

ARAÑAS COMO MODELO PARA ABORDAJE DE MÚLTIPLES DISCIPLINAS

Las arañas como modelo
biológico de estudios
ecotoxicológicos

Marco A. Benamú P.

mbenamu@cur.edu.uy

ECOTOXICOLOGÍA

EN

ARAÑAS

Importancia de las arañas como depredadoras de insectos y su beneficio para el hombre en sus cultivos, como control de plagas.



Además sirven de indicadores ecológicos de la correcta o deficiente situación medioambiental de los ecosistemas.

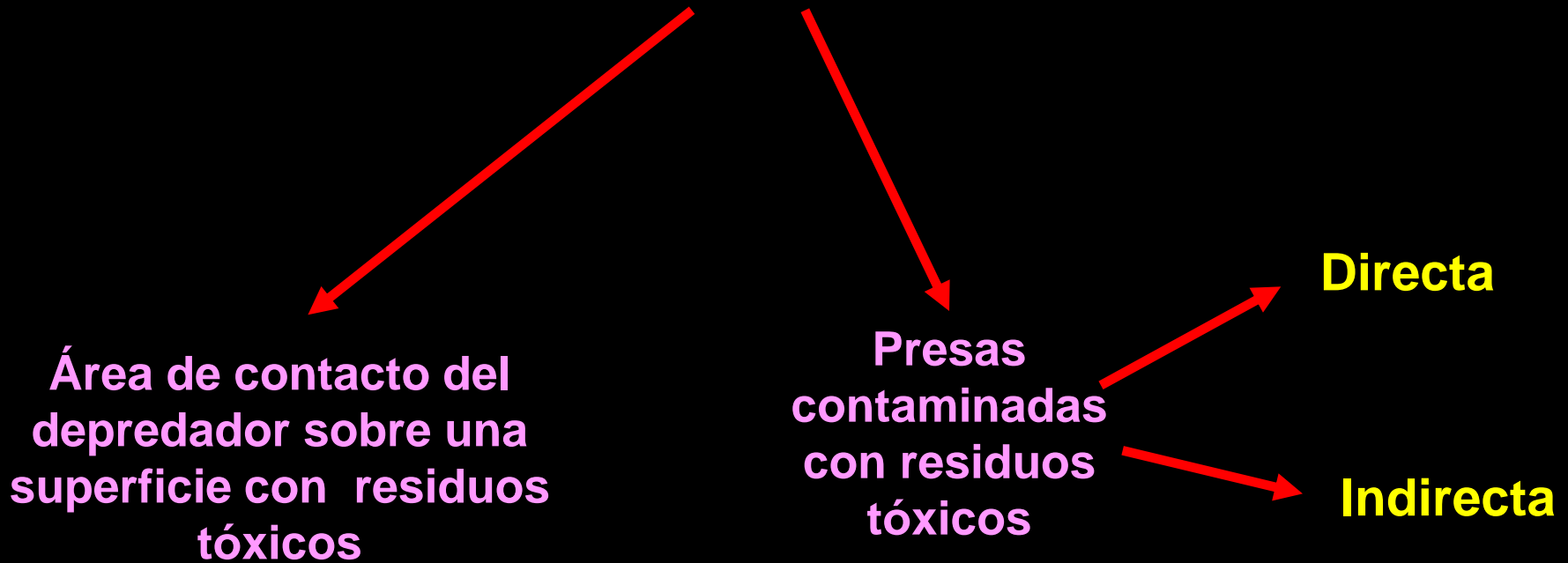


El término plaguicida se usa más ampliamente e incluye a todos los productos químicos tóxicos, ya sea que se usen contra insectos, hongos, malezas y mamíferos

En la naturaleza, los artrópodos depredadores pueden ser afectados por los plaguicidas en forma directa o por vía indirecta a través de los residuos o del consumo de presas contaminadas.

Los artrópodos depredadores son altamente susceptibles a los efectos de los plaguicidas utilizados dentro de los programas de control de plagas

Factores que influncian la mortalidad



Numerosos autores han documentado el efecto negativo de los plaguicidas sobre las poblaciones de varias especies de arañas, en distintos agroecosistemas.

Dondale, 1972; Mansour *et al.*, 1980, 1981; Basedow *et al.*, 1985; Van der Berg *et al.*, 1990; Olszak *et al.*, 1992; Minervino, 1996; Pekár, 1999; Benamú & Aguilar, 2001; Bel'skaya & Esyunin, 2003; Shaw *et al.*, 2003; Benamú *et al.*, 2004, 2010, 2011, 2013, 2017; Frampton & Van den Brink, 2007

El impacto de los plaguicidas sobre los artrópodos benéficos se ha estimado mediante la evaluación de la toxicidad, a través de la dosis letal media (DL₅₀).

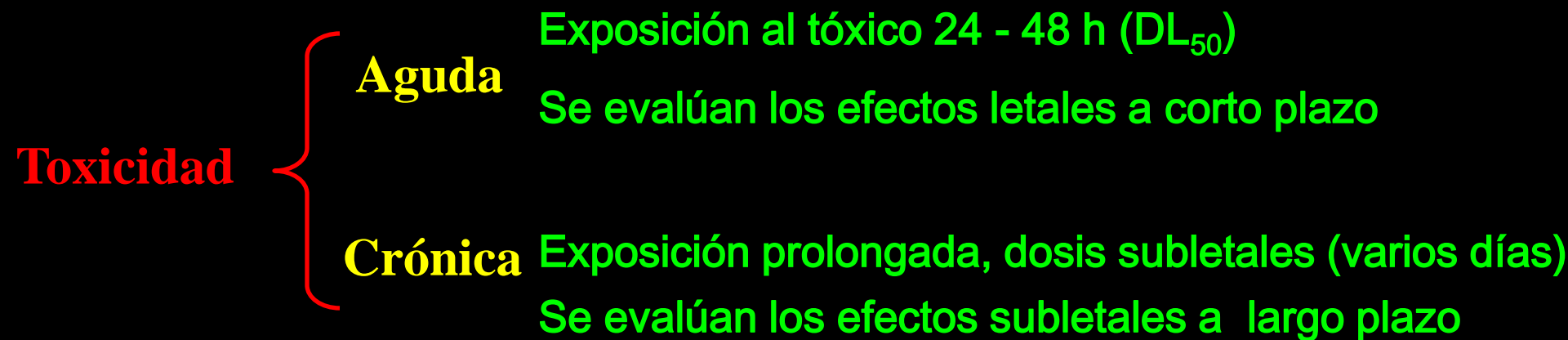
Sin embargo, actualmente esta valoración se considera parcial y se ha comenzado a incorporar otros aspectos, tales como los efectos subletales, en investigaciones ecotoxicológicas

Ecotoxicología

- ▶ Es una mezcla de ecología, toxicología, fisiología, etología, química analítica, biología molecular y matemáticas.
- ▶ La ecotoxicología estudia los efectos nocivos de las sustancias tóxicas sobre los organismos.

Bioensayos o pruebas de toxicidad

Son experimentos que miden el efecto de contaminantes sobre una o más especies.



Toxicidad Crónica

No matan al organismo pero afectan su comportamiento y/o fisiología.

Efectos sobre el comportamiento

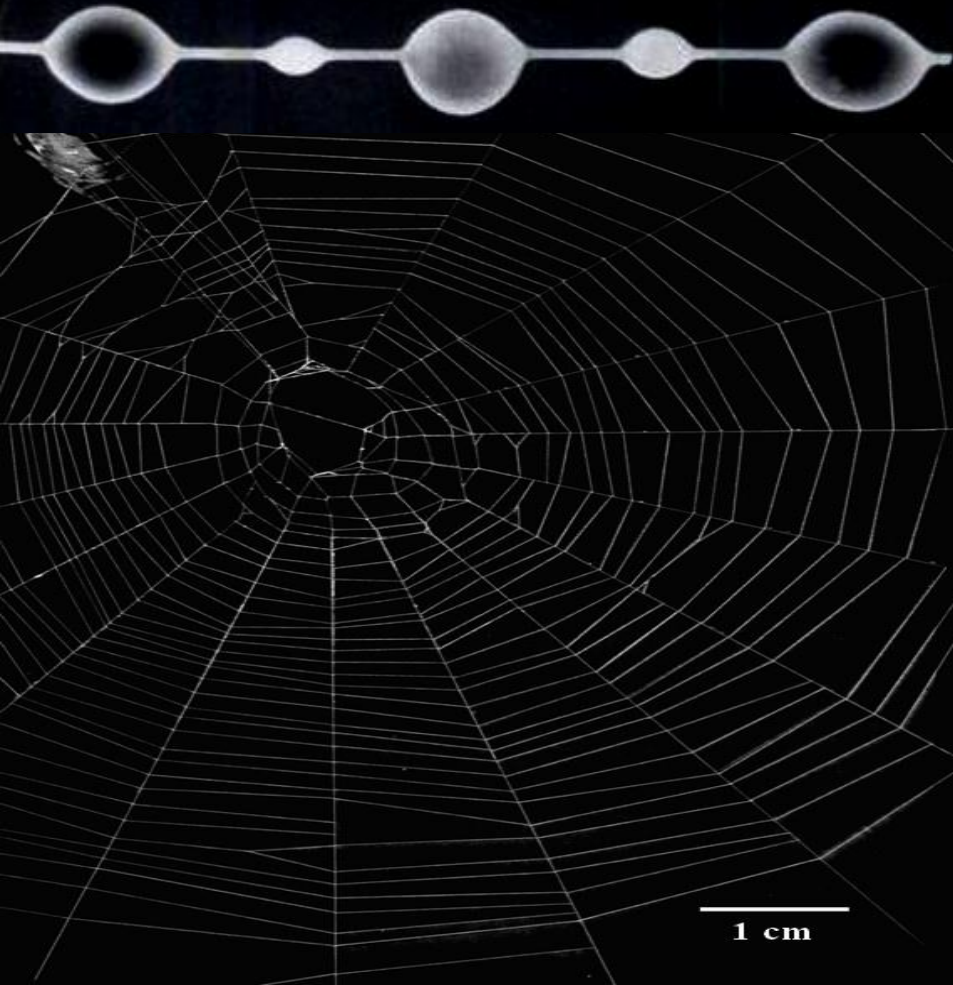
- Comunicación
- Locomoción
- Tasa de consumo (tiempo de búsqueda, tiempo de manipulación, etc.)
- Repelencia a la presa
- Oviposición

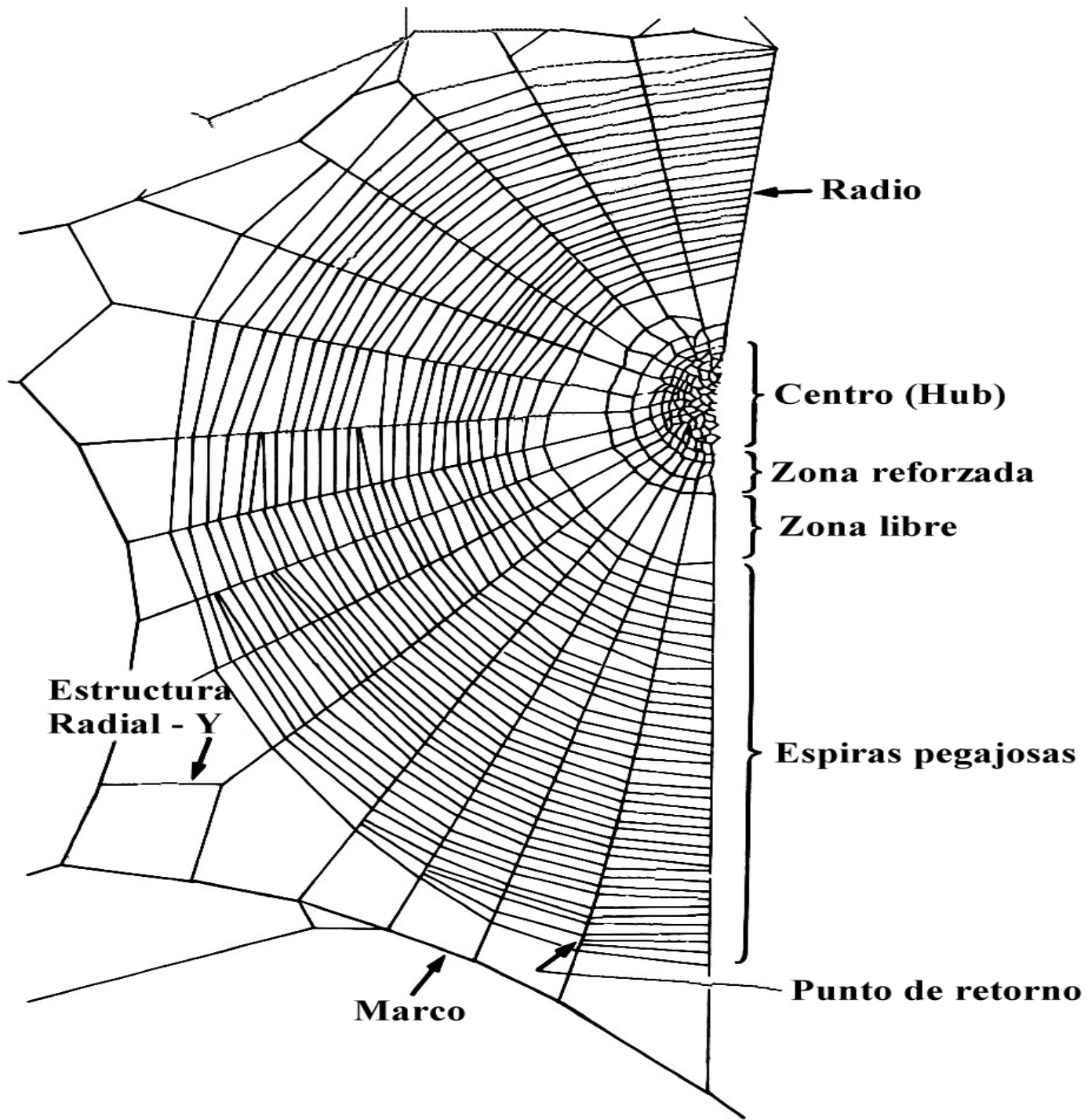
Efectos Fisiológicos

- Tiempo de desarrollo
- Malformaciones
- Vigor
- Reproducción
 - * Fecundidad
 - * Fertilidad

Ecológicamente las arañas se dividen en dos grupos:

- Arañas cazadoras en suelo
- Arañas tejedoras

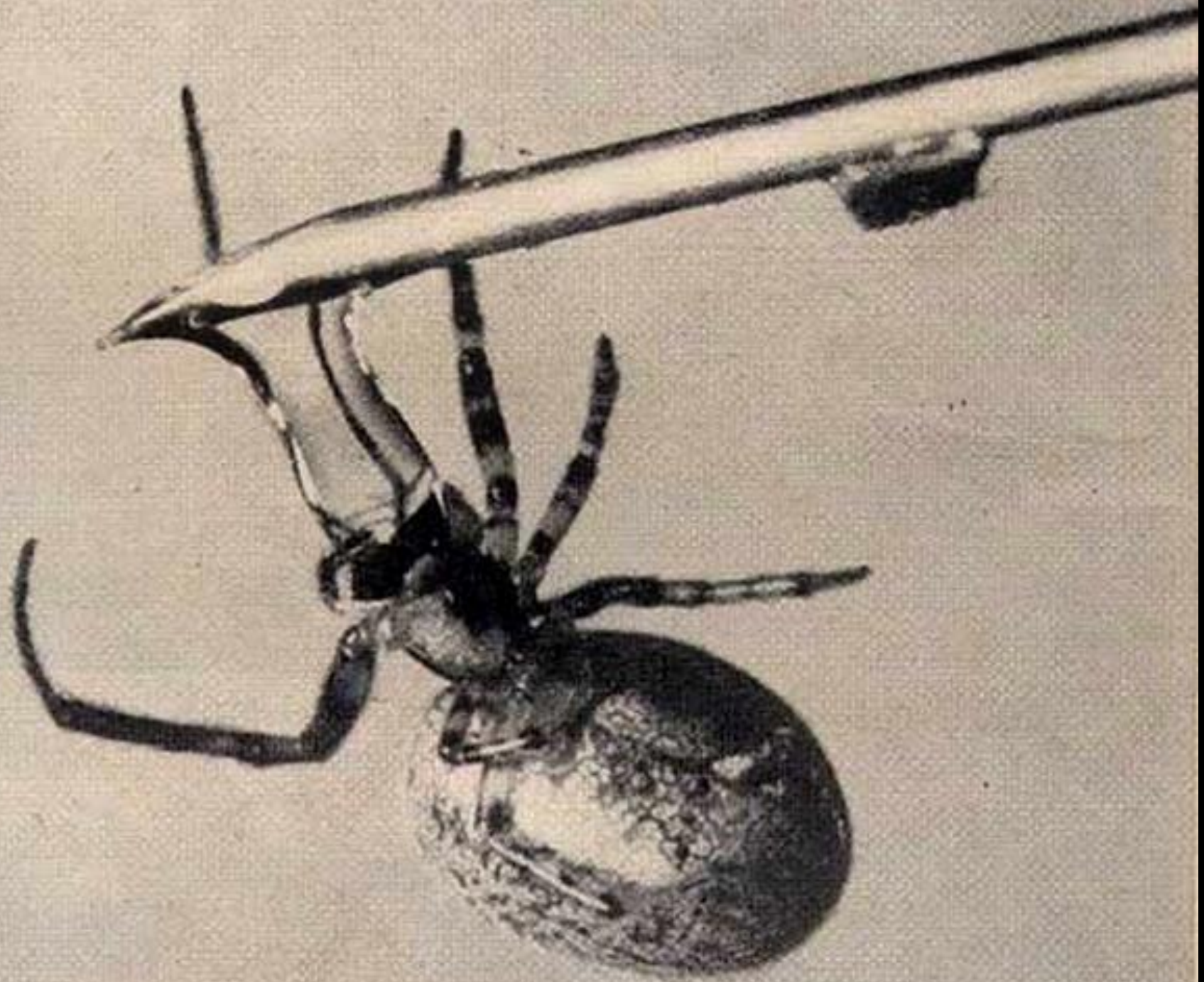


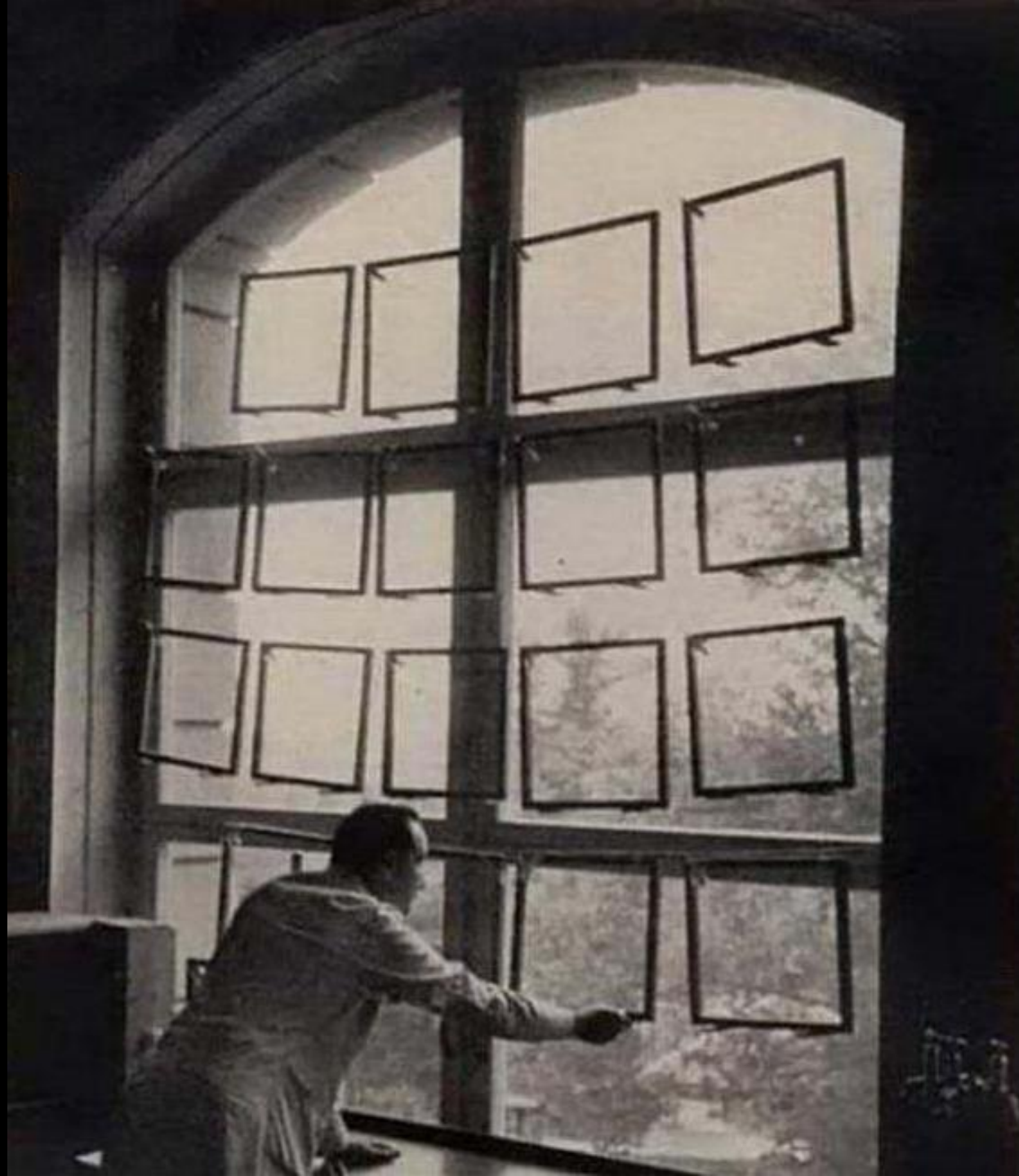


Peter N. Witt (1954)

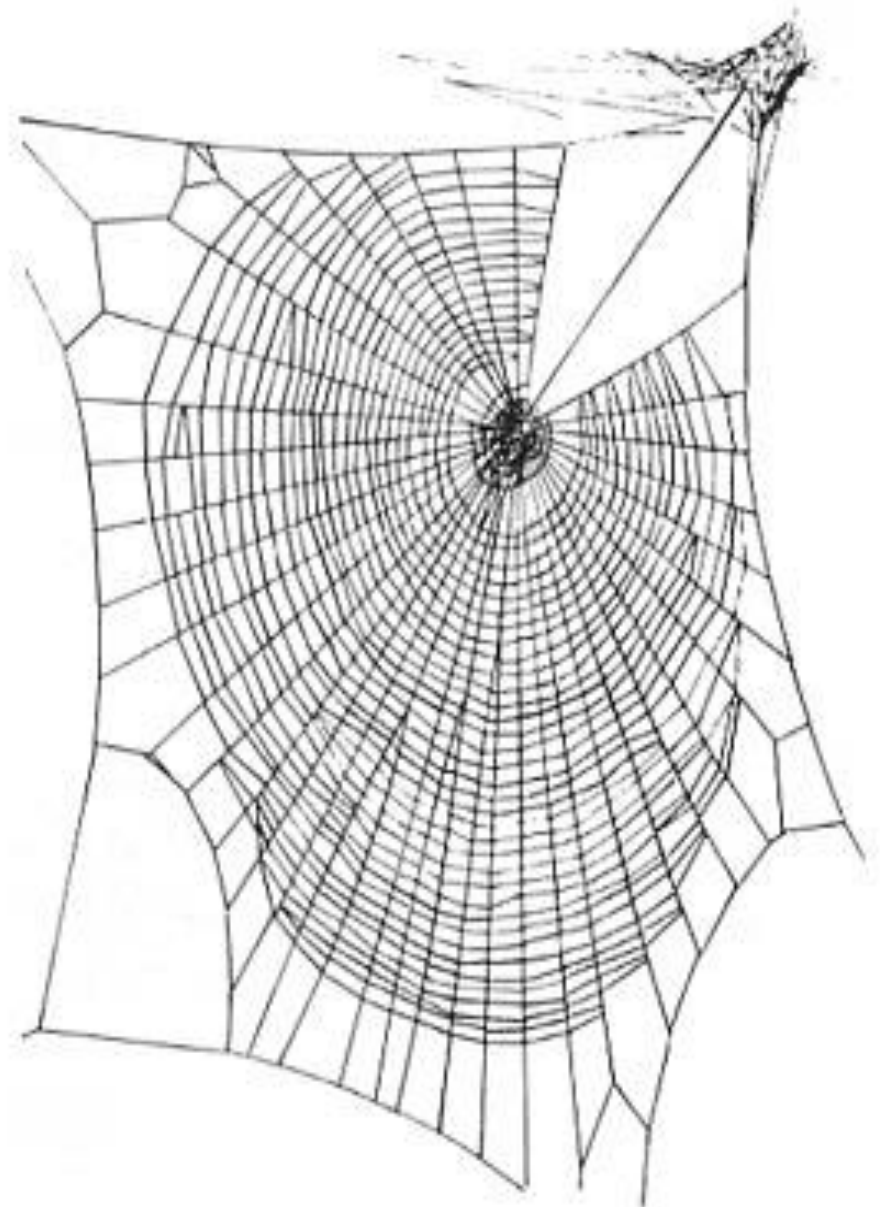
Witt, P. N. (1954). Spider webs and drugs. *Scientific American*, 191, 80-86.





