



Incremento tasas de deforestación

## Pérdida y fragmentación del hábitat.

Mayor amenaza a la biodiversidad mundial (WCMC 2012).

Principal amenaza del 85% spp. en Lista Roja de la UICN (2013).

Bosque alto-andino húmedo y de niebla (Etter 1998)

Almacenamiento agua y regulación hídrica.

Protección suelos de ladera.

Alto endemismo y riqueza (Olson & Dinerstein 1997).

Persisten

40% Cordillera Oriental (IAvH 1999).

24.5 % Nacional (Etter & van Wyngaarden 2000).

10% Mundial (Hamilton *et al.* 1995)

Amenazada o en peligro (WWF 2005).



# Murciélagos

- **38% mamíferos de Colombia y 32% bosque andino** (Alberico *et al.* 2000, Pérez-Torres 2004).

- **Importancia ecológica** (Kunz 1974 y Nowak 1994).

Control del plagas, dispersión de semillas, polinización.

- **Plasticidad Trófica** (Fenton 1982).

Frugívoros, nectarívoro-polinívoros, insectívoros, hematófagos, carnívoros.

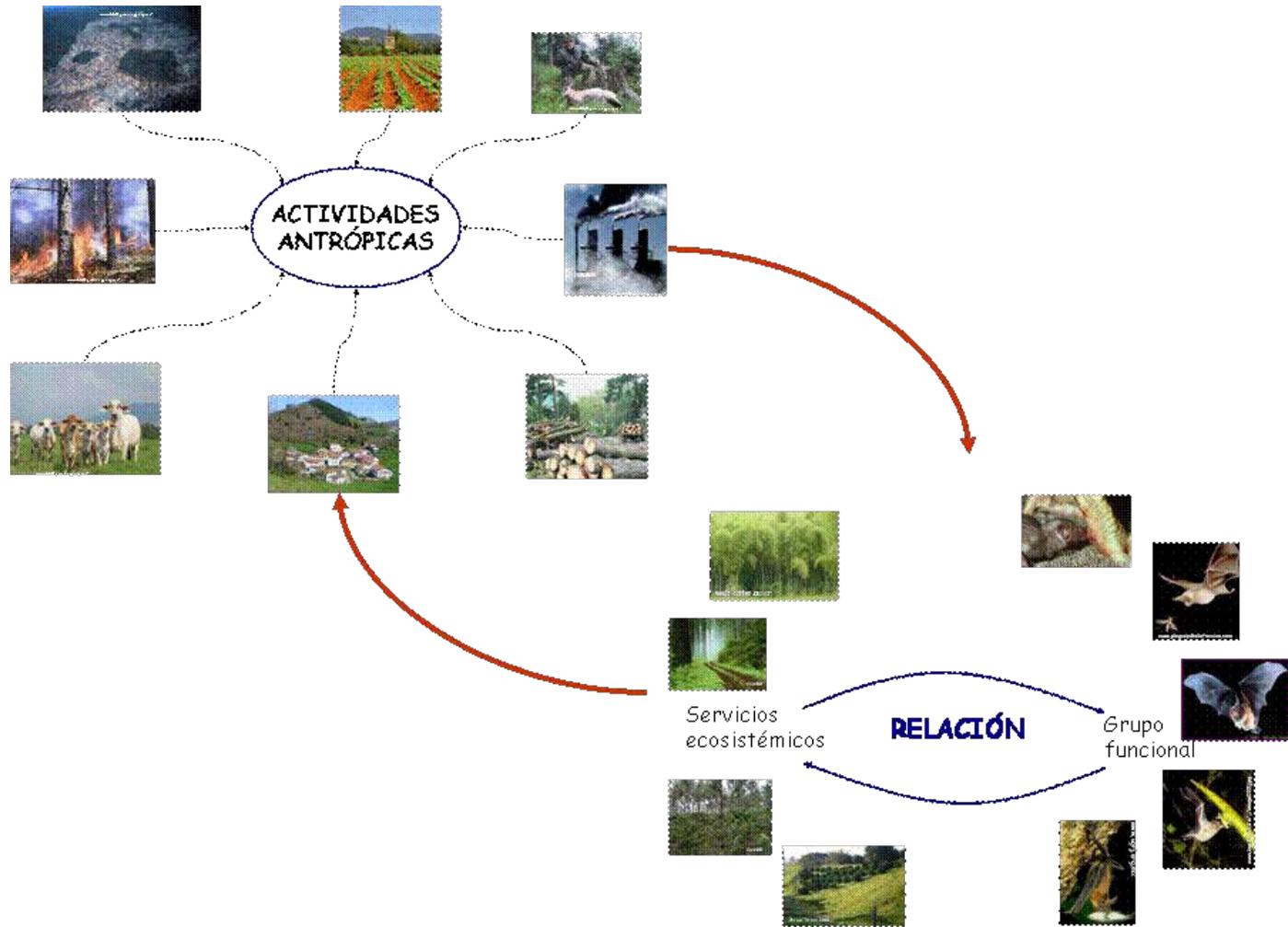
- **Bioindicadores**

Especies, ensamblaje o conjunto (Fauth *et al.* 1996).

- **Funcionalidad Ecosistema**

Estabilidad, resiliencia, servicios y bienes ambientales





2006. Stevenson, P., Pérez-Torres, J. & Muñoz-Saba, Y. *Estado del conocimiento sobre los mamíferos terrestres y voladores de Colombia*. Tomo II. P. 151-170. En: Chaves, M.E. & Santamaría, M. (eds.). Informe nacional sobre el estado de avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad (1998-2004) – INACIB. Contribución IAvH #367. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 2 Tomos. ISBN 958-8151-78-3.

# *Fragmentación del hábitat*



## **FRAGMENTACIÓN**



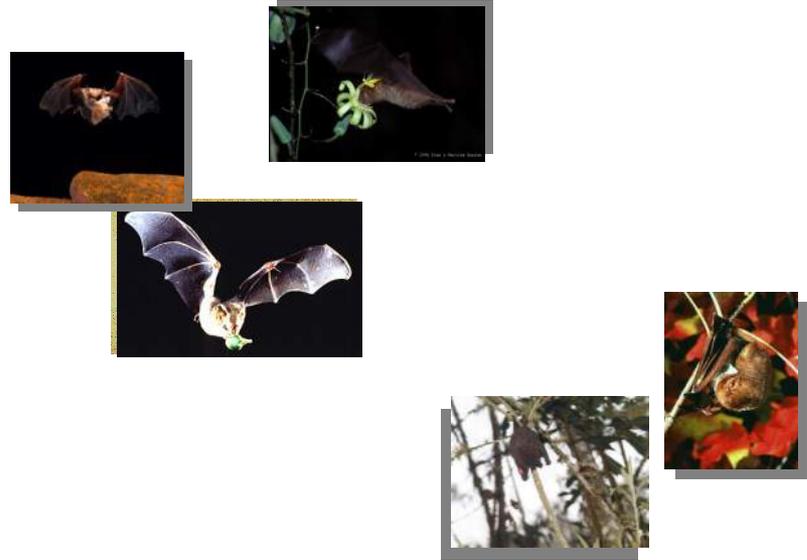
**Cambios composición de especies.  
Funcionalidad del ecosistema**



**Mecanismos responsables  
sin evidencia empírica**

# *Murciélagos y fragmentación del hábitat*

**FRAGMENTACIÓN**



***Mecanismos***

**Estructura y  
composición del  
ensamblaje de  
murciélagos**

# **Respuestas funcionales de los murciélagos a la fragmentación de los bosques nublados**



**Jairo Pérez-Torres, Ph.D.**

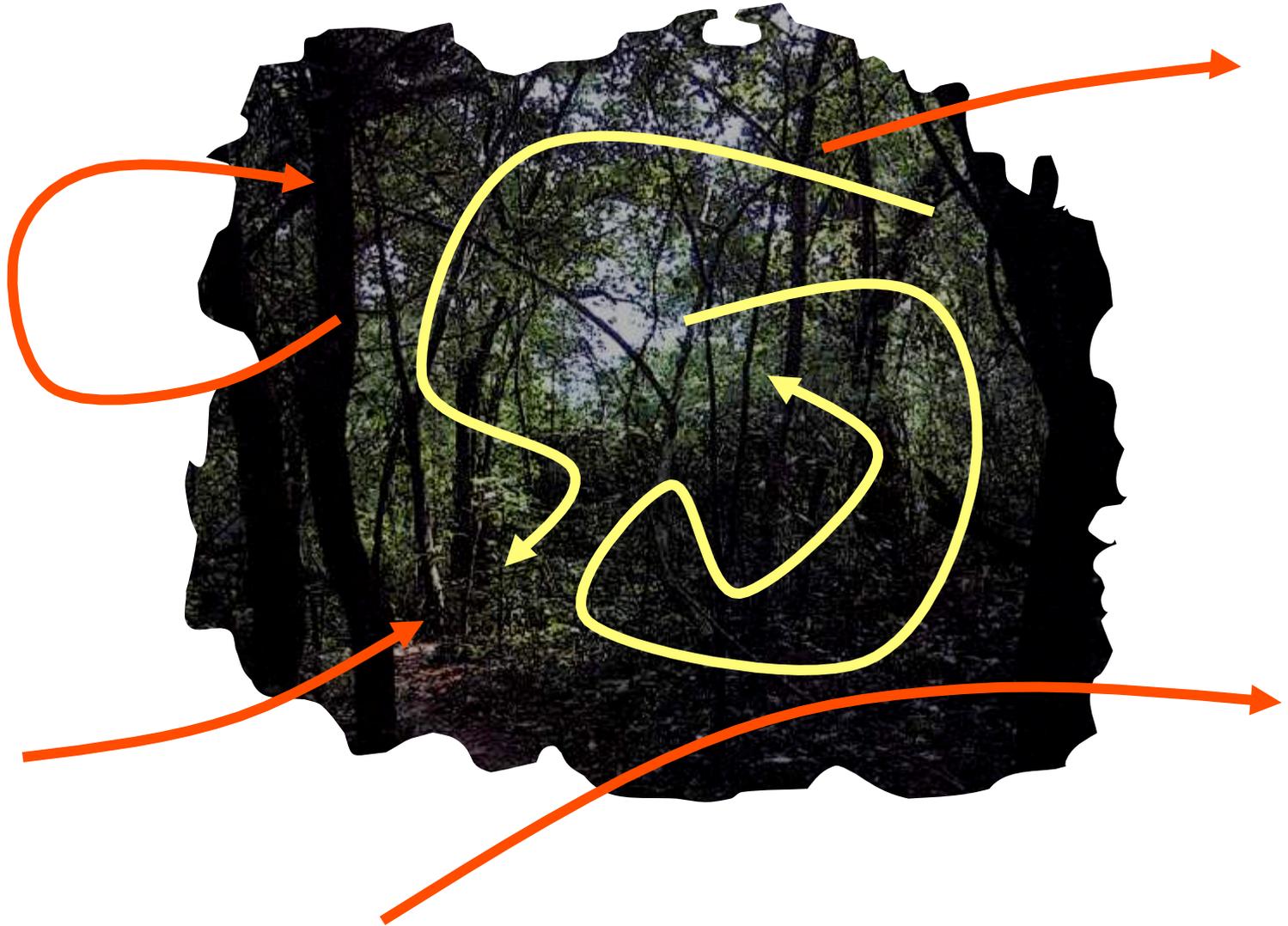
**Laboratorio de Ecología Funcional (LEF)**

