

# ***INTERACCIONES BIOTICAS***



*Tomás Fernando Carmona Valdovinos*

# INTERACCIONES BIOTICAS

... son aquellas relaciones que se establecen entre al menos dos organismos de una o mas especies



**INTRAESPECIFICA**



**INTERESPECIFICA**

***INTERACCIONES  
BIOTICAS  
INTERESPECIFICAS***

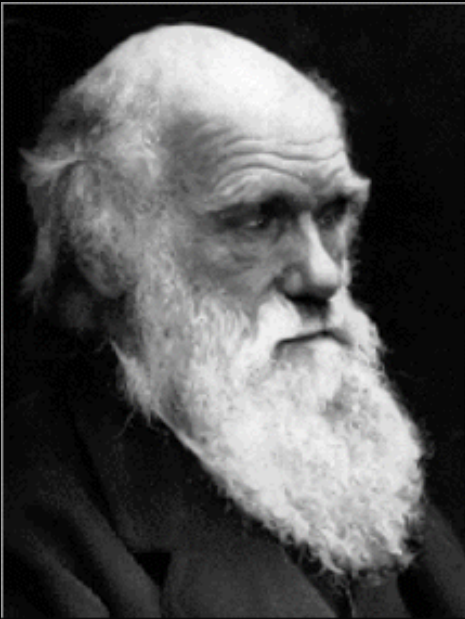


## Guion:

- Generalidades de las interacciones intraespecíficas
- Interpretación bajo la óptica Ecología Evolutiva
- Historia del desarrollo del estudio de las interacciones interespecíficas
- Clasificación
- Estudios de caso
- Conclusiones

**Ecología:**

**Estudio de la *Distribución y Abundancia* de los organismos**



*Preocupación de los primeros ecólogos:* Charles Darwin, enfatizo la importancia del reino animal en la ecología y evolución de las plantas.

***“Si nosotros imagináramos como aumentar en número de plantas, deberíamos darle alguna ventaja por encima de sus competidores, o por encima de los animales que las depredan”***

Krebs, 1972

Darwin, 1857



José Sarukhan Kermes



John Lander Harper



Jonathan Silvertown





Jonathan – Joan Rougarden



Rodolfo Dirzo



Miguel Ángel Martínez Ramos



Phyllis Coley



Mauricio Quesada



Juan Carlos López Acosta

*"... Nothing in biology makes sense except in the light of evolution ..."*

*( "...en biología nada tiene sentido si no se considera bajo el prisma de la evolución...." )*



*T. Dobzhansky, 1973.*

# ¿ Que son las interacciones ?

- Proceso que influencia la **adaptación y variación** en las especies
- Los organismos no están aislados
- **Para sobrevivir y reproducirse necesitan de otras especies**
- **La mayoría ha evolucionado de manera que requieren usar una combinación de su propia información genética con la de otras especies**
- La vida terrestre es afectada de alguna forma por sus innumerables asociaciones







Se sabe poco sobre cómo se entremezclan los genomas de especies separadas en un proceso coevolutivo

- La mayoría de las especies se ven frente al reto ecológico y evolutivo de interactuar, evolucionar y, algunas veces, **coevolucionar** con varias especies



**COEVOLUCIÓN:**  
**CAMBIO EVOLUTIVO RECÍPROCO A TRAVÉS  
DE SELECCIÓN NATURAL**



El entender cómo las especies se enfrentan a este reto es, en gran medida, uno de los problemas fundamentales en ecología y biología evolutiva

# Un poco de historia .....

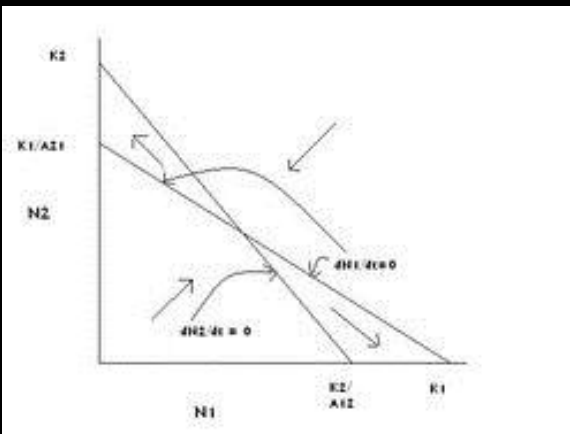
En 1970 dentro de la demografía se consideraban las interacciones entre especies: **competencia** y **depredación**

Growth rate for species 1

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left( 1 - \frac{N_1}{K_1} - \frac{\alpha_{12} N_2}{K_1} \right)$$

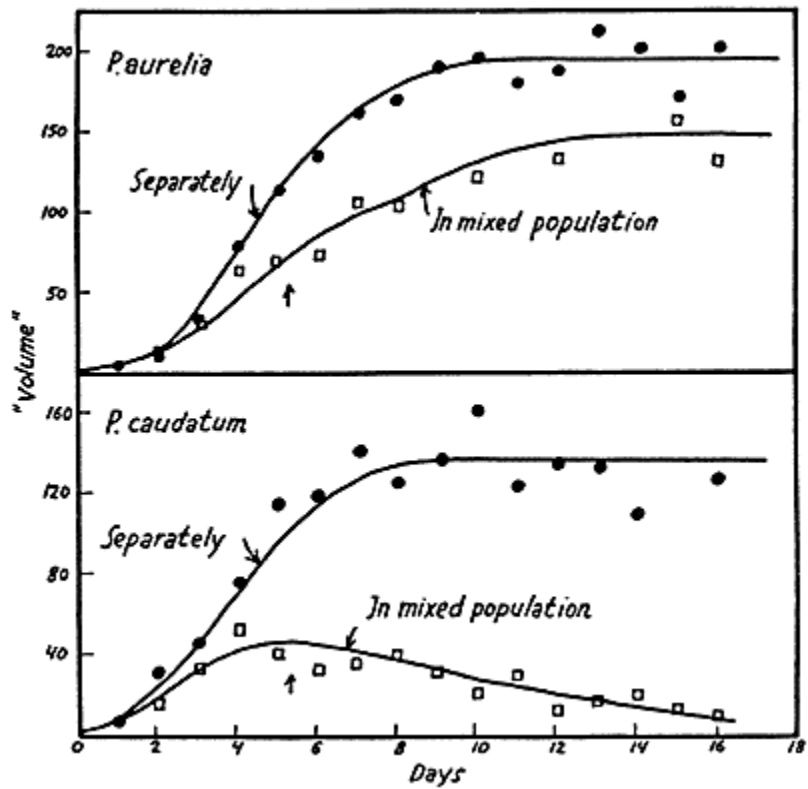
Growth rate for species 2

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left( 1 - \frac{N_2}{K_2} - \frac{\alpha_{21} N_1}{K_2} \right)$$

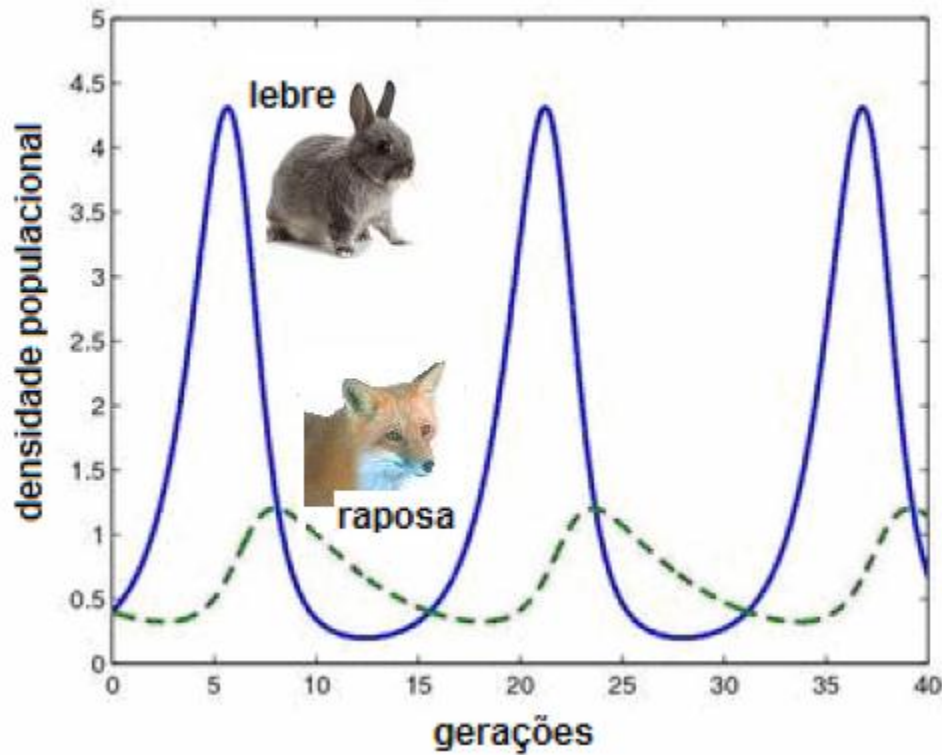


Modelo Lotka Volterra  
de competencia por  
alimento o espacio





### ciclo predador-presa



$$V_1(t) = e^{\epsilon t} \sum_{i=1}^n \zeta_i [|\ln y_i(t) - \ln y_i^*| + |u_i(t) - u_i^*|],$$

$$V_2(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_i \sum_{j=1}^n b_{ij} e^{\epsilon \tau_{ij}} \int_{t-\tau_{ij}}^t e^{\epsilon \theta} |y_j(\theta) - y_j^*| d\theta,$$

$$V_3(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_i \sum_{j=1}^n c_{ij} \int_0^{+\infty} H_{ij}(s) e^{\epsilon s} \int_{t-s}^t e^{\epsilon \theta} |y_j(\theta) - y_j^*| d\theta ds,$$

$$V_4(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_i f_i \int_0^{+\infty} P_i(s) e^{\epsilon s} \int_{t-s}^t e^{\epsilon \theta} |u_i(\theta) - u_i^*| d\theta ds,$$

$$V_5(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_i e_i e^{\epsilon \sigma_i} \int_{t-\sigma_i}^t e^{\epsilon \theta} |u_i(\theta) - u_i^*| d\theta,$$

$$V_6(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_i \gamma_i e^{\epsilon \delta_i} \int_{t-\delta_i}^t e^{\epsilon \theta} |y_i(\theta) - y_i^*| d\theta,$$

$$V_7(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_i \pi_i \int_0^{+\infty} Q_i(s) e^{\epsilon s} \int_{t-s}^t e^{\epsilon \theta} |y_i(\theta) - y_i^*| d\theta ds.$$

