994) hicieron una evaluación rápida del uso de los transectos considerando la elevación, el ancho del transecto y la intensidad del muestreo. Más tarde, De Vries *et al.* (1999) discutieron la importancia de considerar la diversidad espacial y temporal en la evaluación de la diversidad con fines comparativos. A la fecha, sin embargo, no se han publicado estudios de largo plazo que comparen los efectos de la estacionalidad en la aplicación de los diferentes métodos y técnicas para evaluar la riqueza y la abundancia de las poblaciones de mariposas en los trópicos.

Este estudio se presenta con base en la experiencia de campo efectuada por más de 25 años consecutivos en nuestro grupo, trabajo que fue realizado en diversos lugares y transectos altitudinales de México (Luis y Llorente, 1990; Luis *et al.*, 1991; Vargas *et al.*, 1994, 1999; Bizuet *et al.*, 2001; Monteagudo *et al.*, 2001) y tomando los datos obtenidos en el estudio para el monitoreo de las mariposas de Calakmul por examen comparativo (Pozo *et al.*, 2003). A partir del análisis de la práctica de diferentes métodos y técnicas de muestreo, a lo largo de distintas estaciones del año, se recomienda cuáles se deben utilizar dependiendo del objetivo de un estudio dado.

### Métodos

Este estudio se desarrolló en la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC) (19° 15' N, a 17° 45' N; 90°10' O a 89°15'O) y en sus alrededores, en Campeche, México (Fig. 1). Éste es el bosque tropical protegido más extenso de México (723185 ha); el paisaje está compuesto por un mosaico complejo de cuatro tipos de vegetación primaria (Martínez y Galindo, 2002). Las especies de árboles dominantes son: zapote (*Manilkara zapota*), chakah (*Bursera simaruba*), pucté (*Bucida buceras*), mahogany (*Swietenia macrophylla*), ramón (*Brosimum alicastrum*), guaya (*Talisia olivaeformis*) y cedro (*Cedrela odorata*). El área presenta alta estacionalidad, con tres periodos claramente distinguibles: uno de lluvias de junio a septiembre, uno de 'nortes' de octubre a enero (este periodo se distingue por la presencia de vientos del norte con lluvia y clima relativamente frío), y la temporada de secas de febrero a mayo. La precipitación anual va de los 600 a los 1200 mm. La temperatura promedio anual es de 24.6 °C. Tales características hacen ver a esta área en los límites climáticos de los bosques tropicales.

**Muestreo.** Al considerar los datos citados por Pozo *et al.* (2003) y Pozo (2005) se examinan éstos con la finalidad de proporcionar recomendaciones enfocadas al uso que se les dará. Con el propósito de presentar la forma en que se obtuvieron y analizaron, presentamos un resumen del diseño de muestreo y de los análisis de datos aplicados. Se seleccionaron 11 localidades representativas de los diversos hábitats encon-

trados en la región (Fig. 1). Los muestreos se hicieron entre marzo de 1997 y enero de 2000. Cada año se usó un régimen de muestreo distinto. El primer año se muestreó cuatro veces por temporada en cada sitio. El segundo año se muestrearon los meses de mayor abundancia de mariposas, entre junio y noviembre, y el tercer año se muestreó mensualmente en todas las localidades. Se utilizaron dos métodos: búsqueda dirigida (BD) y transectos (T). Para cada método se utilizaron dos técnicas de registro: trampas con cebo (t) y registros visuales-red entomológica (r). Para los transectos se abrió una brecha de 500 m de largo, que permitiera el paso del observador sin alterar el dosel. Al menos cada transecto se encontraba separado 300 m entre sí, en total fueron 18 transectos. En cada transecto se colocaron desde las 07:00 a las 18:00, 10 trampas Van Someren-Rydon (Rydon, 1964) cebadas con fermento de plátano macho, piña y cerveza, alternadas a cada lado cada 50 m (Fig. 2). El cebo de las trampas se cambió cada mañana. La rutina de muestreo consistió en caminatas a lo largo de los transectos, permaneciendo hasta por diez minutos en cada trampa, registrando en un formato los encuentros visuales-red entomológica y las especies capturadas en las trampas. Los individuos se determinaban y se liberaban. Los especímenes difíciles de determinar se recolectaron; y posteriormente se determinaron. Dos personas ocupaban de 120 a 150 minutos de recorrido por los transectos.

Para el método BD, se hicieron caminatas a lo largo de caminos buscando lugares donde las mariposas se concentraban. Para las capturas se utilizaron redes entomológicas estándar (Howe, 1975). Además se colocaron 10 trampas con cebo en lugares 'óptimos'. Los ejemplares capturados fueron registrados. De dos a cuatro personas llevaron a cabo los registros del método BD.

**Análisis estadístico.** Los registros fueron estandarizados convirtiéndolos a promedio de registro/horas-personas u horas-trampa. Para evaluar el efecto de la estacionalidad, del método y de la técnica utilizada, aplicamos a los datos estandarizados del número de especies registradas y del número de individuos registrado, un análisis Kruskal-Wallis con prueba de  $\chi^2$ . Con la finalidad de reforzar las diferencias entre las abundancias y las especies registradas en las distintas

estaciones del año, se muestra el análisis de la comunidad de mariposas registradas a lo largo de 1997, obtenido éste por medio de un análisis multivariado no paramétrico (MDS), así como por una gráfica con la distribución de la riqueza de especies a lo largo de

un ciclo anual (Pozo *et al.*, 2003). También hicimos un análisis comparando el total de especies registradas en cada año por medio de los distintos métodos y técnicas, así como de la composición de la comunidad de mariposas registradas. Las especies registra-