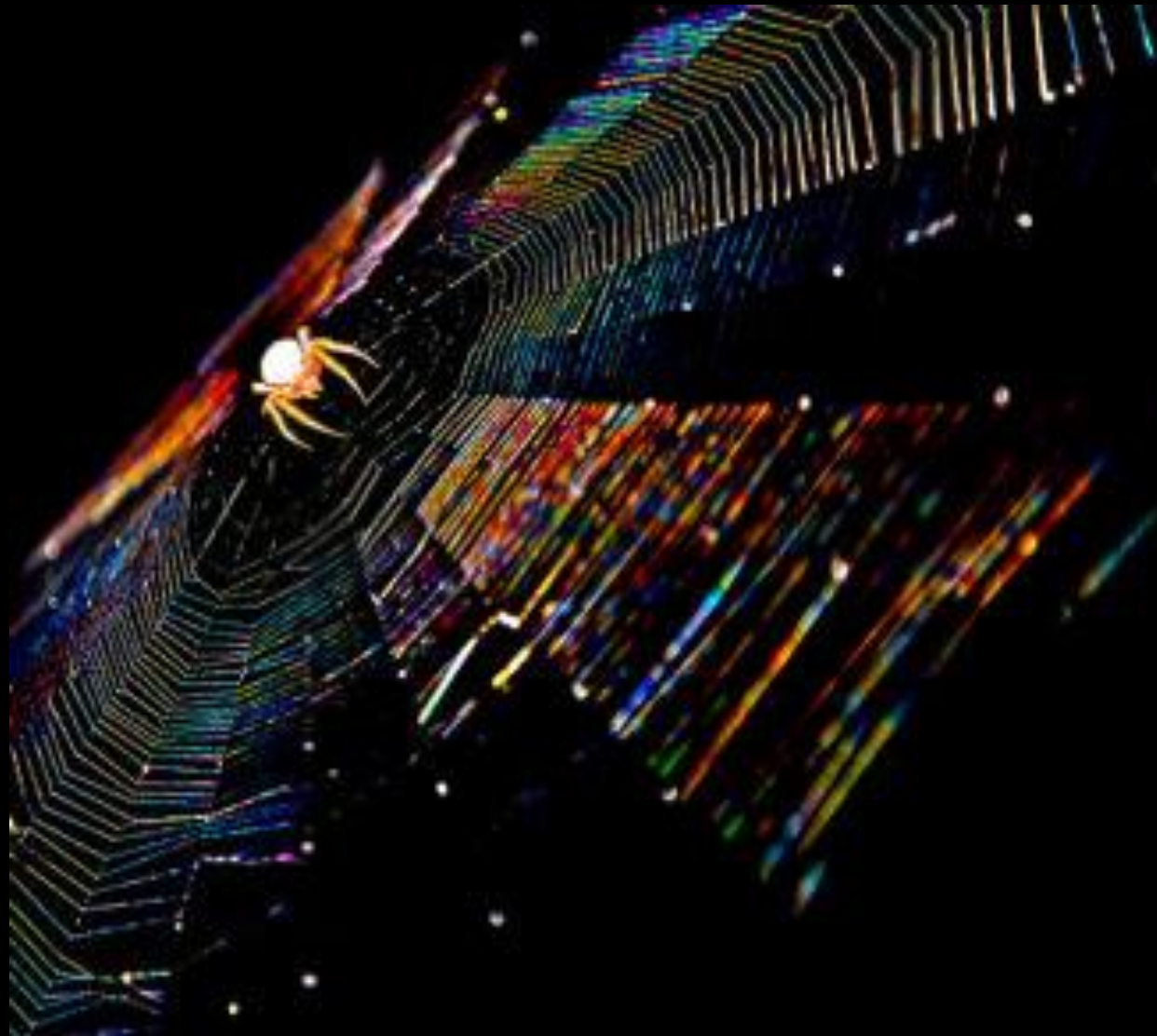


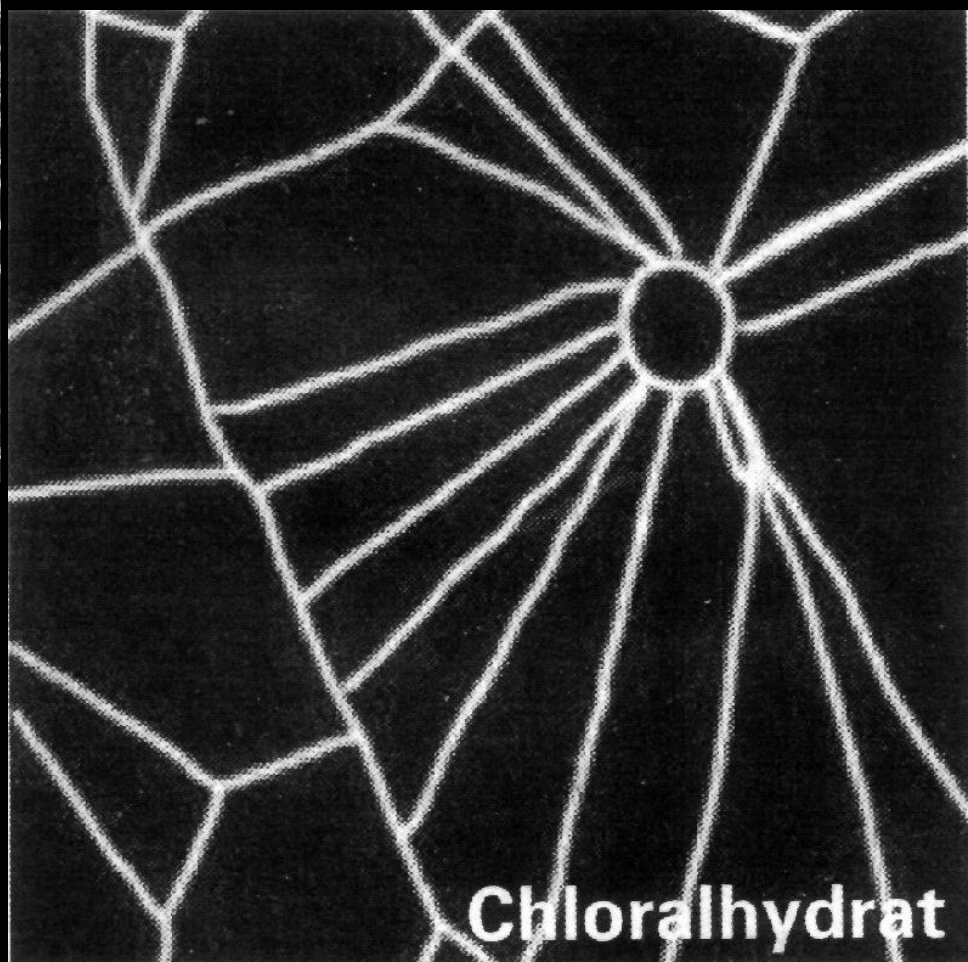
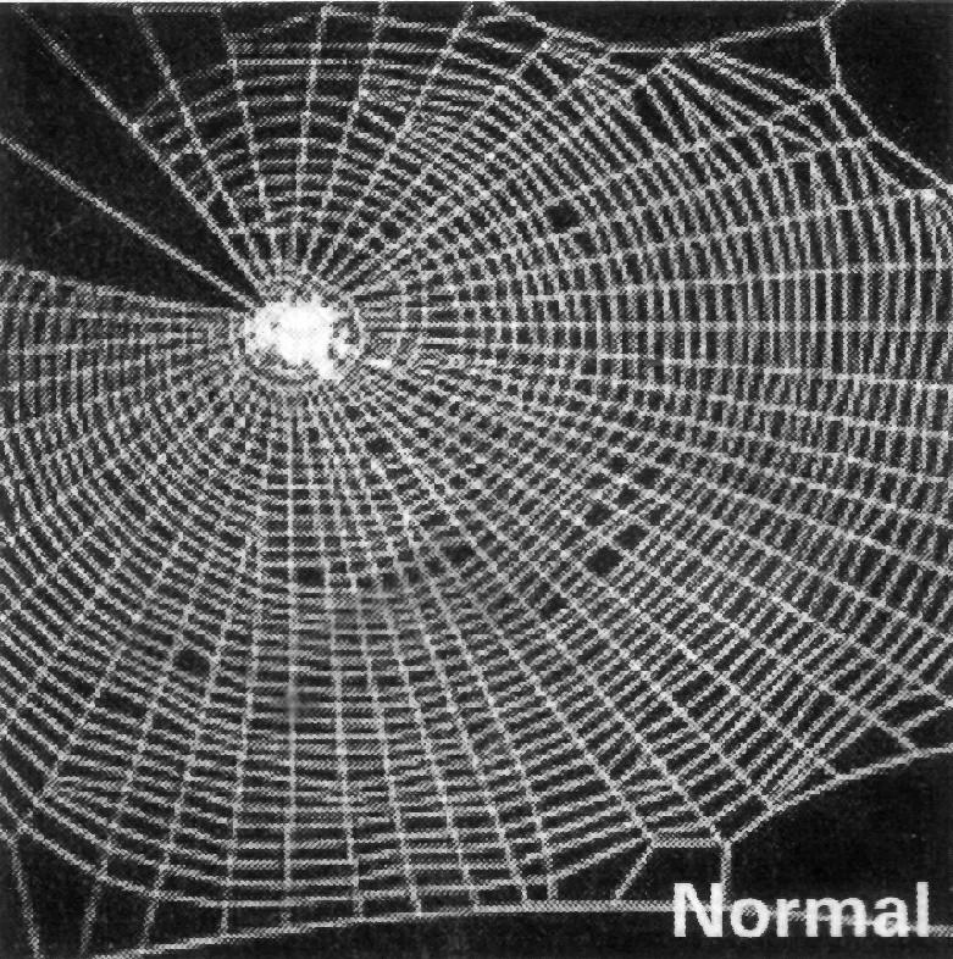
***Zilla x-notata* (Araneae, Araneidae)**



DROGAS PSICOACTIVAS

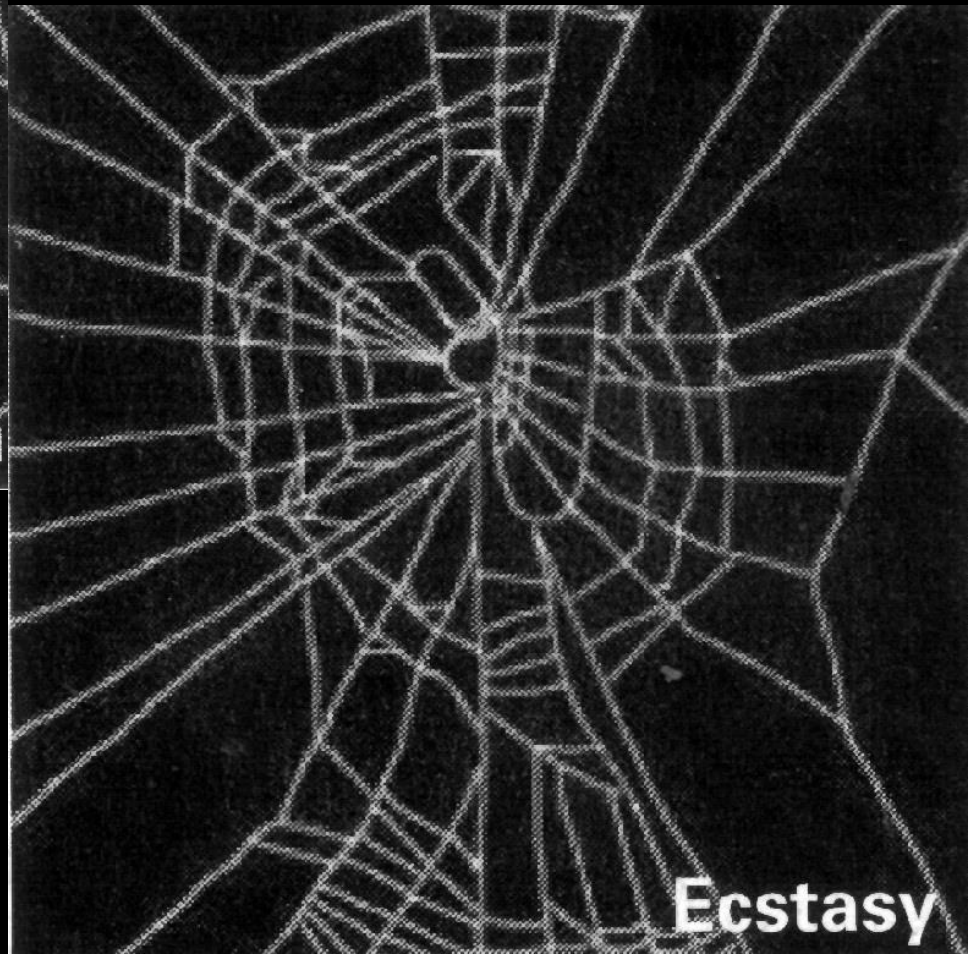
- CAFEÍNA
- ANFETAMINA
- MEZCALINA
- LSD
- MARIJUANA
- CLORO HIDRATO





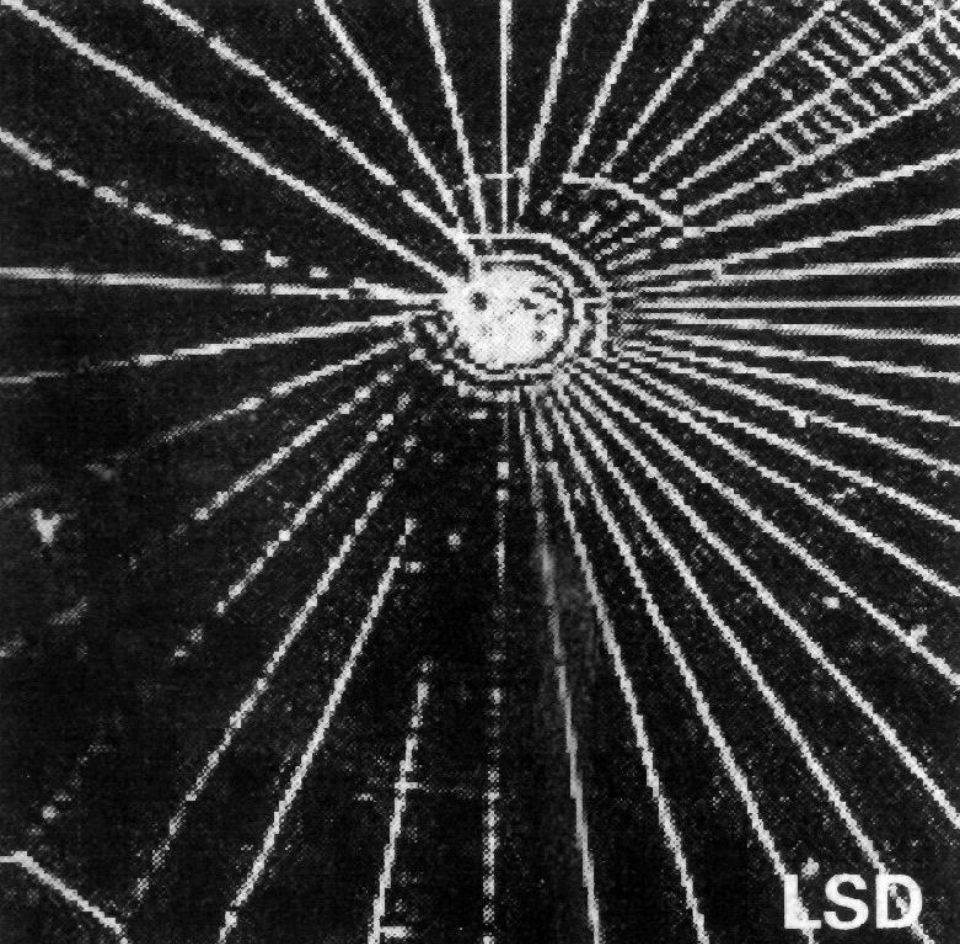


Marihuana

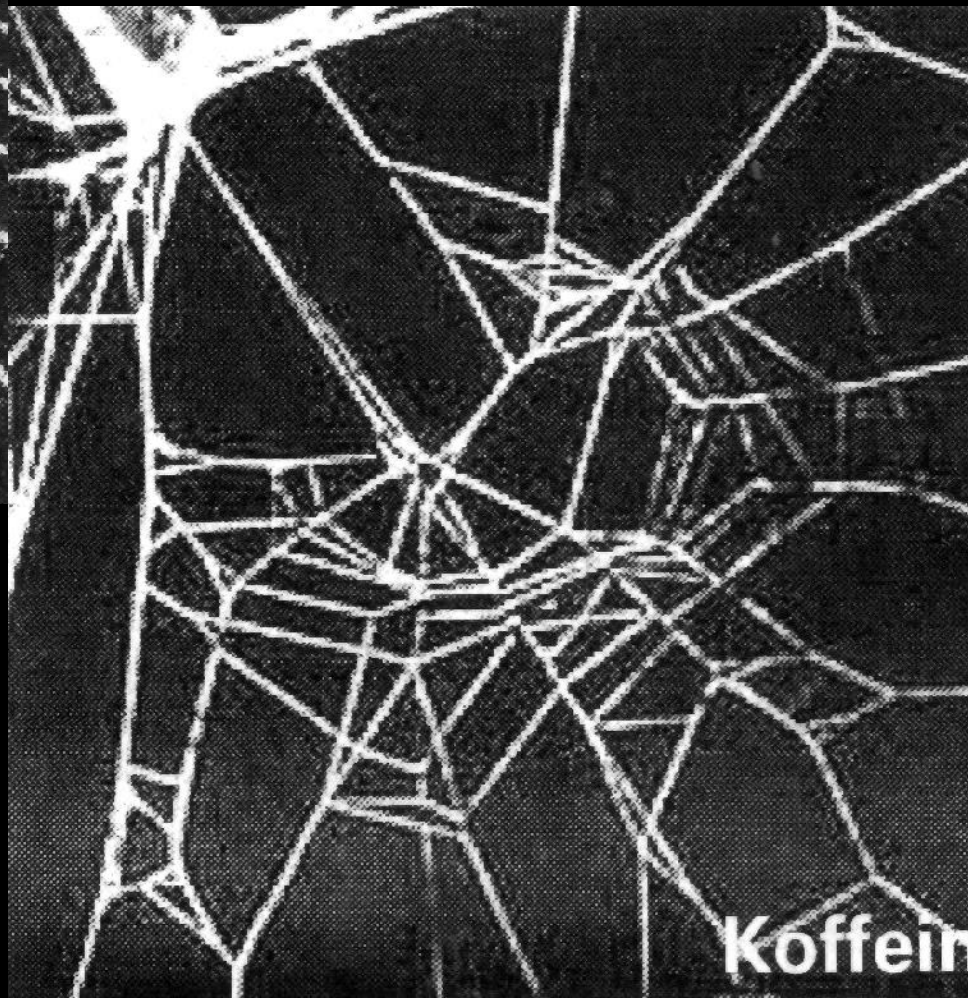


Anfetamina

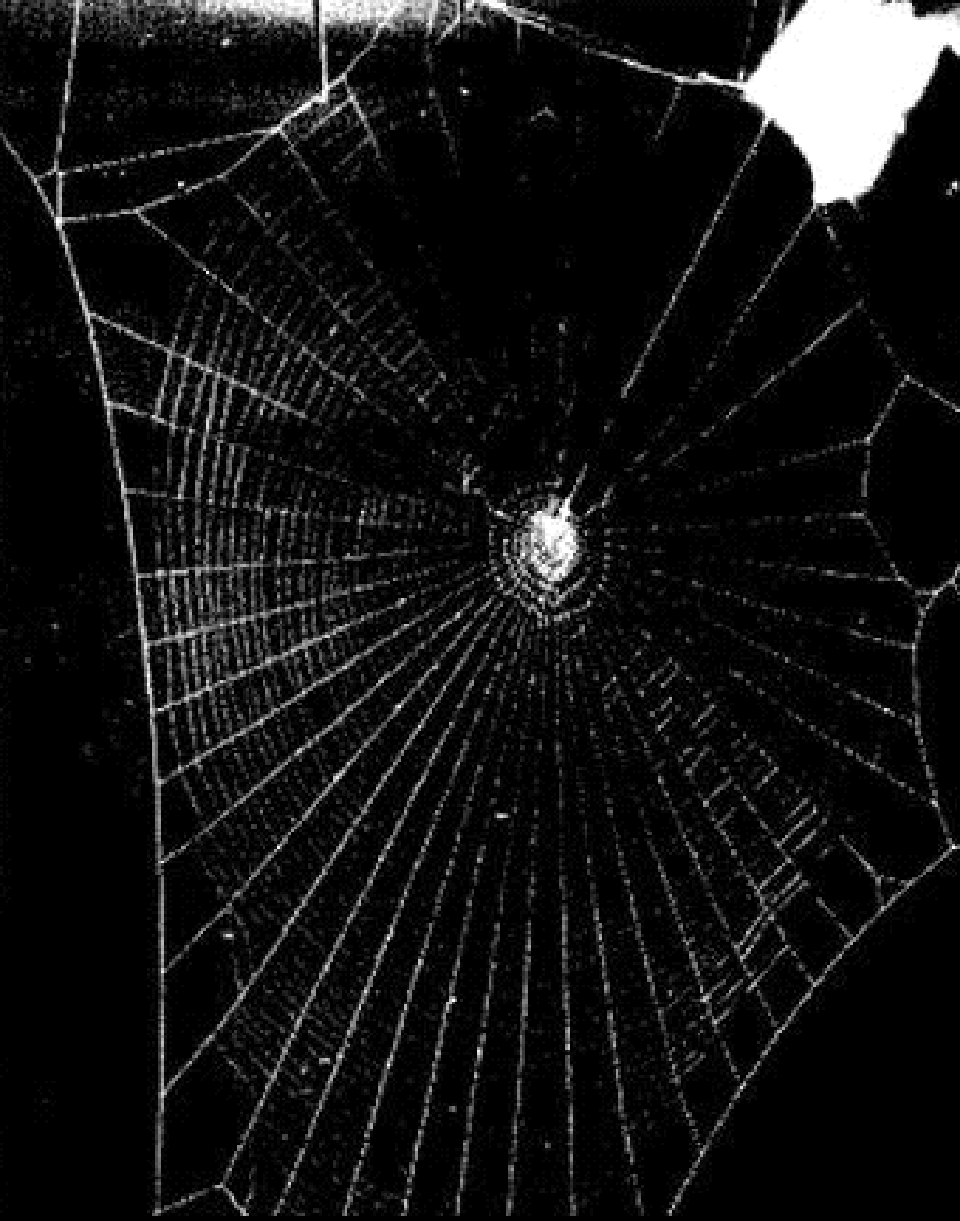
Ecstasy



LSD



Koffein



LSD

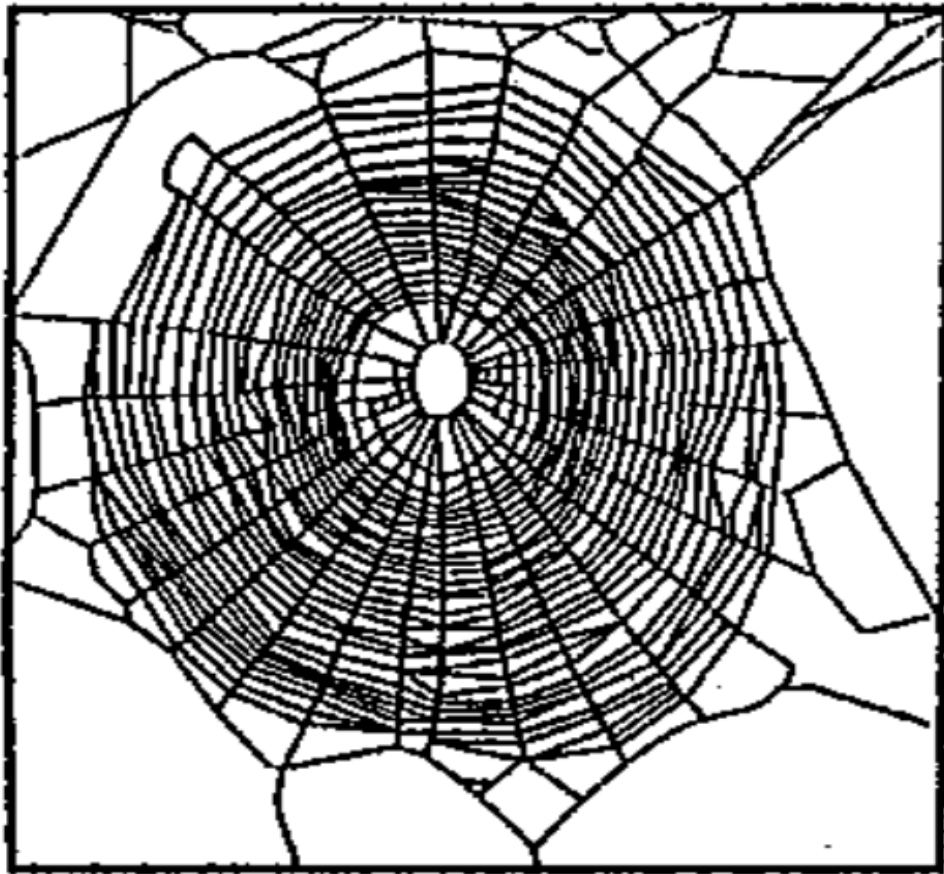


Mezcalina

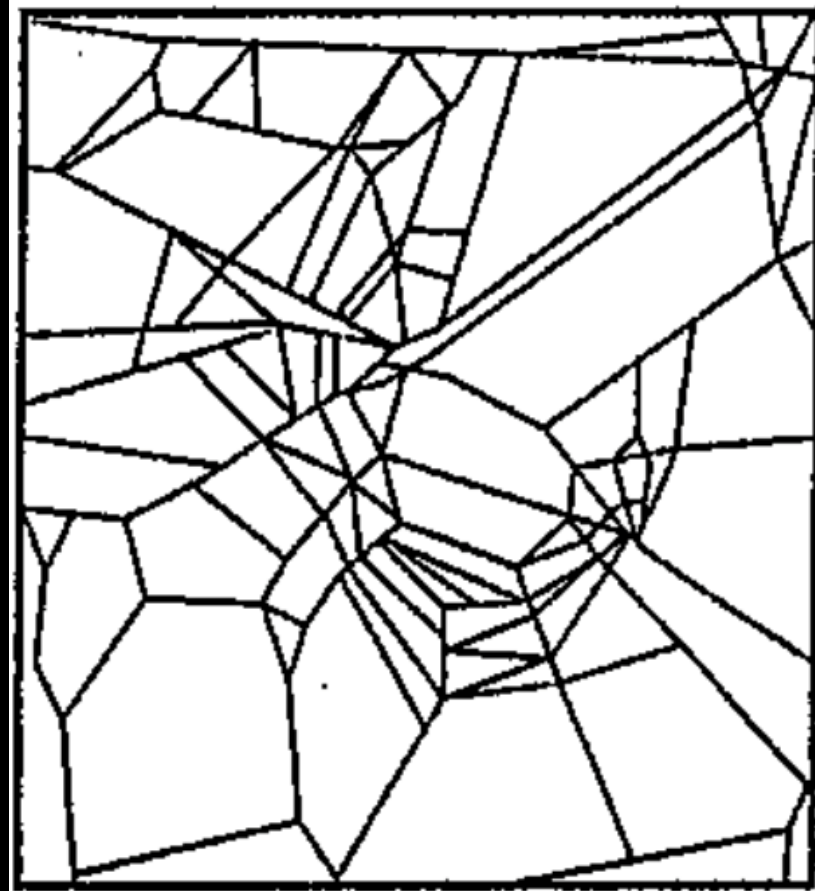
J.A. Nathanson (1984)

*“Caffeine and related methylxanthines:
possible naturally occurring pesticides,”*

Se volvió a analizar las conclusiones de Peter Witt pero sólo los relacionados con los efectos de la cafeína



Normal (Control, No Chemical)



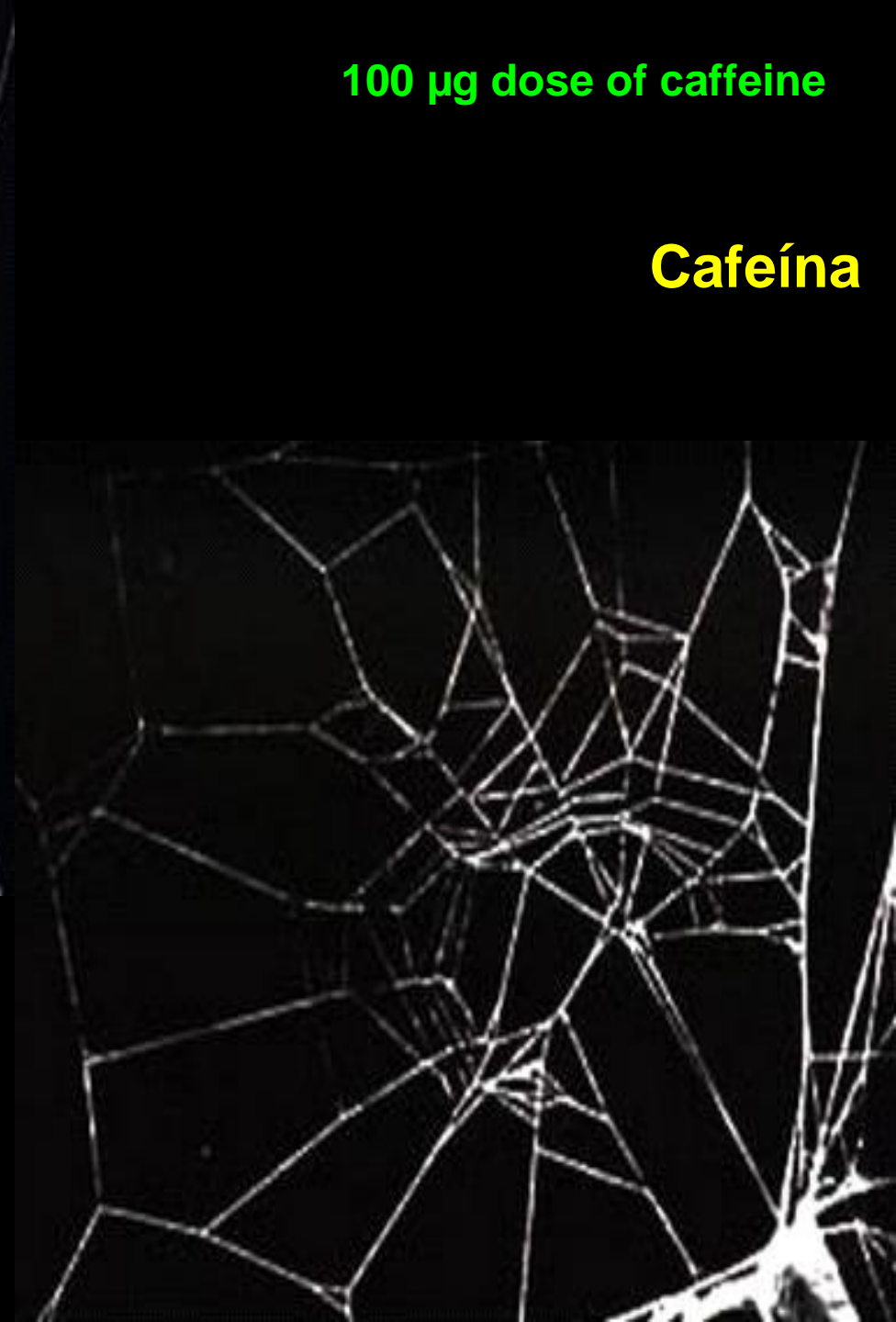
Caffeine

100 μ g dose of caffeine

Cafeína



Control



1995 - NASA decide recrear los experimentos de Witt's, utilizando las mismas drogas

Noever, R., J. Cronise, and R. A. Relwani. 1995. Using spider-web patterns to determine toxicity. NASA Tech Briefs 19(4):82. Published in New Scientist magazine.