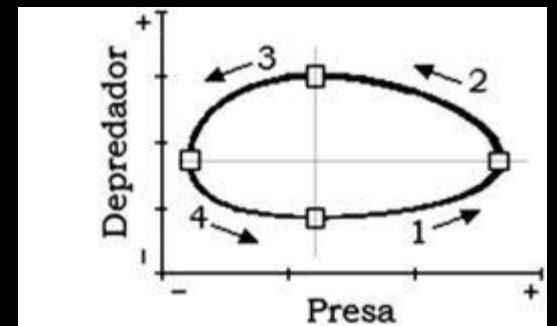


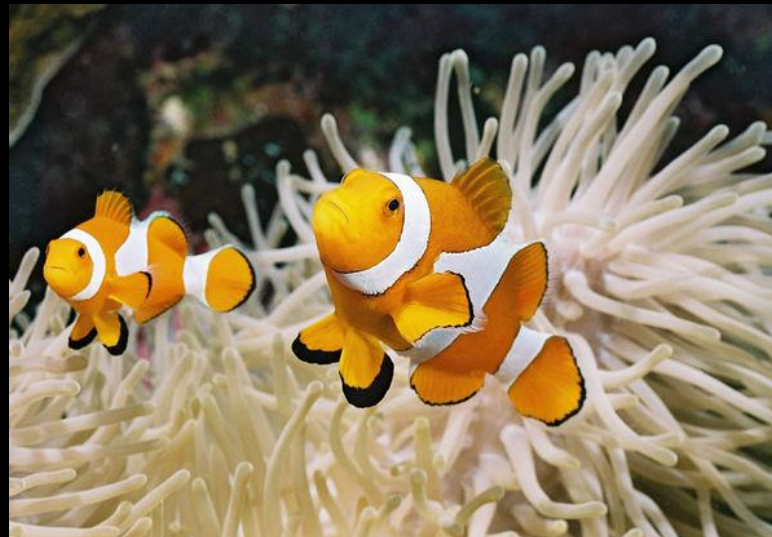
Figura 1. Espaço de fase del modelo depredador-presa

# ¿COMO INTERPRETAR A LAS INTERACCIONES?

*Basados en las respuestas de los organismos*

***PROXIMAL  
(Ecológico)***

*Respuestas a corto tiempo determinadas por las características actuales de los interactuantes*



# ¿COMO INTERPRETAR A LAS INTERACCIONES?

*Basados en las respuestas de los organismos*

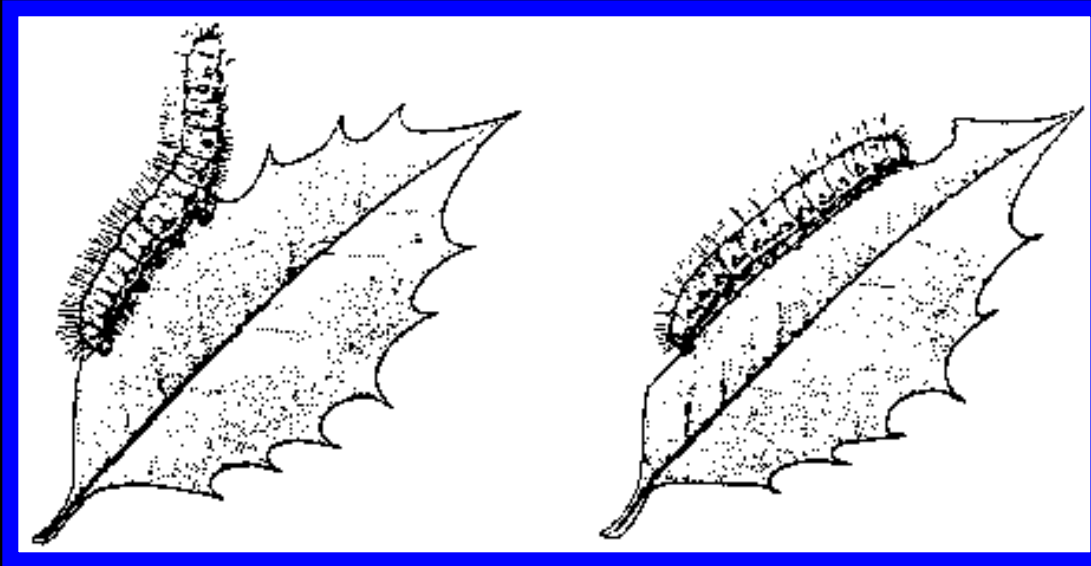


**ULTIMO**  
**(Evolutivas)**

**Resultado a presiones evolutivas  
consecuencia de las interacciones entre  
los ancestros de los interactuantes.**

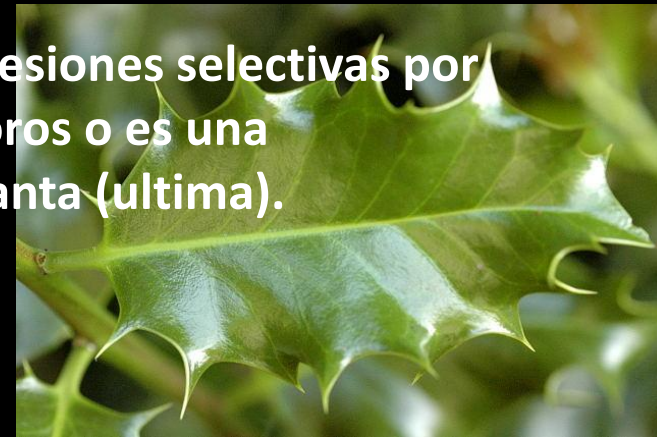


## Ejemplo con *Ilex aquifolium* y *Lasiocampa quercus* (Merz 1959)



✓ Las espinas determinan la ausencia de daño en las hojas de *Ilex* (proximal)

✓ La razón de las espinas en las hojas obedece a presiones selectivas por los antecesores de *Lasiocampa* o por otros herbívoros o es una adaptación xeromorfica al ambiente físico de la planta (ultima).



*Hay muchos casos similares:*

*Pelos urticantes en frutos jóvenes tropicales: pueden repeler a los depredadores ó evitar la desecación por viento*



*Las interpretaciones **proximales** generalmente son claras, en cambio las interpretaciones **ultimas** son regularmente muy difíciles de corroborar.*



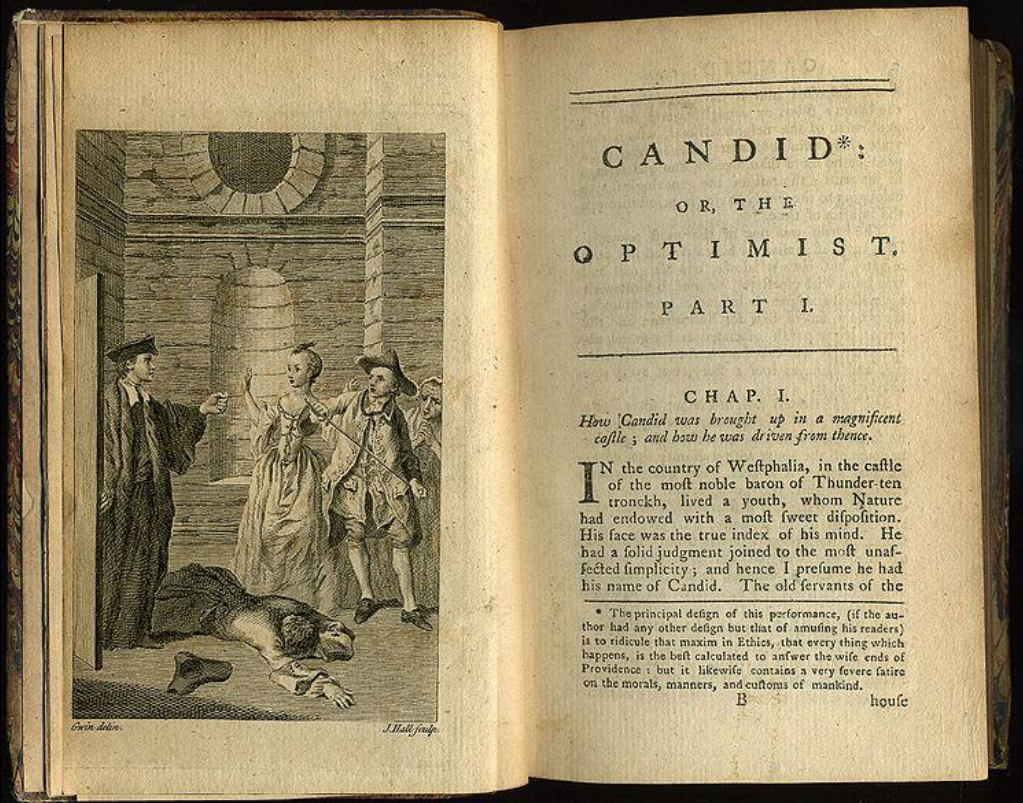
# “El Programa Adaptacionista”



CANDIDE,  
OU  
L'OPTIMISME,  
TRADUIT DE L'ALLEMAND  
DE  
MR. LE DOCTEUR RALPH.



MDCCLIX.



CANDID\*:  
OR, THE  
OPTIMIST.  
PART I.

CHAP. I.

*How 'Candid' was brought up in a magnificent castle; and how he was driven from thence.*

**I**N the country of Westphalia, in the castle of the most noble baron of Thunder-ten-tronckh, lived a youth, whom Nature had endowed with a most sweet disposition. His face was the true index of his mind. He had a solid judgment joined to the most unaffected simplicity; and hence I presume he had his name of Candid. The old servants of the

\* The principal design of this performance, (if the author had any other design but that of amusing his readers) is to ridicule that maxim in Ethics, that every thing which happens, is the best calculated to answer the wise ends of Providence: but it likewise contains a very severe satire on the morals, manners, and customs of mankind.

B house



# Paradigma Panglossiano

“El programa adaptacionista es una forma de concepción evolutiva basada en una fé desmesurada en el poder de la **selección natural** (que conduce a un final feliz (adaptación), como agente de optimización (a la Pangloss) del mundo organico”

- Falta de voluntad para admitir razones no adaptativas para ciertos caracteres (Fijación aleatoria, correlación etc)
- Excesiva confianza a la simple consistencia de hechos o factibilidad de interpretaciones

Algunas plantas liberan sustancias químicas al contacto con vertebrados herbívoros (monos)



Las sustancias químicas están ahí para proteger al árbol del mono (consecuencia ancestral de la planta por este animal)

Resultado de presiones de otros herbívoros (megafauna del pleistoceno)

Razones no adaptativas: Pleiotropia, metabolismo secundario etc.



En la interpretación de las interacciones biológicas debemos definir formalmente el alcance de nuestras proyecciones evolutivas para no imitar a Pangloss

## ¿Como se Clasifican las Interacciones?

- Los tipos de interacciones se definen con base en si el efecto neto o resultado de la interacción incrementa o disminuye la adecuación, o no hay efecto (neutral) para cada una de las especies interactuantes.
- Básicamente, se pueden considerar dos tipos de interacciones: **antagónicas y mutualistas**.