**UNIDAD DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA (UNESIS)**

**Departamento de Biología**

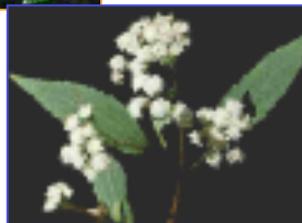
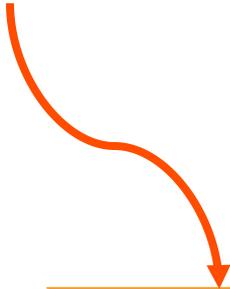
**Facultad de Ciencias**

# *Murciélagos y fragmentación del hábitat*



# Murciélagos y fragmentación del hábitat

(Yanher 1988, Stouffer & Bierregaard 1995 y Kinnunen *et al.* 1996)



(Fenton *et al.* 1992)

# *Murciélagos y fragmentación del hábitat*



(Chen *et al.* 1992)

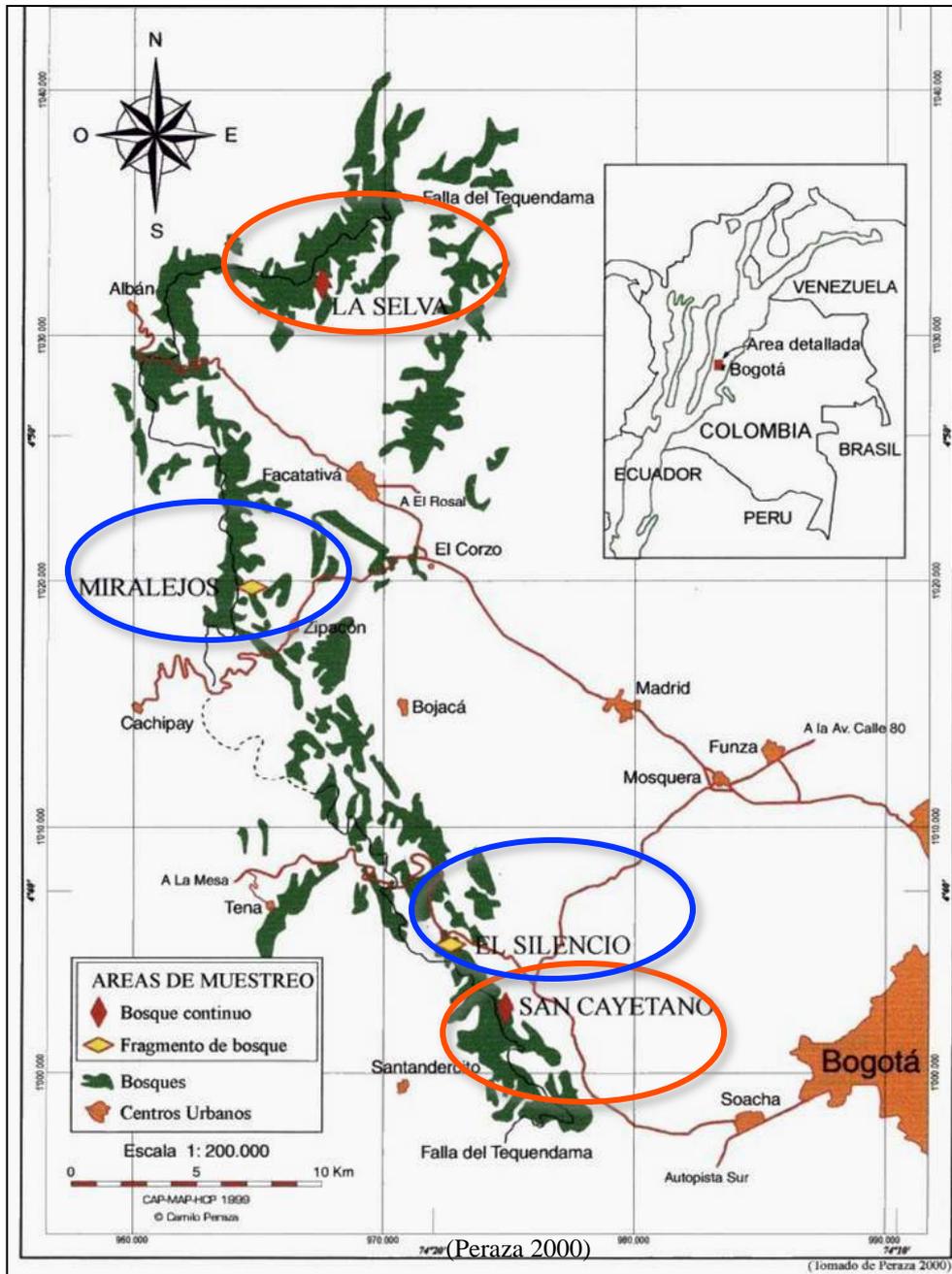


(Godwin & Greenhall 1961, Tamsitt 1967,  
Dwyer 1971, Timm & Mortimer 1976, Heithaus  
& Fleming 1978 y Kunz 1982)

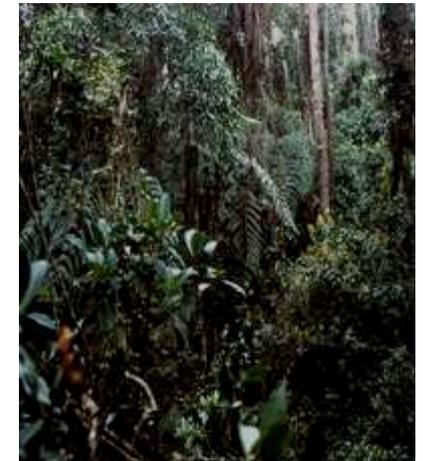
- Explicar por medio de un modelo dinámico los mecanismos funcionales involucrados en el cambio del ensamblaje de los murciélagos de los bosques alto-andino húmedo y de niebla, en el sector occidental de la Sabana de Bogotá, en función de la fragmentación del hábitat.



# ÁREA DE ESTUDIO



- Forma.
- Tamaño.
- Orientación.
- Pendiente.
- Florística
- Uso de la tierra.
- Proceso formador.
- Edad.
- Perturbación reciente.
- Logística y permisos.



# DISEÑO GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

- **Componente comparativo**
- **Componente analítico**

**FD: Fragmentación.**

**NFd: Fragmentos y áreas continuas.**

Oferta alimenticia:

**Desarrollo y ajuste**  
Cantidad de frutos, infrutescencias,  
3 años (ene 1998 a dic 2000)  
**de modelos estructurales**  
flores, infrutescencias e insectos.

2 fragmentos y 2 áreas continuas

Disponibilidad de perchas: DAP,  
superficie, cobertura y número de  
ramas.

Individuos/horas-malla.

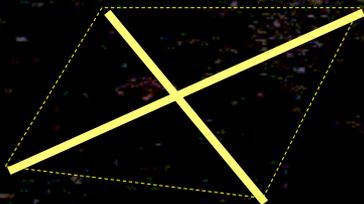
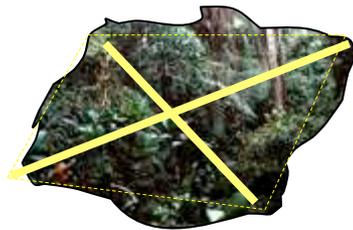
Riqueza y diversidad  $\alpha$  y  $\beta$ .

Estructura trófica.

Tasa de recambio.

16320-17112 hm fragmentos

15612-18600 hm áreas continuas



# ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE

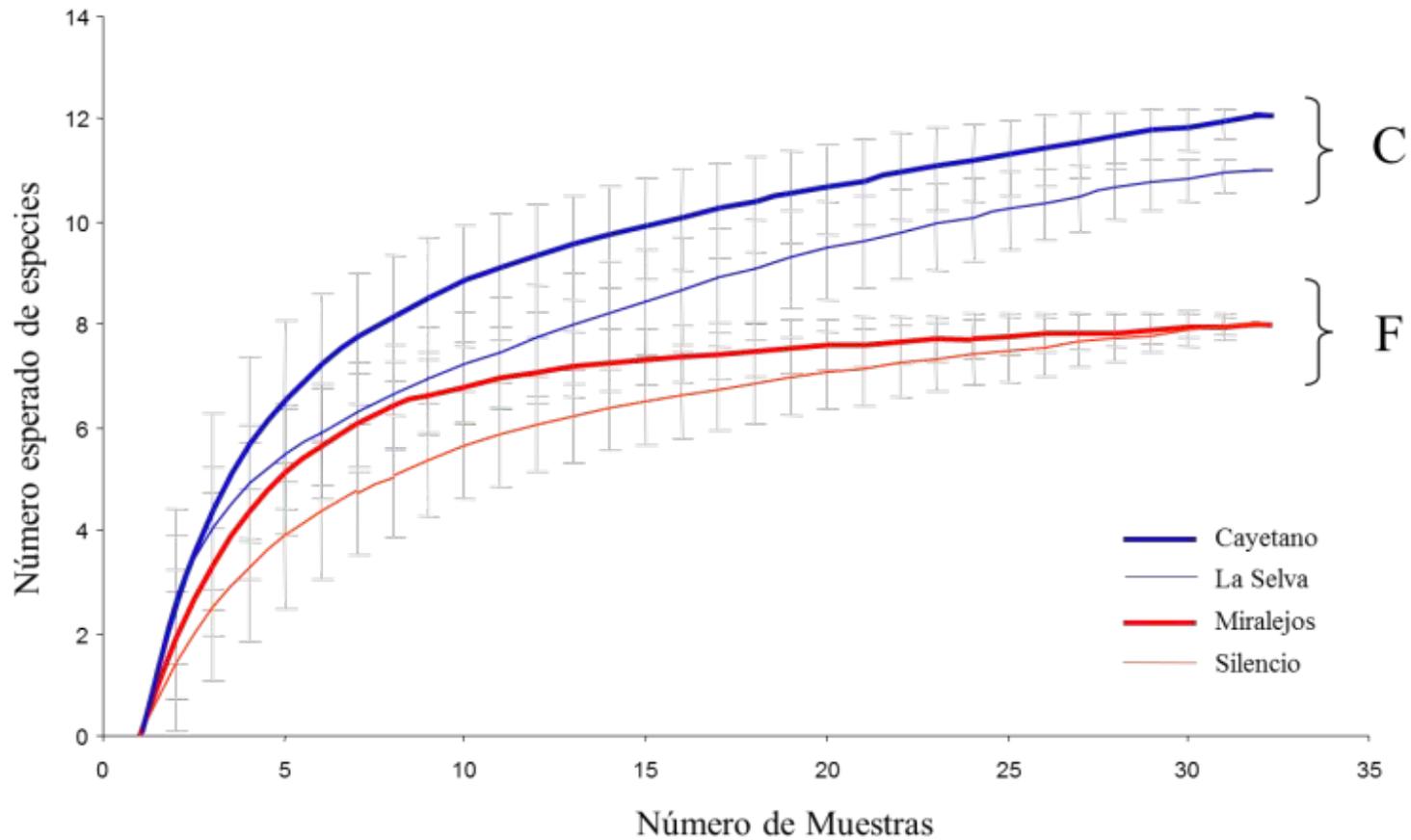
FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE	GREMIO	Áreas continuas	Fragmentos	Total
Phyllostomidae	Stenoderminae	<i>Artibeus glaucus</i>	F	129	32	161
	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	N	48	47	95
	Sturnirinae	<i>Sturnira bogotensis</i>	F	59	20	79
	Sturnirinae	<i>Sturnira oporophilum</i>	F	53	10	63
	Stenoderminae	<i>Platyrrhinus dorsalis</i>	F	17	28	45
Vespertilionidae	Vespertilioninae	<i>Myotis keaysi</i>	I	25	14	39
Phyllostomidae	Glossophaginae	<i>Anoura luismanueli</i>	N	3	20	23
	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	F	8	1	9
	Sturnirinae	<i>Sturnira</i> sp.	F	4	3	7
	Stenoderminae	<i>Artibeus hartii</i>	F	6		6
	Sturnirinae	<i>Sturnira ludovici</i>	F	3		3
	Sturnirinae	<i>Sturnira bidens</i>	F	2		2
Vespertilionidae	Vespertilioninae	<i>Lasiurus blosevilli</i>	I	2		2
Phyllostomidae	Stenoderminae	<i>Artibeus lituratus</i>	F	1		1
Total		14		360	175	535