***Araneus diadematus* (Araneae, Araneidae)**





Normal
(no chemical)



Marijuana



Benzedrine



Caffeine



Chloral Hydrate

Las arañas pueden ser afectadas por los distintos agroquímicos en forma directa o indirecta, a través de los residuos tóxicos o del consumo de presas contaminadas.











Herbicida Glifosato.....y sus efectos



Las arañas son altamente susceptibles a muchos plaguicidas, resultando en la disminución de las poblaciones en campos agrícolas, por MIP y prácticas convencionales.

Efectos directos e indirectos en arañas





Alpaida veniliae

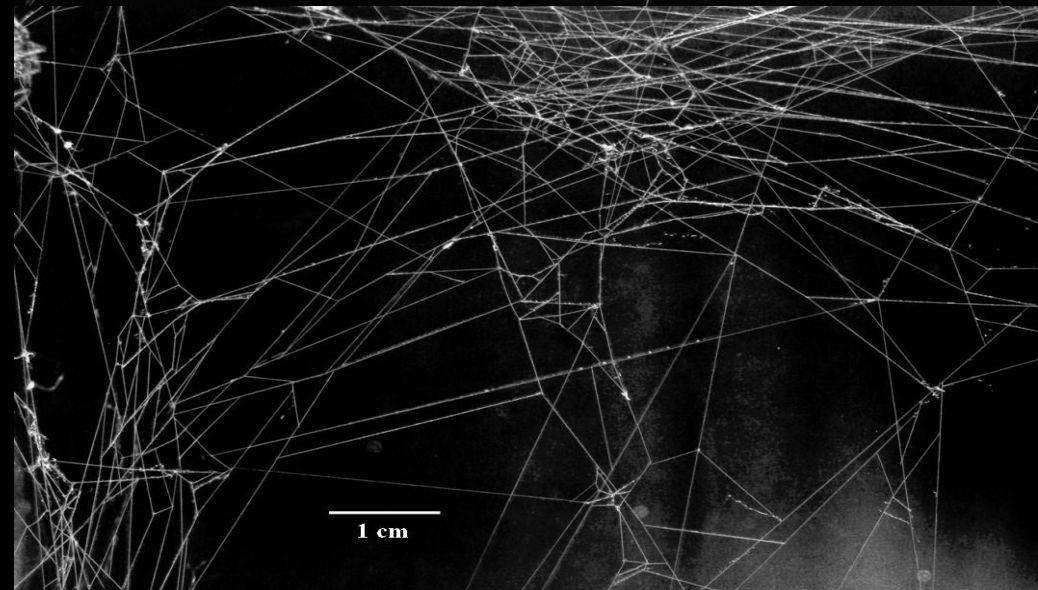
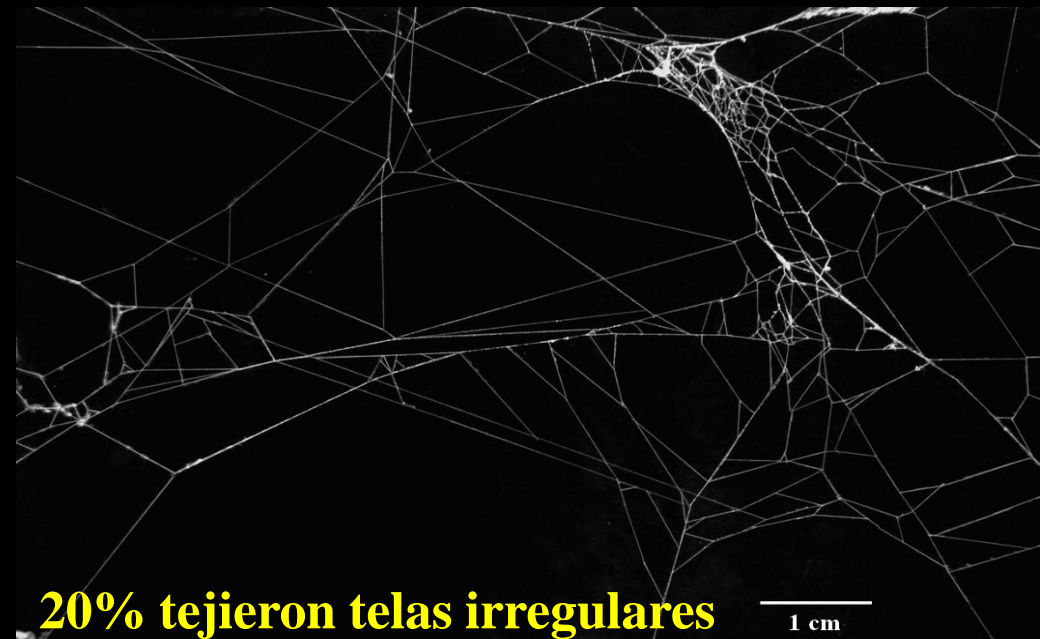
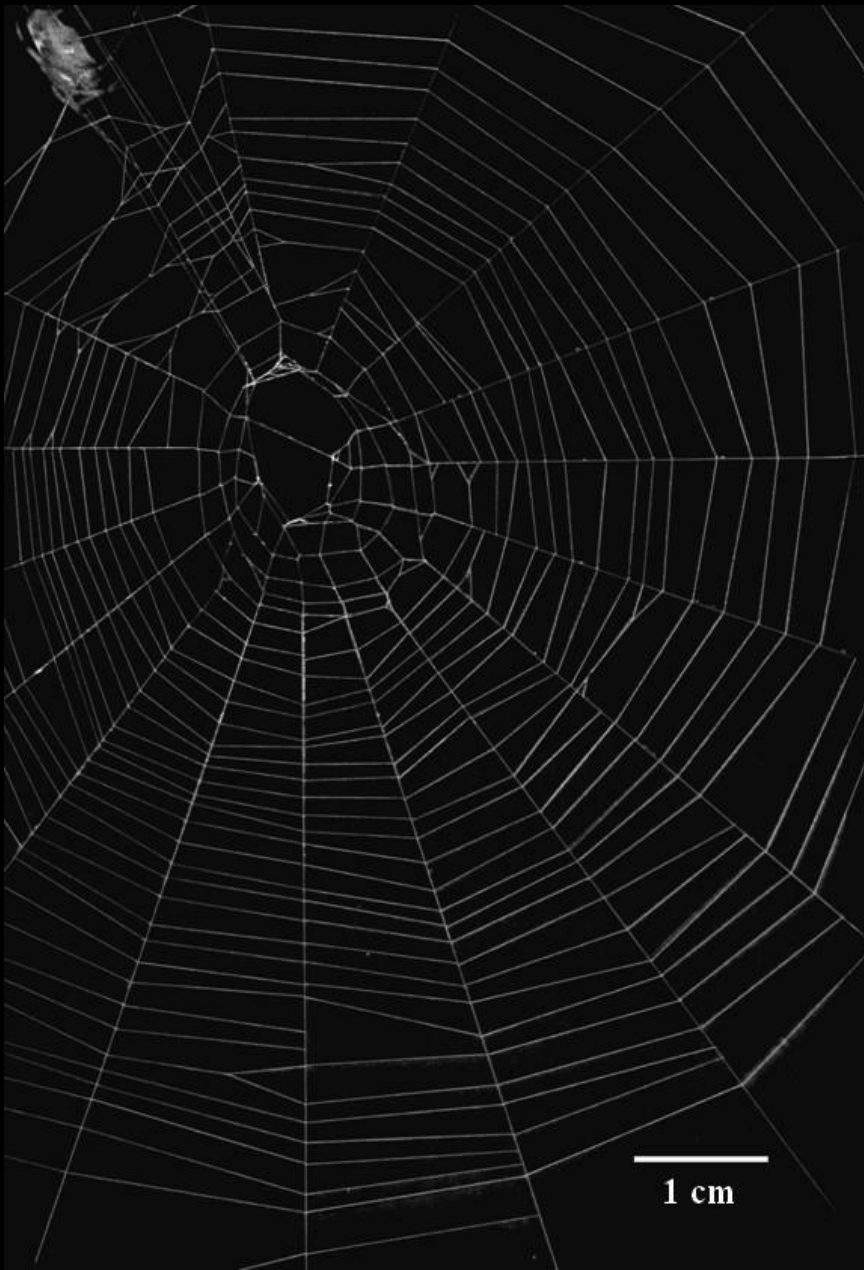
GLIFOSATO



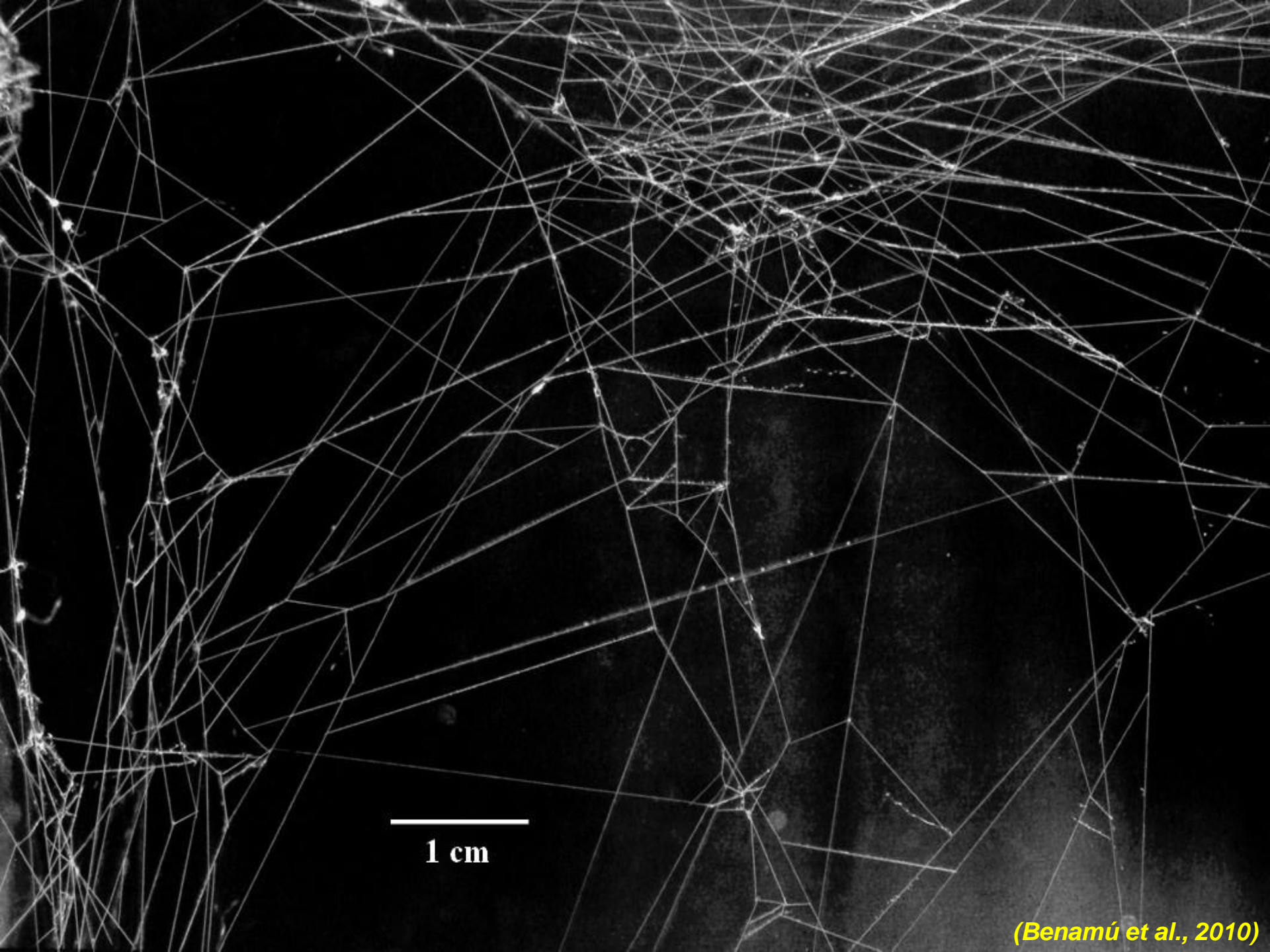


Efectos herbicida glifosato en arañas

Construcción de tela 17 días más tarde que el control

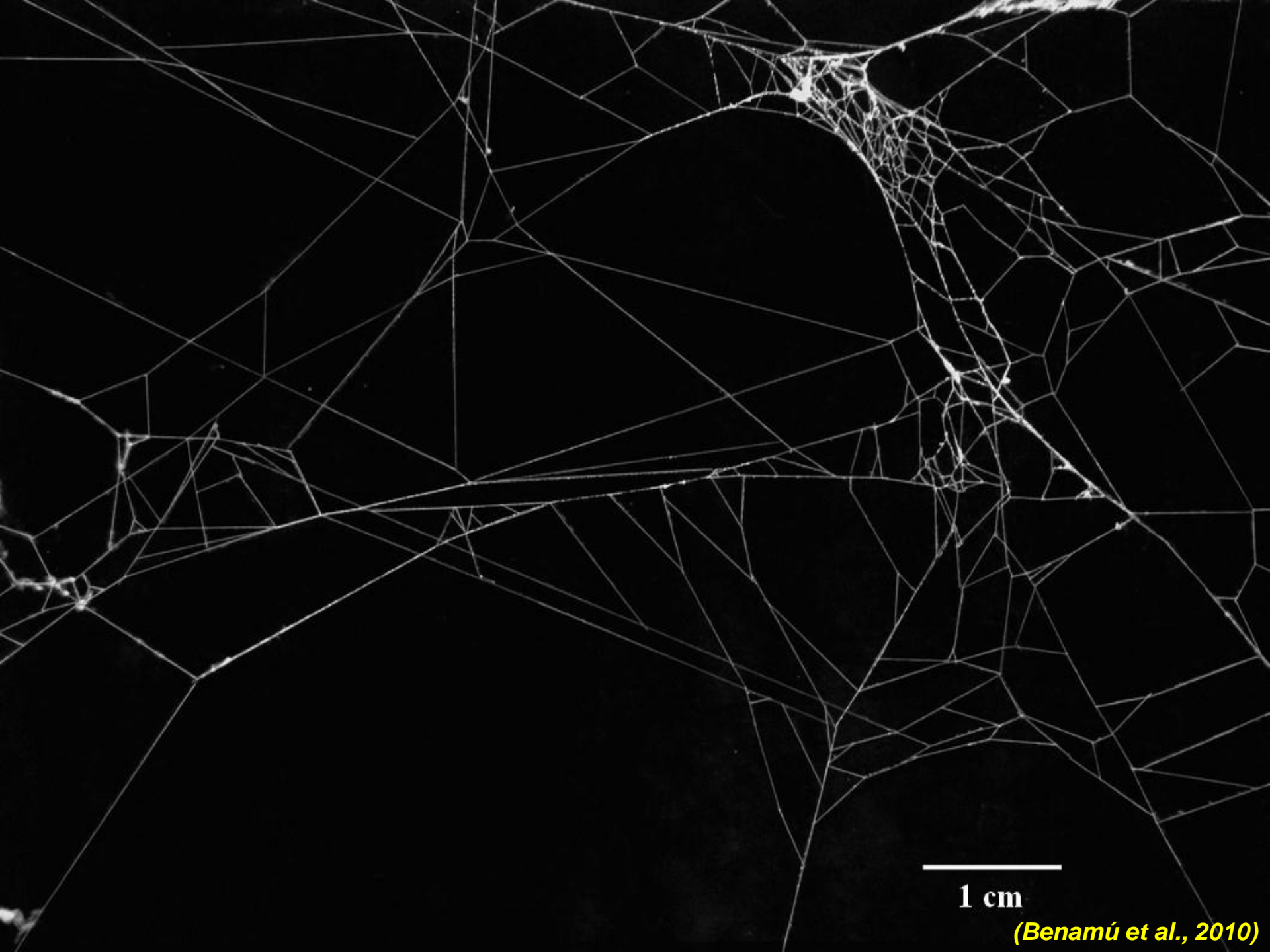


(Benamú et al., 2010)



1 cm

(Benamú et al., 2010)



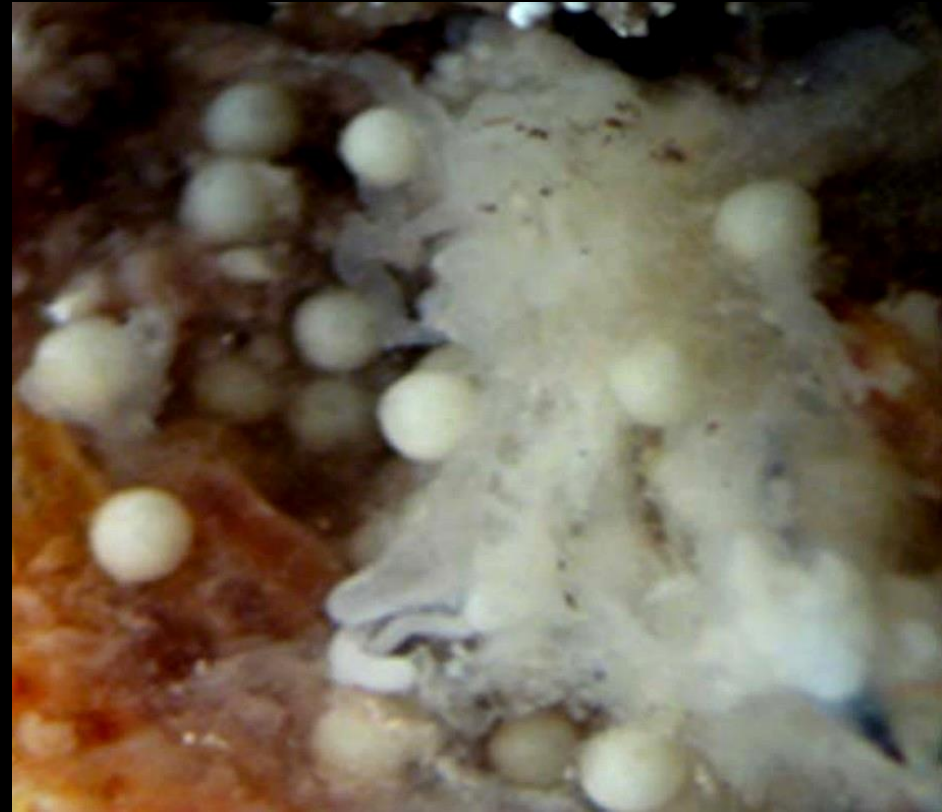
1 cm

(Benamú et al., 2010)