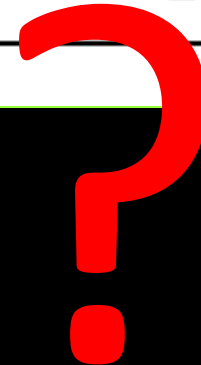






| Type of interaction       | Effect on species 1 | Effect on species 2 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Antagonism                | +                   | -                   |
| Competition               | -                   | -                   |
| Mutualism                 | +                   | +                   |
| Commensalism <sup>a</sup> | +                   | 0                   |
| Neutralism <sup>a</sup>   | 0                   | 0                   |
| Amensalism <sup>a</sup>   | 0                   | -                   |

<sup>a</sup>Not within the scope of this text.

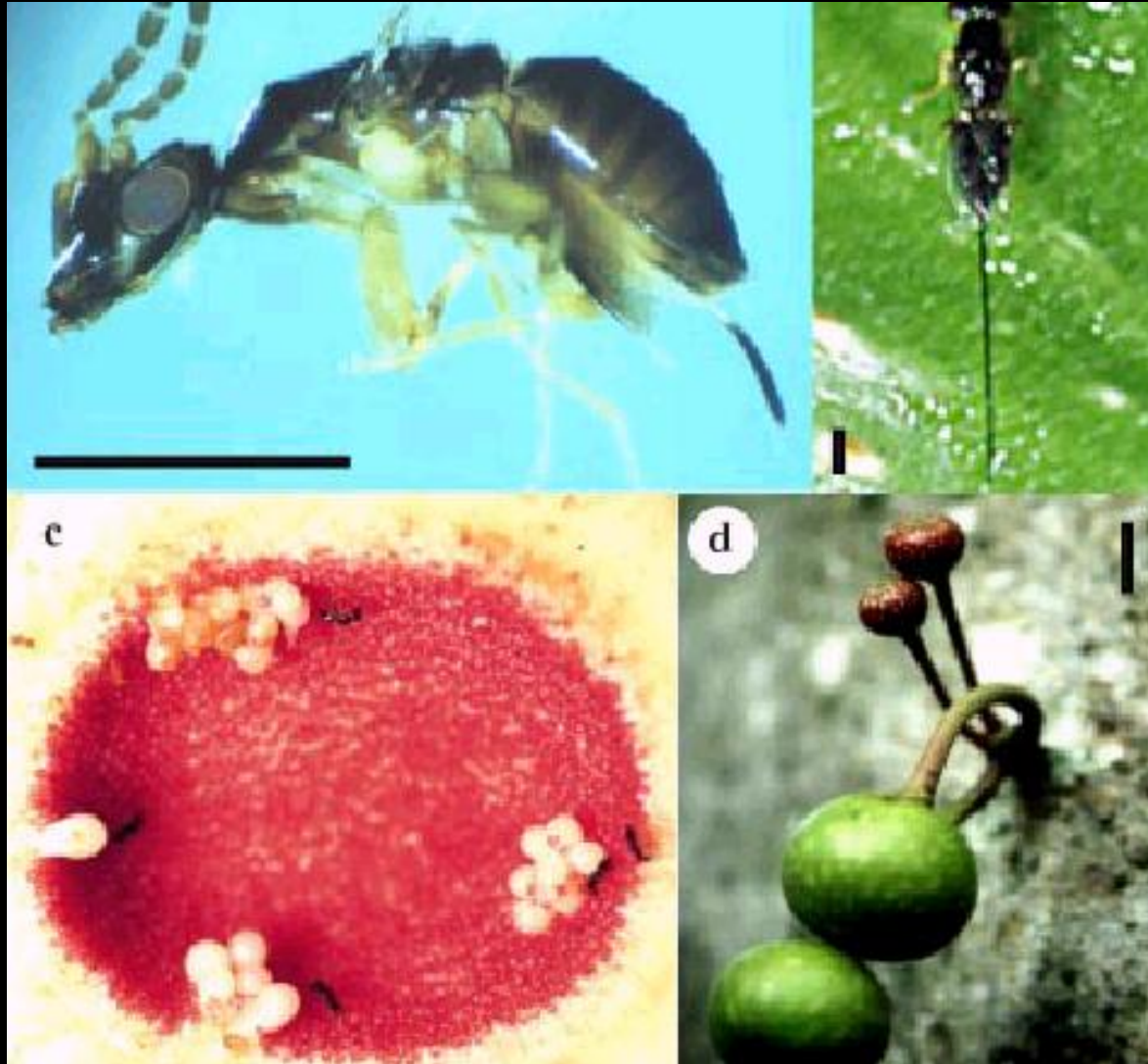


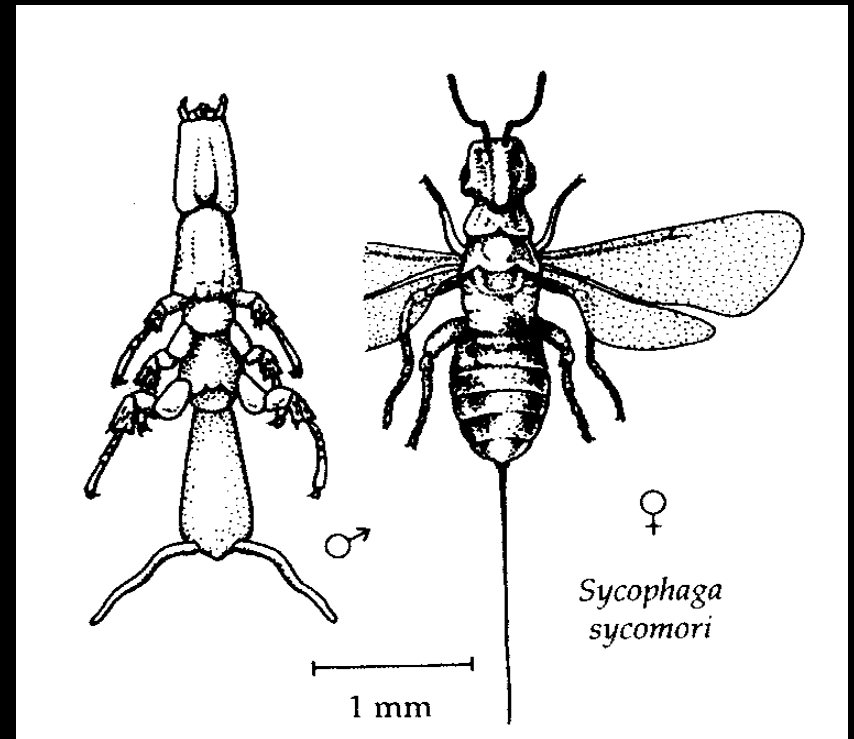
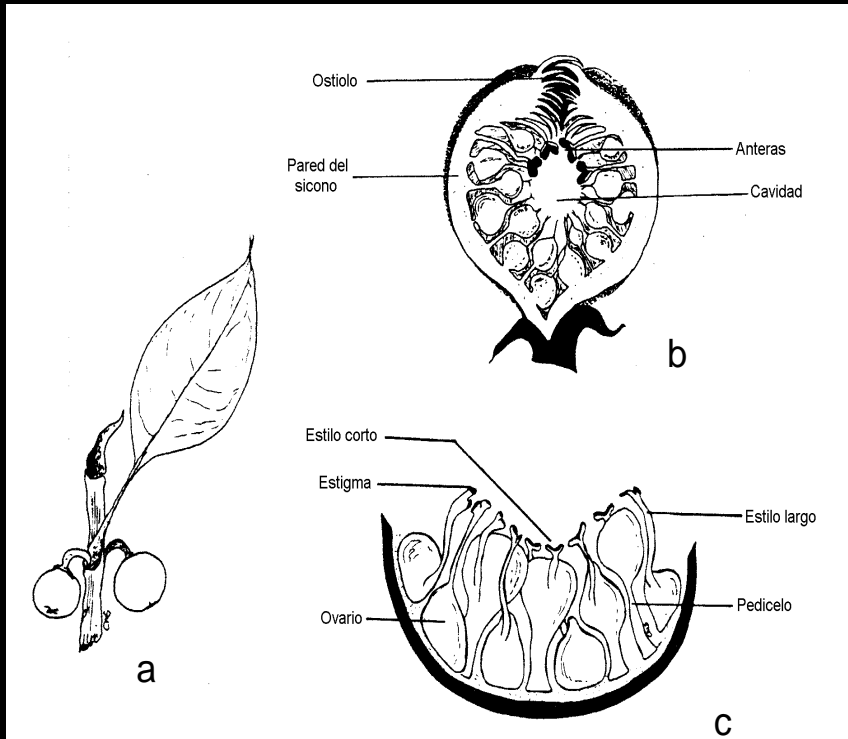


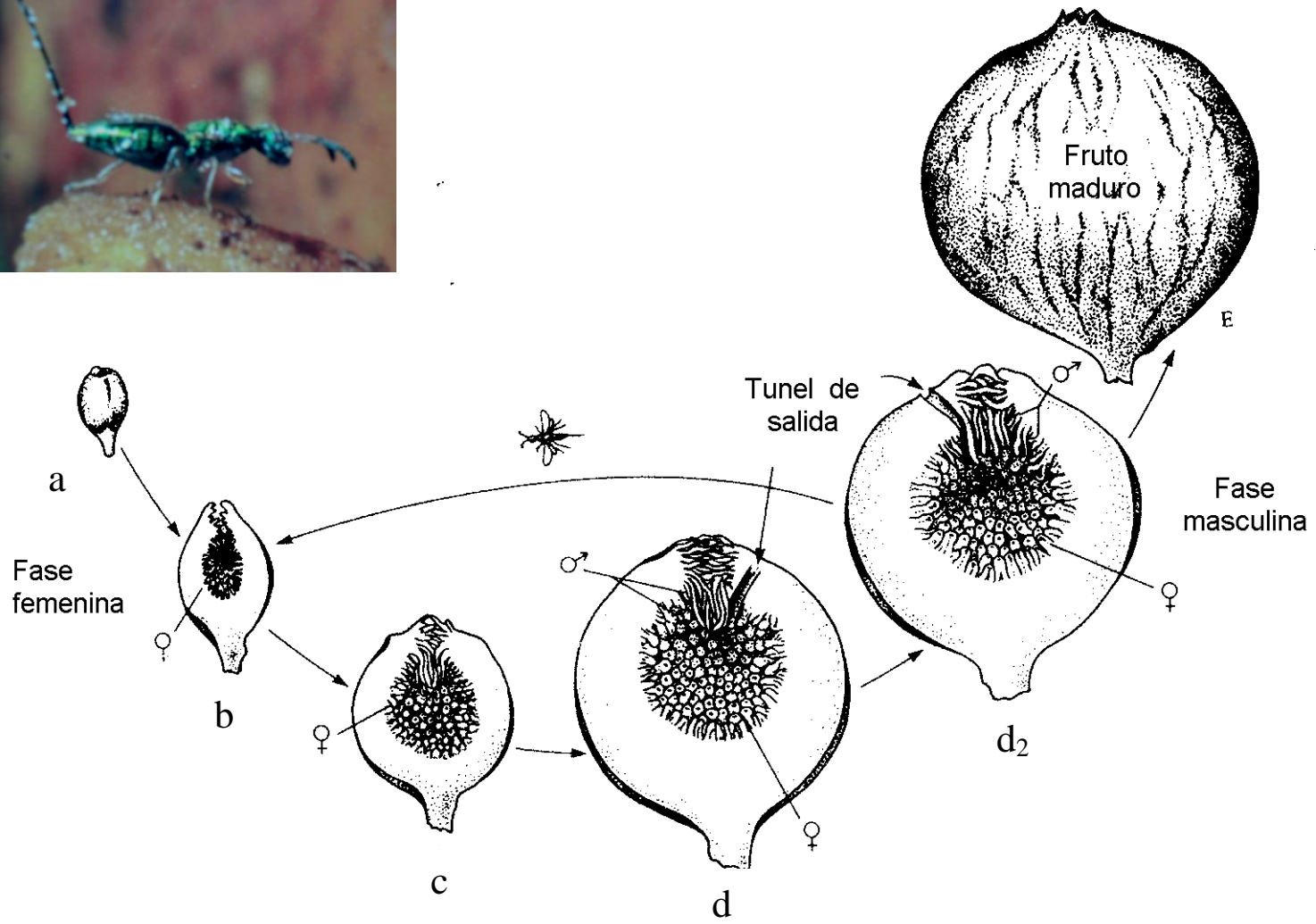
| Type of interaction       | Effect on species 1 | Effect on species 2 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Antagonism                | -                   | -                   |
| Competition               | -                   | -                   |
| Mutualism                 | +                   | +                   |
| Commensalism <sup>a</sup> | 0                   | 0                   |
| Neutralism <sup>a</sup>   | 0                   | 0                   |
| Amensalism <sup>a</sup>   | 0                   | -                   |