67.29%

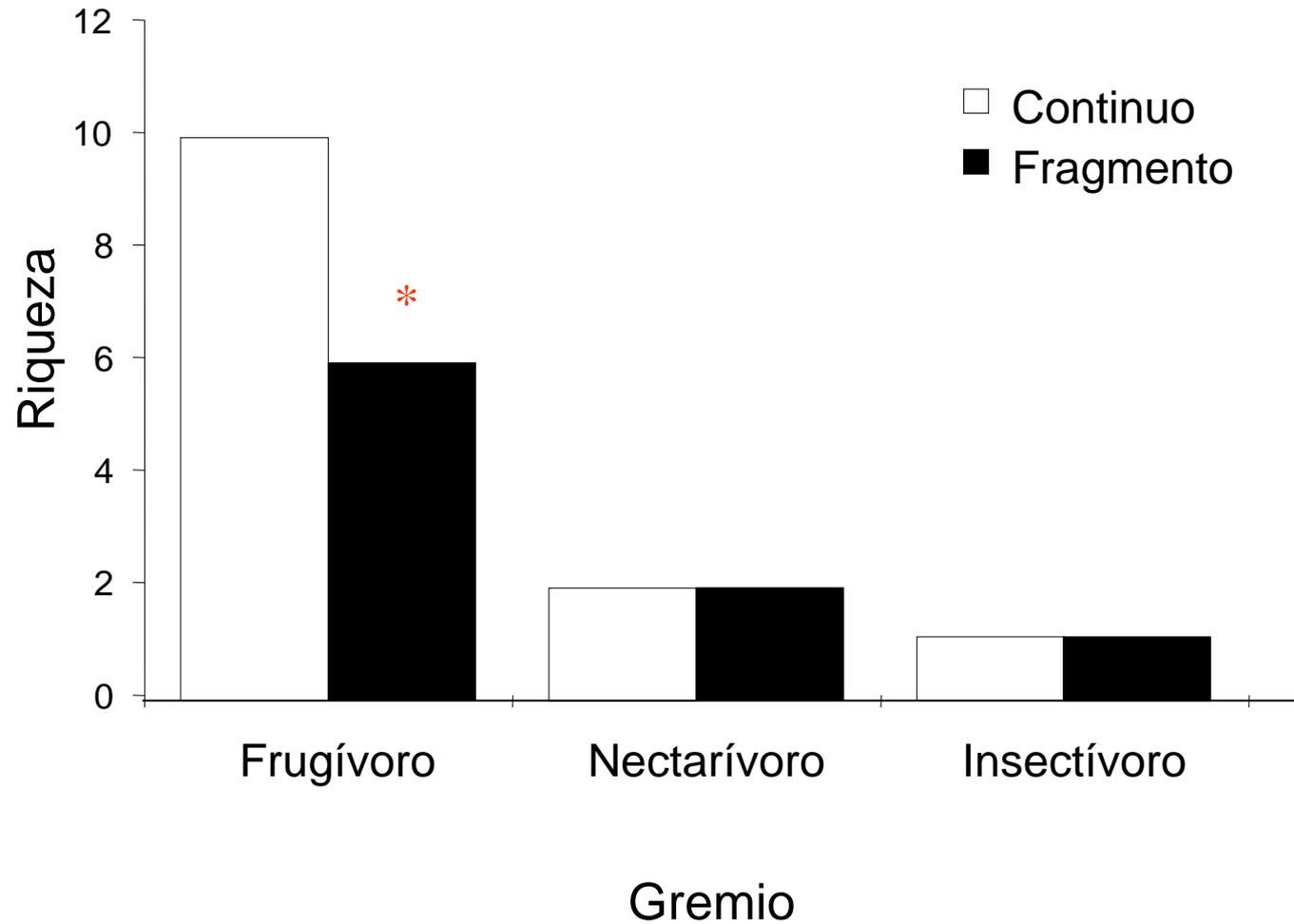
32.71%

F: frugívoro, N: nectarívoro, I: Insectívoro

# *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE*

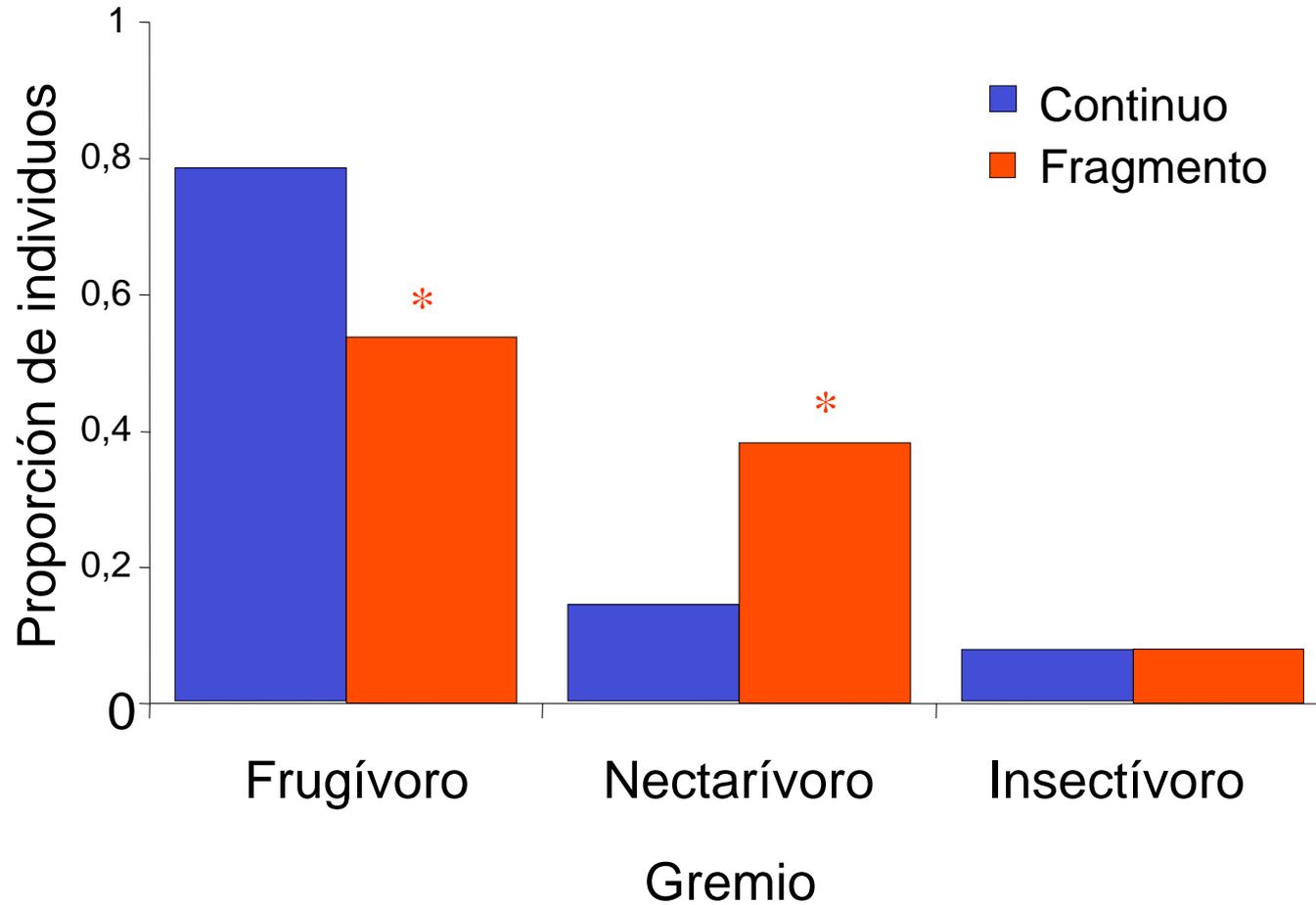


# *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE*



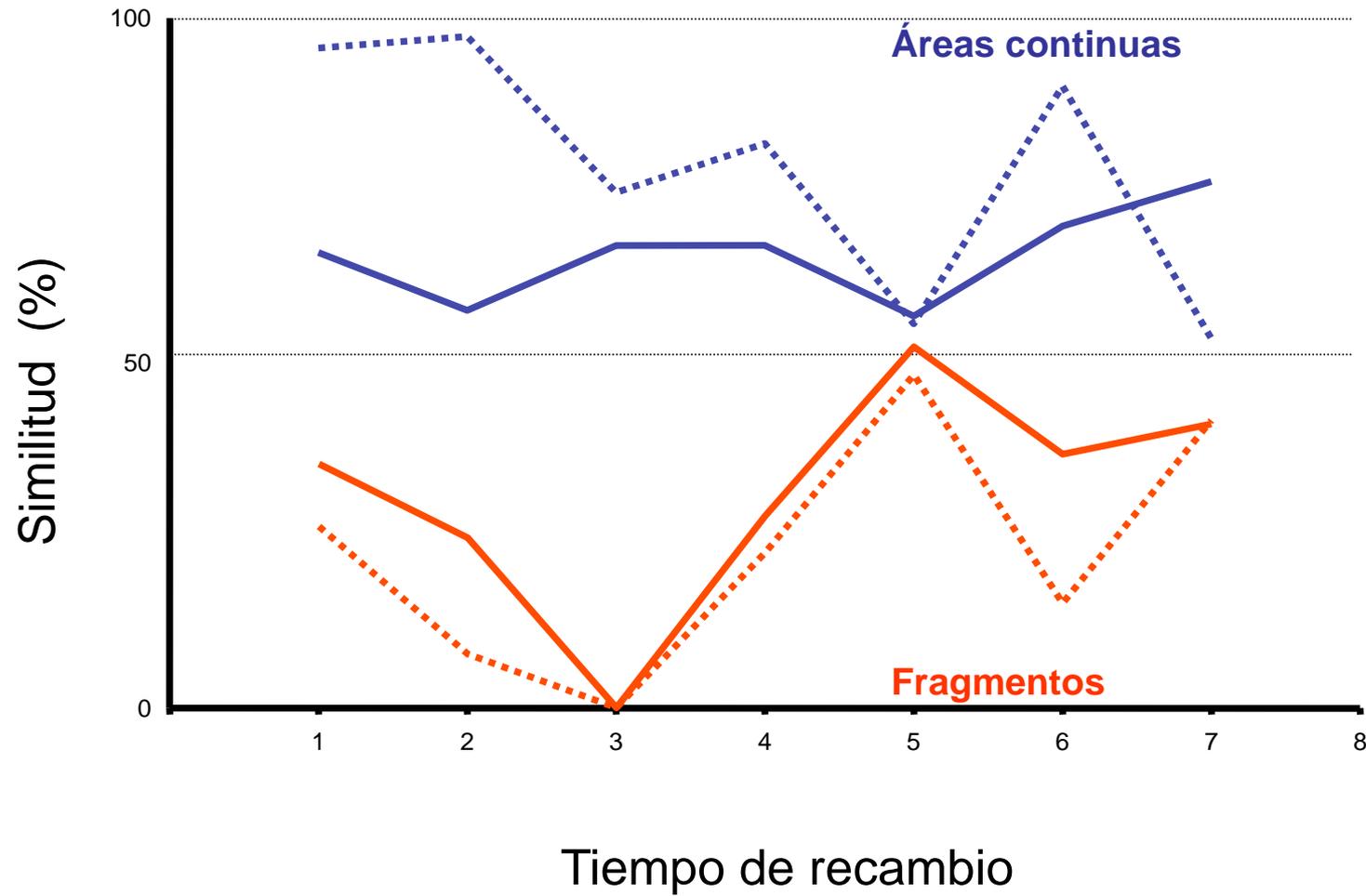
\* Significativo

# *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE*



\* Significativo

# *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE*



# *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE*

- Efecto negativo sobre el ensamblaje de los murciélagos.  
Disminución riqueza 43%.  
Disminución abundancia 49%.
- Cambios composición (diferencial) : disminución frugívoros.
- Cambios estructura = cambios abundancias específicas.

---

¿Por qué hay menos especies en los fragmentos?

¿Qué factores explican la diferencia entre áreas continuas y fragmentos en la dinámica temporal de cada gremio?

# *ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE*

---