**Ovarios anormales, escaso desarrollo de oocitos y
acumulación de gránulos grasos alrededor**



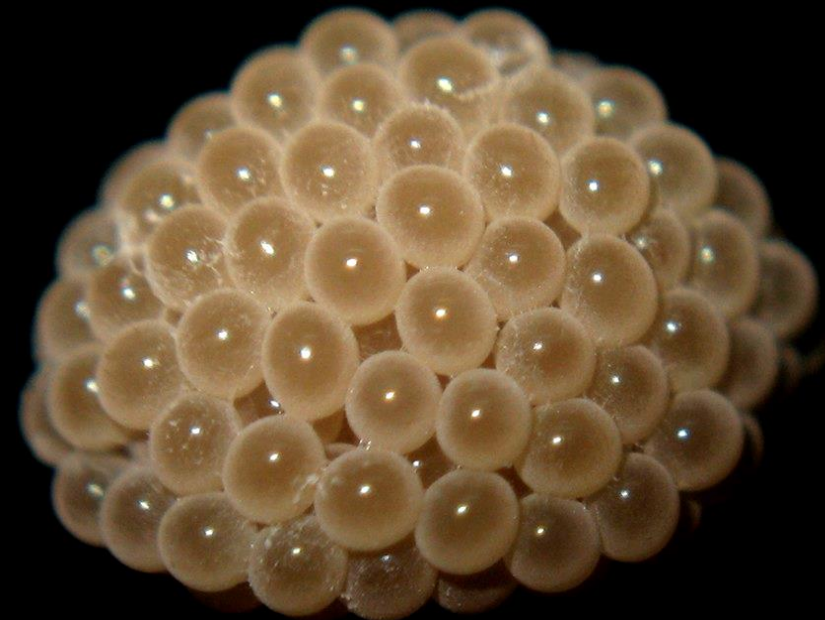
Oocito control: 0.23 mm



Oocito glifosato: 0.18 mm



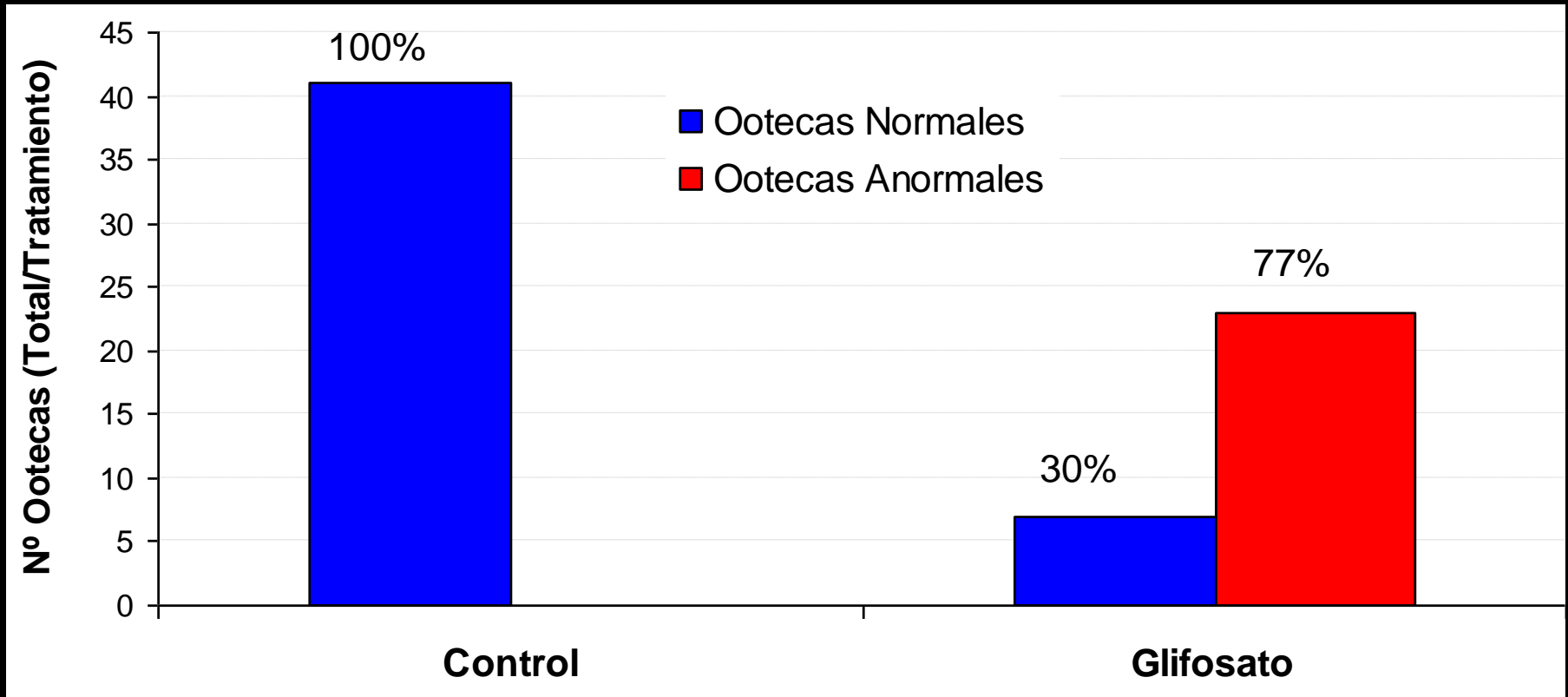
Control



Glifosato

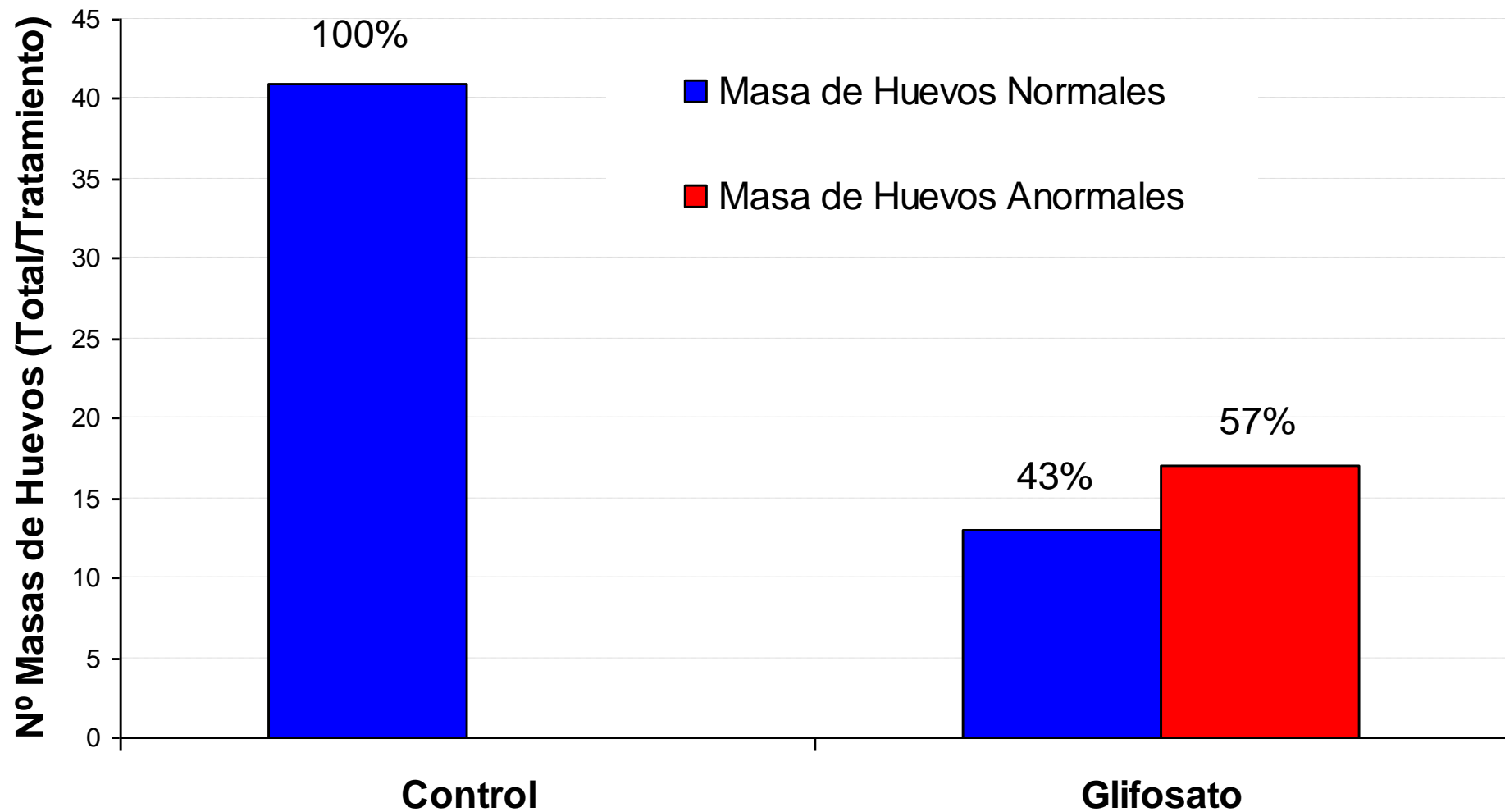


Construcción de ootecas Normales y Anormales con Glifosato

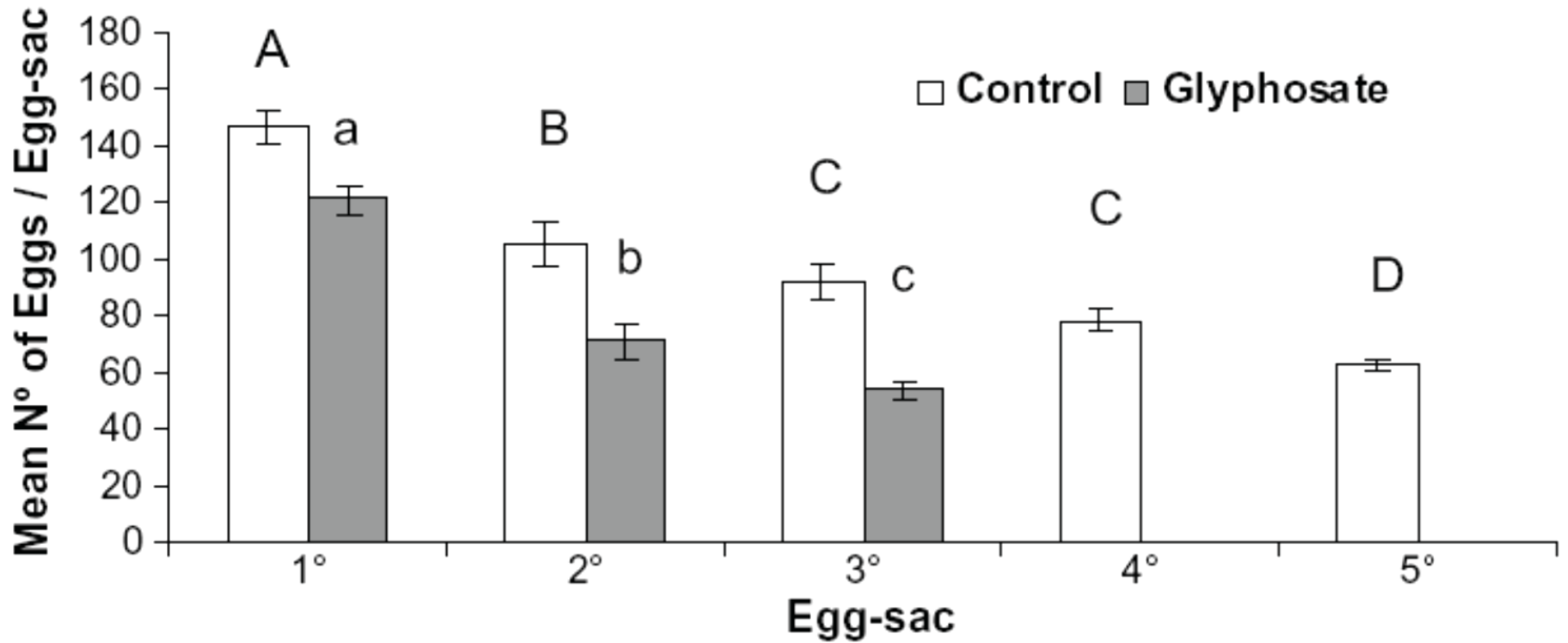


Las arañas control construyeron un mayor número de ootecas que las tratadas con glifosato.

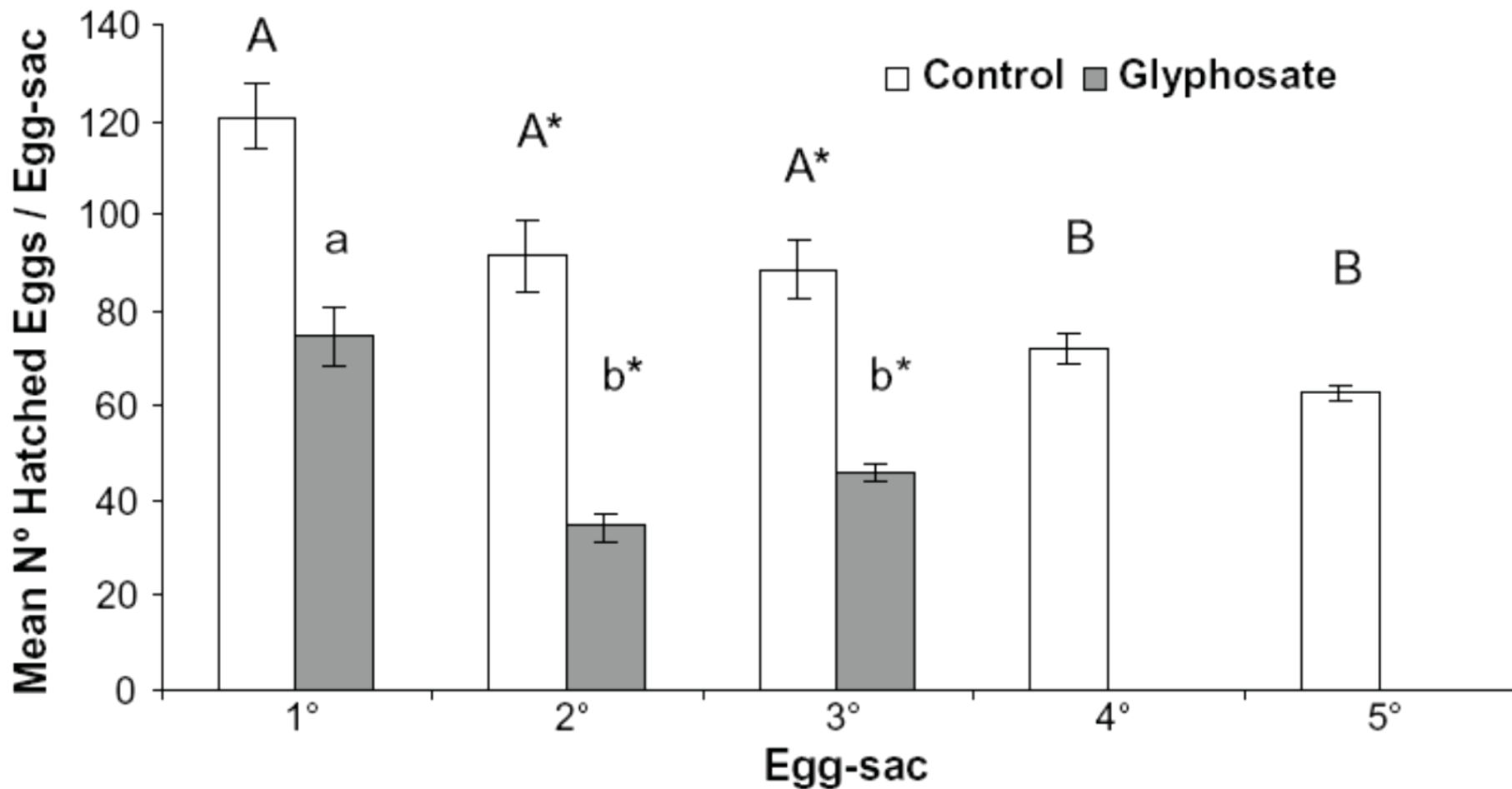
Masas de huevos Normales y Anormales con Glifosato

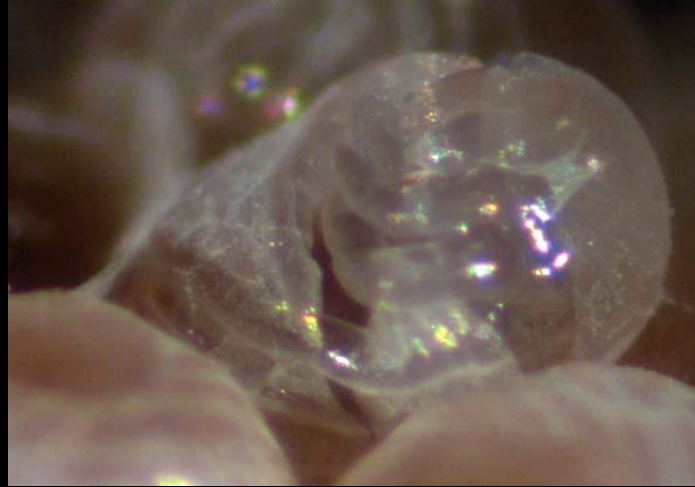


Fecundidad con Glifosato



Fertilidad con Glifosato





**Control:
10.44 d**

**Glifosato:
11.83 d**





**INSECTICIDAS
AMPLIO
ESPECTRO**

Vs.

**INSECTICIDAS
BIORACIONALES**

CIPERMETRINA Insecticida piretroide acción neurotóxica



Rachiplusia nu

Anticarsia gemmatalis

Spodoptera frugiperda



Heliothis spp.

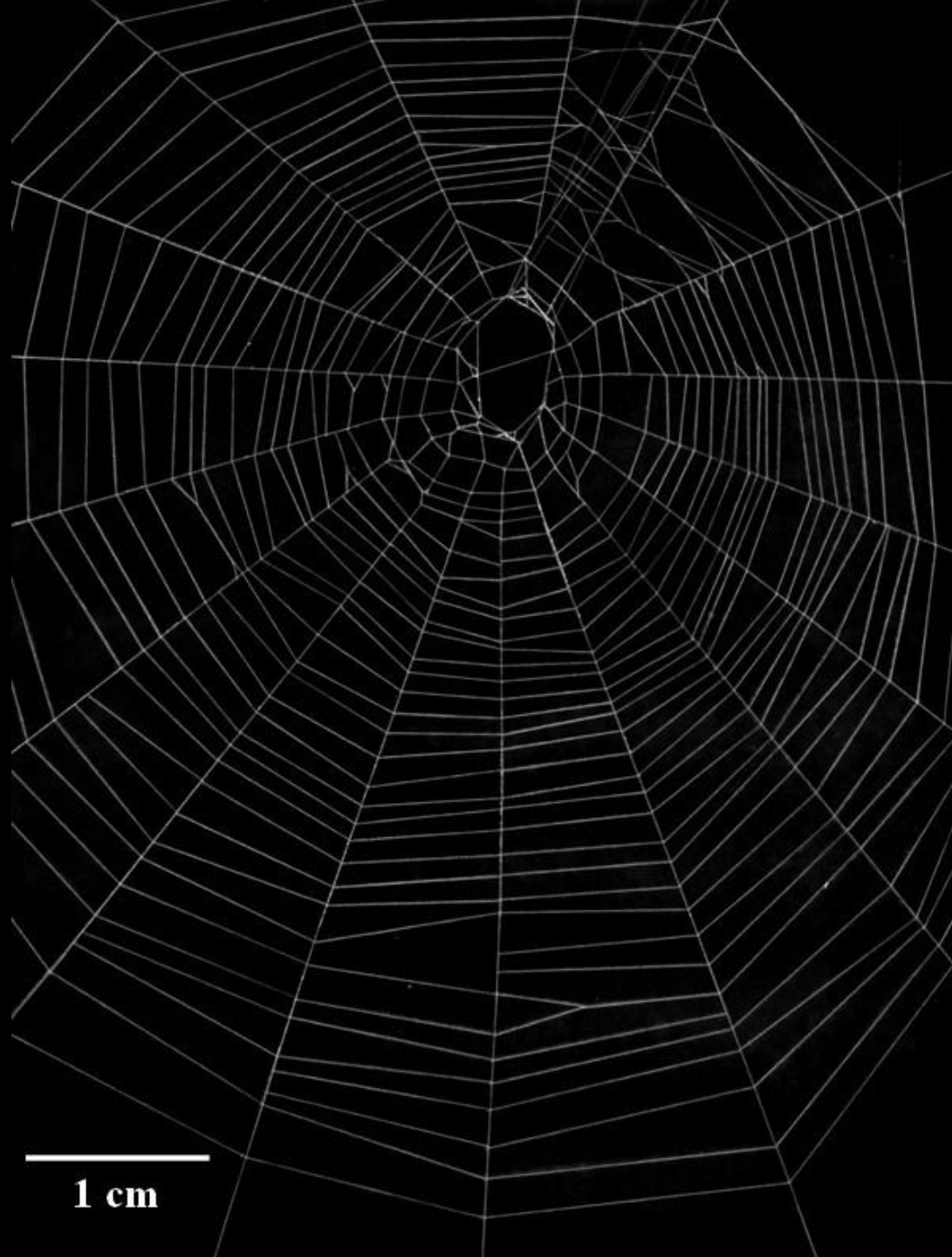
Epinotia aporema







CONTROL

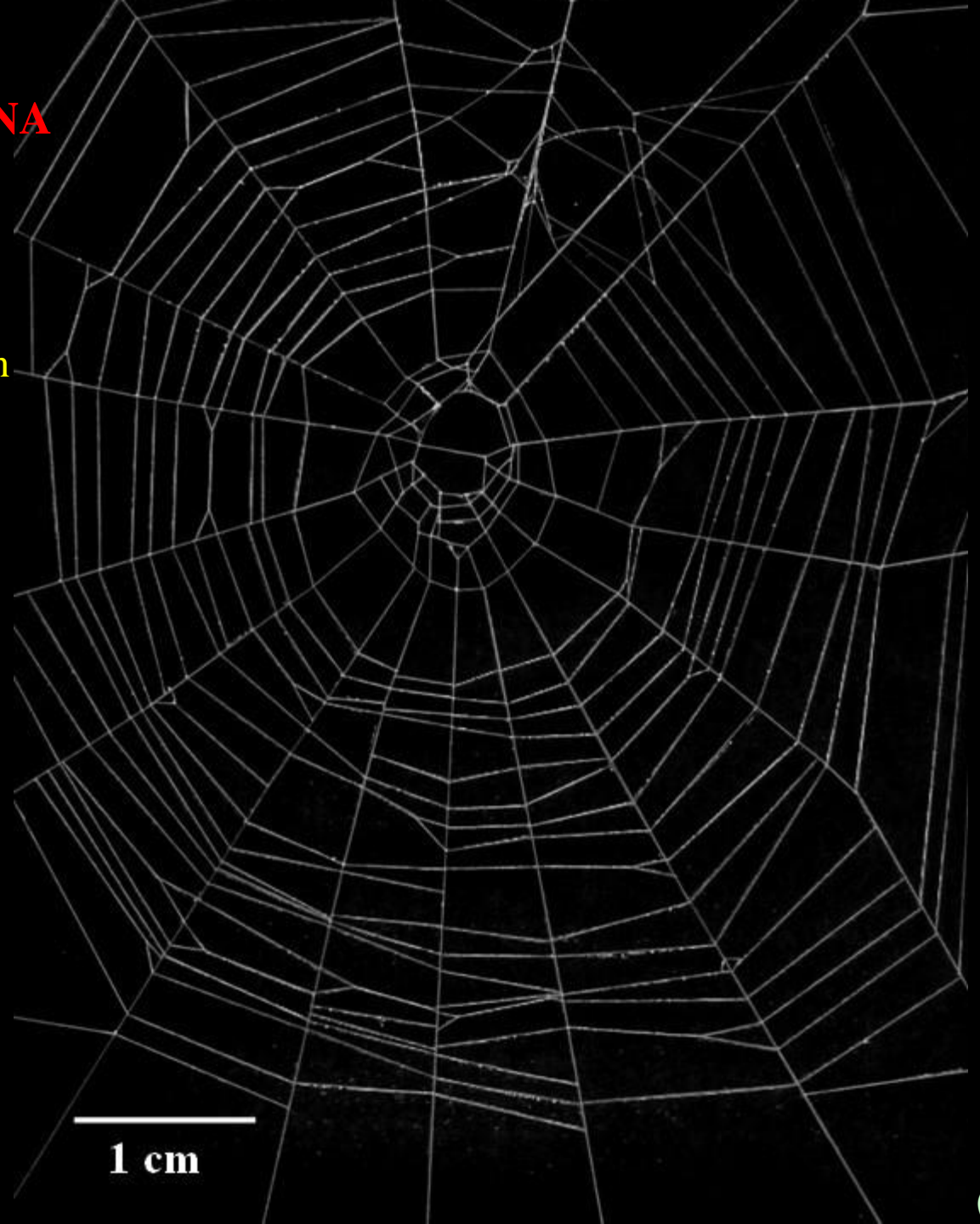


1 cm

CIPERMETRINA

6,25 mg/l

**25% concentración
de campo**



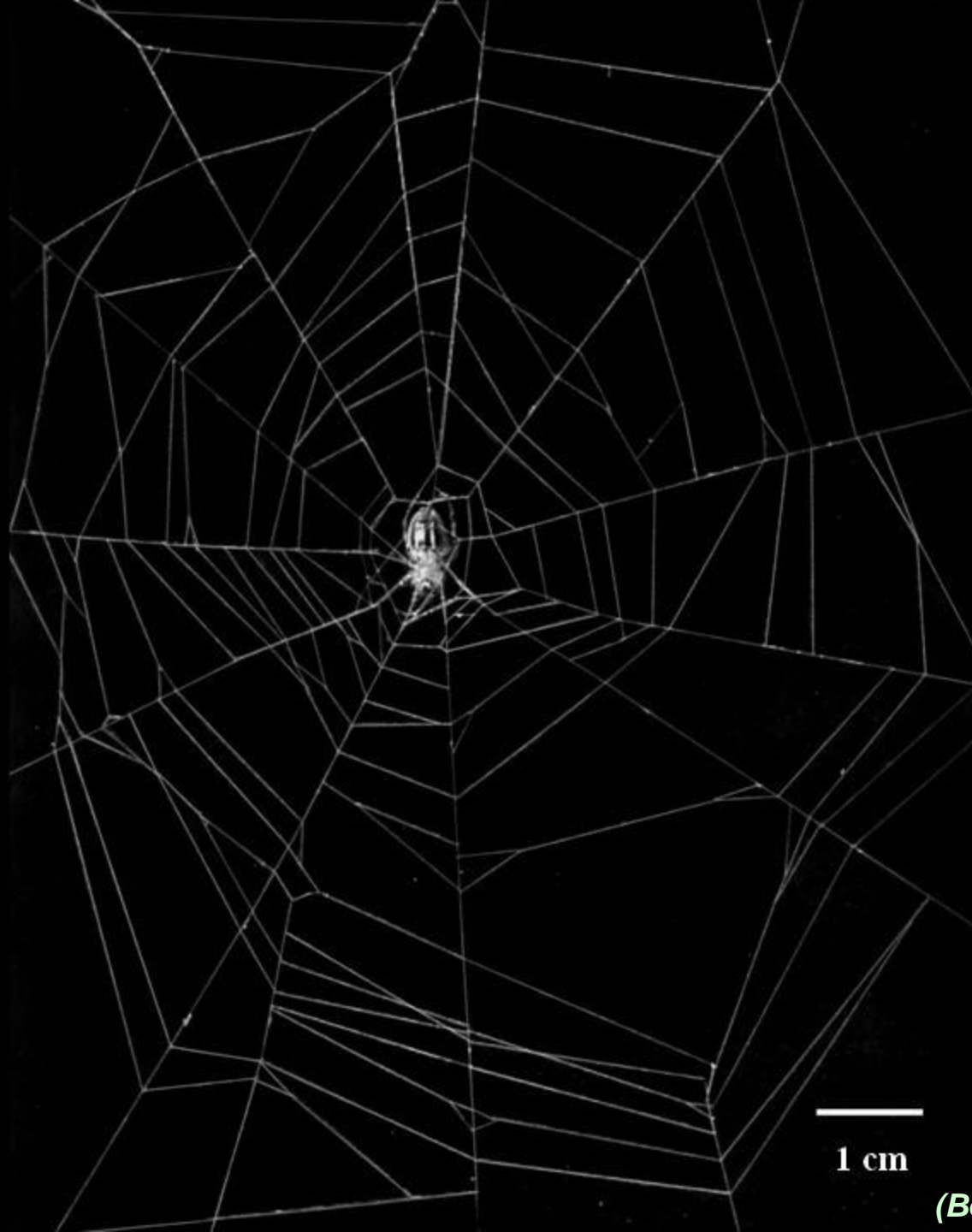
1 cm

(Benamú et al., 2013)

CIPERMETRINA

18,75 mg/l

75% concentración
de campo



1 cm

(Benamú et al., 2013)

ENDOSULFAN Insecticida organoclorado

Bloquean canales Cl,
envenenamiento SNC



Colias lesbia

Piezodorus guildini



Edessa meditabunda



Nezara viridula



Diabrotica speciosa



ENDOSULFAN

25 mg/l

24% concentración
de campo



(Benamú et al., 2013)

SPINOSAD bacteria actinomiceto del suelo, *Saccharopolyspora spinosa*

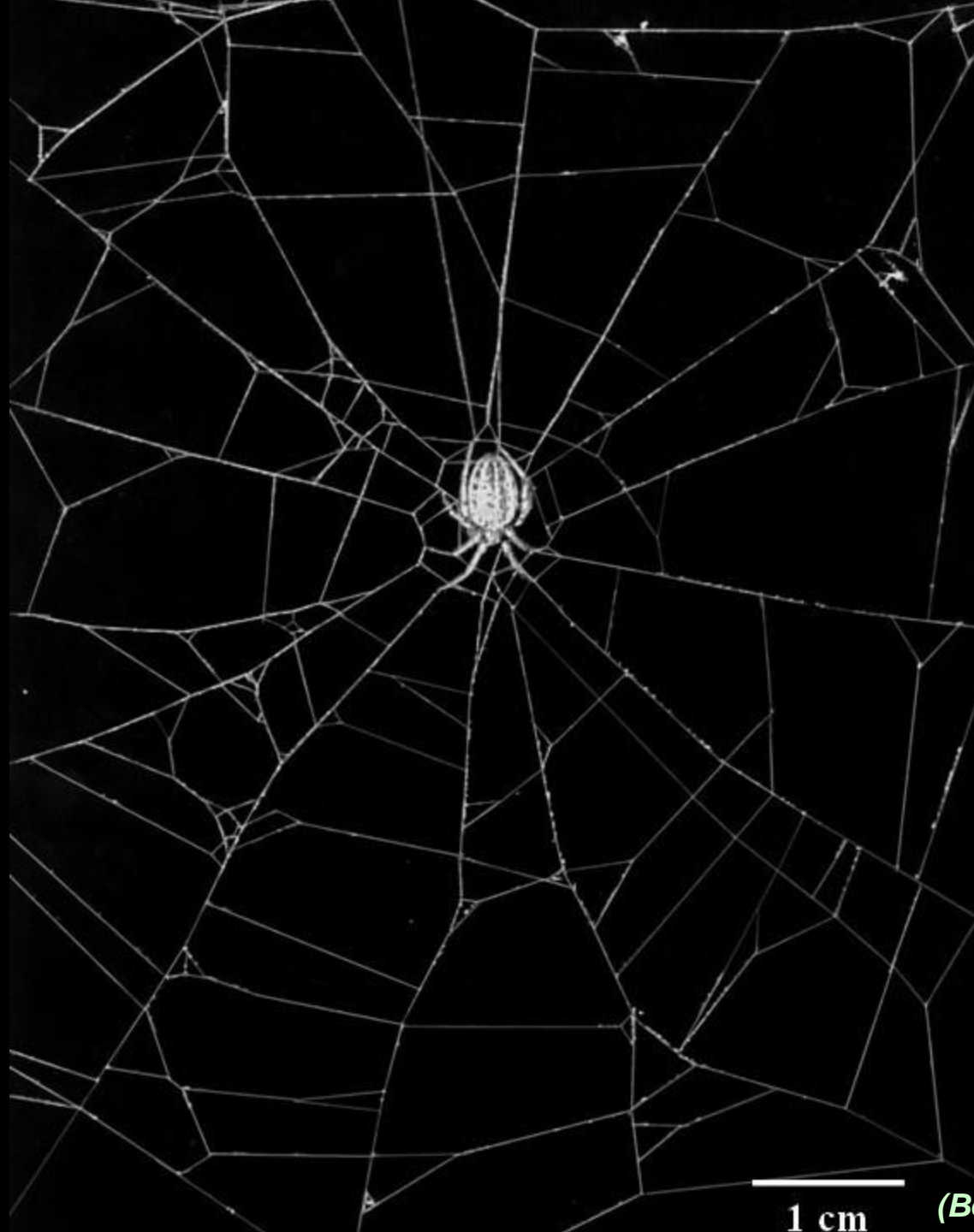
neurotoxina



SPINOSAD

3 mg/l

2,5%
concentración de
campo



1 cm

(Benamú et al., 2013)