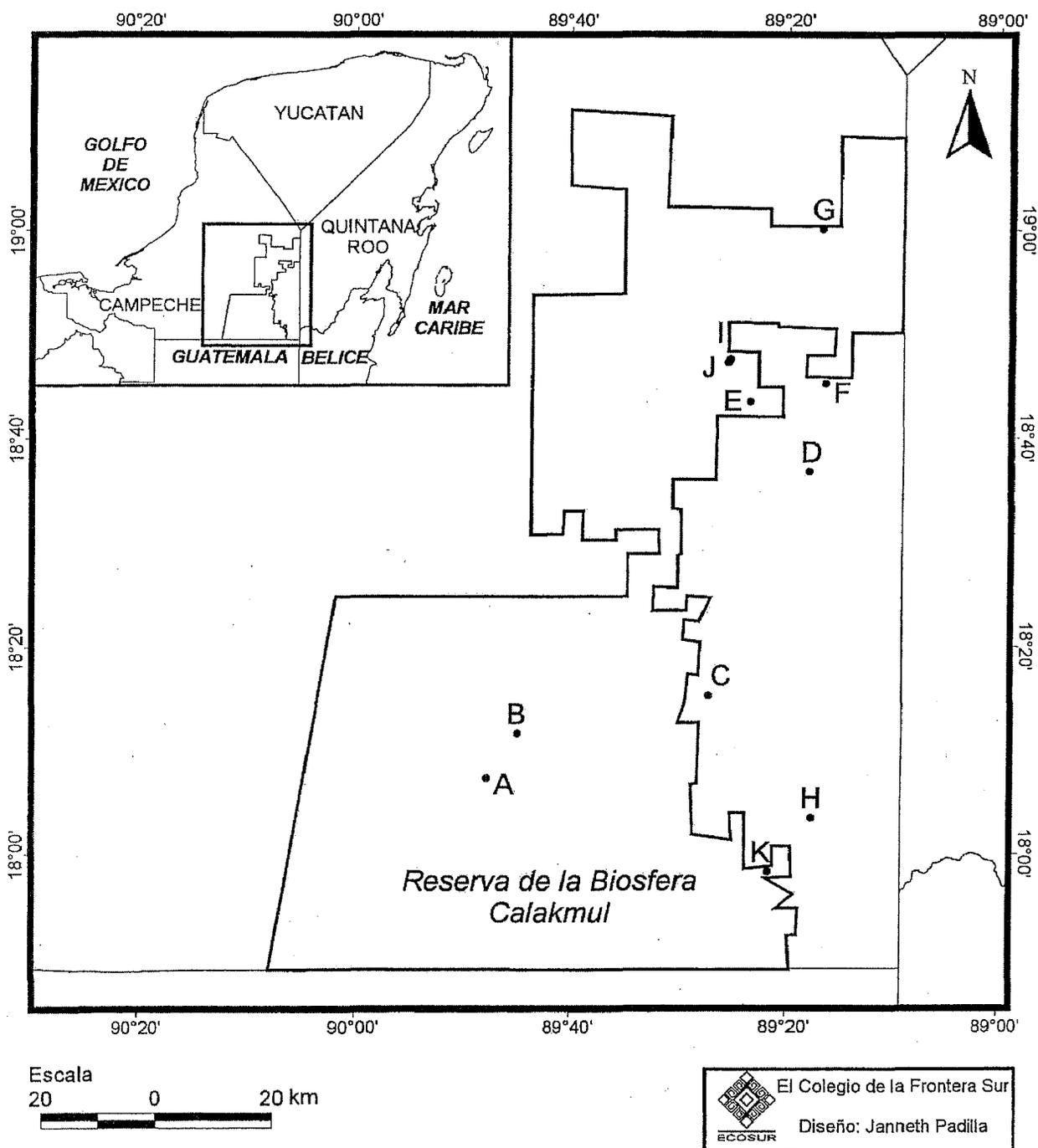
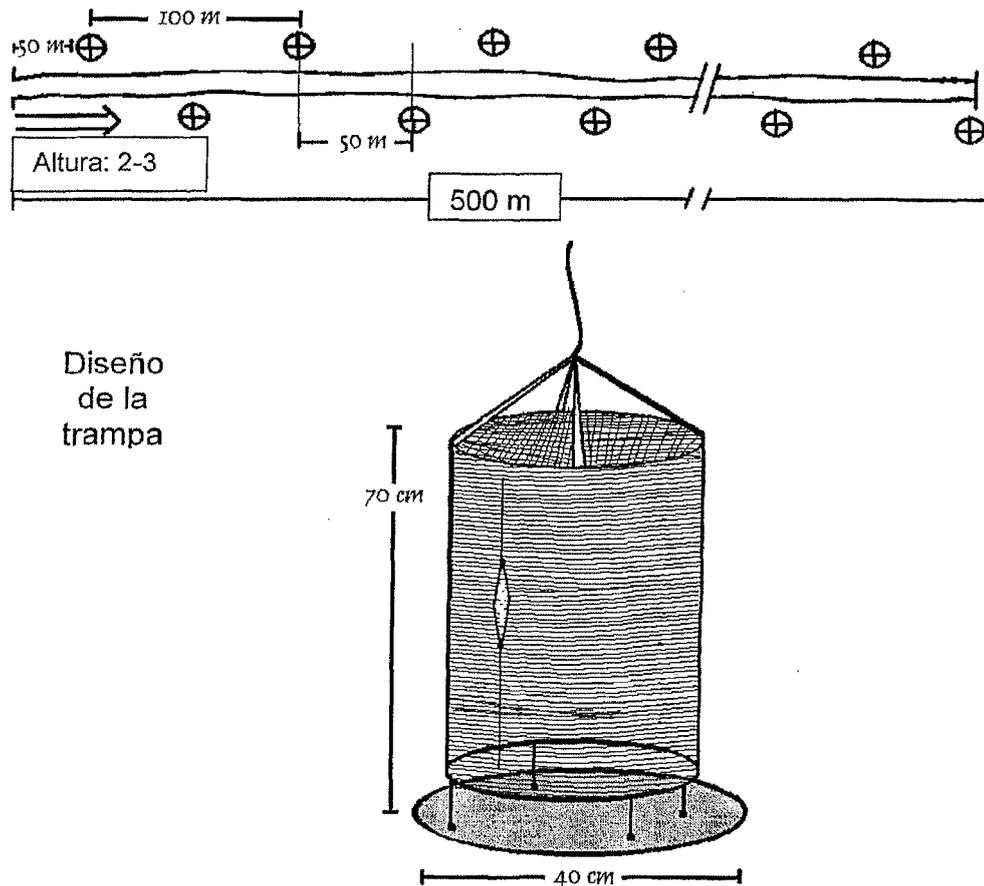


Fig. 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC).

## Posición de la trampa en el transecto



**Fig. 2.** Posición y diseño de la trampa Van Someren-Rydon en el presente estudio.

das tres veces o menos en un año fueron consideradas como raras. Las especies comunes se seleccionaron como aquellas que se encontraron en al menos un 25% de los sitios de estudio y en el 25% de los días muestreados (modificado de Sparrow *et al.*, 1994). Para las especies comunes y para el total de especies registradas cada año se trazó una curva de acumulación de especies utilizando el programa EstimateS 6 (Colwell, 1994), considerando los diferentes métodos y técnicas.

### Resultados

Durante los tres años (275 días de muestreo), registramos un total de 65 385 individuos, que represen-

tan 423 especies de mariposas del sur de Campeche. Éstas se incluyen en 230 géneros de 20 subfamilias pertenecientes a cinco familias de las superfamilias Hesperioidea y Papilionoidea (ver Pozo *et al.*, 2003). El año con un número mayor de individuos registrados fue 1998, mientras que 1999 fue el que registró un número menor. Con respecto a la riqueza de especies, el año 1998 fue en el que se registró el menor número de especies, así como menos especies raras y especies comunes; en 1997 se registró la mayor riqueza y número de especies raras y especies comunes (Cuadro I).