<sup>a</sup>Not within the scope of this text.

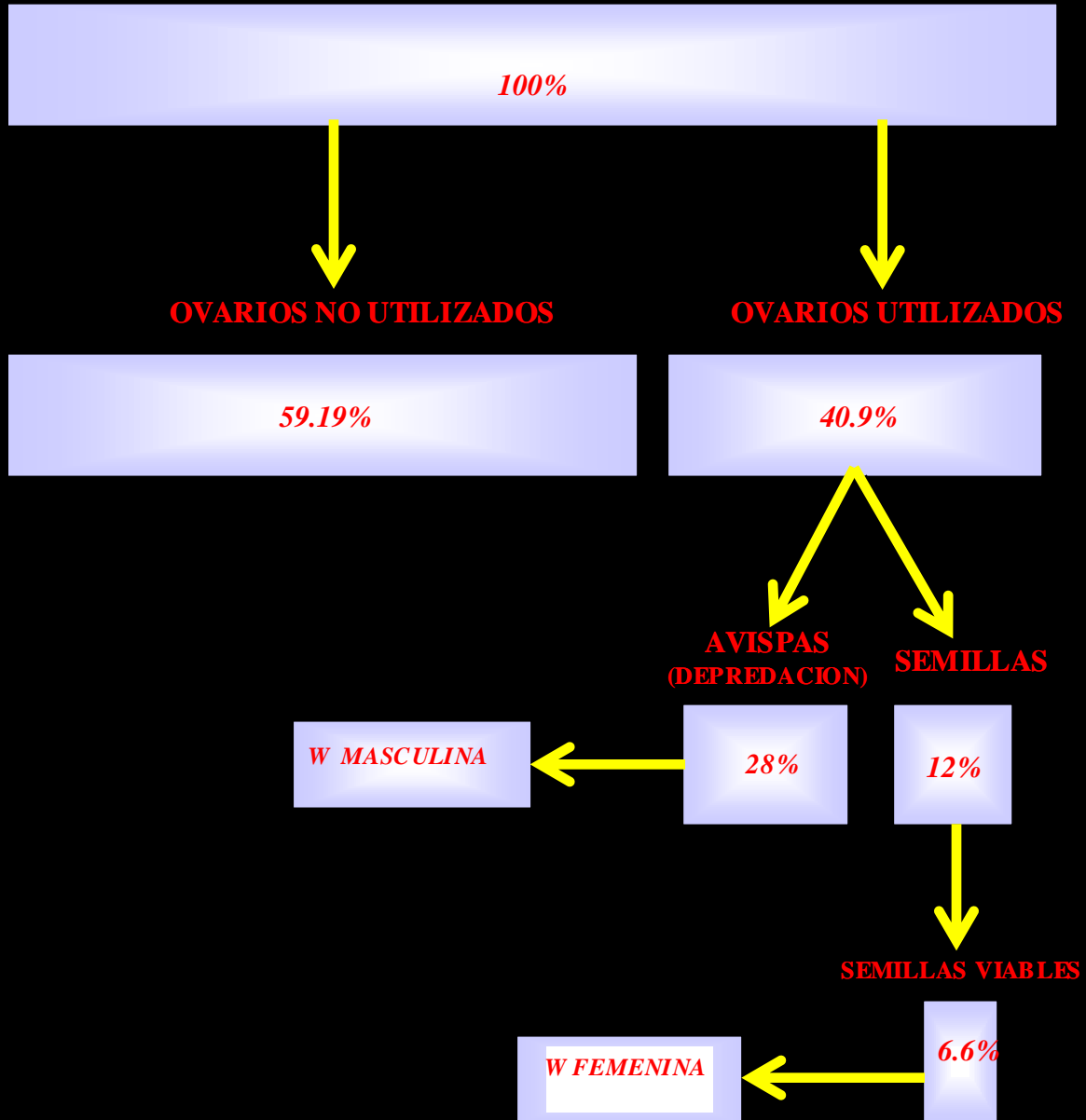
# Interacción Ficus-Agaonidos







# NÚMERO DE OVARIOS POTENCIALES



# FENOMENO

# DETERMINANTES

## Características de la planta

Tamaño  
Abundancia  
Persistencia

“Apariencia”

## Características del herbivoro

Rango de búsqueda  
Densidad  
Capacidad sensorial

E.J. Cucurbitas

## Características de la planta

Defensas  
Estado nutricional

Aceptabilidad

E.J. Algodón  
Urania Vs.  
Onphalea

## Características del herbivoro

Mecanismos detoxificación  
Requerim. nutricionales  
Otros

Conducta Alimenticia

Asclepias Vs.  
Monarcas

## Fenotipo de la planta

Estructura modular de la planta  
• Calidad del tejido dañado  
• Cantidad del tejido dañado

Daño en axilas, yemas principales

Probabilidad de que la planta sea encontrada por el herbivoro

1

>0

Probabilidad que la planta sea comida por el herbivoro

2

>0

Consecuencias de que el herbivoro coma una planta individual

3

Extensiones

A nivel población

A nivel comunidad

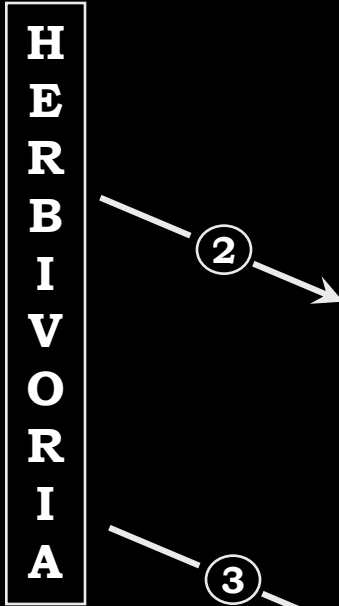
El desempeño de (performance)

Dañadas

No dañadas

Plantas

HERBIVORIA



La herbivoría es una interacción **antagónica** entre una planta y un animal, en la que éste consume tejidos vivos de la planta y puede **limitar la sobrevivencia, crecimiento, habilidad competitiva y el éxito reproductivo de las plantas**



Harper, 1972



“La herbivoría tiene efectos determinantes en la estructura y la dinámica de las comunidades, ya que los herbívoros pueden influir en la riqueza de especies, abundancia relativa de las mismas, y ser componentes causales de la heterogeneidad espacial



Crawley., 1997

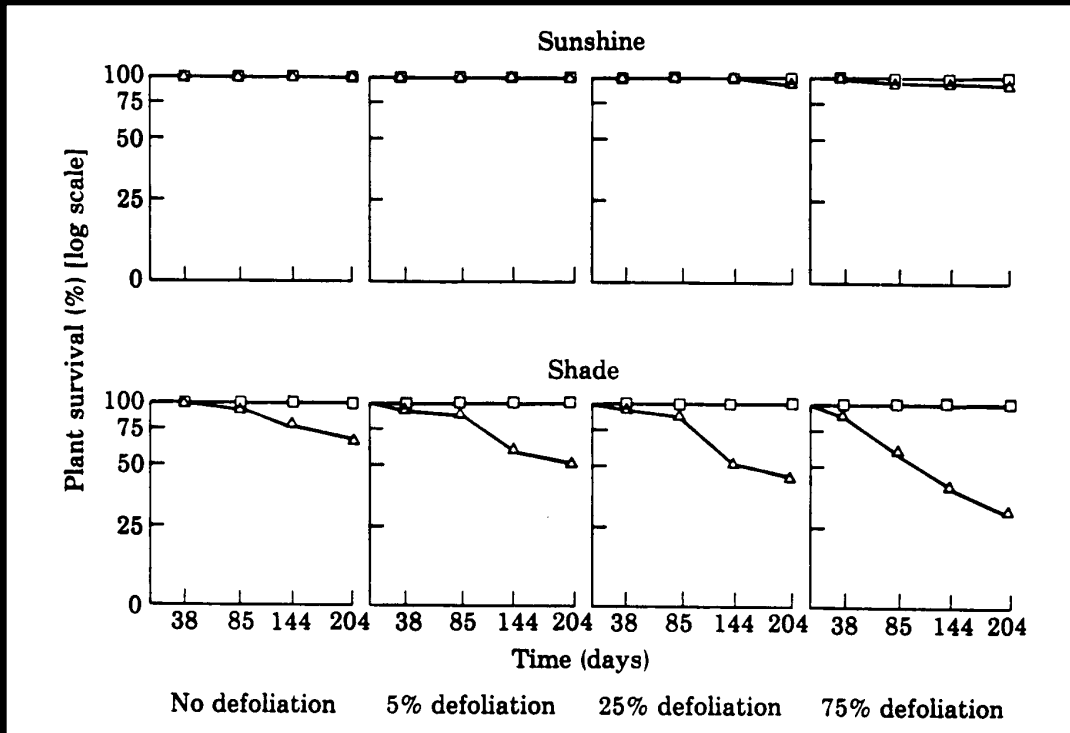
“La interfase planta herbívoro puede ser la mayor zona de interacción responsable de **generar la diversidad orgánica terrestre**”



Ehrlich y Raven, 1964

# ¿ la herbivoría es mala para las plantas ?

## Herbivoría y estrés ambiental: *Omphalea Olifeira* en un bosque tropical



Curvas de sobrevivencia de *Haplopappus* con y sin insectos depredadores  
(Louda 1982)