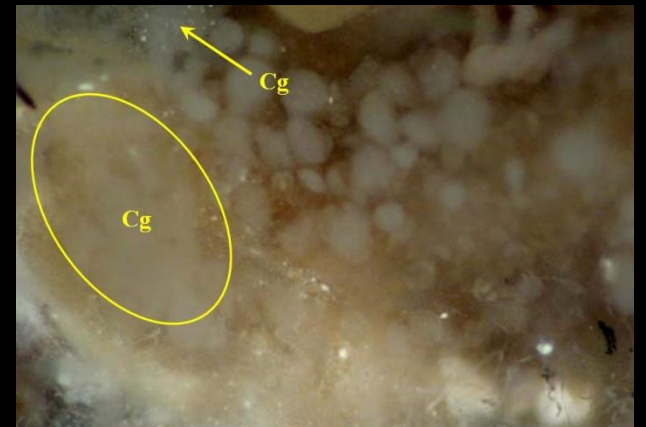
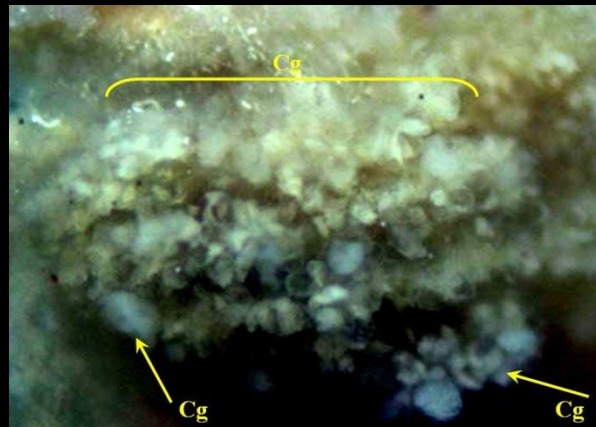
Desarrollo y estructura ovárica

Ovarios y oocitos de *Alpaida veniliae* (arañas control)



Cipermetrina

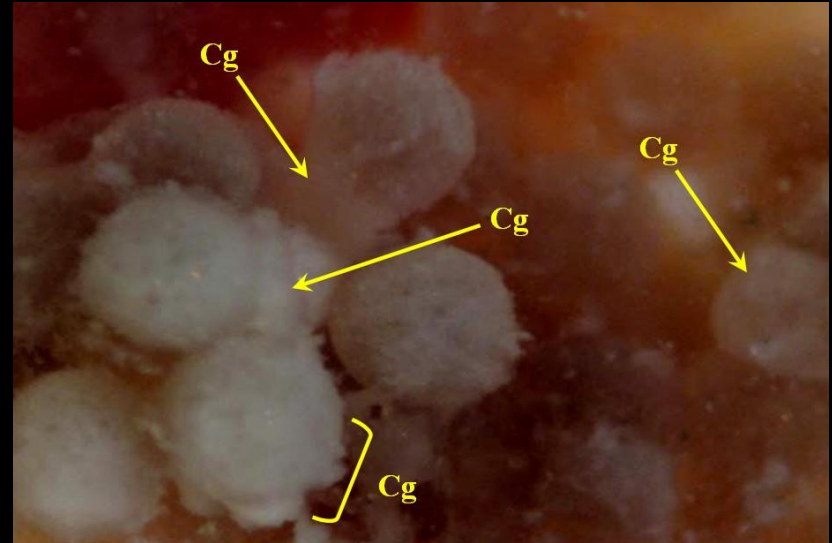
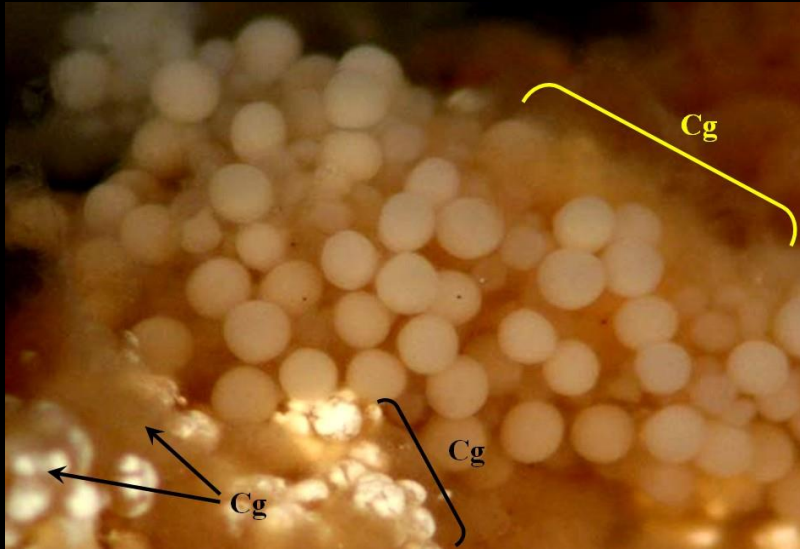
Oocitos no diferenciados o anormales y presencia de cuerpos grasos.



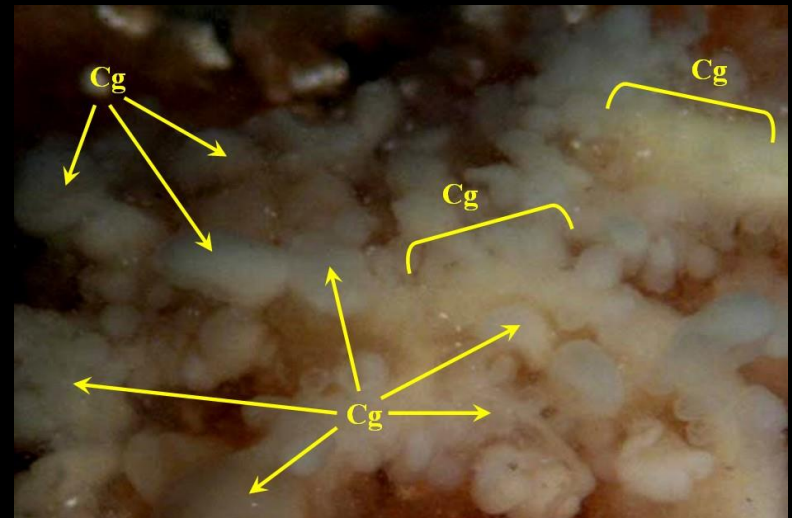
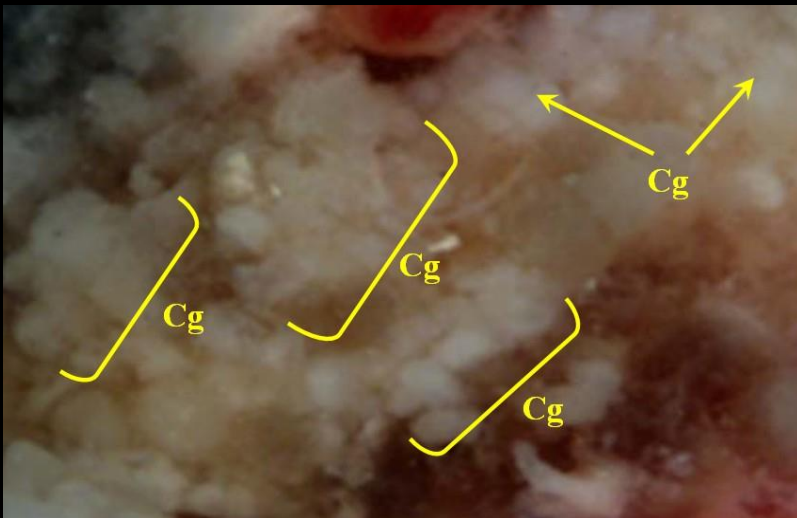
La presencia de cuerpos grasos son adaptaciones fisiológicas

Algunos insectos tienen la capacidad de almacenar insecticidas a nivel de cuerpos grasos y ovarios, como un proceso detoxificante

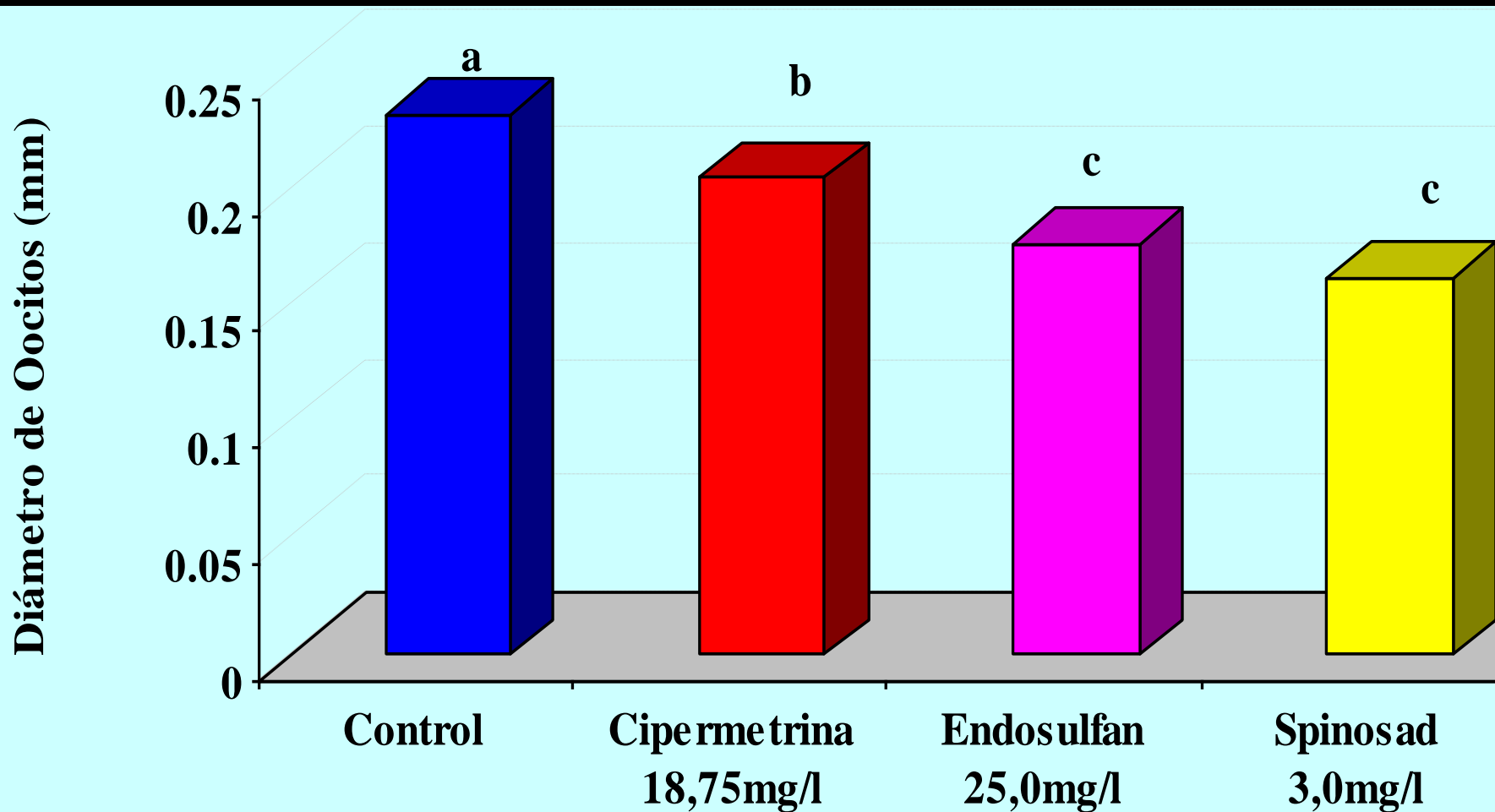
Endosulfan Presencia de cuerpos grasos.



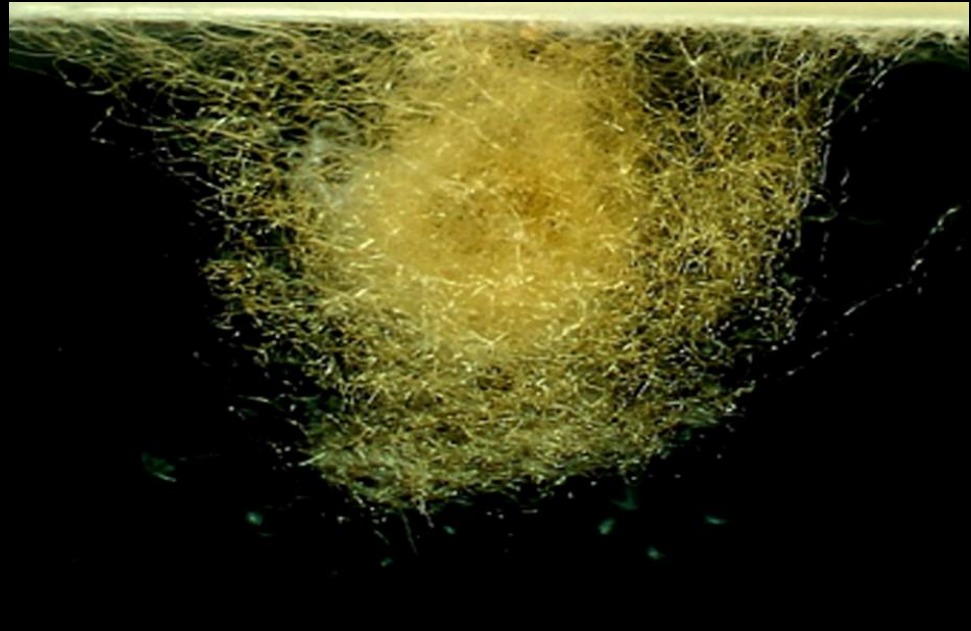
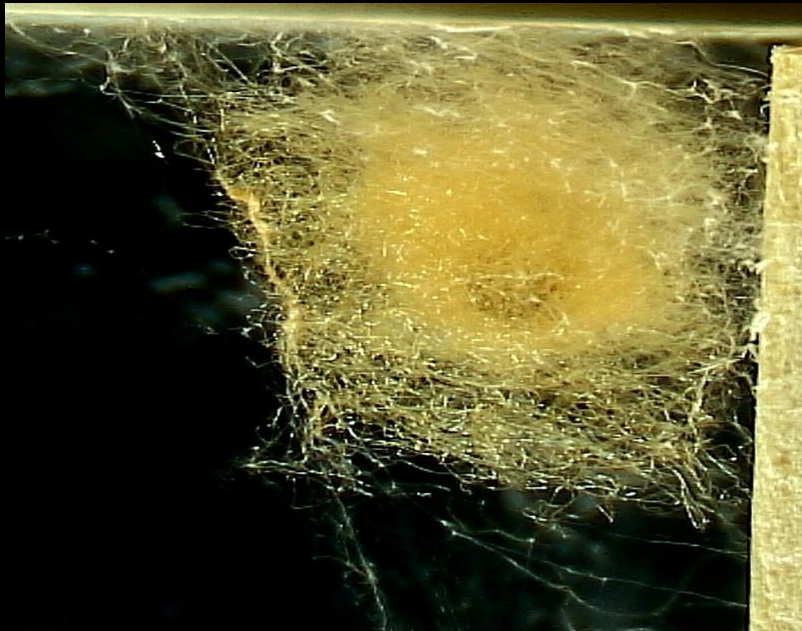
Spinosad Oocitos no diferenciados o anormales y presencia de cuerpos grasos.



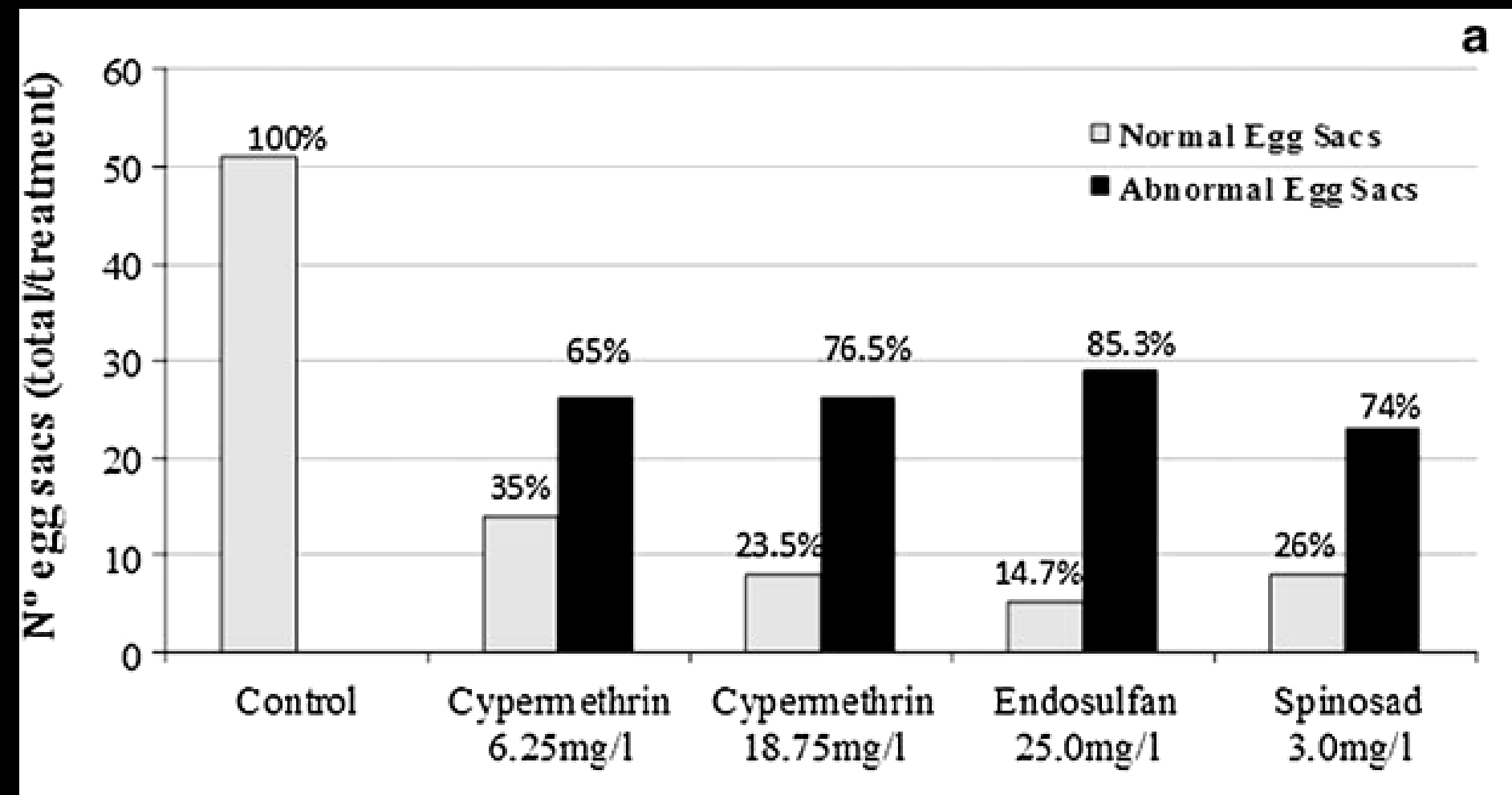
Diámetro de los oocitos de la porción final de los ovarios de *Alpaida veniliae*



La disminución del diámetro de los oocitos por algunos insecticidas podría deberse a procesos, hormonales, metabólicos y deficiencias nutritivas.



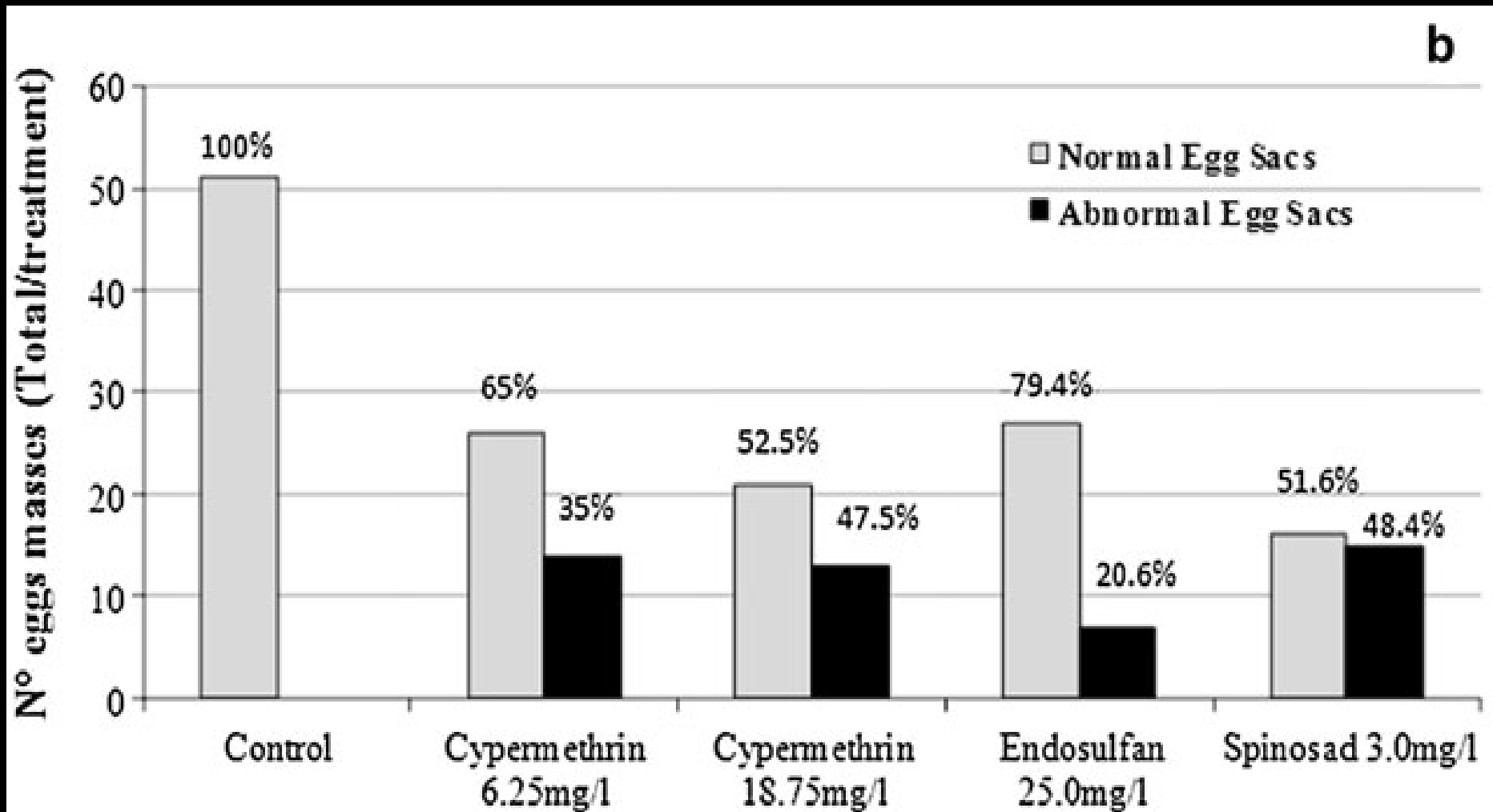
Construcción de ootecas Normales y Anormales con Insecticidas



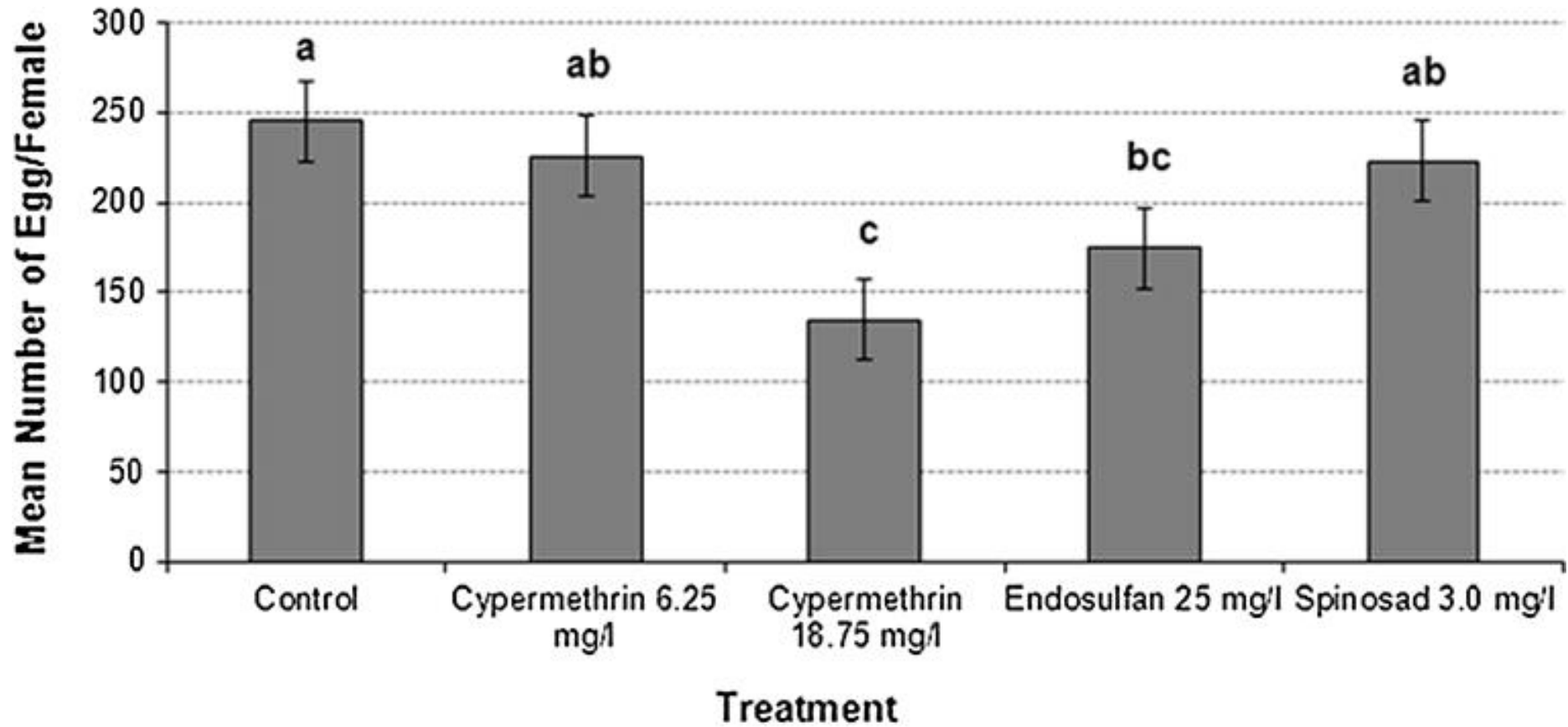


(Benamú et al., 2013)