**Métodos.** El análisis de los datos estandarizados muestra que, tanto el número de especies como el número de individuos registrados, por cada uno de

**Cuadro I.** Datos de registros anuales para 1997, 1998 y 1999.

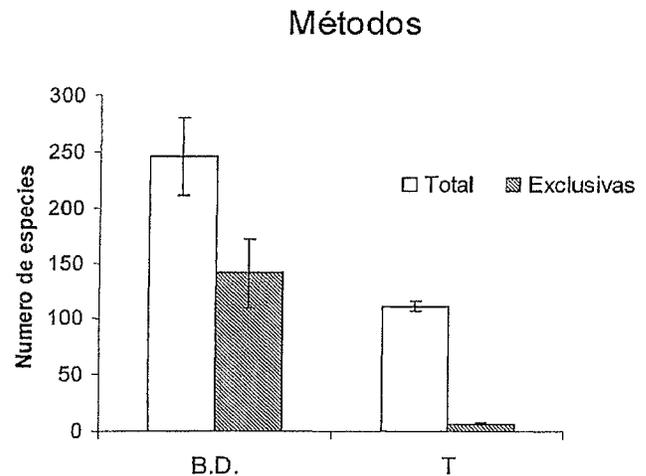
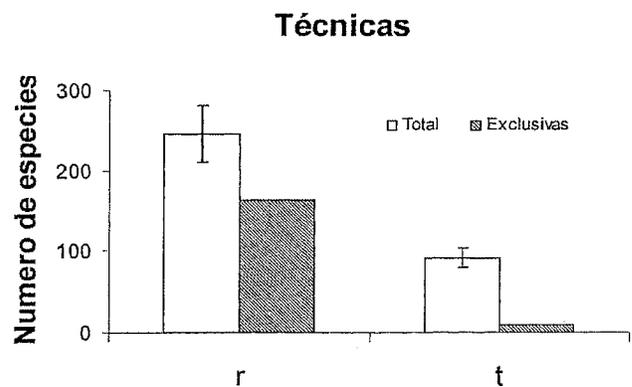
Número de	1997	1998	1999	Totales
Individuos	18 337	33 491	13 517	65 385
Especies	323	215	226	423
Especies comunes	53	34	43	44
Especies raras	122	59	79	143

los métodos, difieren significativamente (en ambos casos  $p < 0.001$ ; Pozo, 2005). Al considerar las especies registradas a lo largo del año, el número de especies encontradas exclusivamente por un tipo de método, es mucho mayor por el de búsqueda dirigida (141 especies) que con el de transecto (siete especies) (Fig. 3). La mayoría de las especies comunes (70%) se registraron por el método BD (Cuadro II); además, de 143 especies clasificadas como raras, únicamente 12 especies fueron registradas por el método de transectos (menos del 10%).

**Técnicas.** El registro del número de individuos fue significativamente mayor ( $p < 0.005$ ; Pozo, 2005), por medio de  $t$  que por  $r$ . Para la diferencia entre el número de especies registradas por horas/hombre ( $r$ ) vs. horas/trampa ( $t$ ), no se observó una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), pero la identidad de las especies registradas por hora/hombre a lo largo de un año de muestreo es más del doble que por medio del uso de trampas. El total de especies registradas por  $t$  representa 56% de las especies registradas exclusivamente por  $r$  (Fig. 4), con solo nueve especies registradas exclusivamente por  $t$  (*Aides brilla*, *Wallengrenia o. otho*, *Adelpha p. phylaca*, *Dynamine theseus*, *Callicore texa titania*, *Atlides polybe*, *Cyllopsis sp.*, *Smyrna blomfieldia datis* y *Tigridia acesta ssp.*).

**Combinación de métodos y técnicas.** Por medio del análisis de las curvas de acumulación de especies obtenidas de los datos de las combinaciones de los métodos y las técnicas (BD-r, BD-t, T-r y T-t), se encontró que la combinación mejor para detectar el mayor número de especies fue BD-r. Las otras tres combinaciones (BD-t, T-r y T-t) tienen entre ellas una

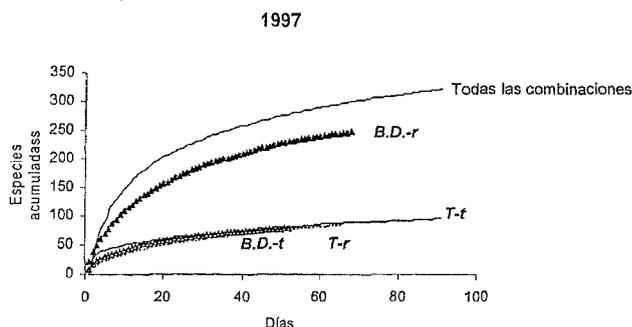
efectividad similar, pero contabilizan menos de la mitad del número de especies registradas por la combinación BD-r (Fig. 5). De hecho, en cada año (Pozo, 2005), la combinación BD-r obtuvo el 80% del total de especies registradas durante todo el año considerando todas las combinaciones. Sin embargo, al tomar en cuenta todas las combinaciones, se puede obtener el 80% de la riqueza de especies haciendo un menor esfuerzo de recolecta. De acuerdo con estas curvas de acumulación de especies, con la mitad del esfuerzo por medio de BD y con 12 días de uso de

**Fig. 3.** Especies totales y exclusivas obtenidas con la aplicación de los métodos de Búsqueda dirigida y Trampa Van Someren Rydon.**Fig. 4.** Especies totales y exclusivas obtenidas con la aplicación de las técnicas: horas/hombre ( $r$ ) vs. horas/trampa ( $t$ ).

trampas, es posible registrar el 80% de las especies esperadas para una región como ésta.

**Efecto de la estacionalidad.** El análisis de la comunidad de mariposas, considerando las especies con más de 10 registros anuales, mostró que existe una diferencia entre las abundancias y las especies que se registran en cada una de las estaciones del año (Fig. 6). Lo anterior se refleja en la detección de especies y el registro de individuos utilizando los distintos métodos y técnicas. El número de individuos registrado durante la estación de lluvias es más del doble del que se registra para las temporadas de nortes o secas. Sin embargo, el promedio del número de especies registradas por hora o trampa, tanto por cada uno de los métodos ( $p < 0.001$ ), como por las técnicas ( $p < 0.003$ ) utilizadas, es igual entre la temporada de secas y lluvias, siendo menor durante la temporada de nortes (Fig. 7). Si además consideramos, para cada estación del año, a cual familia pertenecen las especies registradas, observamos que si bien la tendencia de la mayoría de las familias es presentar mayor riqueza durante la época de lluvias, para Hesperidae la mejor temporada es la de nortes (Fig. 8).