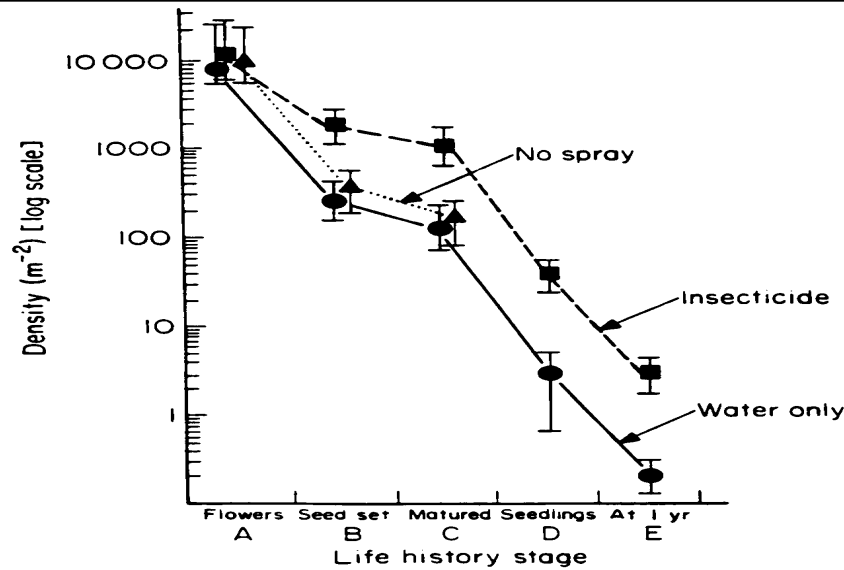
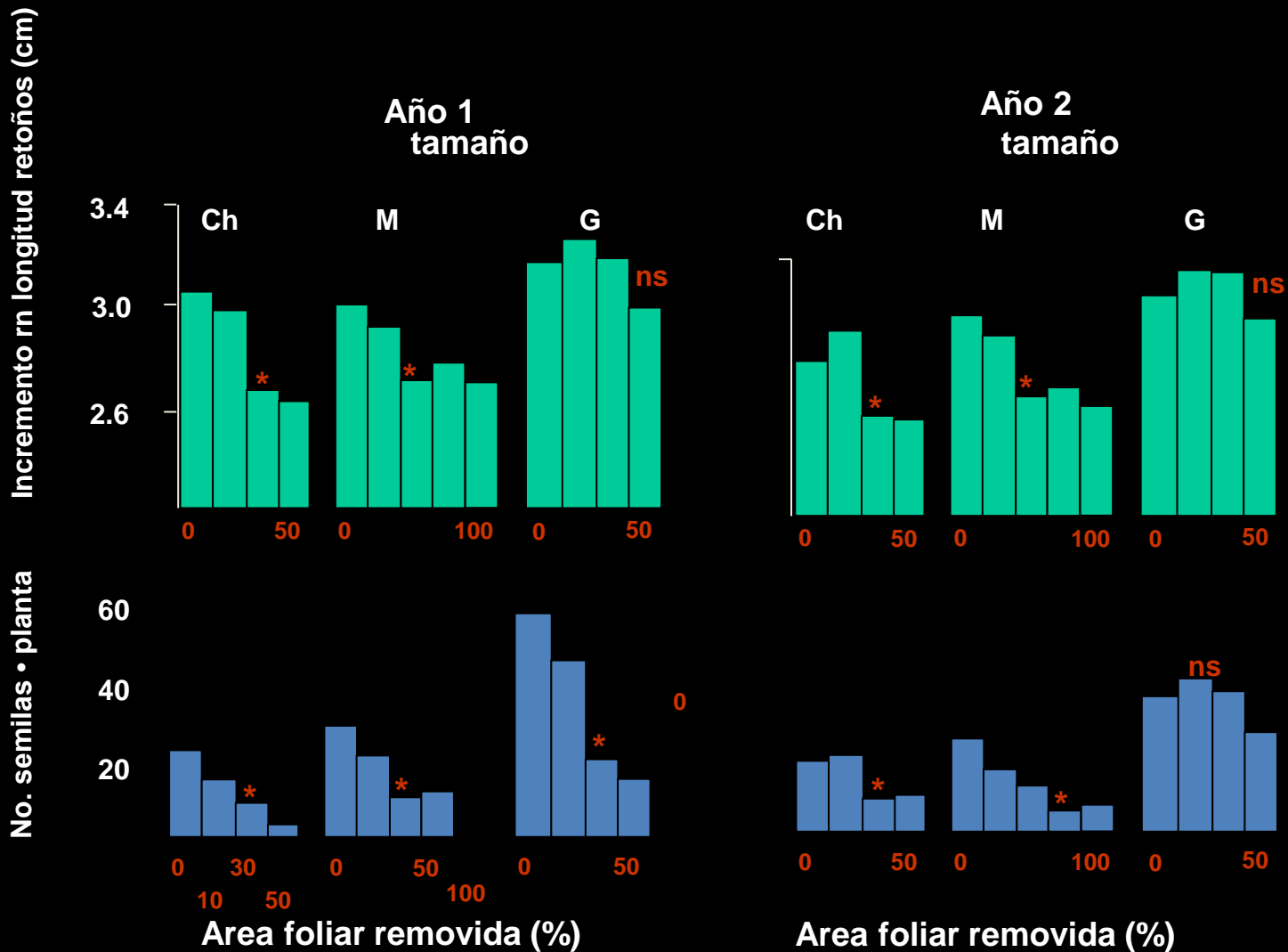


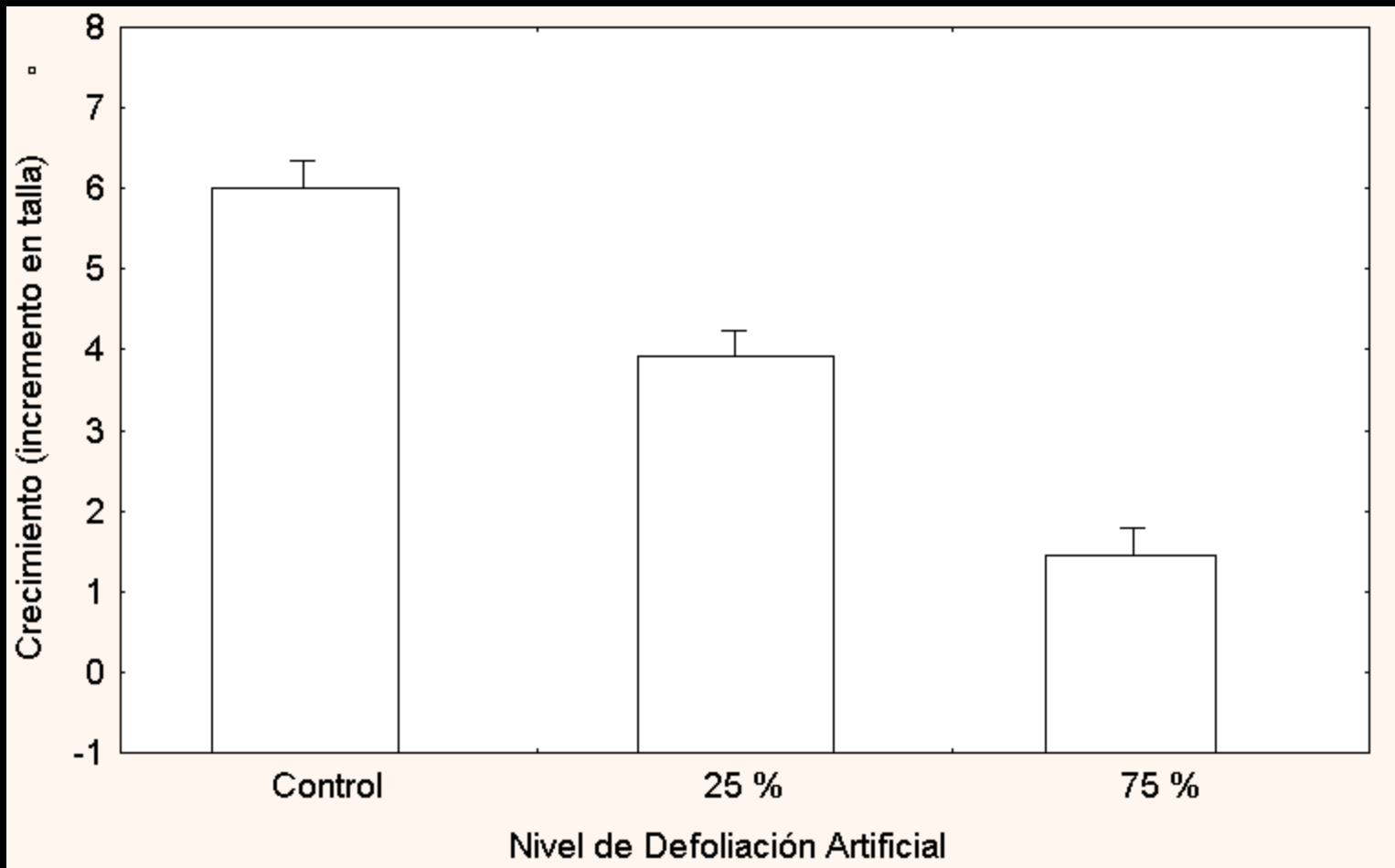
FIG. 2. Survival curves for *Haplopappus squarrosus* in Californian coastal scrub with and without experimental exclusion of insect predators. Values are the mean of ten measurements; bars represent  $\pm 1$  S.E. Life history stages are: A, flowers initiated; B, seeds set; C, seeds matured and remaining undamaged prior to release; D, seedlings; and E, juveniles established at one year. Symbols are: ■, sprayed with insecticide in water solvent; ●, sprayed with water-only; ▲, no-spray. Differences in the survival curves between experimental treatments are significant for stages B, C, D, and E (Kruskal-Wallis test,  $P < 0.05$ ).