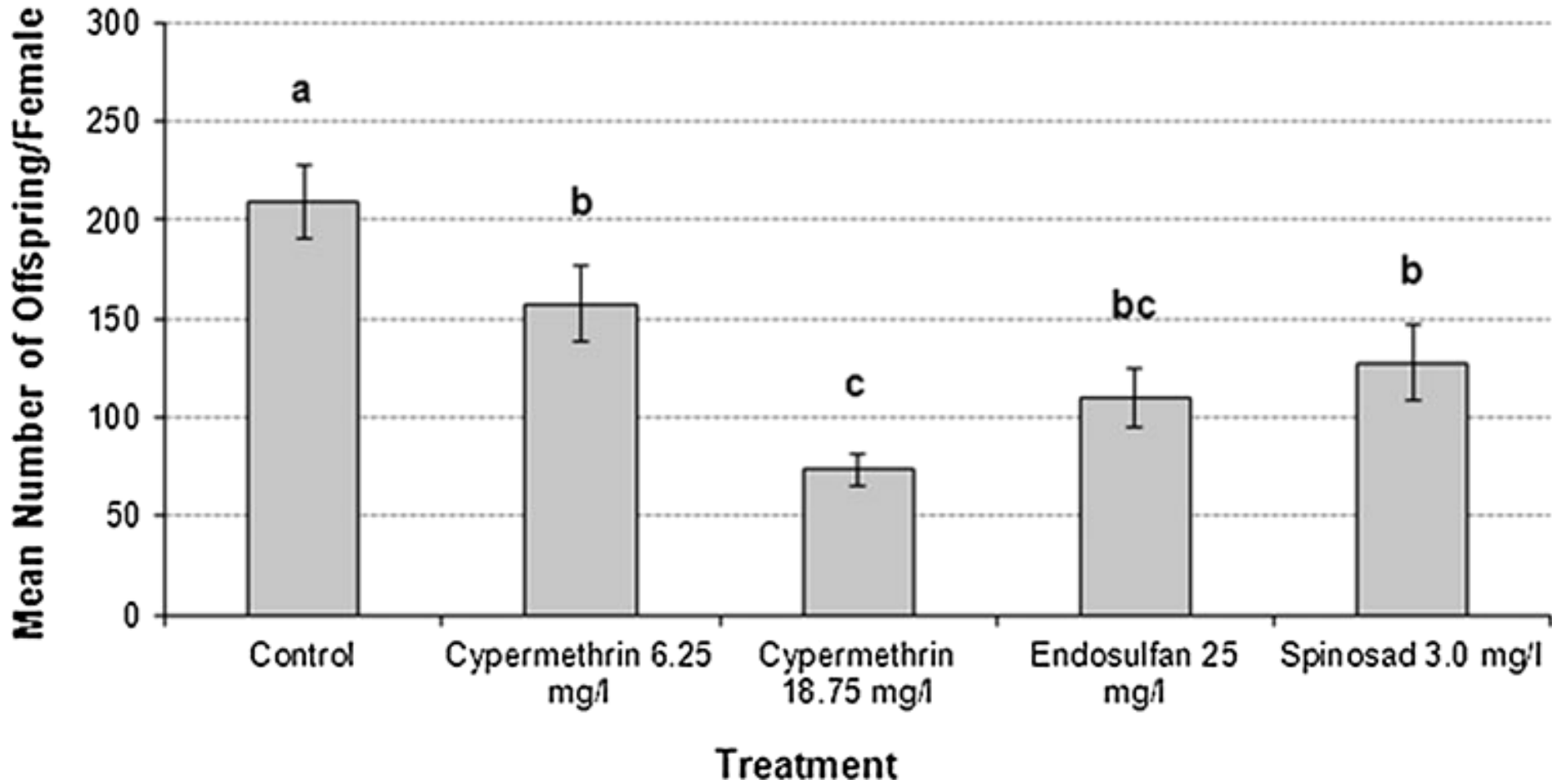
Masas de huevos Normales y Anormales con Insecticidas



Fecundidad con Insecticidas



Fertilidad con Insecticidas



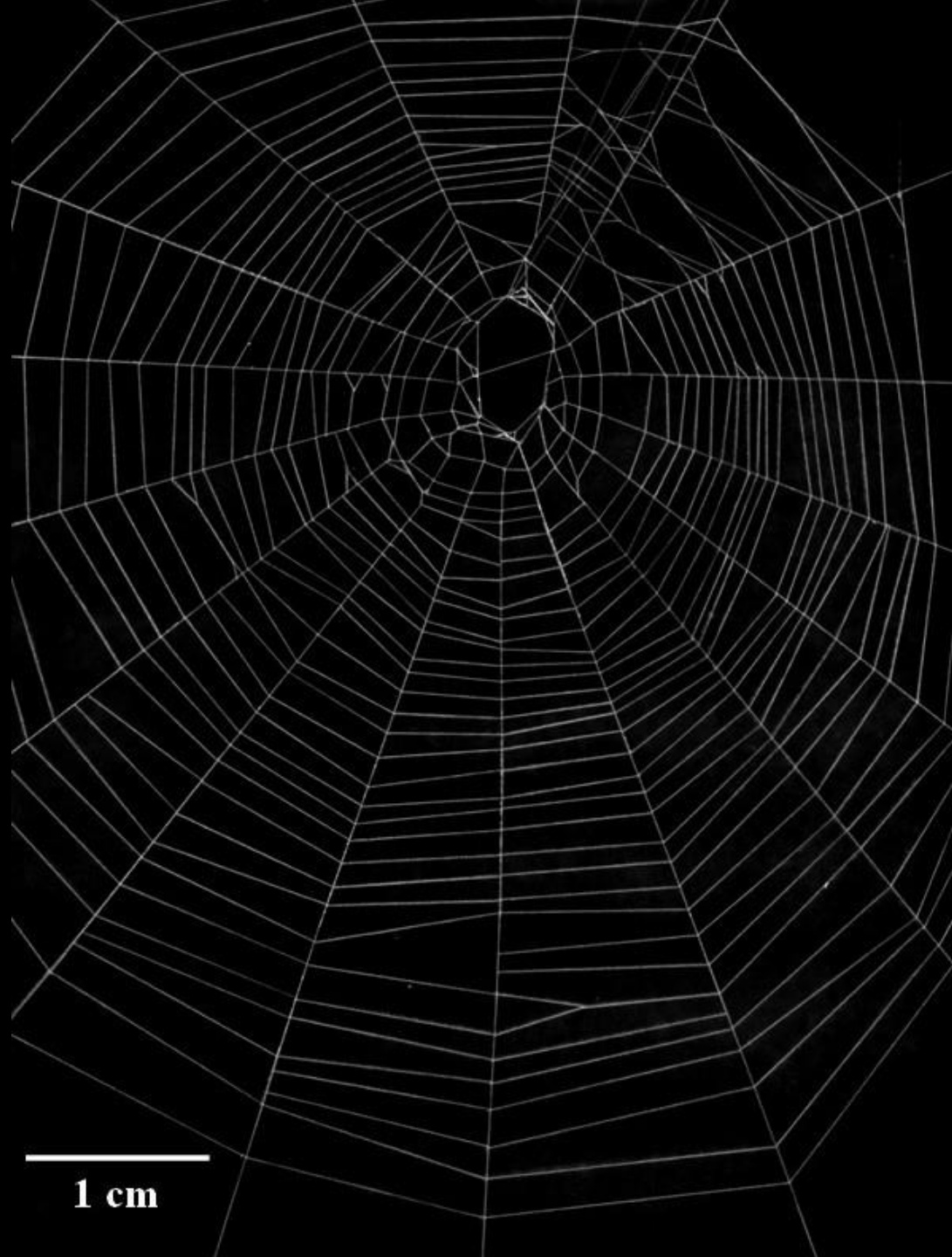
**INSECTICIDA
ESPECÍFICO**

METOXIFENOCIDA Insecticida regulador del crecimiento
Mimético de la hormona de la muda





CONTROL



1 cm

METOXIFENOCIDA

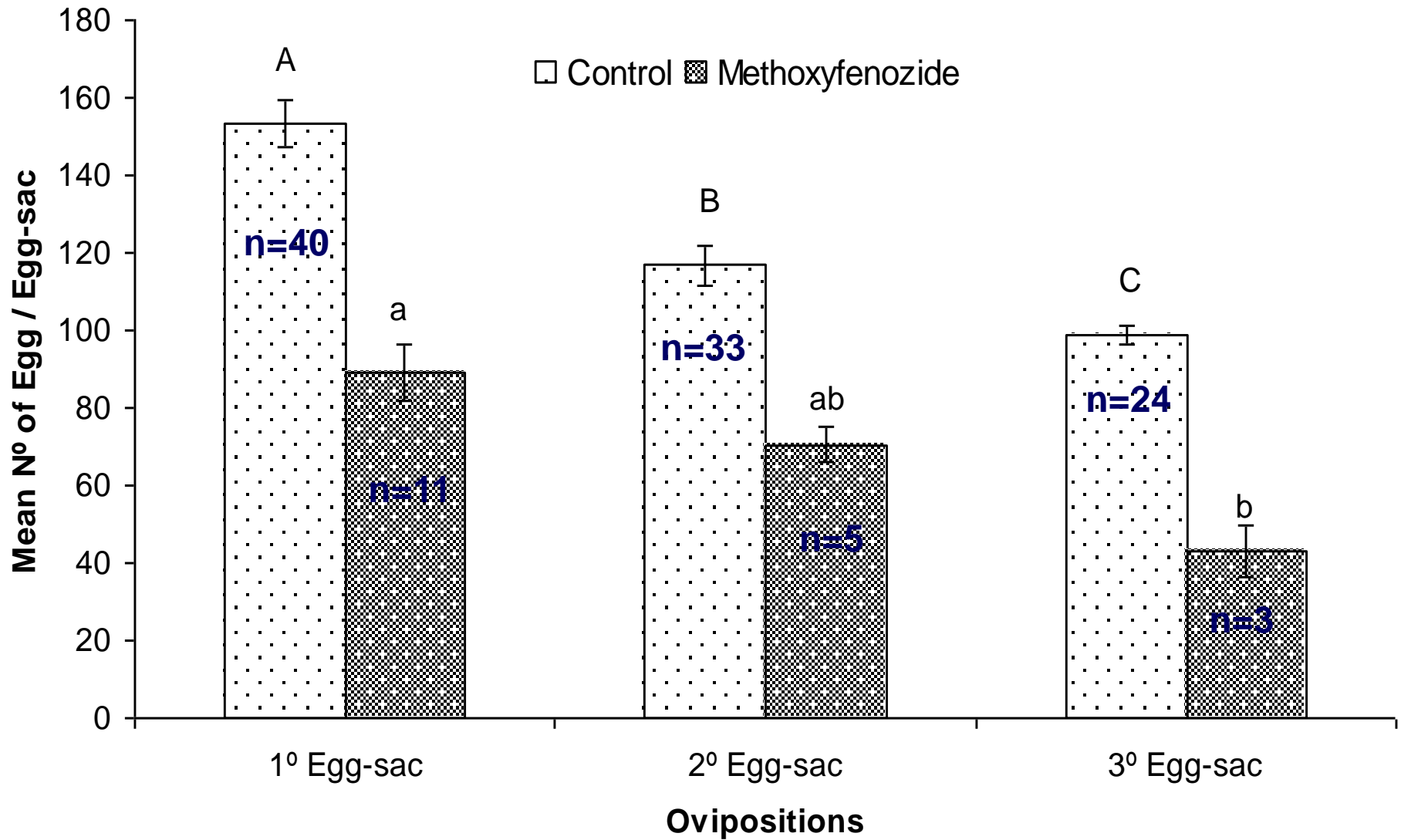
144 mg/l

**100%
concentración de
campo**

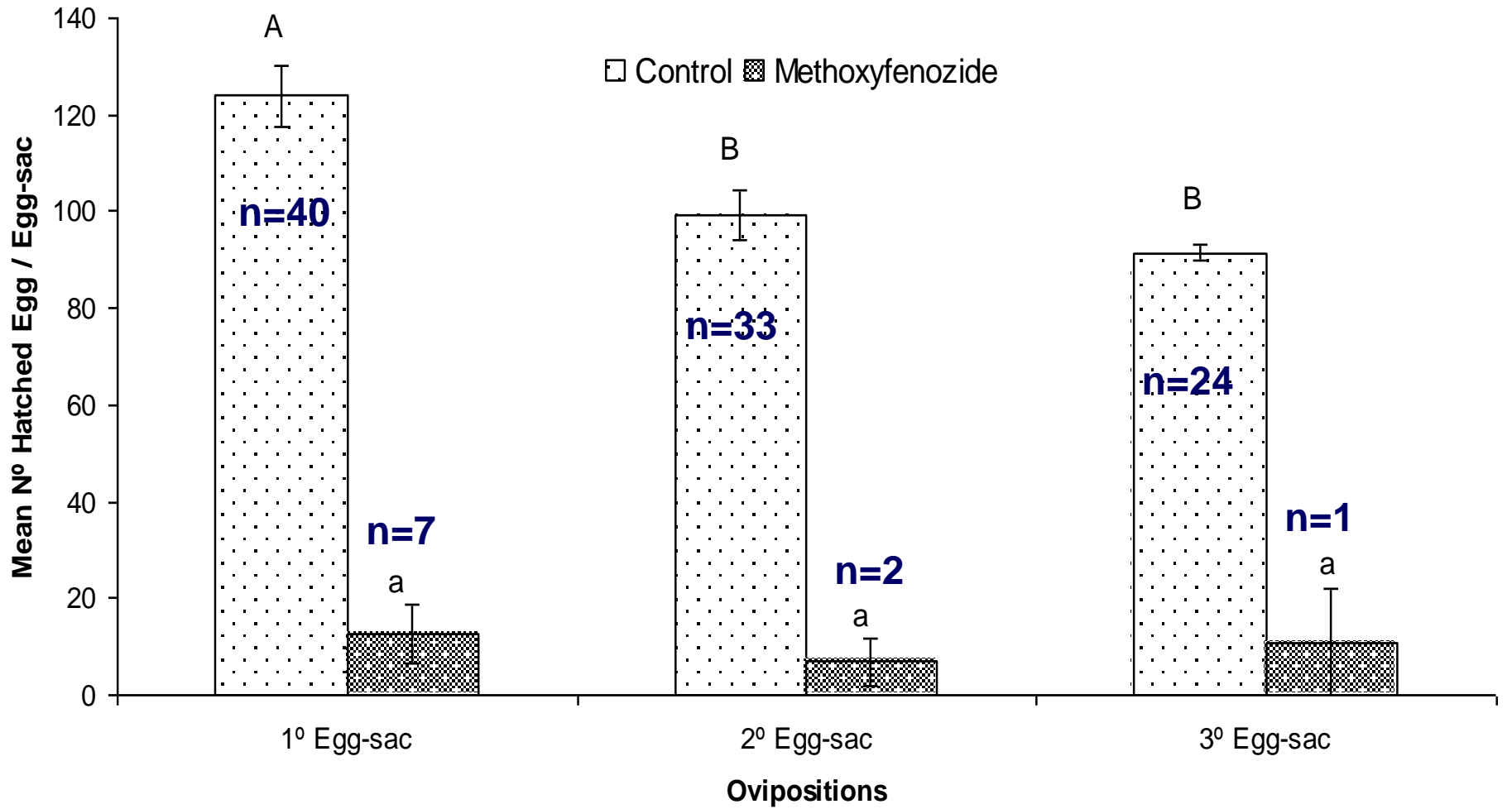


1 cm

Fecundidad con Metoxifenocida



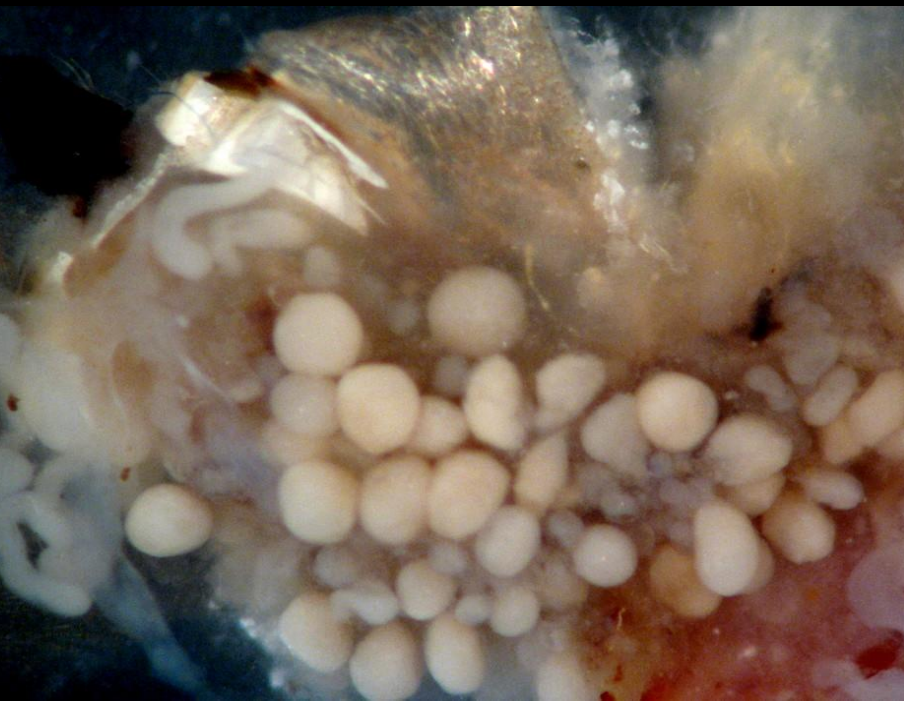
Fertilidad con Metoxifenozida



Control



Metoxifenocida

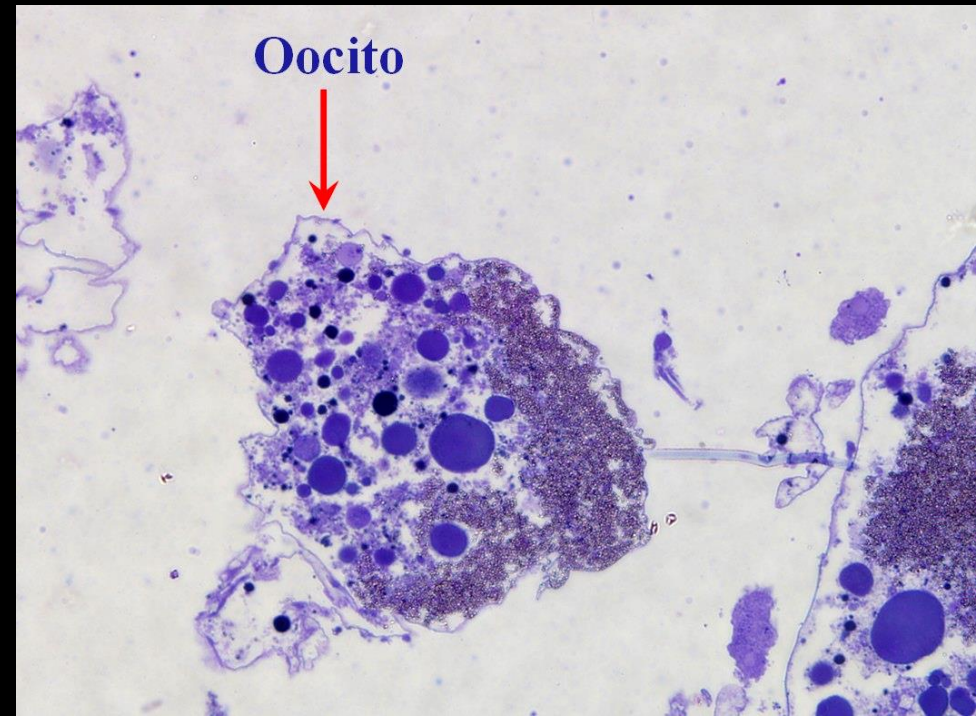




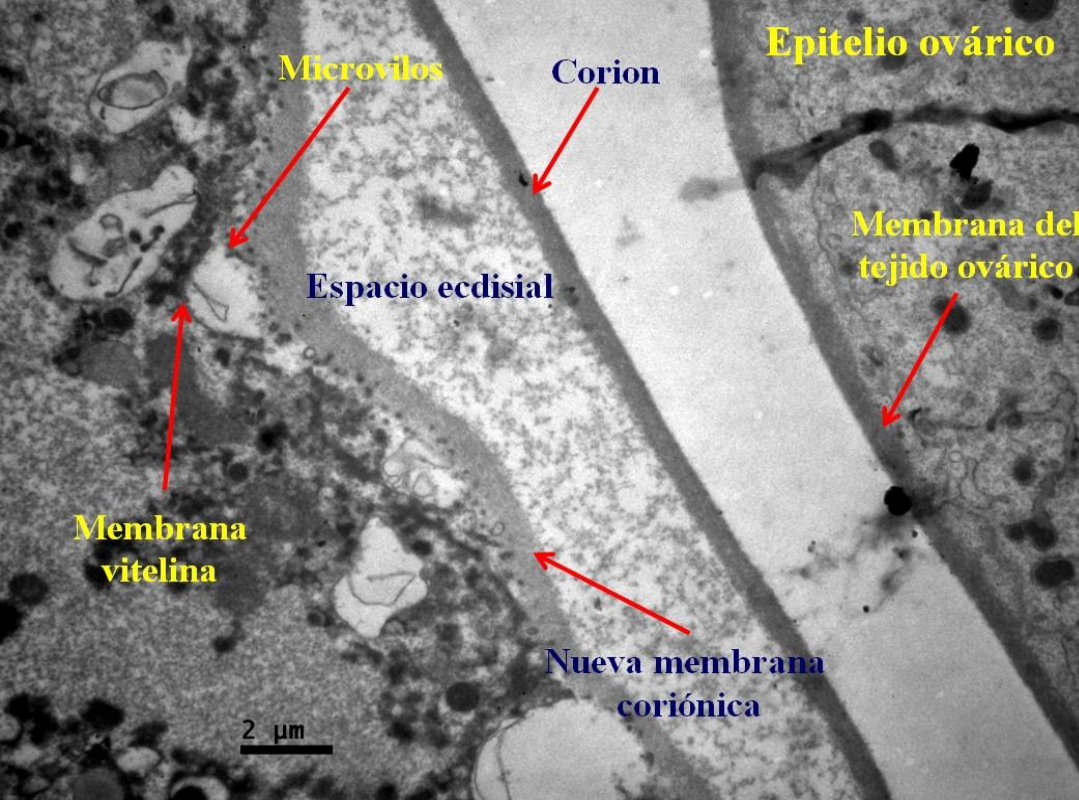
Corte del epitelio ovárico

Oocito de hembra control

Oocito de hembra tratada con metoxifenocida.

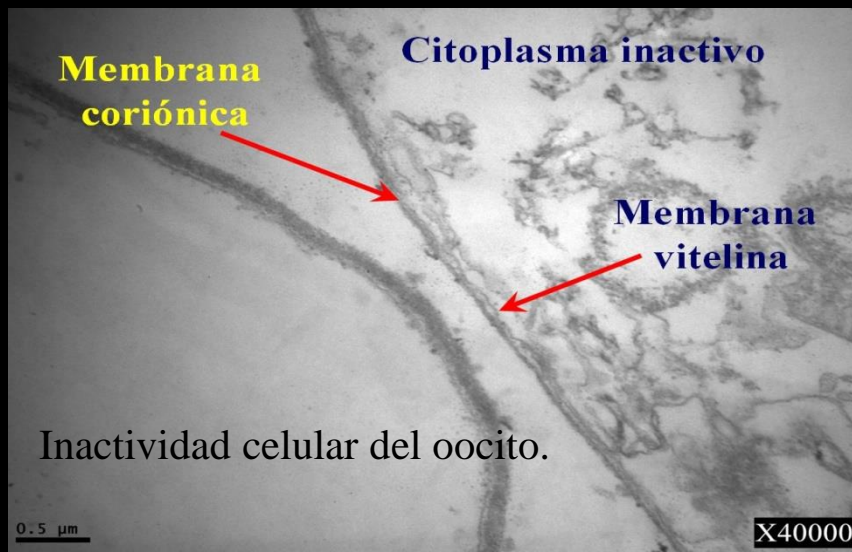


Oocitos a través de MET

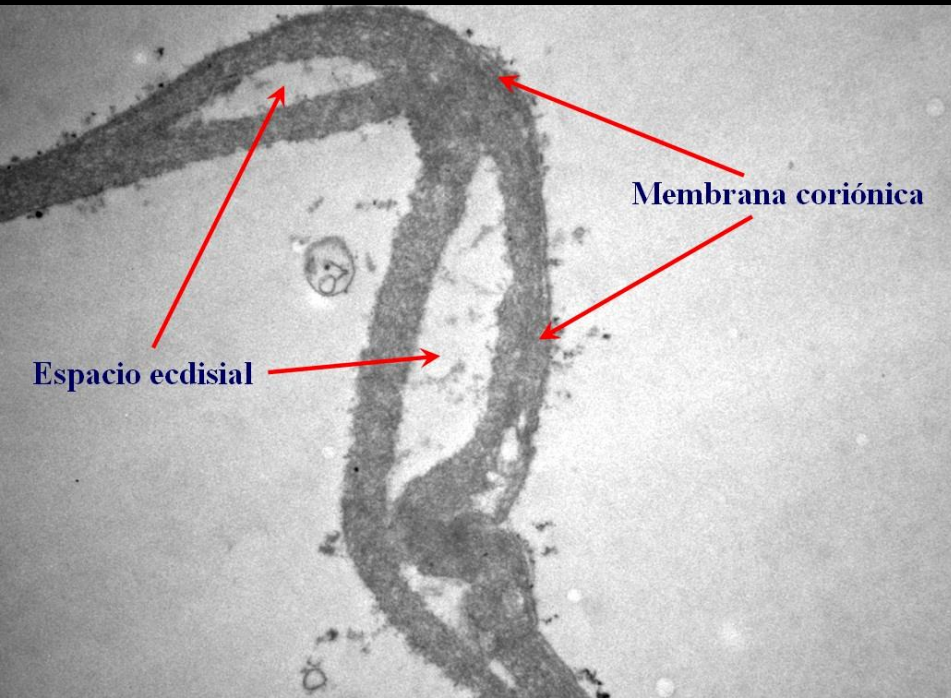
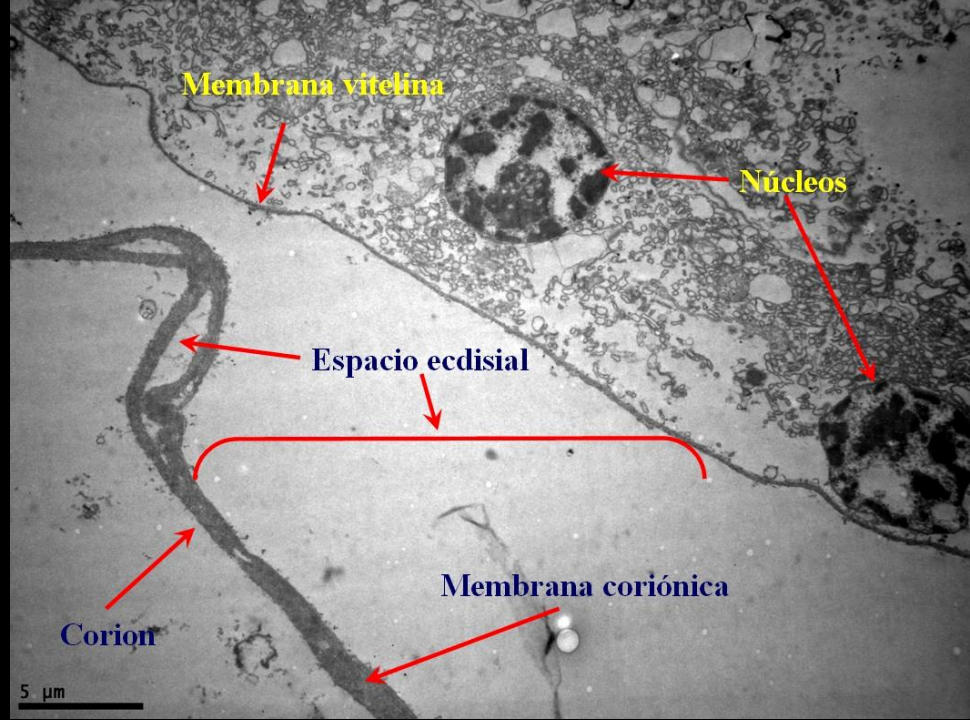


Oocito en desarrollo de hembra control.