**Registro de especies comunes.** La curva de acumulación de especies para las especies comunes presenta una forma similar para los tres años (Fig. 9). Todas las especies comunes fueron registradas en un periodo de 7 a 10 días de muestreo, usando todas las com-



**Fig. 5.** Curvas de acumulación de especies obtenidas de los datos de las combinaciones en los métodos y las técnicas utilizadas: Búsqueda dirigida- horas/hombre (BD-r), Búsqueda dirigida- horas/trampa (BD-t), Trampa-horas/hombre (T-r), y Trampa-horas/ trampa (T-t).

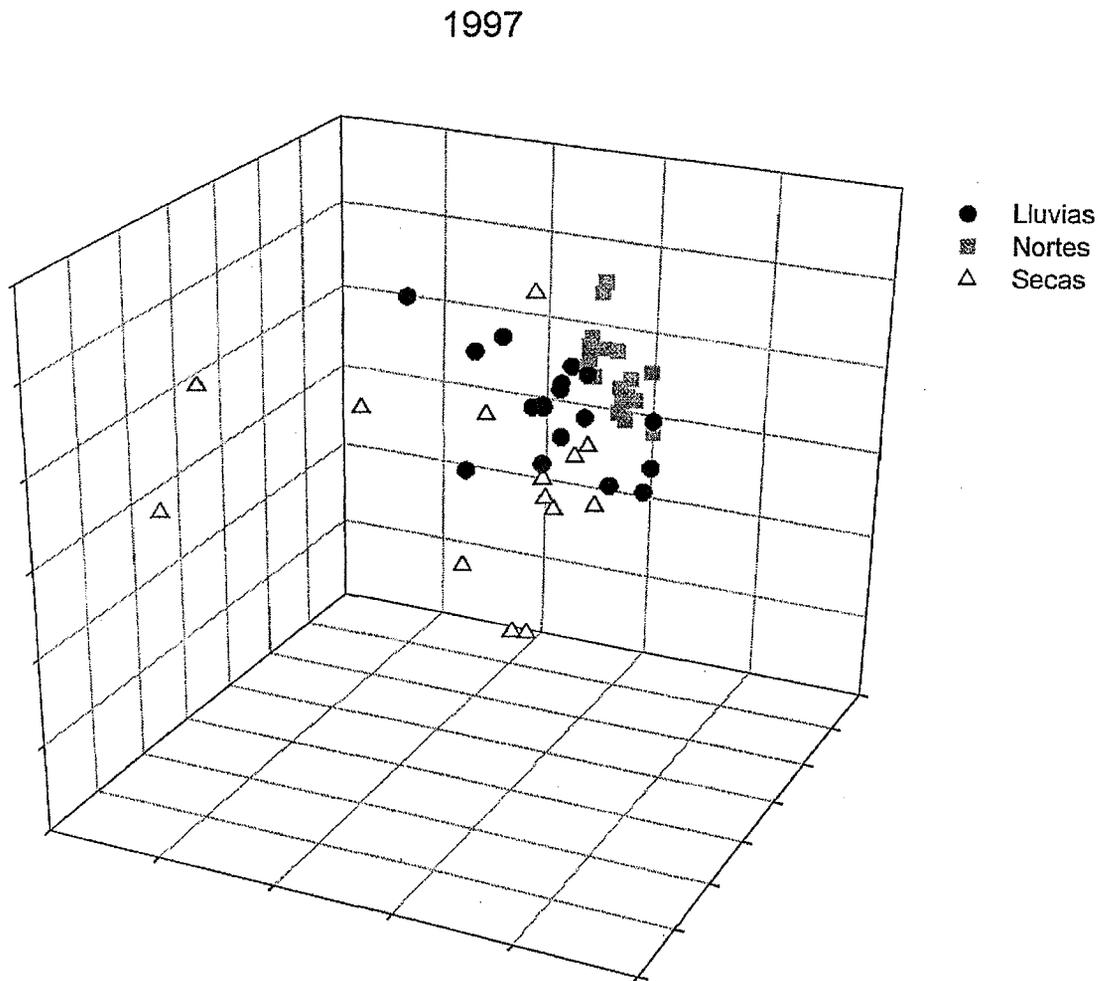
binaciones de métodos-técnicas. En el Cuadro II se presenta la lista de especies comunes (44 especies) indicando el método de recolecta por el que se registró cada una; el 36% de las especies fue registrado únicamente por la combinación BD-r y el 30% sólo por T-t. Al usar estas dos combinaciones se registra el 100% de las especies comunes en 7-10 días de muestreo, sin importar la temporada del año.

## Discusión

En la última década del siglo XX, con la emergencia de la ciencia de la biología de la conservación, la práctica y la tradición de diferentes tipos de comparaciones biológicas se hicieron imprescindibles y de gran utilidad. Ejemplos de esto son los estudios de selección de áreas para la conservación, así como los programas de monitoreo para evaluar la salud de un ecosistema, en ellos las unidades de muestreo han sido las especies, que se consideran como las unidades de biodiversidad más fácilmente reconocibles (Stork, 1994). Sin embargo, las comparaciones entre datos obtenidos y transformados con diversas técnicas o métodos de muestreo, a menudo arrojan resultados erróneos. Por ello es importante tener claro cual es el objetivo de nuestro muestreo y, por lo tanto, que es lo que debemos de optimizar. Así también como conocer el o los métodos y la(s) técnica(s) de muestreo que se practicaron para obtener las listas de datos que pretendemos comparar en distintos estudios. El análisis de la práctica de distintos métodos y técnicas, durante cada una de las estaciones que se presentan en la región de Calakmul, nos demuestra que el número de individuos y de especies (así como la identidad de las mismas) registrados para un área puede ser muy diferente, dependiendo del diseño del muestreo.

A manera de resumen, a continuación presentamos, cuál es el método o la técnica recomendada para obtener el mayor número de especies o de individuos, según sea el caso en: muestreo de especies comunes, estudios exploratorios, inventarios y monitoreo.

**Métodos.** Con frecuencia no es recomendado el empleo de transectos para el registro de la diversidad de una región tropical. Sin embargo, por medio de los transectos se puede registrar mayor número de indi-



**Fig. 6.** Efecto de la estacionalidad en función a la abundancia y riqueza de la fauna de mariposas de la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC).