# Defoliación Artificial (0, 10, 30, 50, 100%) Impacto sobre crecimiento y producción de semillas



## Impacto de defoliación en el crecimiento de *Ficus*



# ESTRATEGIAS DE DEFENSA

TOLERANCIA

- TASA DE RECAMBIO FOLIAR
- TASA FOTOSINTETICA
- CRECIMIENTO LATERAL

RESISTENCIA

- MECANICAS
- QUIMICAS
- BIOLOGICAS

•Respuestas Inducidas







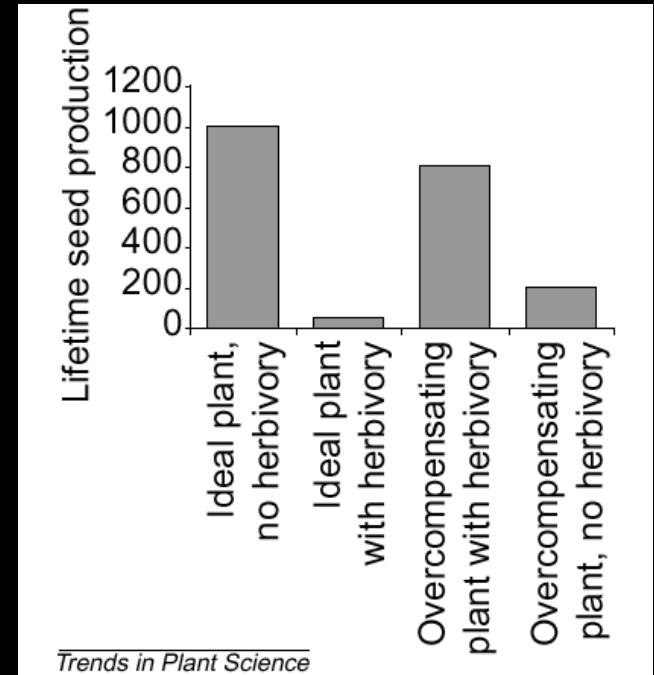


*Danaus - Asclepias*



*Urania - Omphalea*

## ¿ LA HERBIVORÍA ES ANTAGÓNICA ?



El proceso de las sobrecompensación:

Se presenta cuando las plantas presentan niveles de adecuación mas altos cuando son dañadas por herbívoros comparadas contra plantas no dañadas. Esta asociación sugiere un mutualismo entre plantas y herbívoros, ya que los dos obtienen beneficios

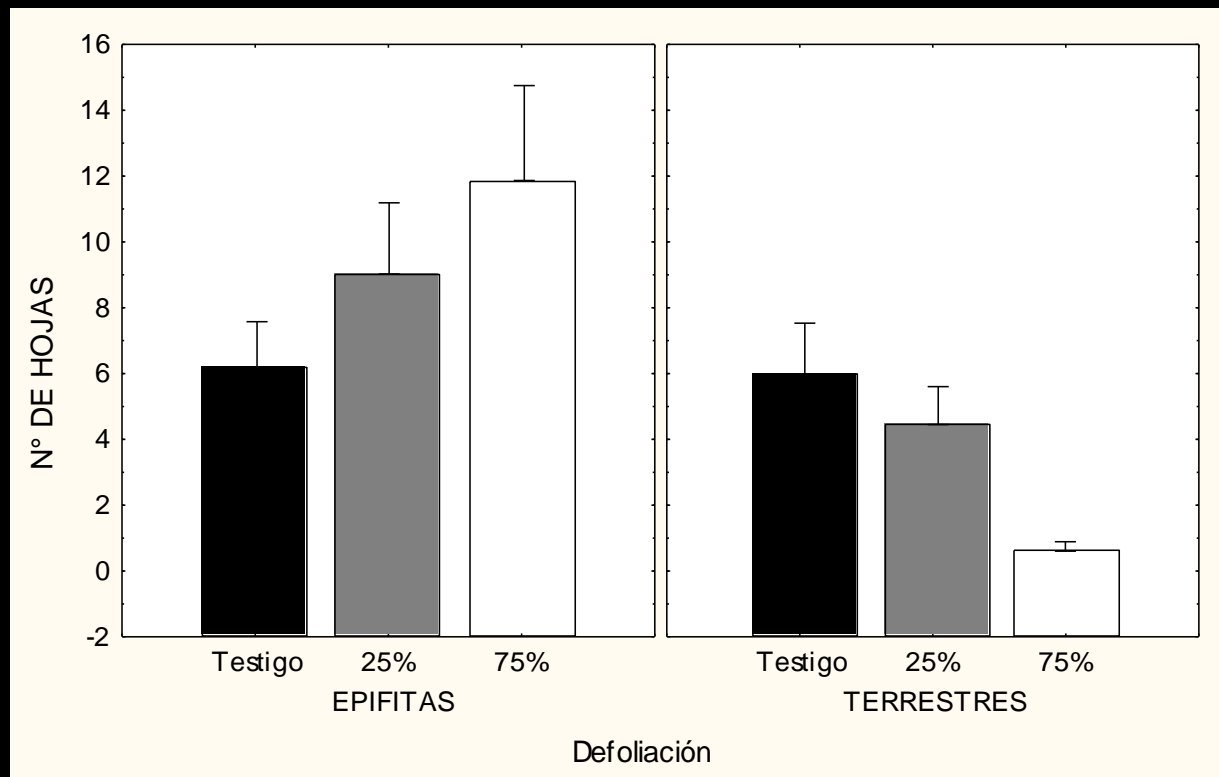


Sin Herbivoría



Con Herbivoría

## Impacto de defoliación en el crecimiento de *Ficus*



Las interacciones en la escala espacial y  
temporal  
EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



## COLIBRIES

- ▶ **Aves.**
- ▶ Sólo en América.
- ▶ **Alimento: néctar e insectos.**
- ▶ **Polinizan especies de plantas.**
- ▶ **Aves pequeñas (hasta 2-3 gr).**
- ▶ Dimorfismo sexual.
- ▶ Biología desconocida de muchas especies.
- ▶ **Energéticamente muy costosos, necesitan néctar para funcionar.**



# El sistema: los interactuantes



*C. latirostris*



*S. elegans*



*B. ternifolia*



*S. microphylla*



*H. leucotis*



*C. teuniflora*



*P. vulgaris*



*C. thalassinus*



*L. mexicana*



*M. pringlei*



*E. fulgens*



*P. roseus*



*S. prunelloides*



*C. lucifer*



*S. coccinea*



*S. patens*



*S. platycercus*



*P. campanulatus*



*L. dasyantha*



*L. clemenciae*



*Opuntia* sp.



*S. chamaedryoides*



*S. rufus*



*S. auranthiaca*



*S. amarissima*



*A. colubris*



*P. barbatus*



*F. microphylla*



*S. sassini*



*Agave* sp.



*S. laciniata*



*S. longiflora*



*C. latirostris*



*H. leucotis*



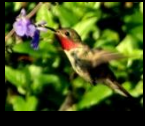
*C. thalassinus*



*E. fulgens*



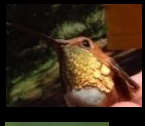
*C. lucifer*



*S. platycercus*



*L. clemenciae*



*S. rufus*



*A. colubris*



*S. sassin*



*S. elegans*



*B. ternifolia*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*



*P. roseus*



*S. coccinea*



*P. campanulatus*



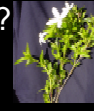
*Opuntia sp.*



*S. amarissima*



*F. microphylla*



*S. longiflora*



*S. microphylla*



*P. vulgaris*



*M. pringlei*



*S. prunelloides*



*S. patens*



*L. dasyantha*



*I. stans*

*L. multifida*

*B. longiflora*



*S. chamaedryoides*



*S. aurantiaca*



*P. barbatus*



*Agave sp.*



*S. laciniata*

?

?

# Las interacciones

Arregui 2004, Mauricio 2005, Ortiz-Pulido et al. en prep., Martínez-García en prep.





*C. latirostris*



*H. leucotis*



*C. thalassinus*



*E. fulgens*



*C. lucifer*



*S. rufus*



*A. colubris*



*B. ternifolia*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*



*P. roseus*



*S. coccinea*



*P. campanulatus*



*Opuntia* sp.



*S. amarissima*



*S. microphyla*



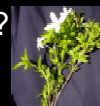
*L. dasyantha*

*I. stans*  
*L. multifida*

*B. longiflora*

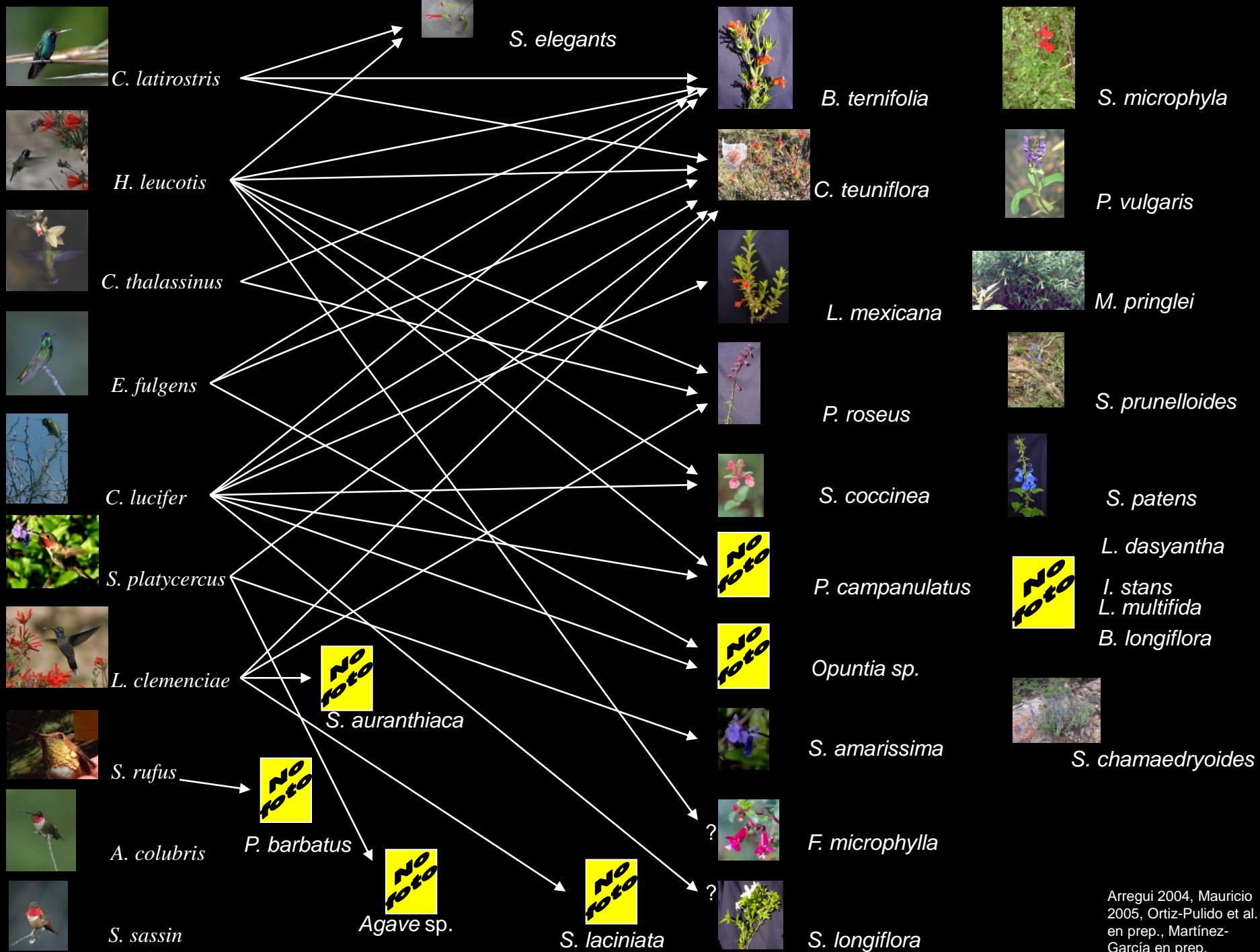


*S. chamaedryoides*



*S. longiflora*

## Matorral xerófilo





*C. latirostris*



*H. leucotis*



*C. thalassinus*



*E. fulgens*



*C. lucifer*



*S. rufus*



*A. colubris*



*B. ternifolia*



*S. microphylla*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*



*P. roseus*



*S. coccinea*



*P. campanulatus*



*L. dasyantha*

*I. stans*  
*L. multifida*



*Opuntia* sp.