Oocito de hembra tratada con metoxifenocida



Formación de doble pared celular en el corion.



Membrana corionica y diferencias en espesor de la misma.

OTROS INSECTICIDAS

Lycosa poliostroma



Clorantraniliprol

Lycosa erythrognatha



**El producto comercial utilizado fue RHINO 75WDG
(Clorantraniliprol 75%)**



Helicoverpa gelotopoeon



Ovicida, larvicida adulto

dosis de campo 16 gr/ha disuelto en 100 L/ha

Modo de acción 1

Altera la permeabilidad de la membrana de células nerviosas al sodio. Produce la apertura permanente del canal de sodio, originando hiperactividad/convulsiones sin control

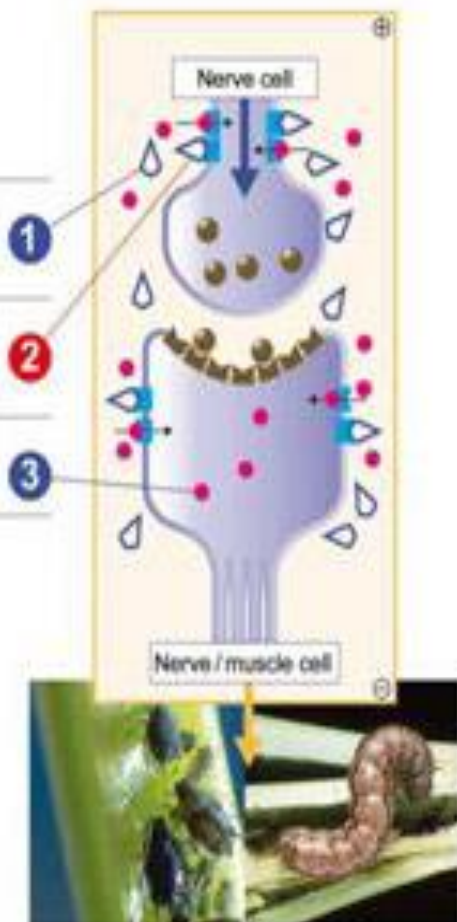
- AMPLIGO
- Different neurotransmitters
- Neurotransmitter receptor
- Sodium ion
- Sodium channel

Exposición al Ampligo

Ampligo altera la permeabilidad de la membrana de células nerviosas al sodio.

Menos sodio en células. Hiperactividad

Hiperexcitación,
convulsiones,
parálisis,
Muerte.



Modo de acción 2

Activa la liberación de calcio en los músculos, originando contracción muscular involuntaria.

- AMPLIGO
- Ryanodine receptor
- Calcium ion
- Acetylcholine

Exposición al Ampligo

Ampligo se une a receptores celulares abriendo los canales de calcio

El calcio liberado afecta el normal funcionamiento de los músculos

Parálisis
Inhibición de la
alimentación,
muerte.

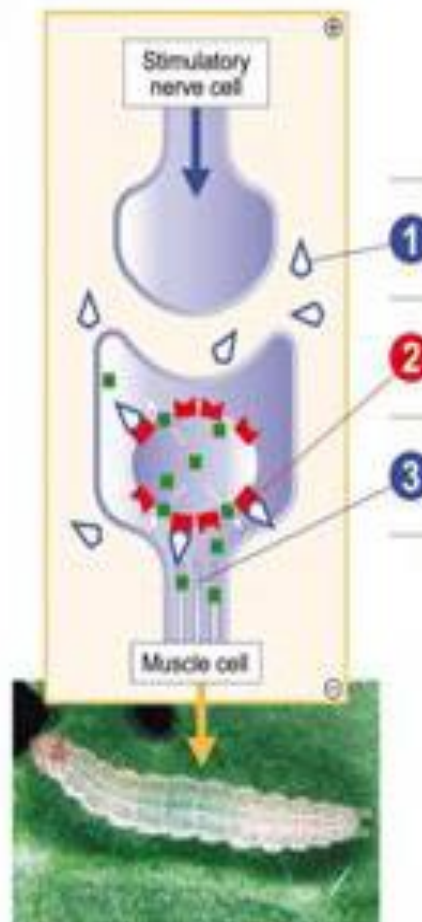


Table 9.13 Relative Selectivity of Selected Insecticides Toward Beneficial Insects

Insecticide	Predator					Parasitoid	
	Oi	Gp	Cr	Hc	Cs	Cm	Tp/Tnb
Tebufenozide	A	A	—	—	A	—	—
Methoxyfenozide	B	A	—	—	—	—	A
Spinosad	B	A	A	A	A	D	D
Indoxacarb	A	A	A	—	A	A	A
Chlorantraniliprole	A	A	—	A	—	—	A
Pyridalyl	B	A	A	A	—	A	B
Imidacloprid	B	B	—	C	—	—	C
Emamectin benzoate	D	—	—	—	—	—	C
Abamectin	D	—	—	—	—	—	—
Fipronil	D	D	—	A	—	—	—
Chlorfenapyr	C	D	—	A	—	—	D
Cyhalothrin	D	D	A	B	—	C	C
Cyfluthrin	C	A	—	D	—	—	—
Cypermethrin	—	—	—	—	—	—	B
Tau-fluvalinate	—	—	—	—	—	—	B
Bifenthrin	—	—	D	—	—	—	—
Profenofos	D	A	—	B	—	—	C
Malathion	D	D	—	C	—	—	—
Naled	—	—	—	—	—	—	D
Endosulfan	—	A	—	B	—	—	—
Azadirachtin	—	—	A	—	—	—	—

THE TOXICOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF INSECTS (Simon J. Yu) 2015.

Depredadores

Oi: *Orius insidiosus*

Gp: *Geocoris punctipes*

Cr: *Chrysoperla rufilabris*

Hc: *Hippodamia convergens*

Cs: *Coccinella septempunctata*

Parasitoides

Cm: *Cotesia marginiventris*

Tp/Tnb: *Trichogramma* spp.

A: Insecticida seguro

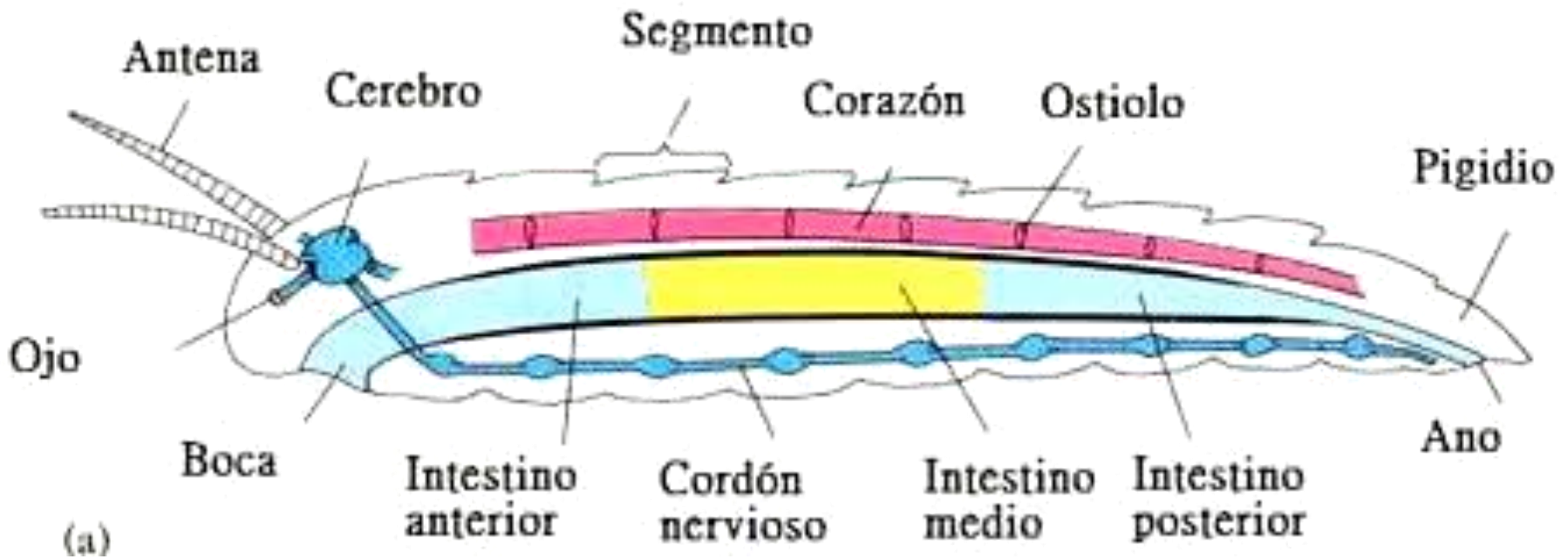
B: Ligeramente tóxico

C: Moderadamente tóxico

D: Muy tóxico

Sources: Sparks, T.C., New insect control agents: Modes of action and selectivity (<http://www.regional.org.au/au/esa/2001/03/0304sparks.htm?print=1>). 2001; Hewa-Kapuge, S. et al., *J. Econ. Entomol.*, 96.

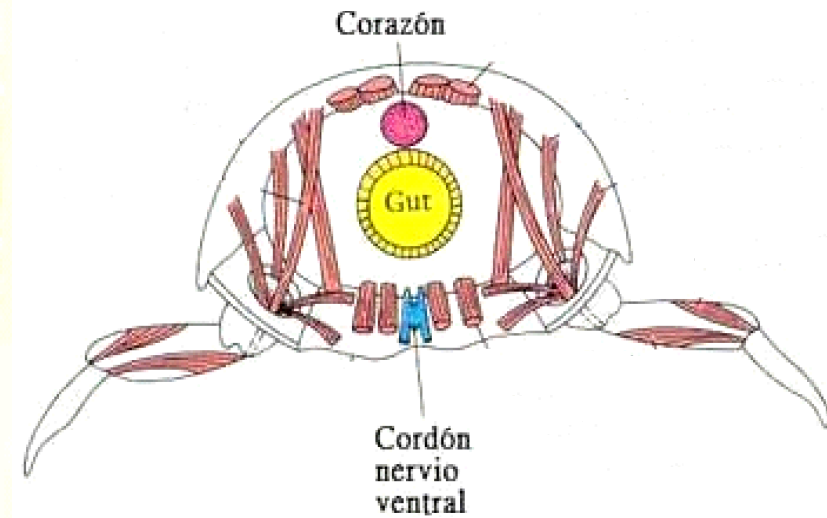
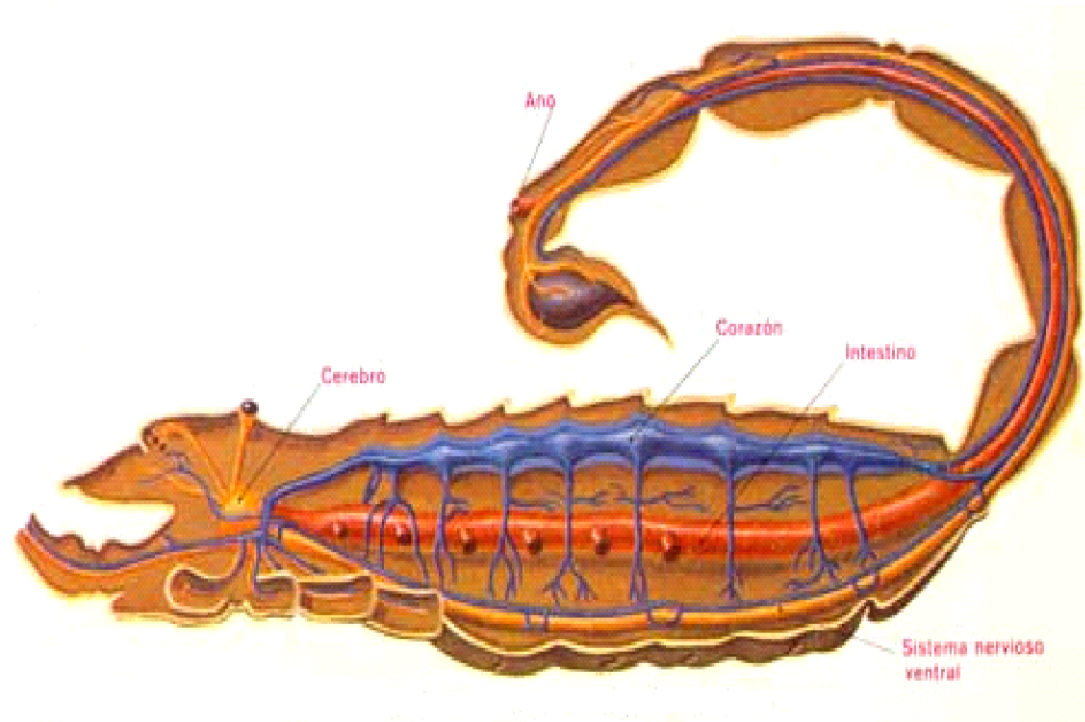
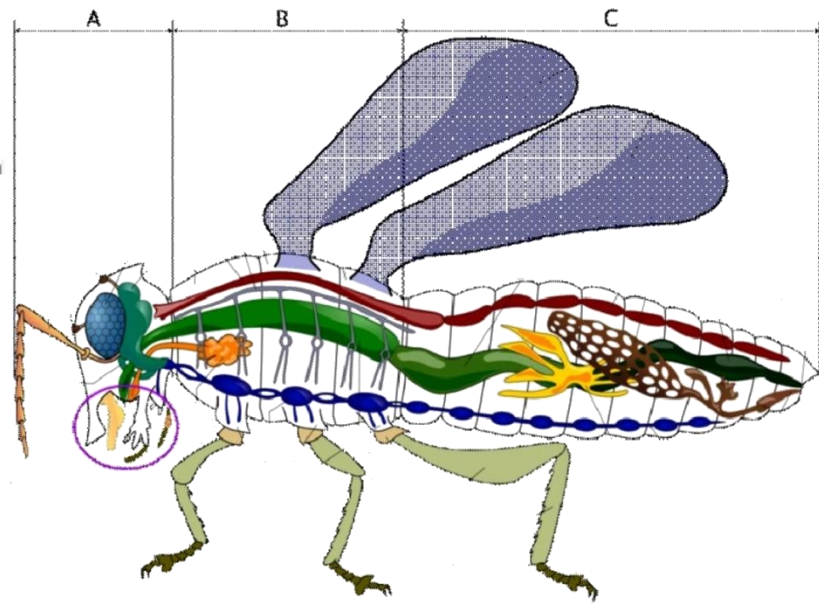
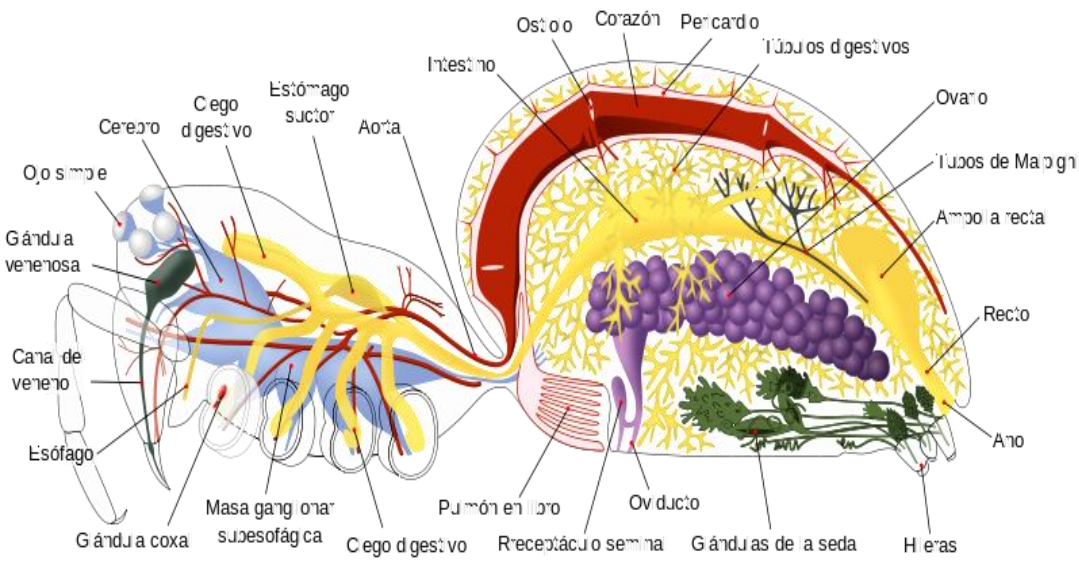
Organización general de los artrópodos



Sistema circulatorio

Sistema digestivo

Sistema nervioso



Emular el diseño empleado en el cultivo de soja:

- Tratamiento con un umbral de daño mínimo y máximo, cada 7 días (Grupo-1)
- Tratamiento preventivo, cada 15 días (Grupo-2)

Se comprobó el proceso de contracción muscular, presentando temblores a nivel de patas, contracciones bruscas de todo el cuerpo, sin relajación posterior incluyendo las hileras, ocurriendo finalmente parálisis y la muerte.

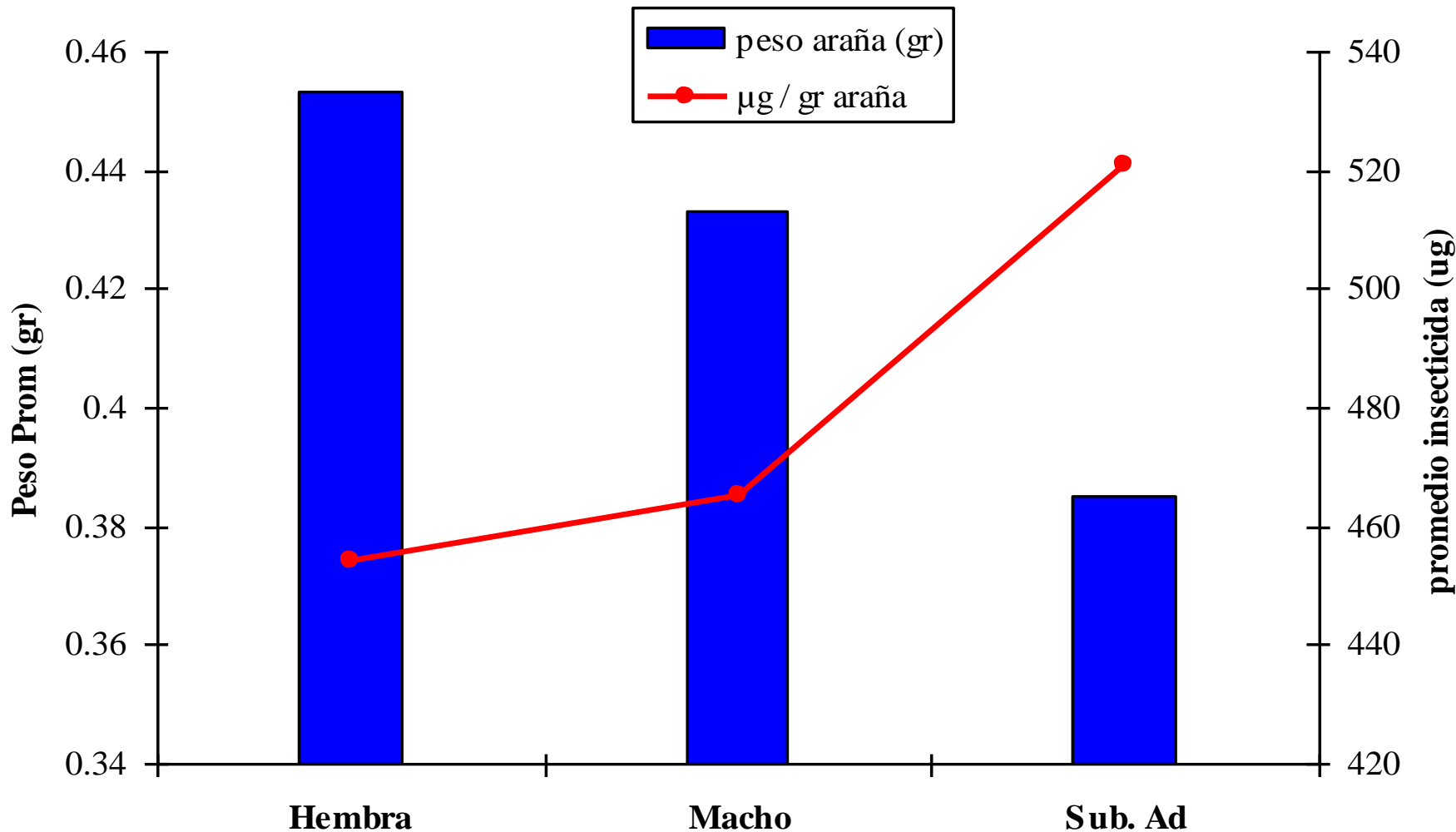






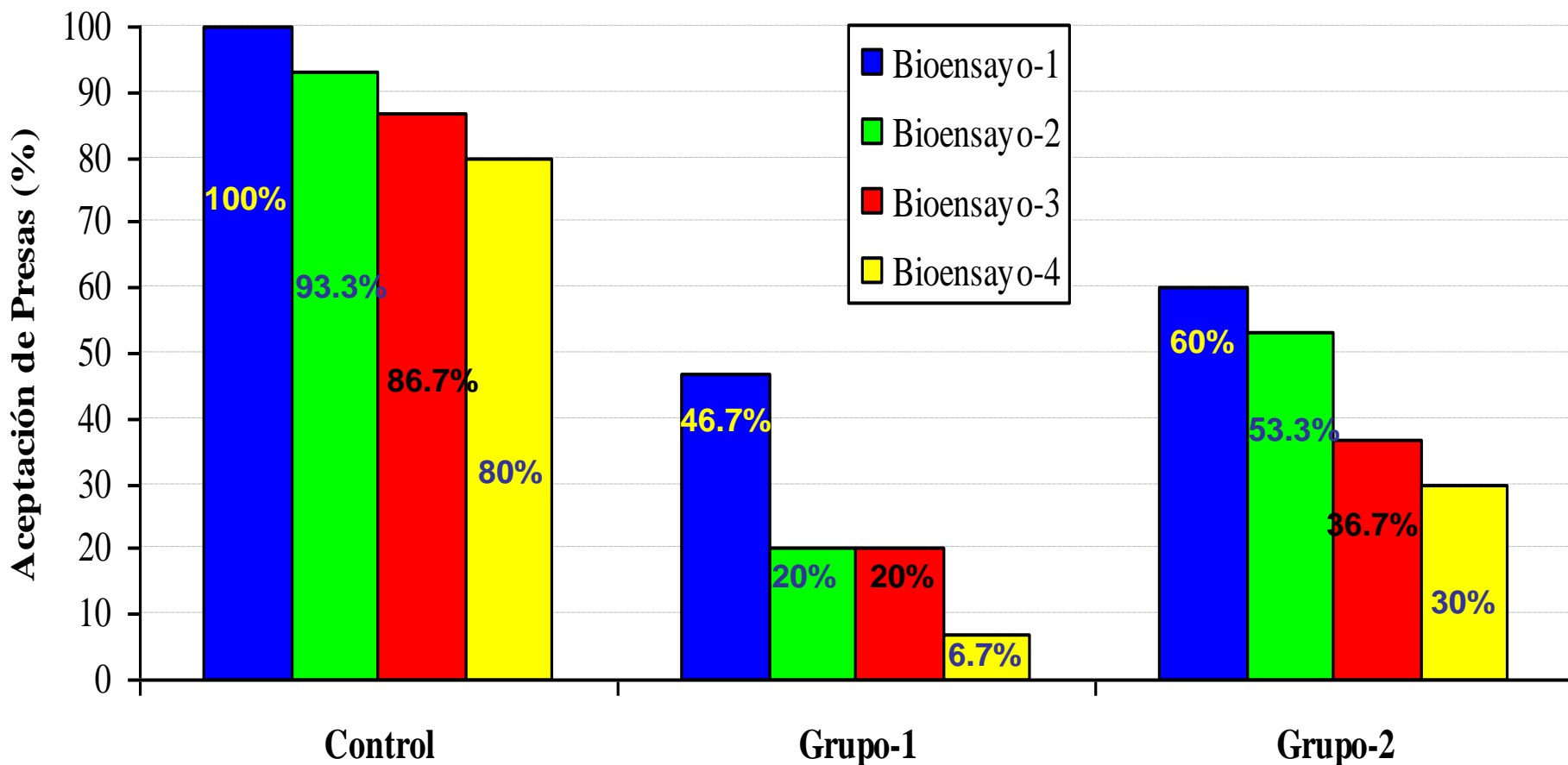
Se observa el efecto de contractura



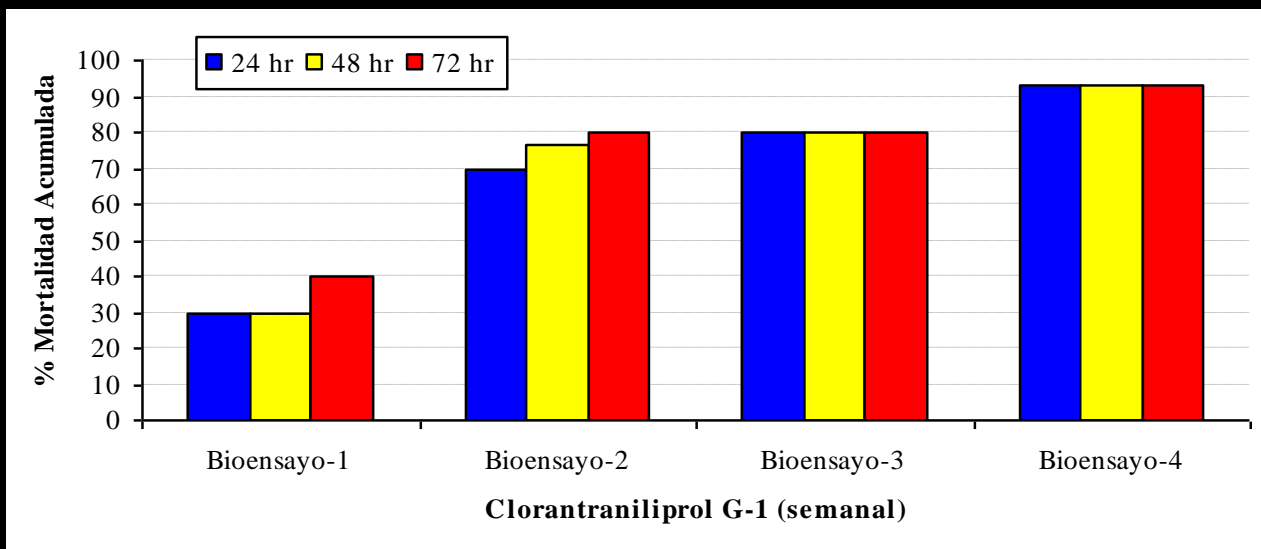


Peso promedio de *Lycosa poliostruma*, y cantidad de insecticida recibido por araña vía tópica.

Tasa de aceptación de presas post tratamiento con el insecticida clorantraniliprol, en *Lycosa poliostruma*.