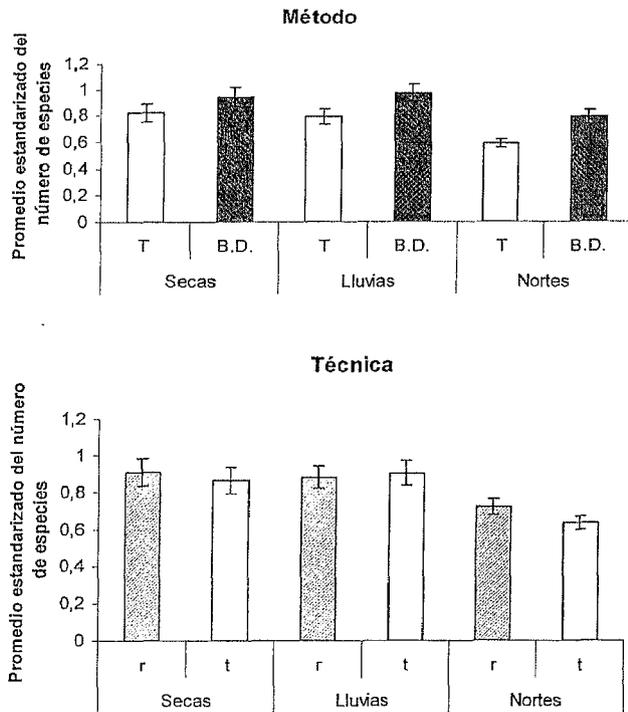
viduos que utilizando solo el método de BD. Esto se puede deber a que en los transectos el registro de especies es muy sistematizado, las observaciones en cada punto permiten incluir los individuos que se registran en vuelo o en otra actividad, así como los presentes en las trampas. Por otra parte, la naturaleza del método BD tiene la atención enfocada en buscar sitios óptimos para el registro de especies, lo que hace que muchos individuos de especies comunes se pasen por alto, con la ventaja de poder ocupar más tiempo en lugares en los que la experiencia indica el posible registro de especies.

**Técnicas.** Si interesa maximizar el número de individuos registrados, la técnica de trampa es la más reco-

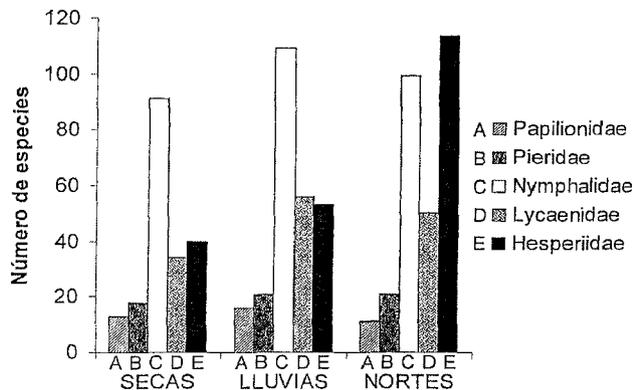
mendable, pero si el interés es registrar las especies presentes (raras o no), la mejor técnica es el empleo de la red entomológica. El número de especies que se registran exclusivamente por medio de la aplicación de la técnica de trampas, solo representa el 2% de las especies registradas para Calakmul (Pozo *et al.*, 2003); sin embargo, el registro de ciertas especies es menos eficiente por este medio que utilizando la técnica t (ver el ejemplo de especies comunes, Cuadro II).

**Combinación de métodos y técnicas de muestreo.** Al combinar los métodos con las técnicas de muestreo, es notorio que la efectividad del empleo combinado de BD-r permite documentar el 80% de las especies totales registradas en el área. No obstante el esfuerzo

de recolecta es alto. Aunque el registro de especies por la combinación T-t nos proporciona menos del 40% de los registros esperados, la complementariedad de estas dos combinaciones permite reducir el tiempo a la mitad del necesario para obtener una lista confiable (80% de los registros esperados).

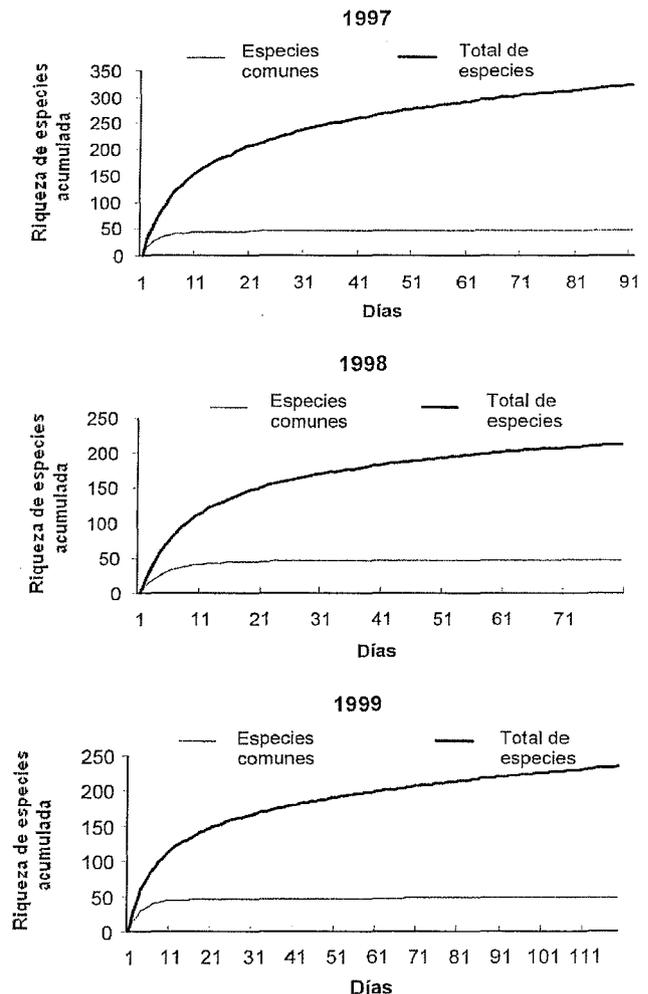


**Fig. 7.** Promedios estandarizados del número de especies por estación: por método y por técnica.



**Fig. 8.** Número de especies registradas por familia en las tres estaciones del año.

**Efecto de la estacionalidad.** La estación más exitosa para registrar el mayor número de especies y de individuos es la temporada de lluvias, que inicia en junio o julio (dependiendo del año) y termina en septiembre-octubre. Contrario a las afirmaciones que se dan en los métodos de la mayoría de los artículos, en los que no recolectan en las condiciones meteorológicas con lluvia, nosotros muestreamos con las trampas incluso durante los días con lluvia. Es interesante ver que no existe diferencia en la eficiencia de la trampa, pues los resultados de los registros también son favorables para esta temporada. Si el interés de nuestro estudio es el determinar la riqueza de la región, el



**Fig. 9.** Curvas de acumulación de especies en 1997, 1998 y 1999, tomando en cuenta el total de especies y el número de especies comunes.

**Cuadro II.** Método y técnica principal de registro de las especies comunes (E = esporádicamente registrada por ese medio).