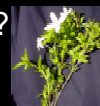
*B. longiflora*



*S. amarissima*



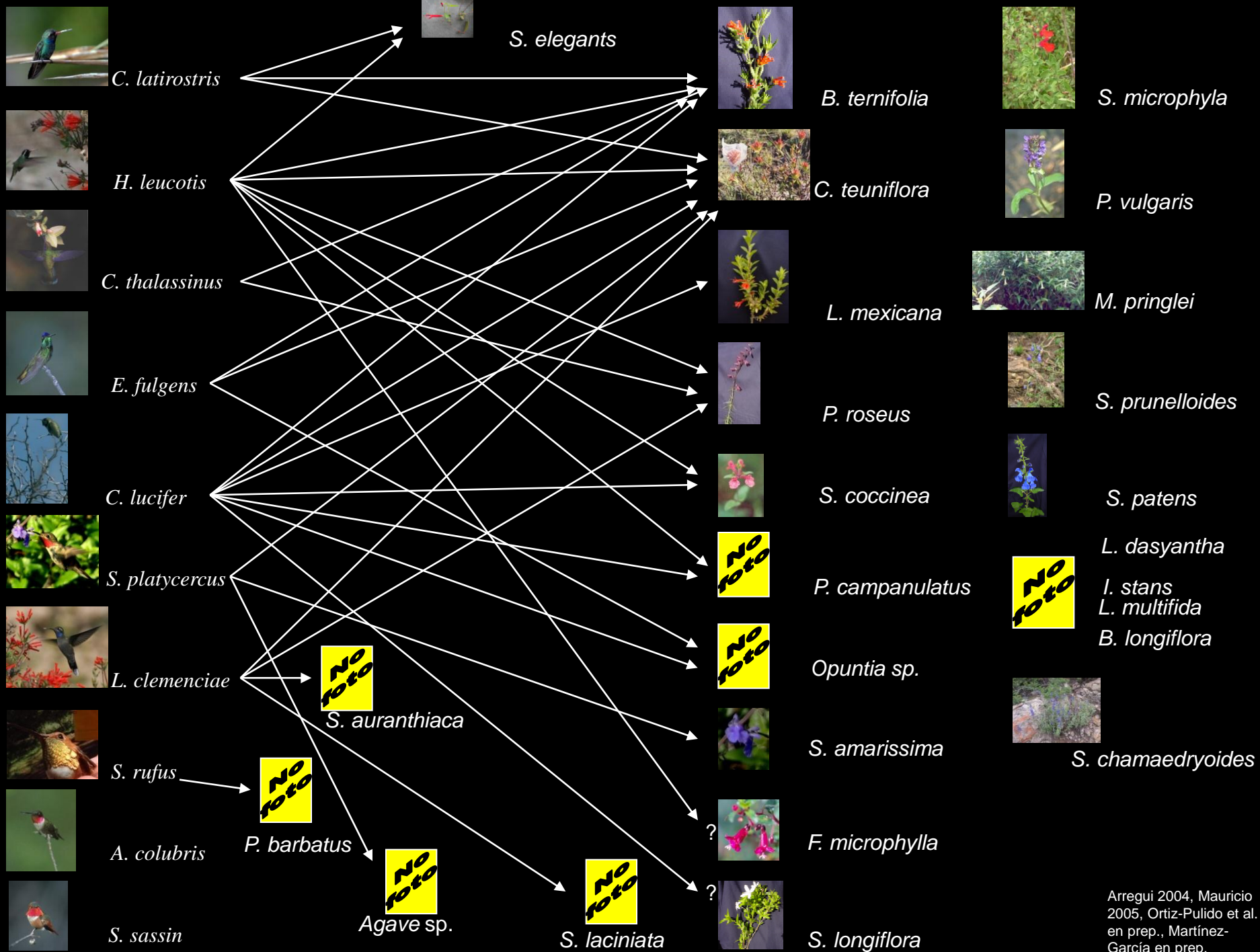
*S. chamaedryoides*



*S. longiflora*

## Matorral xerófilo

Arregui 2004, Mauricio 2005, Ortiz-Pulido et al. en prep., Martínez-García en prep.



Arregui 2004, Mauricio 2005, Ortiz-Pulido et al. en prep., Martínez-García en prep.



*C. latirostris*



*H. leucotis*



*C. thalassinus*



*E. fulgens*



*C. lucifer*



*S. rufus*



*A. colubris*



*B. ternifolia*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*



*P. roseus*



*S. coccinea*



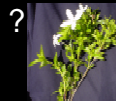
*P. campanulatus*



*Opuntia sp.*



*S. amarissima*



*S. longiflora*



*S. microphyla*



*S. prunelloides*



*L. dasyantha*

*I. stans*  
*L. multifida*

*B. longiflora*



*S. chamaedryoides*

## Matorral xerófilo

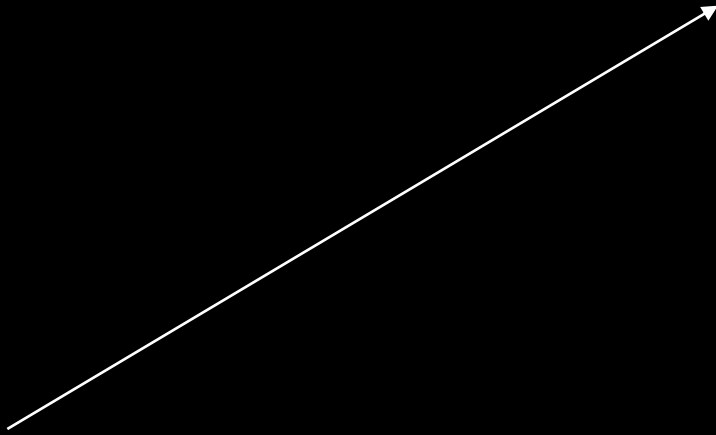
**NO HAY  
NADA EN  
EL  
SISTEMA**

**Marzo**

**Matorral xerófilo**



*E. fulgens*



*B. ternifolia*

Abril

Matorral xerófilo



*H. leucotis*



*C. lucifer*



*B. ternifolia*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*

Mayo



*B. longiflora*

Matorral xerófilo





*C. latirostris*



*H. leucotis*



*C. thalassinus*



*E. fulgens*



*C. lucifer*



*B. ternifolia*



*S. microphyla*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*

# Junio



*S. prunelloides*



*I. stans*  
*B. longiflora*



*S. chamaedryoides*

# Matorral xerófilo



*C. latirostris*



*H. leucotis*



*C. thalassinus*



*E. fulgens*



*C. lucifer*



*B. ternifolia*



*S. microphyla*



*C. teuniflora*

## Julio



*S. prunelloides*



*P. campanulatus*



*I. stans*  
*B. longiflora*



*S. chamaedryoides*

## Matorral xerófilo



*H. leucotis*



*E. fulgens*



*C. lucifer*



*B. ternifolia*



*S. microphyla*



*C. teuniflora*



*S. coccinea*



*P. campanulatus*



*I. stans*  
*L. multifida*

Agosto

Matorral xerófilo



*H. leucotis*



*C. lucifer*



*S. rufus*



*B. ternifolia*



*S. microphyla*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*



*P. roseus*



*S. coccinea*

Septiembre

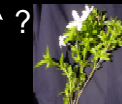


*L. dasyantha*



*S. amarissima*

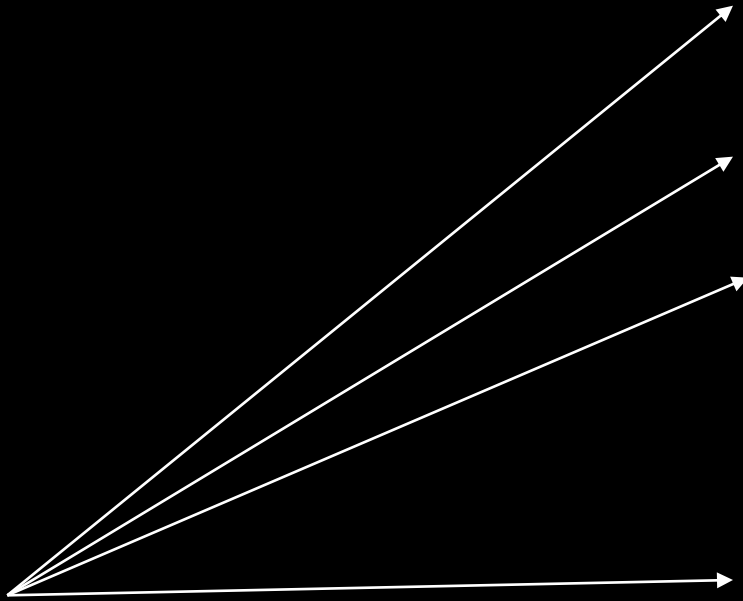
Matorral xerófilo



*S. longiflora*



*C. lucifer*



*B. ternifolia*



*S. microphylla*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*

# Octubre



*S. prunelloides*



*S. coccinea*



*L. dasyantha*



*S. amarissima*



*S. chamaedryoides*



*A. colubris*

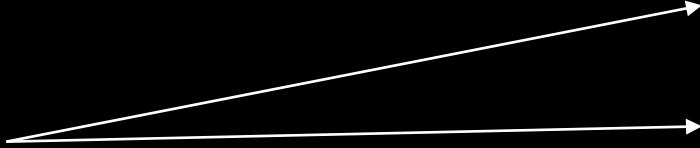


*F. microphylla*

# Matorral xerófilo



*H. leucotis*



*B. ternifolia*



*S. microphyla*



*C. teuniflora*



*L. mexicana*

Noviembre



*L. dasyantha*

Matorral xerófilo



*L. mexicana* **Diciembre**

**Matorral xerófilo**



*C. teuniflora*



*L. mexicana*

Enero

Matorral xerófilo



**NO HAY  
NADA EN  
EL  
SISTEMA**

**Febrero**

**Matorral xerófilo**

Tipo de Interacción

efecto en la planta

Efecto en el animal

¿Un ejemplo?