**H<sub>i</sub>:** La disponibilidad de perchas (número de ramas y superficie de troncos) y la oferta alimenticia (riqueza, abundancia de flores, frutos e insectos) para cada gremio de forrajeo determinan de manera directa la estructura y composición del ensamblaje (riqueza, abundancia y recambio temporal) de los murciélagos.

---



# ABUNDANCIA DE FLORES, FRUTOS E INSECTOS

## Insectos:

20 Trampas omnidireccionales

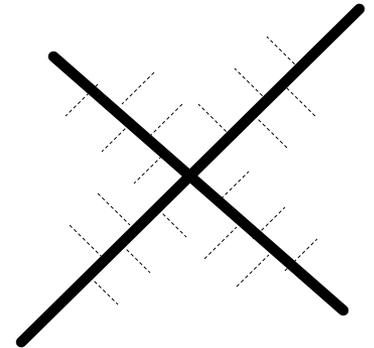
(Wilkening *et al.* 1981 y Kunz 1996)

(1800-0600 hrs) 0-1, 1-5, 5-10, >10 metros



Flores (y selección):

20 Transectos en banda.



Frutos (y selección):

Stashko & Dinerstein (1985)

Abundancia relativa

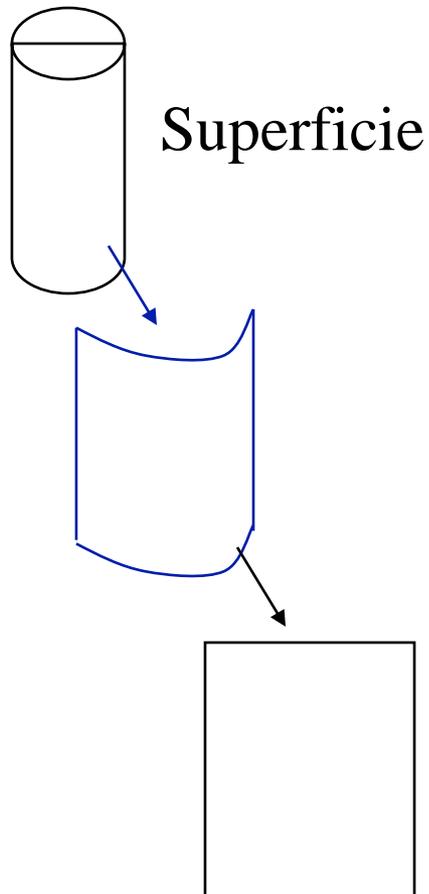


# ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

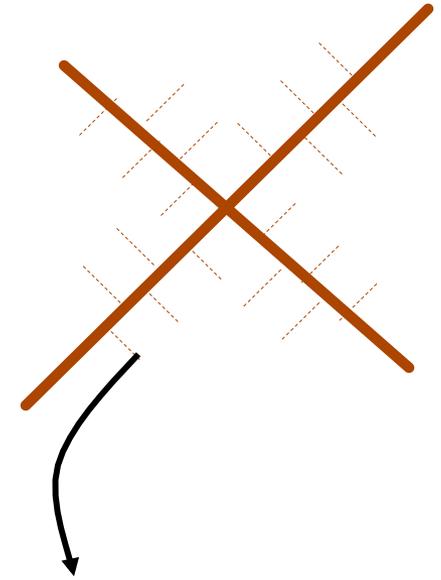
Árboles con DAP > 10 cm.

Superficie potencialmente disponible para percha:

Circunferencia, altura total, altura del fuste, altura y diámetro de la copa.

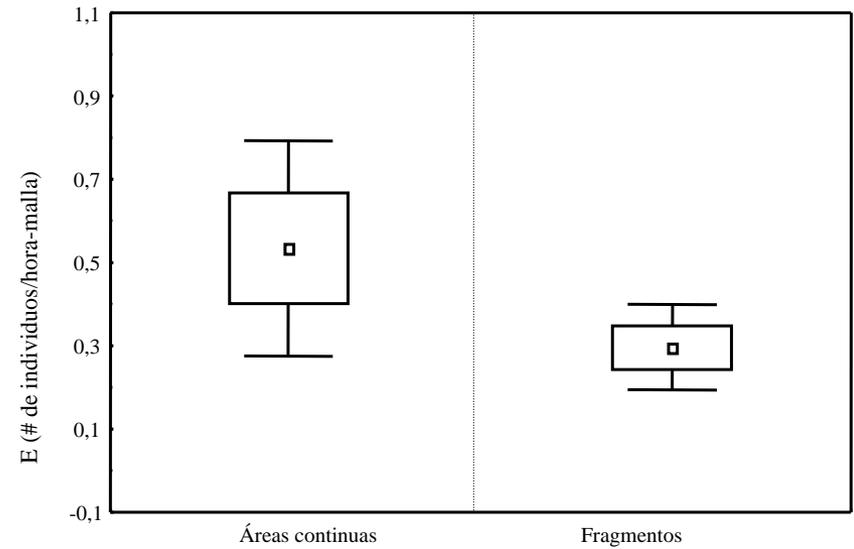
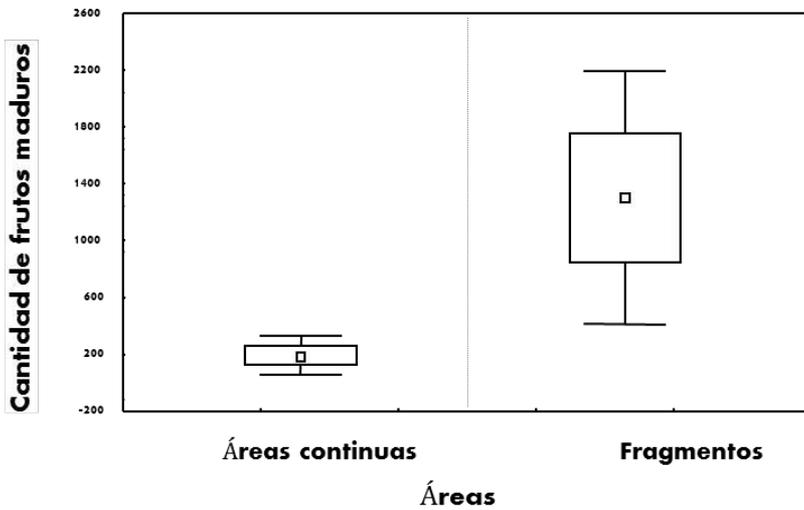
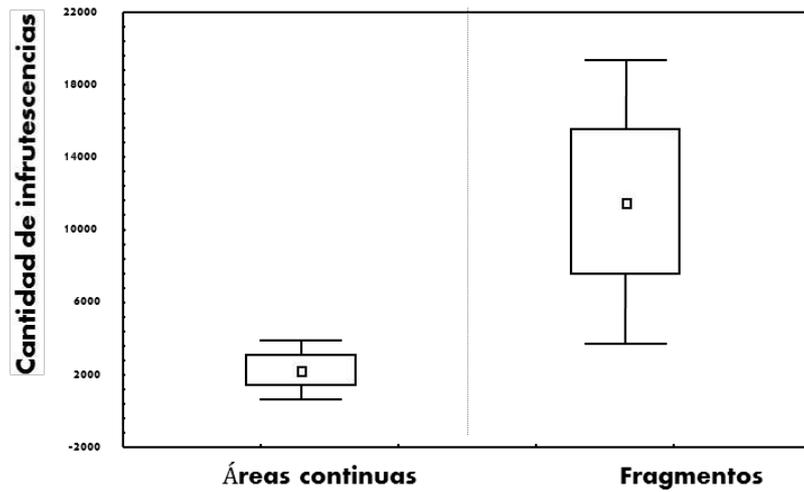


Abundancia de ramas



Transecto:  
Número de especies  
Abundancia relativa/sp.

# ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN

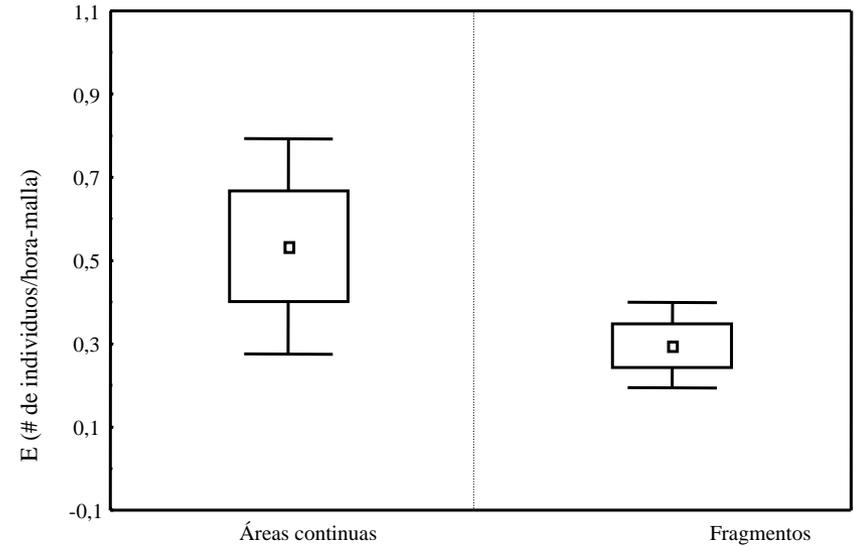
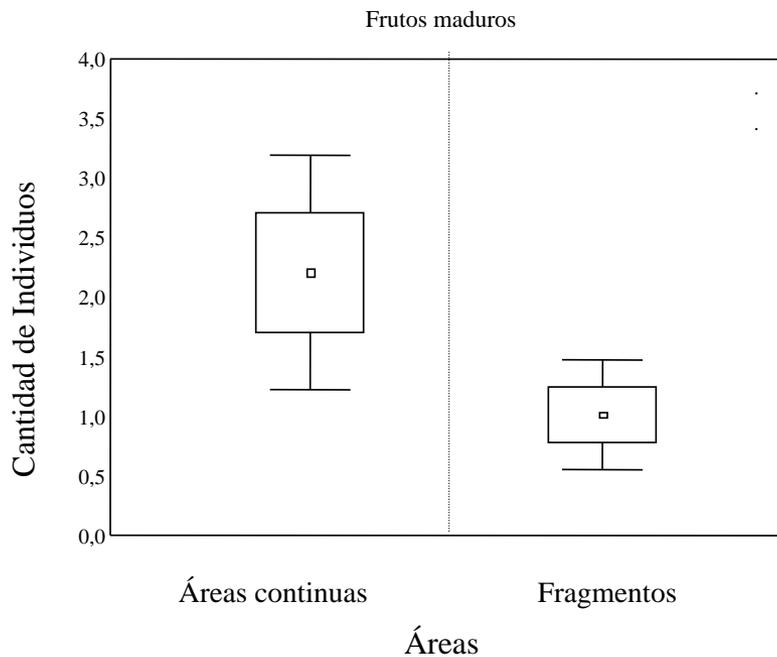
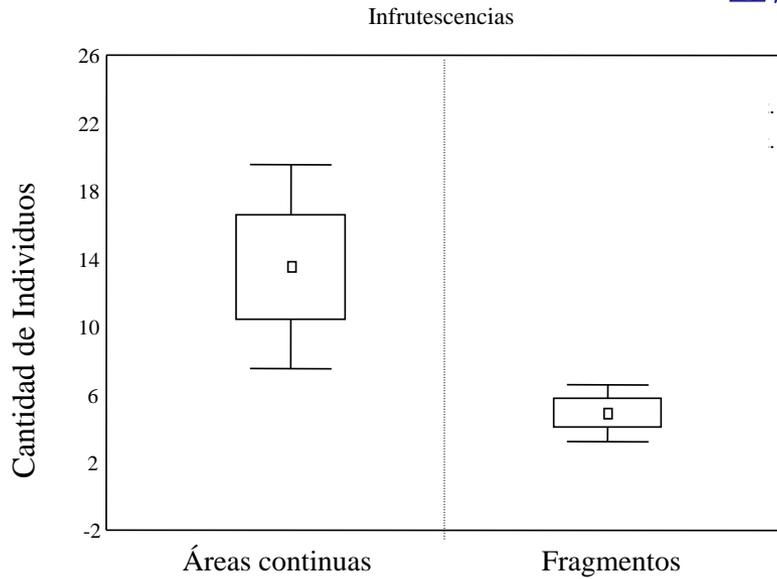