Especies	B.D.	T	R	†
<i>Anteos maerula</i>	X		X	
<i>Glutophrissa drusilla tenuis</i>	X		X	
<i>Pyrisitia nise nelphe</i>	X		X	
<i>Kricogonia lyside</i>	X	E	X	
<i>Phoebis agarithe agarithe</i>	X		X	
<i>P. philea philea</i>	X		X	
<i>Pieriballia viardi viardi</i>	X		X	
<i>Biblis hyperia aganisa</i>	X	E	X	E
<i>Dryas iulia moderata</i>	X	E	X	
<i>Eunica tatila tatila</i>	E	X	E	X
<i>Fountainea eurypyle confusa</i>		X	E	X
<i>Heliconius charitonia vazquezae</i>	X		X	
<i>H. erato petiveranus</i>	X	E	X	
<i>Hermeuptychia hermes</i>	X	E	X	
<i>Juditha molpe ssp</i>	X		X	
<i>Marpesia chiron marius</i>	X		X	
<i>Memphis phila boisduvali</i>		X		X
<i>M. pithyusa</i>		X		X
<i>Mestra dorcas amymone</i>	X		X	
<i>Vareuptychia similis</i>	X	E	X	E
<i>Adelpha serpa massilia</i>	E	X	X	E
<i>Anartia amathea venusta</i>	X		X	
<i>Anthanassa frisia tulcis</i>	X		X	
<i>Archaeoprepona demophon centralis</i>		X		X
<i>A. demophon gulina</i>		X		X
<i>Calephelis sp.</i>	X		X	
<i>Cissia pseudoconfusa</i>		X		X
<i>Hamadryas februa ferentina</i>		X		X
<i>H. julitta</i>		X		X
<i>Historis odius diodus</i>		X		X
<i>Leptotes cassius striata</i>	X		X	
<i>Memphis forreri</i>	E	X		X
<i>Morpho achilles montezuma</i>	E	X	E	X
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i>	E	X		X
<i>Siproeta stelenes biplagiata</i>	X	E	X	E
<i>Taygetis virgilia</i>		X		X
<i>Thessalia theona theona</i>	X		X	
<i>Vareuptychia usitata pieria</i>	X	E	X	E
<i>Anaea troglodyta aidea</i>		X		X
<i>Myscelia ethusa ethusa</i>		X		X
<i>Nica flavilla bachiana</i>		X		X
<i>Yphtimoides renata disaffecta</i>		X		X
<i>Eumaeus toxea</i>	X		X	
<i>Polygonus manueli manueli</i>	X	E	X	

esfuerzo de muestreo debe concentrarse durante la temporada de lluvias. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el registro de especies, durante esa estación, nos dará la mayor riqueza para las familias Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae y Lycaenidae, pero estaremos subestimando el registro de riqueza de la familia Hesperidae.

Varios autores en sus trabajos reconocen que los resultados que analizan pueden cambiar si se considera un muestreo en otra estación del año (Lamas, 1991; Kremen, 1992; Sparrow, 1994; Daily y Ehrlich, 1995; Hughes *et al.*, 1998), lo que debería ser un axioma cuando se hacen estudios comparativos de listas de especies. Un problema logístico que se presenta ante esta recomendación, es que si bien ésta es la mejor temporada para muestrear mariposas en estas regiones, el acceso a las zonas de estudio es difícil durante tal estación.

**Muestreo de especies comunes.** De acuerdo con Sparrow *et al.* (1995) y con los resultados de este estudio, se puede afirmar que utilizando métodos y técnicas complementarios en cualquier temporada del año, durante un periodo de 7 a 10 días, podremos registrar todas las especies comunes presentes en una localidad; si las condiciones meteorológicas no son extremas.

Después de estos comentarios, podemos hacer recomendaciones específicas para determinados tipos de estudio o recomendaciones sobre el tipo de información que debe conocerse para utilizar una lista de especies con fines comparativos. Además, se debe considerar que estos resultados cuantitativos en general coinciden con la experiencia en 10 estudios equivalentes efectuados en varias partes de México durante los últimos 25 años (1977-2002), *v. gr.* Luis y Llorente (1990), Luis *et al.* (1991), Vargas *et al.* (1994, 1999), Bizuet *et al.* (2001) y Monteagudo *et al.* (2001).

**Estudios exploratorios.** En estos estudios se incluyen a los conocidos como RAPs por sus siglas en inglés (Rapid Assessment Program). Considérese un muestreo de siete días de duración, que emplea los métodos y técnicas complementarios de BD-r y T-t, éste permitirá documentar todas las especies comunes presentes en el área y el 30% de las demás especies esperadas para el área, es decir, que nuestra lista no representará siquiera la mitad de las especies de

la región. Además deberemos considerar la temporada del año en la que se está muestreando, con ello sabremos que familia(s) estará(n) mejor representada(s) dentro de dicho porcentaje. En estos casos los datos permiten ser usados para trabajos de distribución de algunas especies o para conocer si un área puede ser motivo de visitas posteriores.

**Estudios para inventarios.** Una de las finalidades principales de un inventario es obtener una lista exhaustiva o 'completa' de la riqueza de especies de un lugar. Aunque generalmente las listas de especies para determinada localidad no contemplan las abundancias de las mismas, un inventario siempre debería registrar esos datos (Stork y Samways, 1995). Para documentar la lista de especies de una localidad, siempre deberemos considerar el muestreo en las distintas estaciones que se presenten en la localidad o región. Además, con el fin de optimizar el esfuerzo de recolecta, se recomienda el uso de las combinaciones de métodos y técnicas complementarios (BD-r y T-t), aunque es factible reducir el muestreo por medio de la combinación T-t a doce días de muestreo repartidos entre las estaciones que se registren en la localidad. Siete días por estación proveerán una lista confiable, siempre que en ese lapso se exploren a distintos tiempos diarios los diversos hábitats de un ecotopo determinado, *v.gr.* inflorescencias de distinto tipo, claros de bosque a distintas alturas, sotobosque, playas de arroyos o ríos, material orgánico en descomposición, etc.

**Estudios con fines de monitoreo.** Según la definición presentada por Stork y Samways (1995), un monitoreo consiste en evaluaciones intermitentes (regulares o irregulares) que nos permitan conocer desviaciones de un estándar determinado. Esta definición nos revela la importancia de que los métodos y las técnicas utilizadas para la evaluación de la diversidad de especies de un lugar, nos permitan que los resultados sean comparables. Además, para conocer si existen cambios en la comunidad que se estudie, es necesario tener una base sólida para nuestras comparaciones. En esencia, un monitoreo no requiere de listas de especies completas o exhaustivas, sin embargo sí requiere de un diseño específico, que respete la continuidad de las normas de muestreo establecidas a lo largo del tiempo. Este trabajo muestra como

nuestros resultados pueden aparentar cambios de la diversidad de especies de un sitio, que pueden deberse exclusivamente a los métodos o técnicas utilizadas en cada momento. Por otra parte, también exhiben cómo una lista puede ser diferente al muestrear en diferentes estaciones del año, aunque los métodos y las técnicas sean las mismas. Entonces, como recomendación, se advierte que es muy importante fijar los tiempos de muestreo, las temporadas o periodos estacionales y los métodos y técnicas a utilizar. Existen casos en los que el monitoreo se enfoca a una familia en particular o a un conjunto de especies predeterminado, en una situación así, será indispensable conocer la mejor estación del año para registrarla, a la vez de evitar condiciones meteorológicas variables que alteran los muestreos.