Mutualismo

+

Polinización,  
Simbiosis,  
Micofili

Antagonismo

-

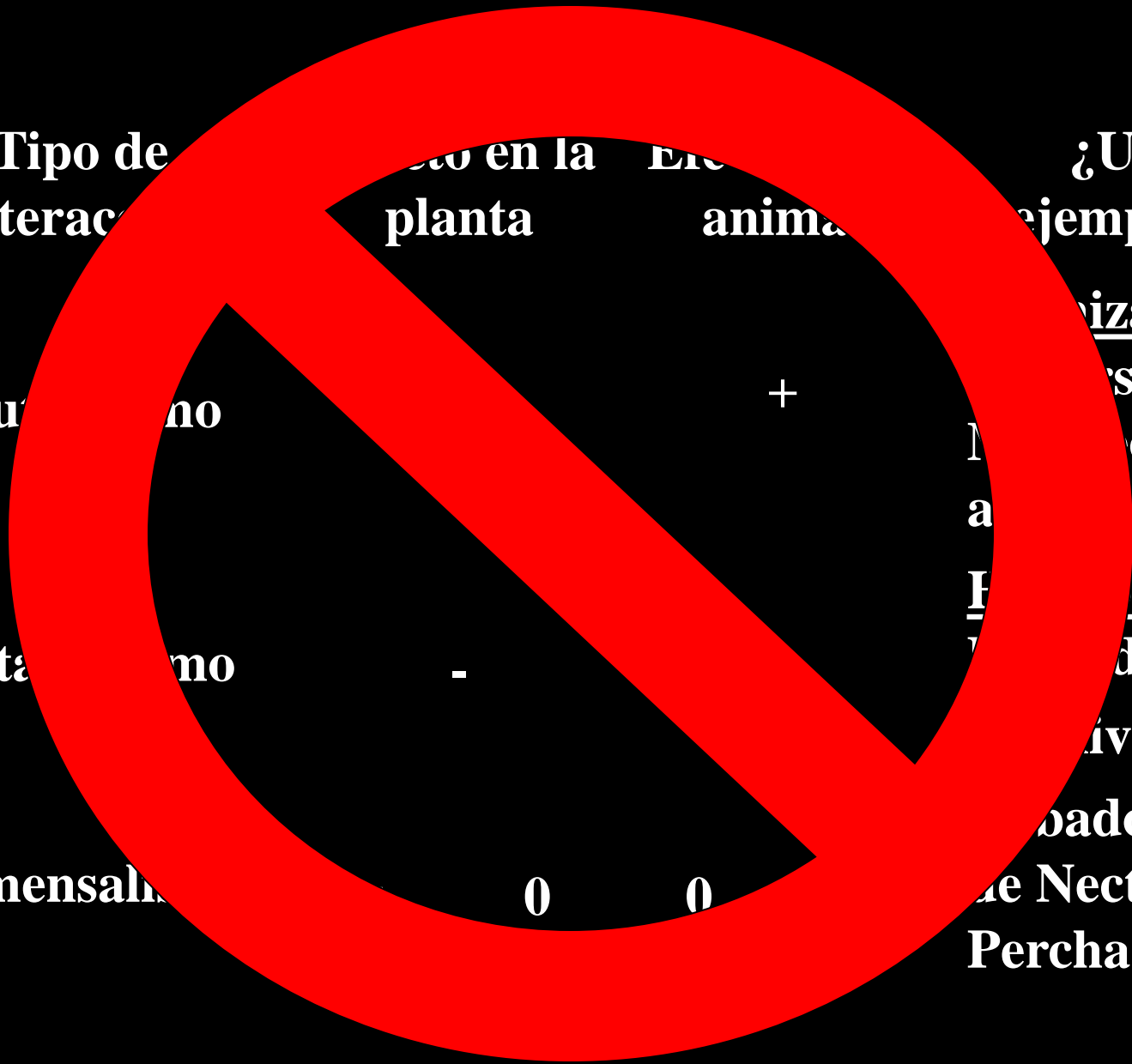
Herbivoría  
Parasitización  
Parasitismo

Comensalismo

0

0

Polinizadores  
de Nectar ?  
Perchas.



Efecto de la especie 1 en 2

- - -

0 0 0 0

+ + +

+ + +

+ + +

Depredación Comensalismo Mutualismo Comensalismo Depredación

+ + +

+ + +

+ + +

0 0 0 0

- - -

Efecto de la especie 2 en 1

- Las interacciones interespecíficas, o interacciones entre individuos de especies diferentes, son uno de los **procesos más importantes que influyen los patrones de adaptación y variación** de las especies.



- La historia de la **evolución y de la biodiversidad** es básicamente la historia de la evolución de las interacciones interespecíficas.



- Al igual que las especies, **las interacciones también evolucionan** y se multiplican, y son además, eslabones entre las historias de vida de las especies moldeando su evolución futura.



John N. Thompson

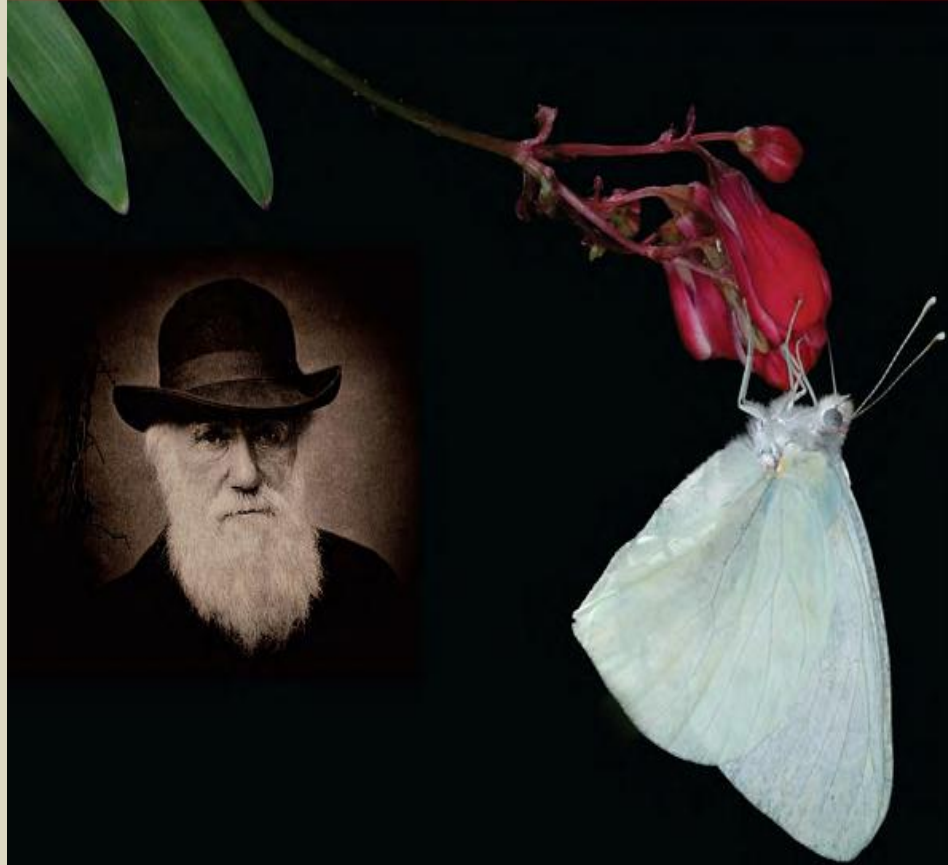


El proceso coevolutivo



# ECOLOGÍA Y EVOLUCIÓN DE INTERACCIONES PLANTA-ANIMAL

RODRIGO MEDEL - MARCELO A. AIZEN - REGINO ZAMORA  
(EDITORES)



EDITORIAL UNIVERSITARIA



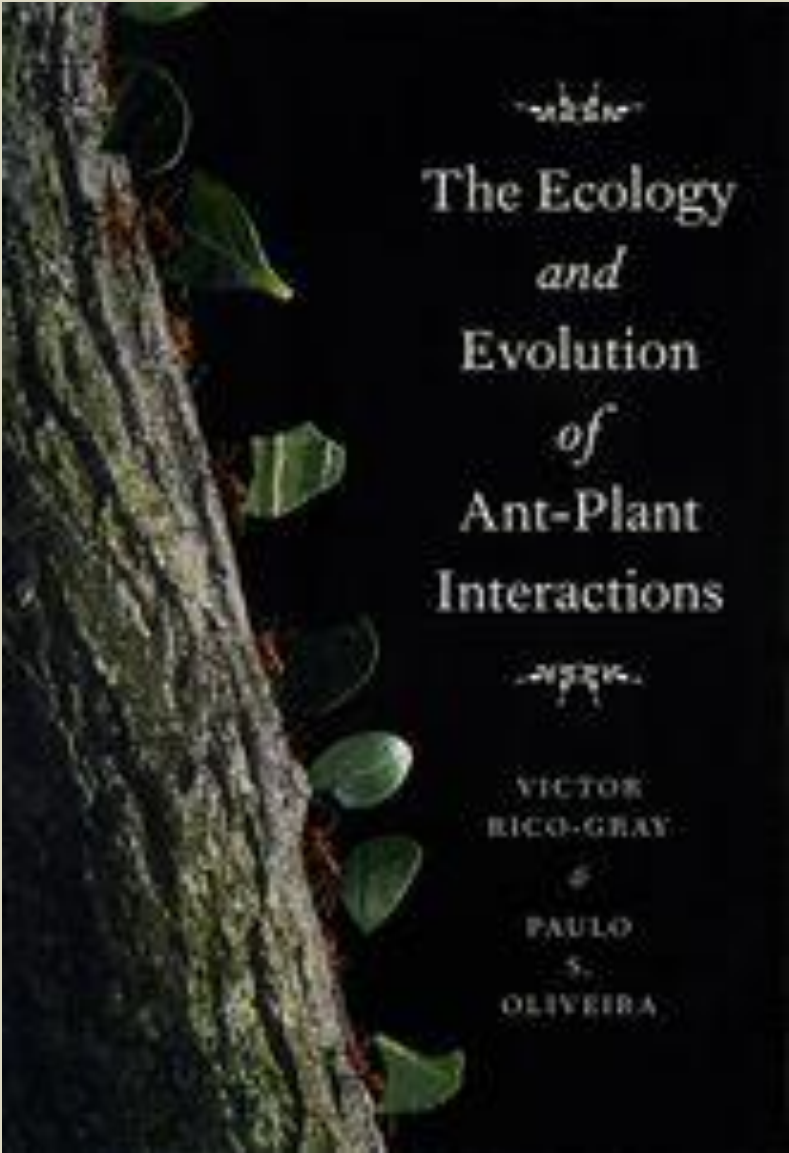
# Ecología y evolución de las interacciones bióticas

Ek del Val  
Karina Boege  
(coordinadoras)



EDICIONES  
CIENTÍFICAS  
UNIVERSITARIAS

TEXTO CIENTIFICO  
UNIVERSITARIO



*Ant-Plant Interactions*  
The Ecology  
*and*  
Evolution  
*of*  
Ant-Plant  
Interactions

*Ant-Plant Interactions*  
VICTOR  
RICO-GRAY

*Ant-Plant Interactions*  
PAULO  
S.  
OLIVEIRA