Áreas  
éxito de captura ( $E$ ) murciélagos frugívoros



Pérez-Torres 2012

# ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN



Áreas  
éxito de captura ( $E$ ) murciélagos frugívoros

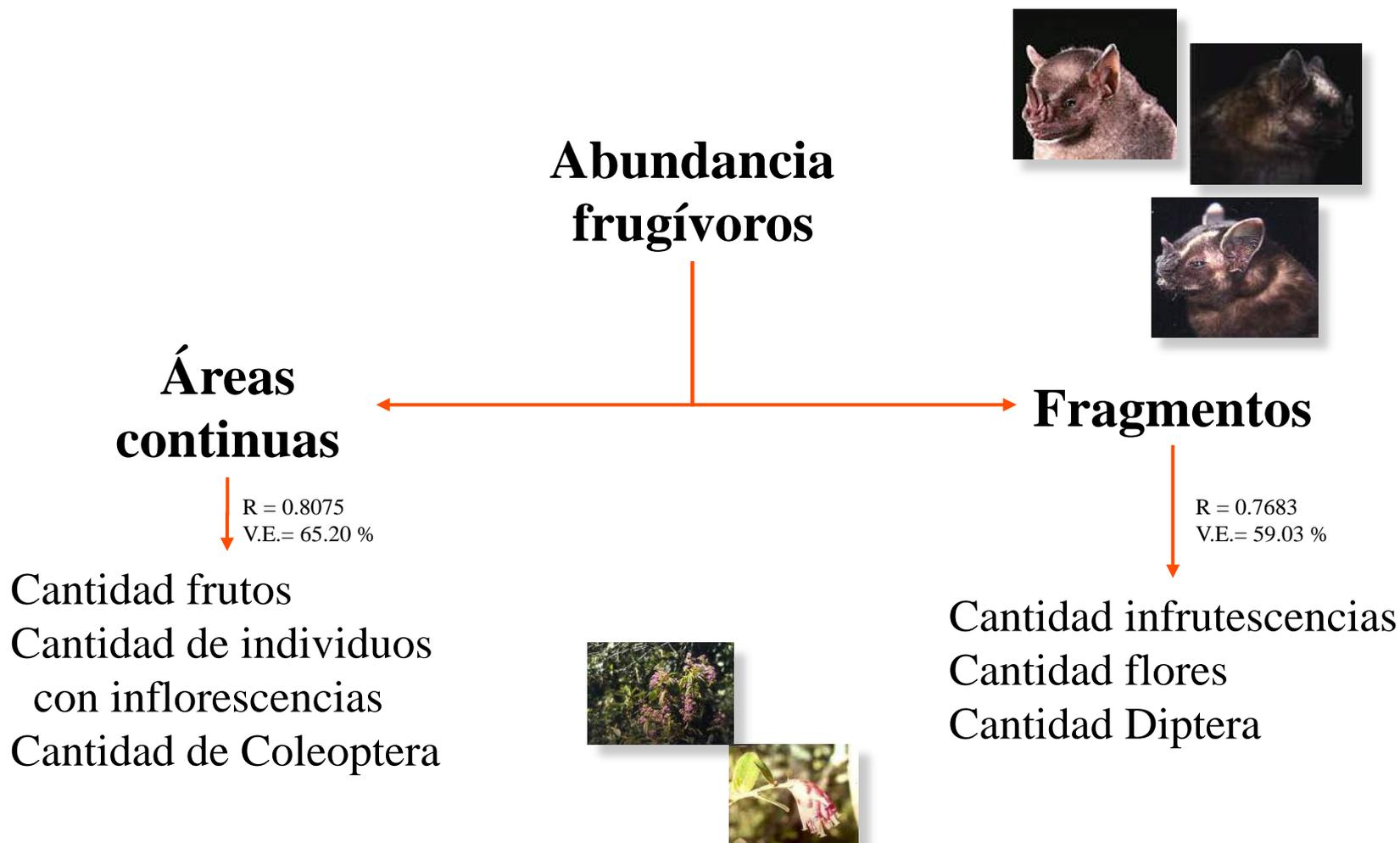


Pérez-Torres 2012

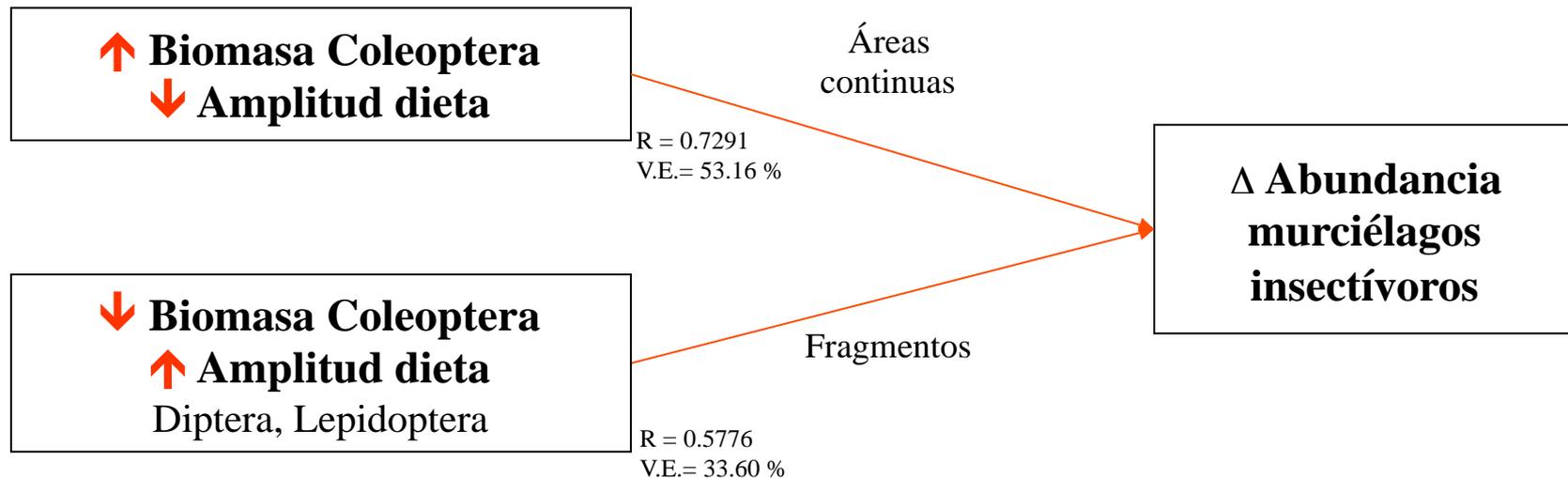
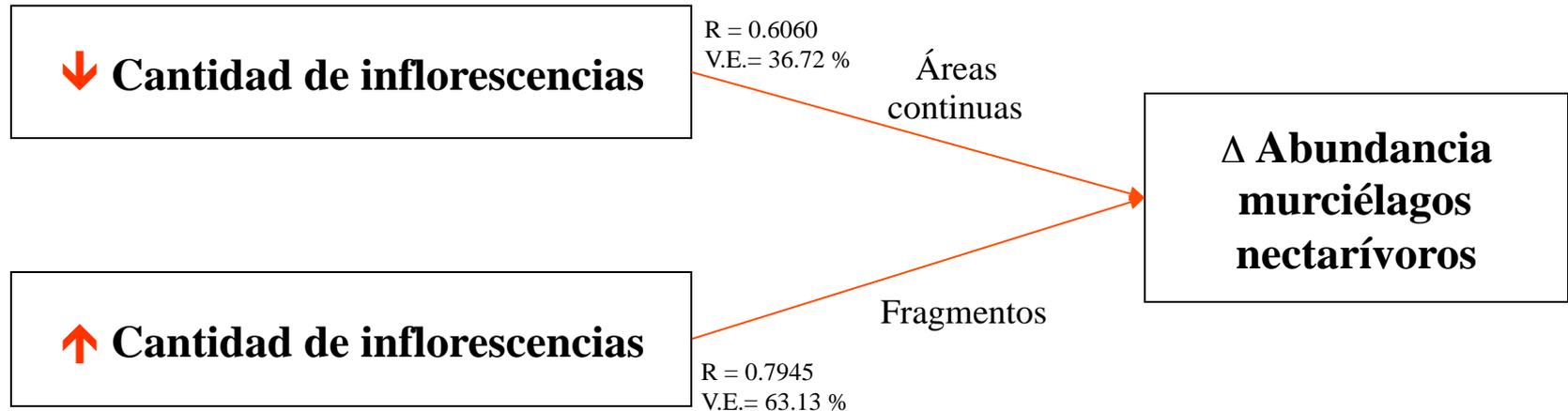
# RELACIÓN OFERTA ALIMENTICIA Y ÉXITO DE CAPTURA

Regresión múltiple por pasos (Forward stepwise regression)

$$E_{ff}(\beta, X) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$



# RELACIÓN OFERTA ALIMENTICIA Y ÉXITO DE CAPTURA



# *ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN*

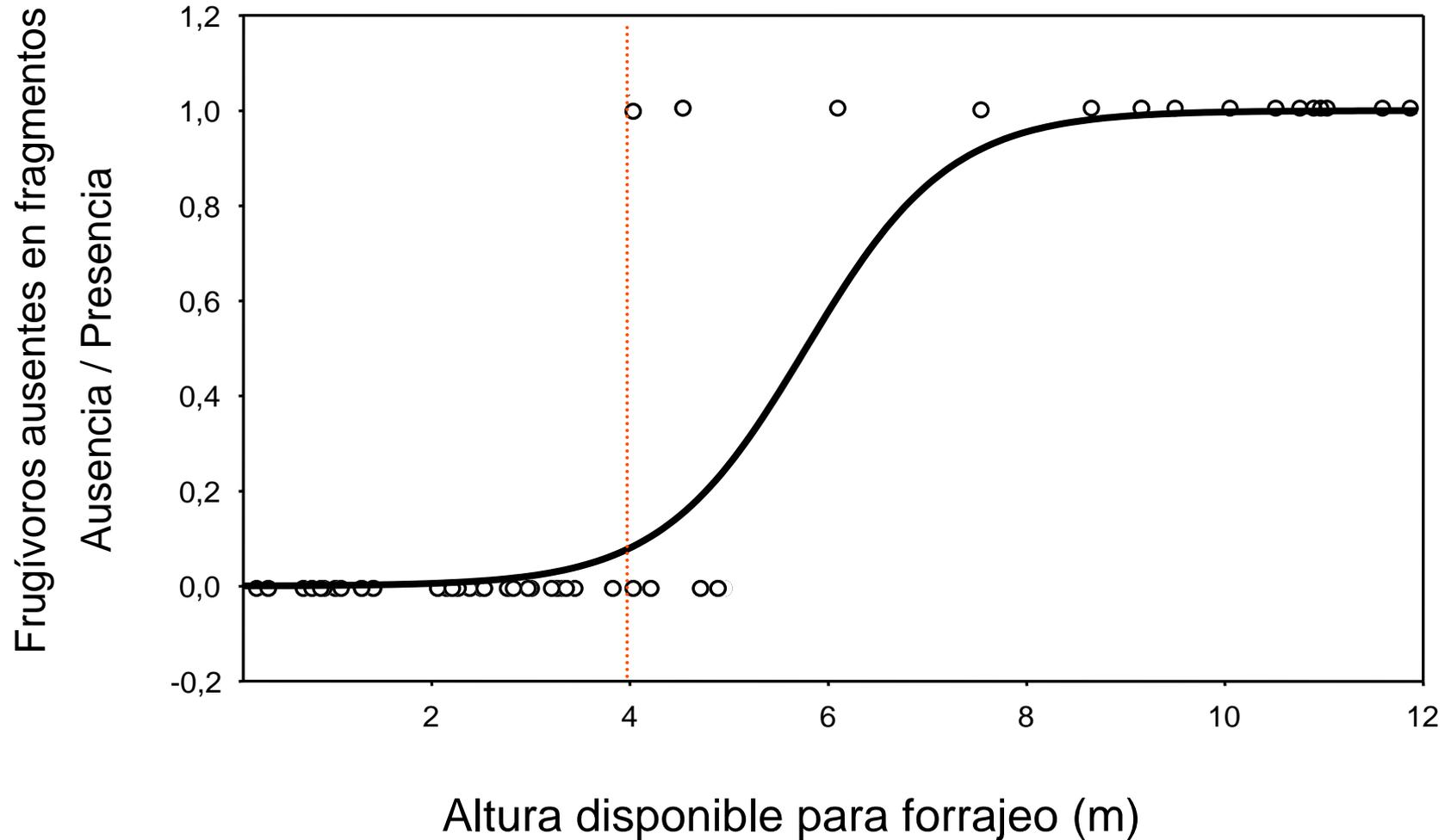
## **Altura disponible para forrajeo (ADF)**

---

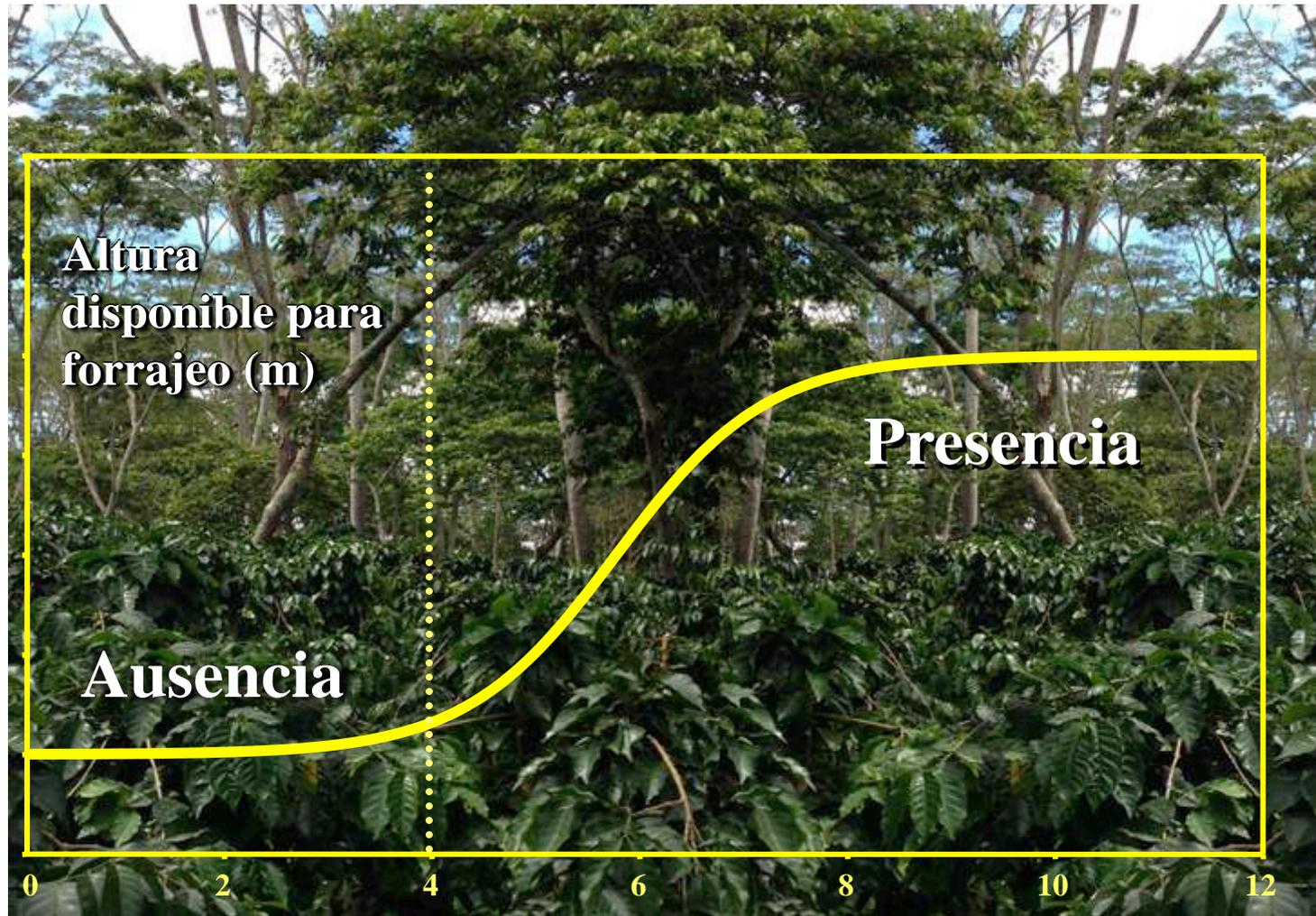


# RELACIÓN ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y ÉXITO DE CAPTURA

$$y = \frac{\exp(-7,95223 + (1,376897) \cdot x)}{1 + \exp(-7,95223 + (1,376897) \cdot x)}$$