**Estudios en los que se hace uso de comparaciones de listas de especies.** En este caso en particular, no se trata de decir cómo diseñar el muestreo para hacer comparaciones de listas de especies, sino que el punto medular se refiere a la importancia de conocer los métodos y técnicas de obtención de las listas que vayamos a comparar. Muchas veces no es factible conocer la forma o norma, si la hubo, con que se obtuvo la información de las especies presentadas en una lista; sin embargo, en los casos en los que se pueda distinguir la procedencia de los datos, es recomendable seleccionar los que sean comparables entre sí, ya sea por los métodos o técnicas utilizados, o por el esfuerzo de recolecta durante el tiempo o en los hábitats presentes en los sitios de estudio. Podemos citar el ejemplo de los resultados que se obtuvieron al comparar las listas de especies de Calakmul, con aquellas de Tikal-Guatemala (Austin *et al.*, 1996), Belice (Merman, 1991) y el estado de Quintana Roo-México (De la Maza y Gutiérrez, 1992) (ver Pozo *et al.*, 2003). Para la lista de las especies de Tikal, se conocían los métodos, las técnicas, la estacionalidad y los hábitats muestreados, por lo que se pudo seleccionar una lista que fuera comparable con los datos obtenidos por nosotros; para Belice también se pudo hacer una selección; sin embargo, para el caso de Quintana Roo no fue posible. El resultado (Cuadro III) indica similitud escasa con este último, no obstante que la región sur en gran parte es un continuo de la vegetación que se presenta en la región de Calakmul.

**Cuadro III.** Número de especies registradas para Calakmul que se encuentran presentes en el estado contiguo de Quintana Roo (QROO), en Belice (BEL) y en el parque nacional Tikal, Guatemala (TIKAL) registradas para la región de Calakmul (CAL). Se muestra el porcentaje de especies de Calakmul (428 spp.) compartidas entre los sitios especificados. Datos de Q. Roo tomados de De la Maza y Gutiérrez (1992), de Belice tomados de Meerman (1993, 1999) y de Tikal de Austin *et al.* (1996). (Cuadro tomado de Pozo *et al.*, 2003). En paréntesis el número de especies exclusivas de Calakmul.

CAL TOTAL	CAL-TIKAL	CAL-QROO	CAL-BEL	CAL-QROO-BEL-TIKAL
428 (66)	298	249	230	158
100% (15%)	70%	58%	54%	37%

La comparación biogeográfica basada en listas de especies puede resultar en cifras alternativas dependiendo de cuan completa fue hecha, por tanto es importante saber como la obtuvimos y que muestreos seguimos.

#### Agradecimientos

Para el desarrollo de este trabajo se contó con recursos financieros de CONABIO, a través de los proyectos J112 y Q049, y de ECOSUR. También agradecemos a Janneth Padilla por la elaboración del mapa y a Pedro Ramírez por su ayuda en los análisis estadísticos. A Carlos Galindo por su asesoría en el diseño experimental del trabajo en Calakmul. A Juan J. Morrone sus correcciones y a los proyectos 32002 y 36488 de CONACyT y 218502-3D de DGAPA, UNAM y PAPIIME EN 202504.

#### Referencias

- Austin, G.T., N.M. Haddad, C. Méndez, T.D. Sisk, D.M. Murphy, A.E. Launer y P.R. Ehrlich.** 1996. Annotated checklist of the butterflies of Tikal National Park area of Guatemala. *Trop. Lepid.*, 7: 21-37.
- Beccaloni, W.G. y J.K. Gaston.** 1995. Predicting the species richness of Neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera) as indicators. *Biol. Conserv.*, 71: 77-86.
- Belshaw, R. y B. Bolton.** 1993. The effect of forest disturbance on leaf litter ant fauna in Ghana. *Biodivers. Conserv.*, 2: 256-666.
- Bizuet, Y., A. Luis y J. Llorente.** 2001. Mariposas del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, y sus relaciones biogeográficas con cinco zonas aledañas al Valle de México (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Rev. Lepidop.*, 29(114): 145-159.
- Brown, A.J. y S.M. Boyce.** 1998. Line transect sampling of Karner blue butterflies (*Lycaeides melissa samuelis*). *Environ. Ecol. Stat.* 5: 81-91.
- Brown, K.S. Jr.** 1972. Maximizing daily butterfly counts. *J. Lep. Soc.*, 23: 183-195.
- Brown, K.S. Jr.** 1991. Conservation of Neotropical environments: Insects as indicators, pp. 349-404. In *The conservation of insects and their habitats.*, eds. N.M. Collins y J.A. Thomas. Academic Press. Londres.
- Brown, K.S. Jr.** 1997. Diversity, disturbance, and sustainable use of Neotropical forest: Insects as indicators for conservation monitoring. *J. Ins. Conserv.*, 1: 1-18.
- Colwell, K.R. y A.J. Coddington.** 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 345: 101-118.
- Daily, C.G. y P.R. Ehrlich.** 1995. Preservation of biodiversity in small rainforest patches: Rapid evaluations using butterfly trapping. *Biodivers. Conserv.*, 4: 35-55.
- De la Maza, R.G. y D. Gutiérrez-Carbonell.** 1992. Ropalóceros de Quintana Roo, su distribución, origen y evolución. *Rev. Soc. Mex. Lep.*, 15(1): 1-43.
- DeVries, J.P., D. Murray y R. Lande.** 1997. Species diversity in vertical, horizontal and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biol. J. Linn. Soc.*, 66: 343-364.
- DeVries, J.P., T.R. Walla y H.F. Greeney.** 1999. Species diversity in spatial and temporal dimensions

- of a fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforest. *Biol. J. Linn. Soc.*, 68: 333-353.
- Favila, E.M. y G. Halffter.** 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zool. Mex.* (n.s.), 72: 1-25.
- Fisher, L.B.** 1999. Improving inventory efficacy: A case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar. *Ecol. Appl.*, 9: 714-731.
- Gaston, J.K.** 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405: 220-227.
- Hamer, C.K., K.J. Hill, L.A. Lacey y M.A. Langan.** 1997. Ecological and biogeographical effects of forest disturbance on tropical butterflies of Sumba, Indonesia. *J. Biogeogr.*, 24: 67-75.
- Hill, J.C.** 1995. Linear strips of rain forest vegetation as potential dispersal corridors for rain forest insects. *Conserv. Biol.*, 9: 1559-1566.
- Hill, J.C.** 1999. Butterfly spatial distribution and habitat requirements in a tropical forest: Impacts of selective logging. *J. Appl. Ecol.*, 36: 564-572.
- Howe, W.H.** 1975. *The butterflies of North America*. Doubleday & Company, INC. Garden City, Nueva York.
- Hughes, B.J., C.G. Daily y P.R. Ehrlich.** 1998. Use of fruit bait traps for monitoring of butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae). *Rev. Biol. Trop.*, 46: 697-704.
- Janzen, H.D.** 1986. The eternal external threat, pp. 286-308. En: *Conservation biology*, E.M. Soulé. (ed.) Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Kim, C.K.** 1993. Biodiversity, conservation and inventory: Why insects matter. *Biodiver. Conserv.*, 2: 191-214.
- Kremen, C.** 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecol. Appl.*, 2: 203-217.
- Kremen, C.** 1994. Biological inventory using target taxa: A case study of the butterflies of Madagascar. *Ecol. Appl.*, 4: 407-422.
- Lamas, G.** 1985. Los Papilionoidea (Lepidoptera) de la Zona Reservada de Tambopata, Madre de Dios, Perú. I. Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (En Parte). *Rev. Per. Ent.* 27: 59-73.
- Lamas, G., K.R. Robbins y J.D. Harvey.** 1991. A preliminary survey of the butterfly fauna of Pakitza, Parque Nacional del Manu, Peru, with an estimate of its species richness. *Publ. Mus. Hist. Nat. Univ. Nac. Mayor San Marcos*, 40: 1-19.
- Laurance, F.W. y O.R. Jr. Bierregaard.** 1997. *Tropical forest remnants: Ecology, management and conservation of fragmented communities*. The University Chicago Press, Chicago y Londres.
- Lawton, H.J., E.D. Bignell, B. Bolton, G.F. Bloemers, P. Eggleton, M.P. Hammond, M. Hodda, D.R. Holts, B.T. Larsen, A.N. Mawdsley, E.N. Stork, S.D. Srivastava, y D.A. Watt.** 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391: 72-75.
- Luis, A. y J. Llorente.** 1990. Mariposas en el Valle de México: Introducción e historia. 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, D.F., México. *Folia Ent. Mex.*, 78: 95-198.
- Luis, A., I.F. Vargas y J. Llorente.** 1991. Lepidoptero fauna de Oaxaca I. Distribución y fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez. *Publ. Esp. Mus. Zool. UNAM*, 3: 1-121.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal.** 2002. La vegetación de Calakmul, Campeche, México: Clasificación, descripción y distribución. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 71: 7-32.
- Meerman, J.C.** 1999. Lepidoptera of Belize. 1. Butterflies. *Trop. Lep.*, 10 (Suppl. 1): 3-32
- Morrone, J.J.** 1999. How can biogeography and cladistics interact for the selection of areas for biodiversity conservation? A view from Andean weevils (Coleoptera: Curculionidae). *Biogeographica*, 75: 89-96.
- Noss, F.R.** 1990. Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conserv. Biol.*, 4: 355-364.
- Orians, H.G.** 2000. Biodiversity and ecosystem processes in tropical ecosystems. *Rev. Biol. Trop.*, 48: 297-303.
- Owen, F.D.** 1975. Estimating the abundance and diversity of butterflies. *Biol. Conserv.*, 8: 173-183.
- Pearson, L.D. y F. Cassola.** 1992. World-wide species richness patterns of tiger beetles (Coleoptera: Cicindelidae): Indicator taxon for biodiversity and conservation studies. *Conserv. Biol.*, 6: 376-391.
- Pollard, E.** 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Biol. Conserv.*, 12: 115-134.
- Pollard, E. y J.T. Yates.** 1993. *Monitoring butterflies for ecology and conservation*. Chapman and Hall. Londres.
- Pozo, C.** 2005. La influencia de la heterogeneidad espacial y temporal en las comunidades de mariposa-

sas en la región de Calakmul. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM.

**Pozo, C., A. Luis-Martínez, S. Uc-Tescum, N. Salas-Suarez y A. Maya-Martínez.** 2003. Butterflies (Papilionoidea and Hesperioidea) of Calakmul, Campeche, Mexico. *Southw. Nat.*, 48(4): 505-525.

**Rydon, A.** 1964. Notes on the use of butterfly traps in East Africa. *J. Lep. Soc.*, 18: 51-58.

**Sparrow, R.H., D.T. Sisk, P.R. Ehrlich y D.D. Murphy.** 1994. Techniques and guidelines for monitoring neotropical butterflies. *Conserv. Biol.*, 8, 800-809.

**Stoms, M.D. y E.J. Estes.** 1993. A remote sensing research agenda for mapping and monitoring biodiversity. *Int. J. Rem. Sens.*, 14: 1839-1860.

**Stork, N.E.** 1994. Inventories of biodiversity: more than a question of numbers. pp. 81-100. In: Forey P. L., C.J. Humphries, y R.I. Vane-Wright (eds.), *Systematics and conservation evaluation*. The Systematics Association Special volume No. 50, Clarendon Press, Oxford.

**Stork, N.E.** 1995. Measuring and inventorying Arthropod diversity in temperate and tropical forest, pp. 257-270. En: Boyle, T. (ed), CIFOR, Bogor.

**Stork, N.E. y M.J. Samways.** 1995. Inventorying and Monitoring, chapter 7, pp. 457-543. En: Heywood, V.H. (ed.). *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press y UNEP. Cambridge.

**Tilman, D.** 2000. Causes, consequences and ethics of biodiversity. *Nature*, 405: 208-211.

**Vargas, I.F., J. Llorente y A. Luis.** 1994. Listado lepidopterofaunístico de la Sierra de Atoyac de Álvarez en el estado de Guerrero: Notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia Ent. Mex.*, 86: 41-178.

**Vargas, I.F., J. Llorente y A. Luis.** 1999. Distribución de los Papilionoidea (Lepidoptera: Rhopalocera) de la Sierra de Manantlán (250-1650 msnm) en los estados de Jalisco y Colima. *Publ. Esp. Mus. Zool. UNAM*, 11: 1-153.

**Watt, D.A., E.N. Stork, P. Eggleton, S.D. Srivastava, B. Bolton, B.T. Larsen, J.D.M. Brendell, y E.D. Bignell.** 1997. Impact of forest loss and regeneration on insect abundance and diversity, pp. 273-286. En *Forest and insects*, eds. E.N. Stork y D.M. Hunter. Chapman and Hall, Londres.