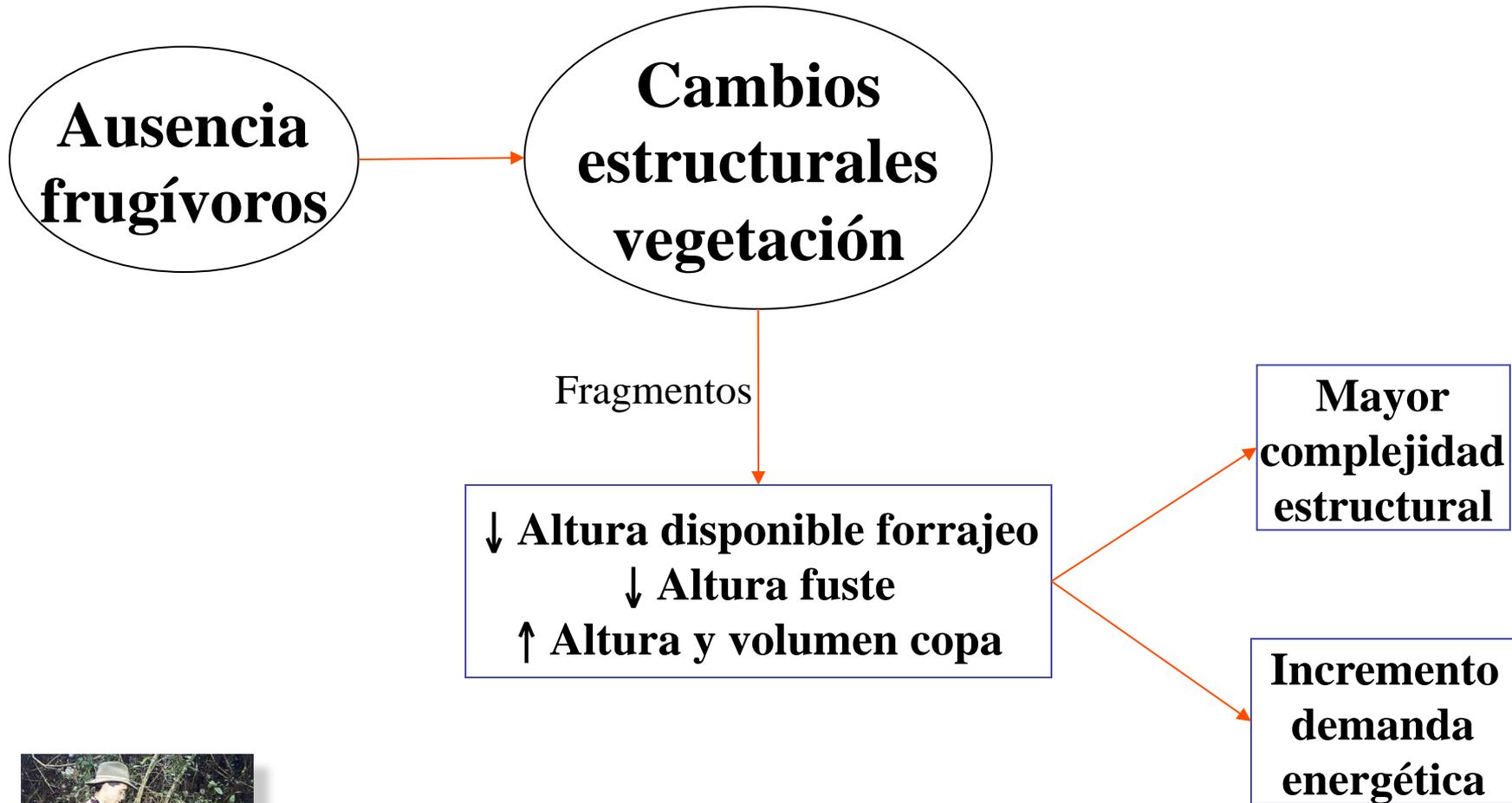
# RELACIÓN ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y ÉXITO DE CAPTURA



Pérez-Torres 2000

2004. Pérez-Torres, J. & Ahumada, J. Murciélagos en bosques altoandinos fragmentados y continuos en el sector occidental de la Sabana de Bogotá (Colombia). *Universitas Scientiarum* 2(9):33-46.

# RELACIÓN ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y ÉXITO DE CAPTURA

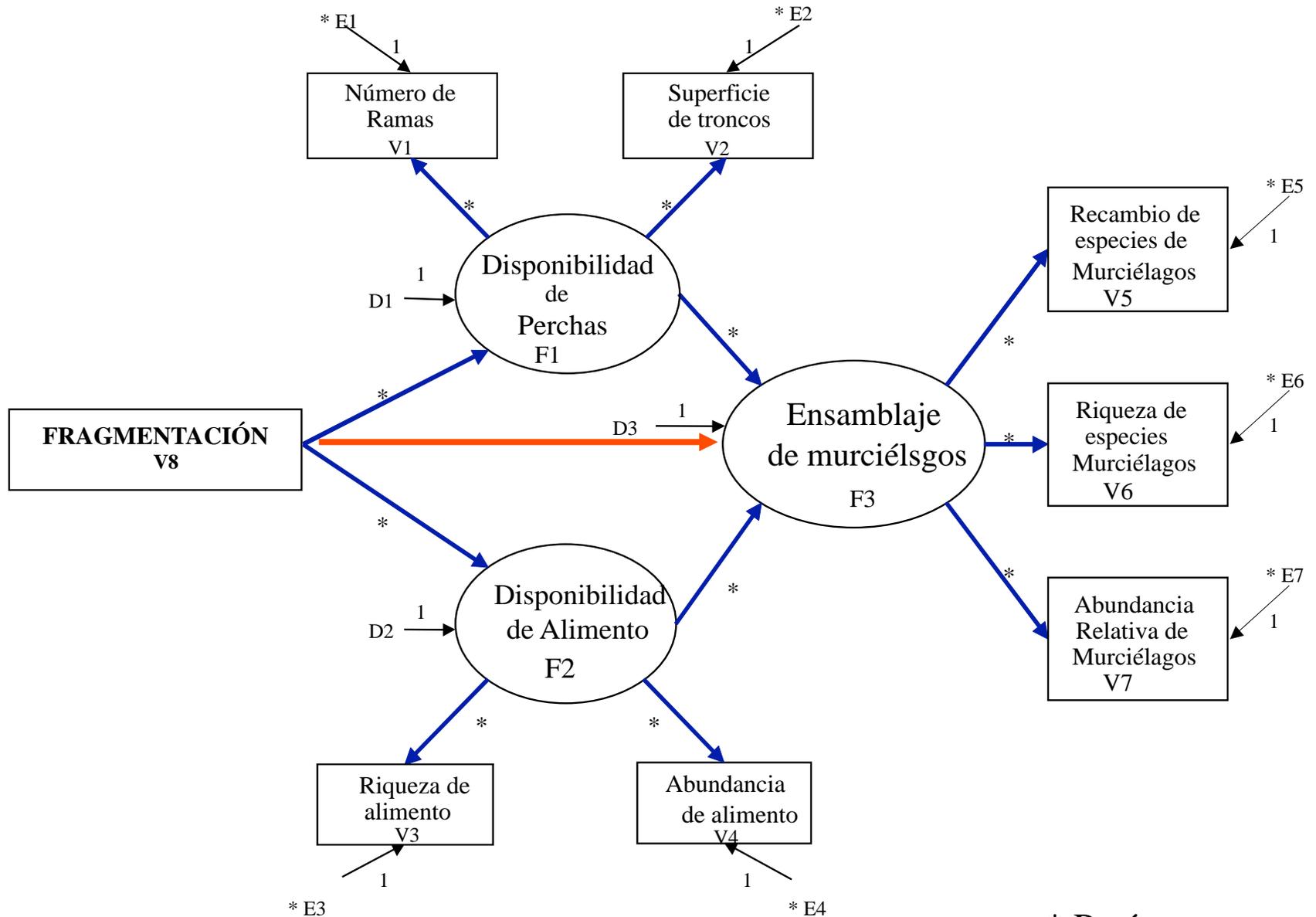


# *RELACIÓN ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y ÉXITO DE CAPTURA*

- Explicación parcial cambios temporales abundancia/gremio a partir de oferta alimenticia.
- Diferencia de los cambios temporales/gremios entre fragmentos y continuos sin explicación.
- Evaluación efecto combinado cambios en alimento y vegetación sobre las diferencias F-AC de los cambios temporales de los murciélagos.



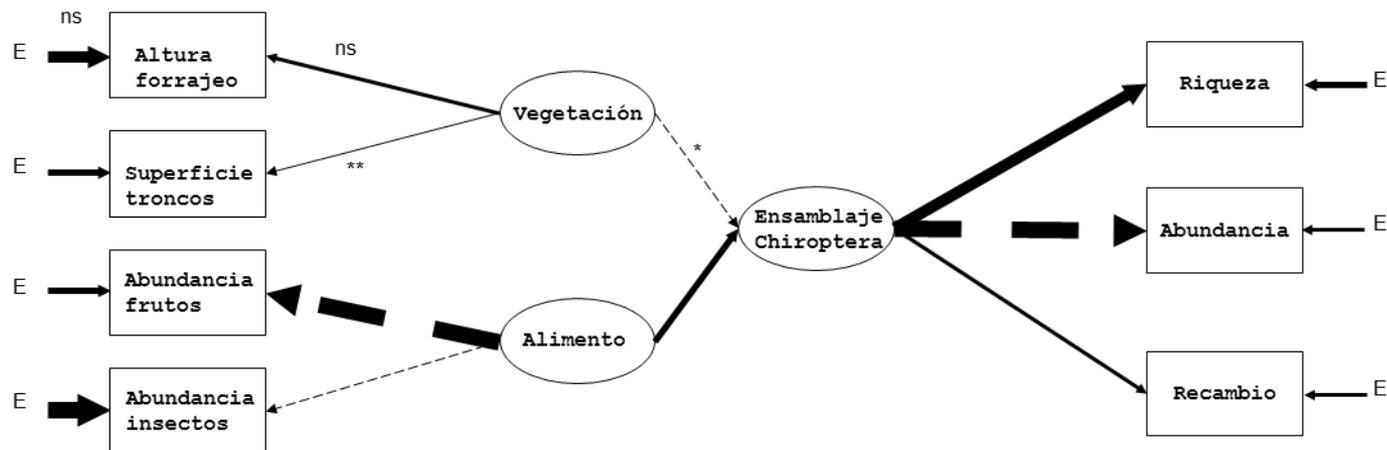
# DIAGRAMA DE ECUACIONES ESTRUCTURALES



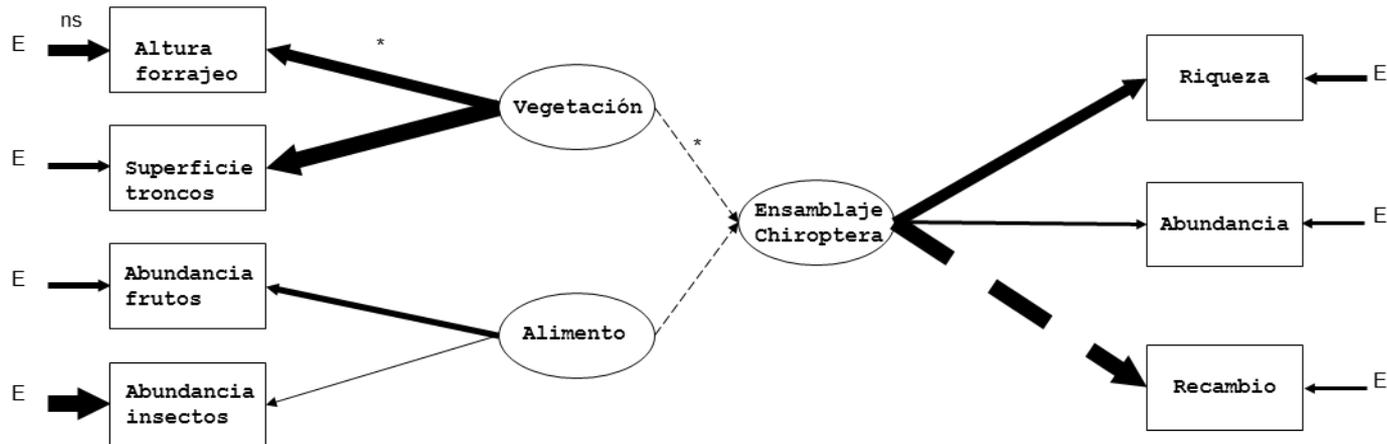
\* Parámetros a estimar

# MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES (Frugívoros)

(CONTINUO)



(FRAGMENTO)



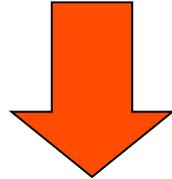
$\chi^2 = 11.27$ ,  $gl = 30$ ,  $P = 0.99$ ,  $RMSEA = 0.0$ ,  $AIC = 63.27$

# MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES (*Frugívoros*)

- **Frugívoros**: (ADF, superficie troncos, abundancia frutos e insectos).

## ÁREAS CONTINUAS

Incrementos en cantidad  
frutos e insectos



## FRAGMENTOS

Aunque ↑ Frutos e infrutescencias  
Disminuciones en ADF e incrementos en  
superficie de troncos.

↑ Abundancia.  
↓ Tasa de recambio.  
↓ Amplitud dieta.  
↑ solapamiento.

↓ Riqueza y abundancia.  
↑ Tasa de recambio.  
↑ Especies nómadas.  
↑ amplitud dieta.

# MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES (Nectarívoros)

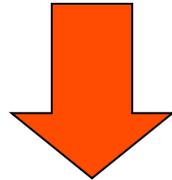
## ● Nectarívoros:

(ADF, cobertura, cantidad total de flores, biomasa de dípteros).

### ÁREAS CONTINUAS

Flores e inflorescencias.

ADF



### FRAGMENTOS

↑ Flores e inflorescencias.

Disminuciones en ADF y cobertura.

Δ Abundancia.  
Δ Tasa de recambio.  
Δ Amplitud dieta.  
Δ Solapamiento.



↑ Abundancia.  
Δ Tasa de recambio.

# MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES (*Insectívoros*)

## ● Insectívoros:

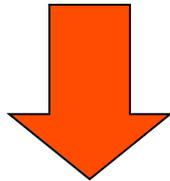
(Cantidad de infrutescencias, inflorescencias, Diptera y Coleoptera).

### ÁREAS CONTINUAS

Coleoptera.

Inflorescencias e infrutescencias.

{  $\Delta$  Abundancia.  
↓ Amplitud dieta (Coleoptera)



### FRAGMENTOS

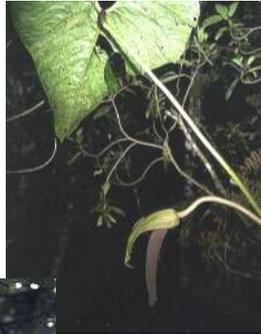
↓ Coleoptera.

↑ inflorescencias e infrutescencias.

{  $\Delta$  Abundancia.  
↑ Amplitud dieta  
(Diptera y Lepidoptera).



**FRAGMENTACIÓN**



**Mecanismos**

**Estructura y  
composición del  
ensamblaje de  
murciélagos**

- ? Murciélagos tolerantes a pérdida y fragmentación del hábitat (movimiento)

(Estrada *et al.* 1994, Estrada & Coates-Estrada 1996, Law *et al.* 1999, Schulze *et al.* 2000).

- ? Murciélagos frugívoros:  
grupo tolerante a la fragmentación (Evelyn & Stiles 2003).



- Pérdida de especies por:
  - H<sub>1</sub>: disminución calidad ecológica (alimento) (Estrada *et al.* 1994, Estrada & Coates-Estrada 1996).
  - H<sub>2</sub>: disminución calidad matriz (Arita 1998).
- H<sub>3</sub>: Frugívoros más vulnerables a extinción local por cambios estructurales de la vegetación en fragmentos (Pérez-Torres 2004).



*Artibeus hartii*

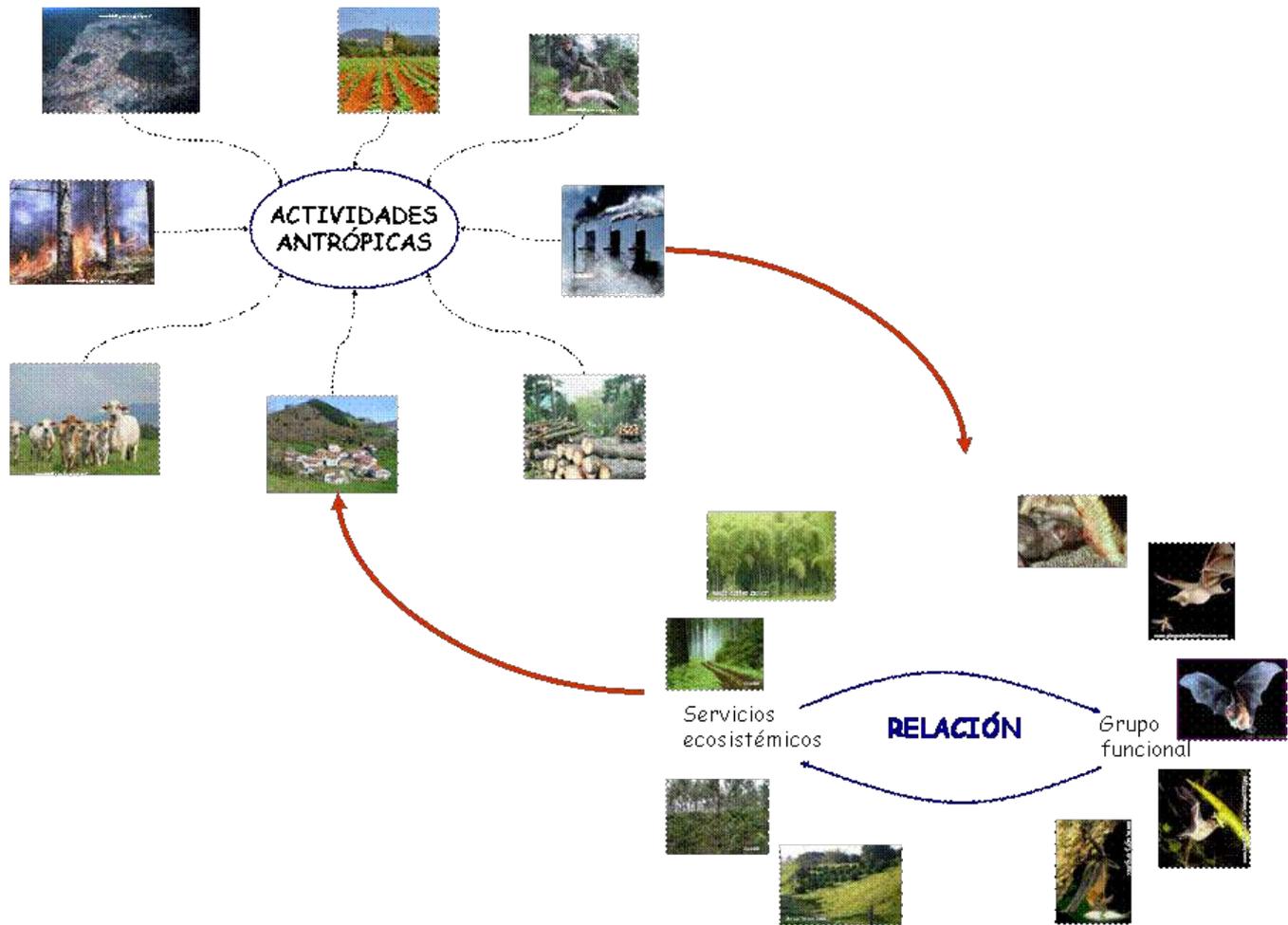


- Frugívoros dominantes en el ensamblaje: 61% especies reportadas  $> 2700$  m (Alberico *et al.* 2000).
- Pérdida frugívoros impacta diversidad regional.
- Efectos sobre dispersión de semillas en fragmentos (Fleming & Sosa 1994, Whitmore 1997 y Medellín & Gaona 1999).
- Efectos sobre procesos de regeneración natural.
- Cordillera Oriental  $< 11.2\%$  del bosque andino protegido y muy fragmentado (Armenteras 2003).



*Sturnira bogotensis*





2006. Stevenson, P., Pérez-Torres, J. & Muñoz-Saba, Y. *Estado del conocimiento sobre los mamíferos terrestres y voladores de Colombia*. Tomo II. P. 151-170. En: Chaves, M.E. & Santamaría, M. (eds.). Informe nacional sobre el estado de avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad (1998–2004) – INACIB. Contribución IAvH #367. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 2 Tomos. ISBN 958-8151-78-3.





*Sturnira*

*Anoura*

*Artibeus*

*Artibeus*

*Myotis*