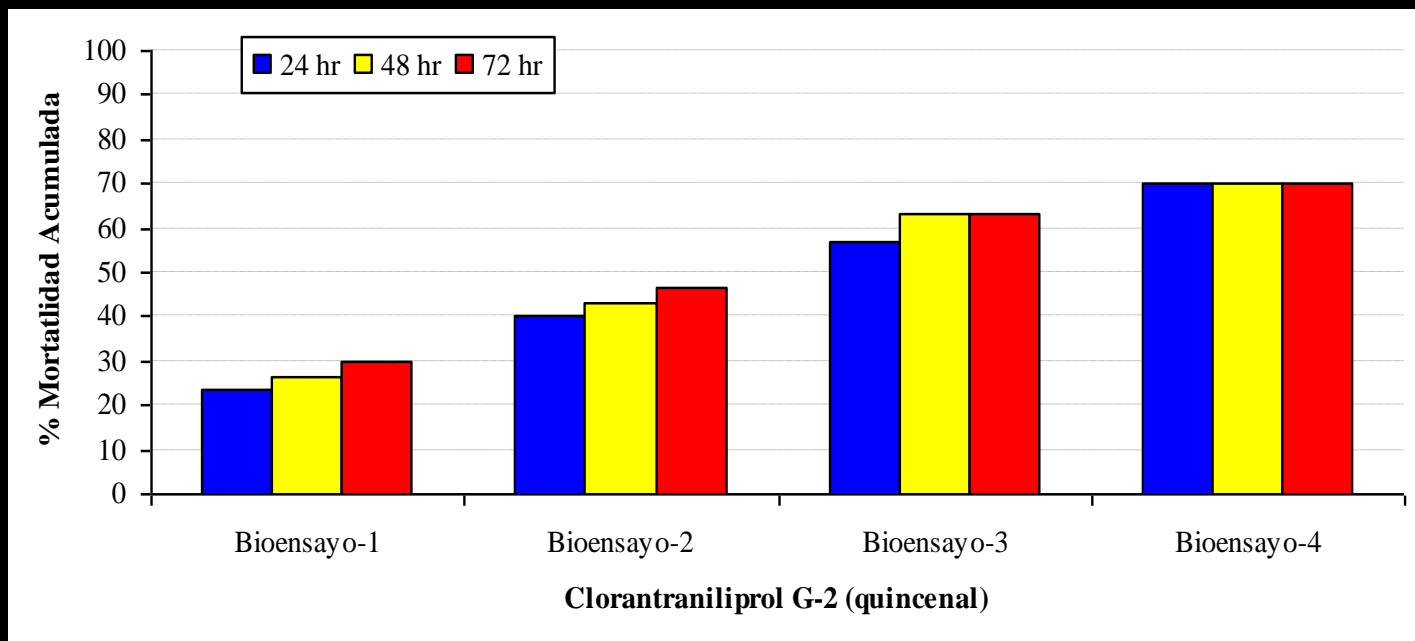


Mortalidad acumulada durante cuatro bioensayos

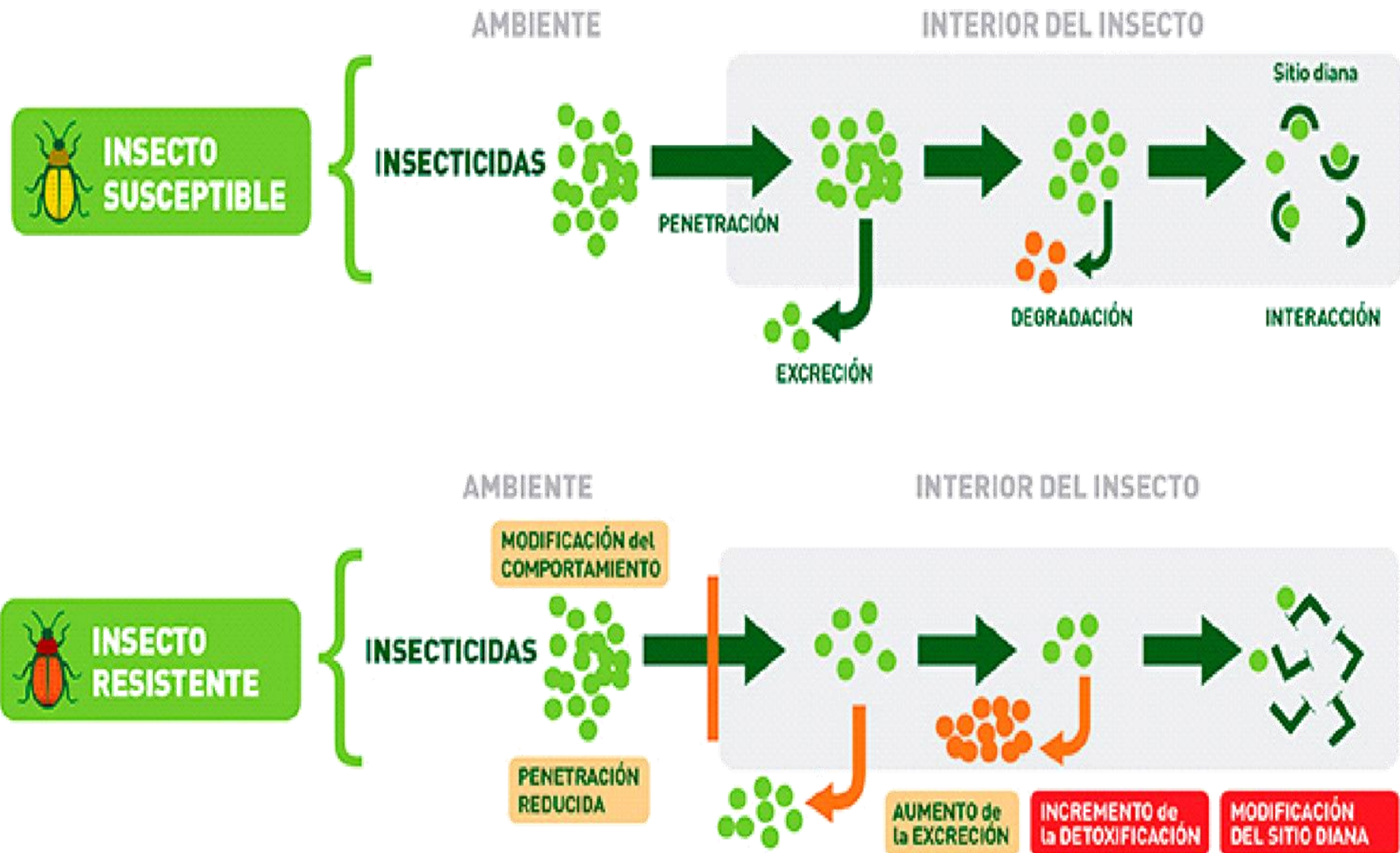


93.33% de mortalidad Grupo-1

70% de mortalidad Grupo-2



Cambios fisiológicos y de comportamiento asociados con la resistencia a insecticidas:





Parawixia audax

Geonex (thiametoxan + lambda cyhalotrina)

Geonex

**(thiametoxan + lambda cyhalotrina)
(Neonicotinoide + Piretroide)**

Pérdida de control muscular, parálisis y muerte

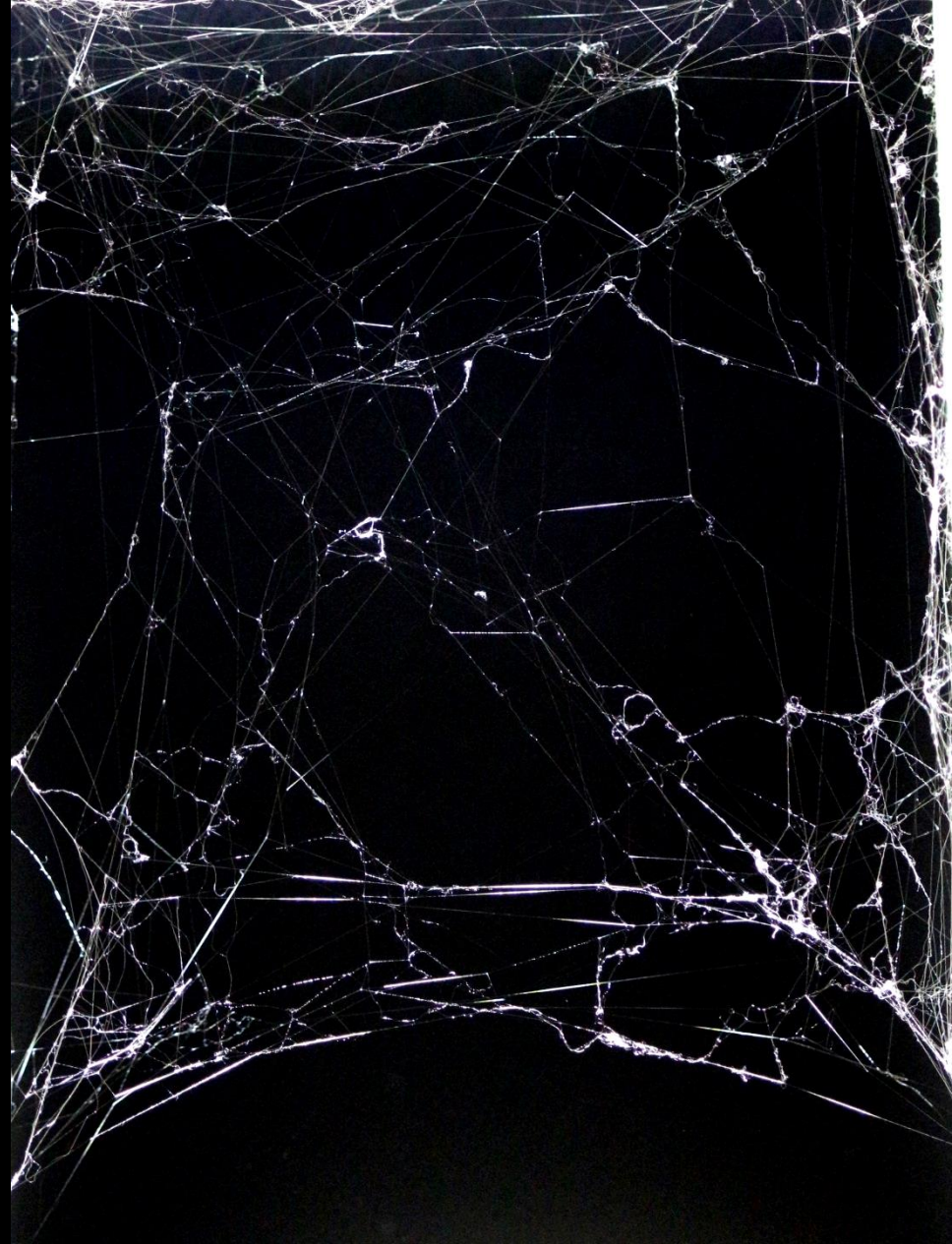
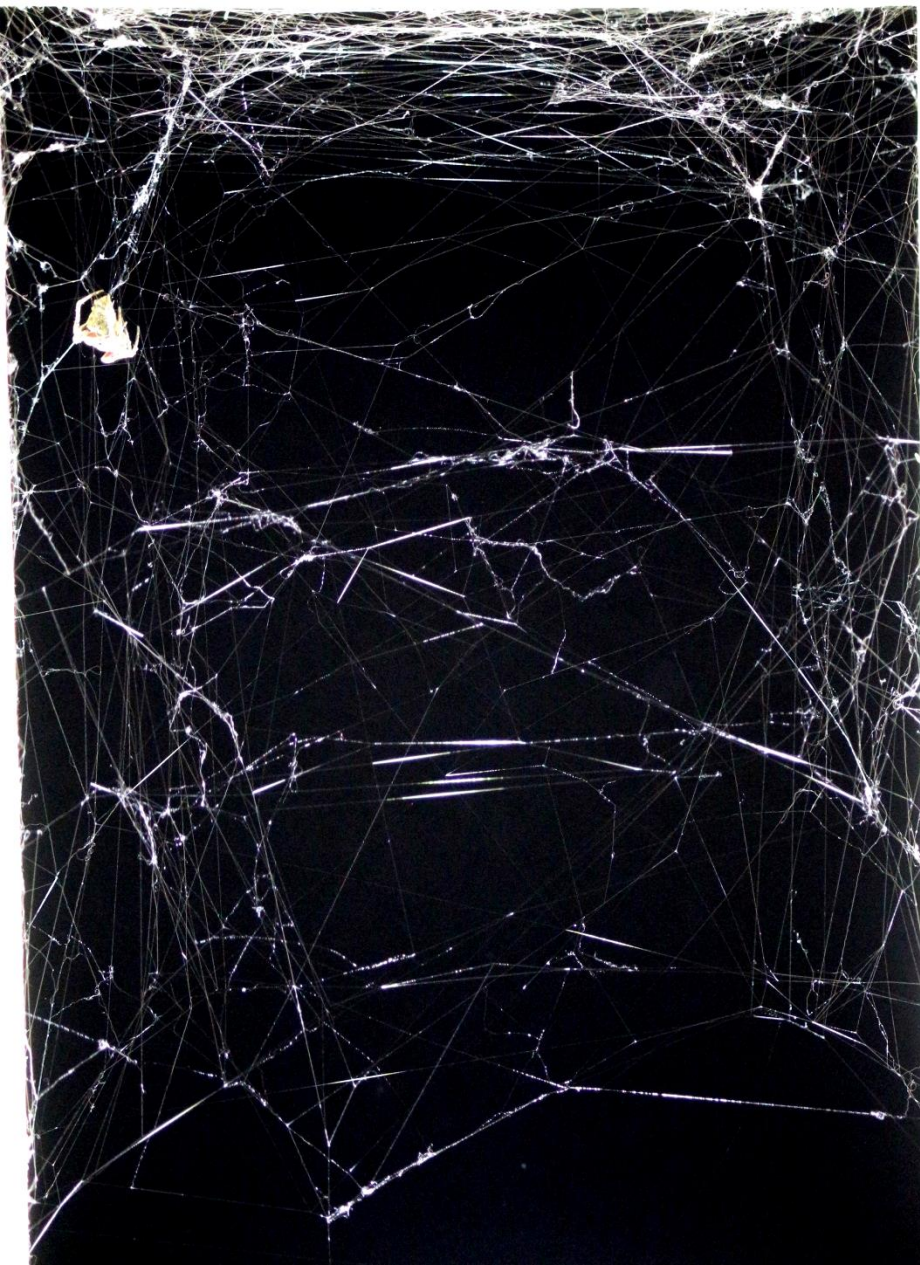




**Tela de *Parawixia audax*,
tratamiento control**



Geonex (tiametoxam + lambda-cyhalotrina)





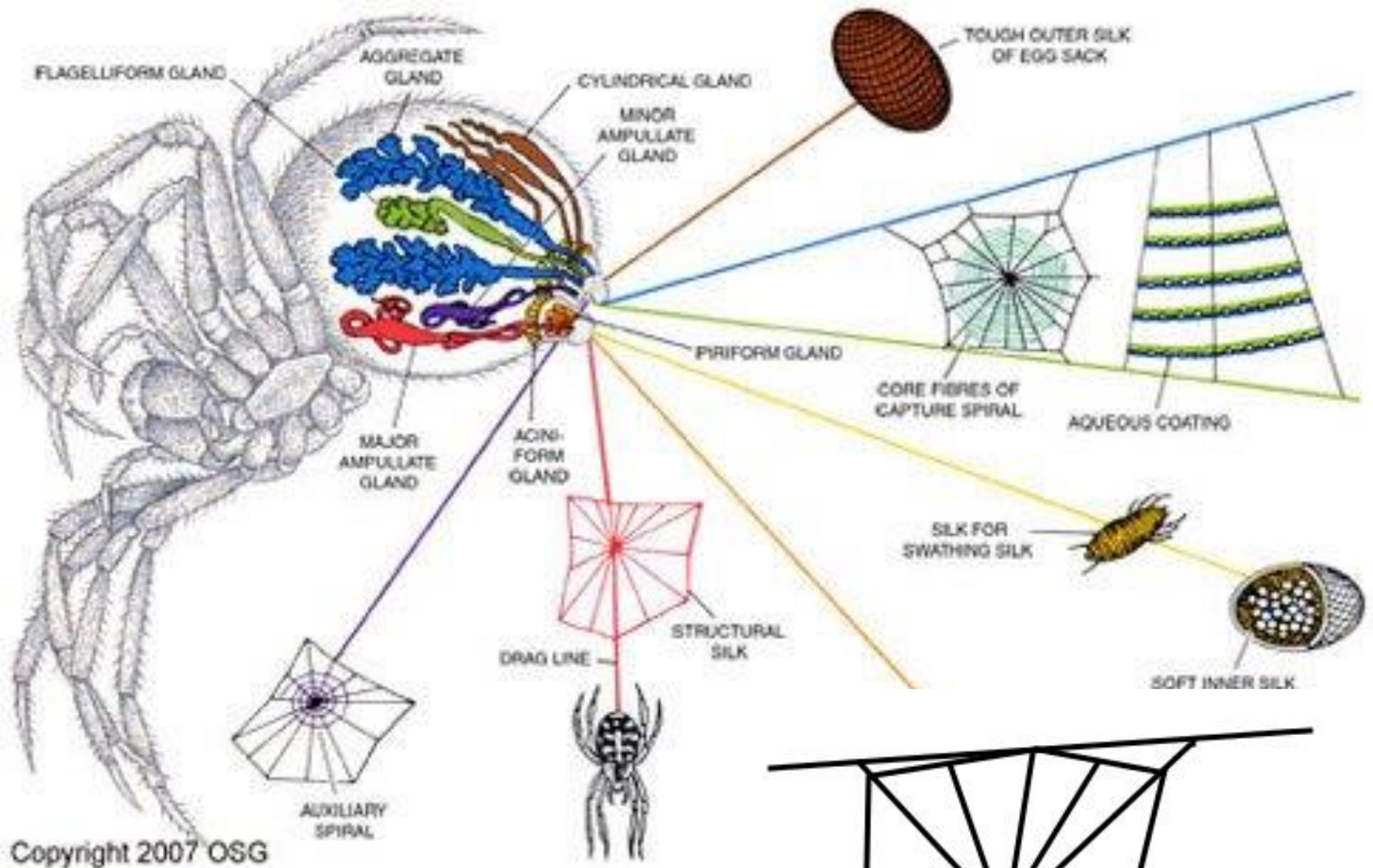




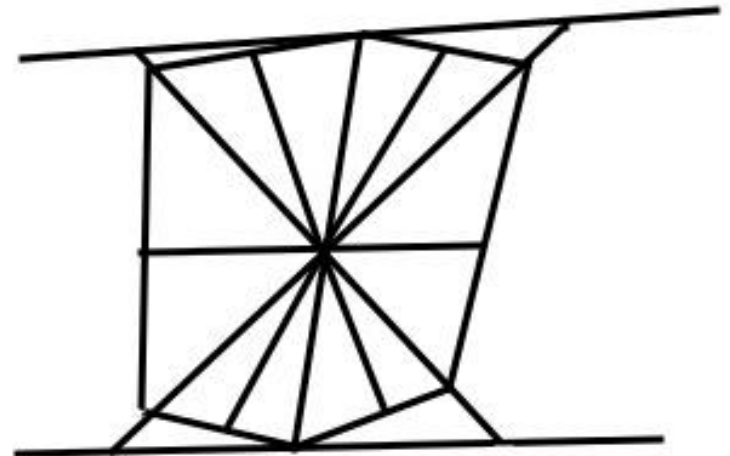
Cambios en las propiedades mecánicas y nanoestructuras de la seda de araña, como consecuencia de la exposición a insecticidas

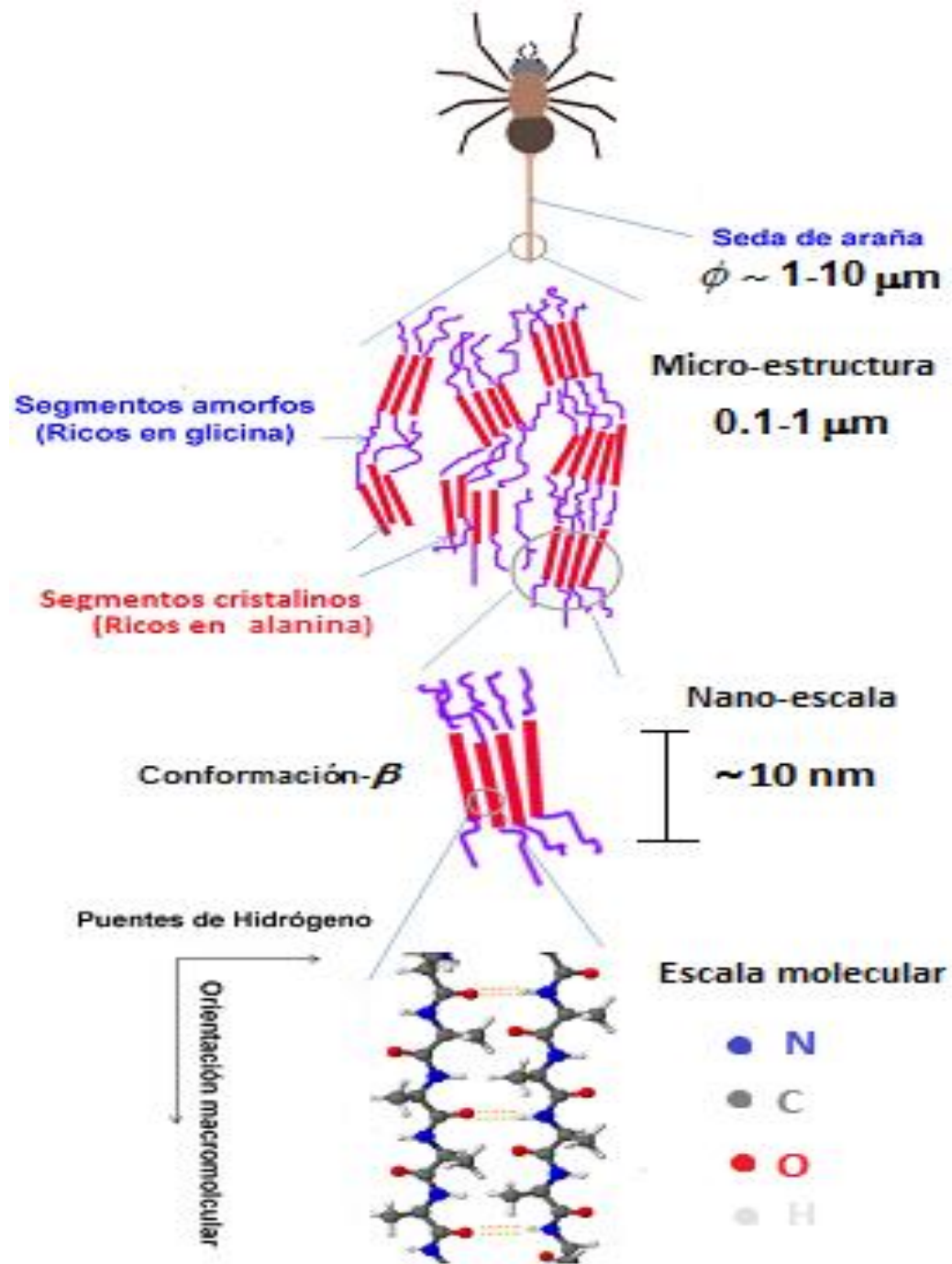
Marco Benamú, Mariángeles Lacava, Luis F. García, Martín Santana, Jian Fang, Xungai Wang, Sean J. Blamires

- Pruebas de tracción**
- Pruebas de fuerza y dureza (capacidad de deformar y absorber energía)**
- Análisis de composición de aminoácidos**
- Determinar estructuras y orientaciones de proteínas formadoras de cristales de las sedas.**



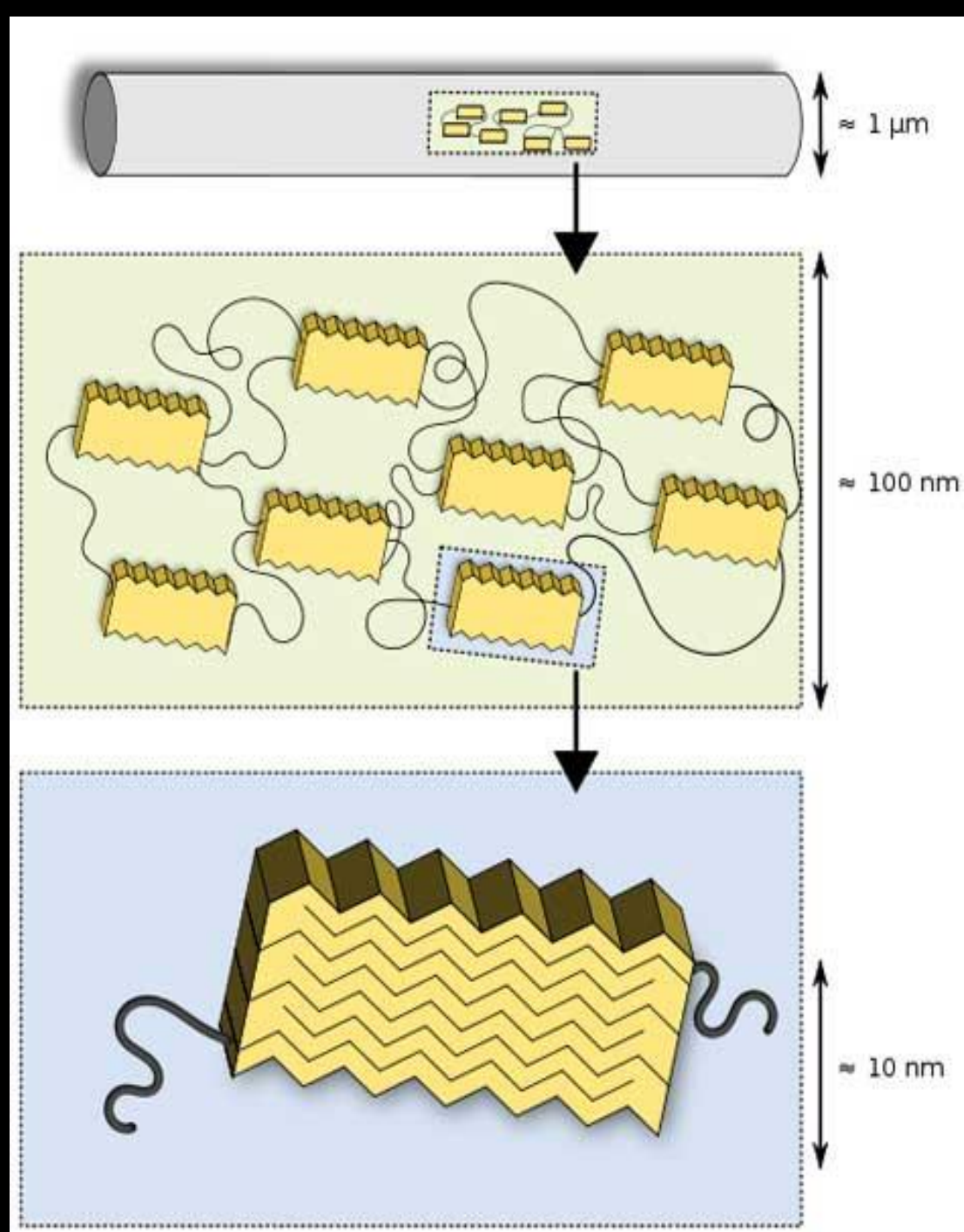
**La Glándula Ampulácea Mayor,
 produce la seda estructural**



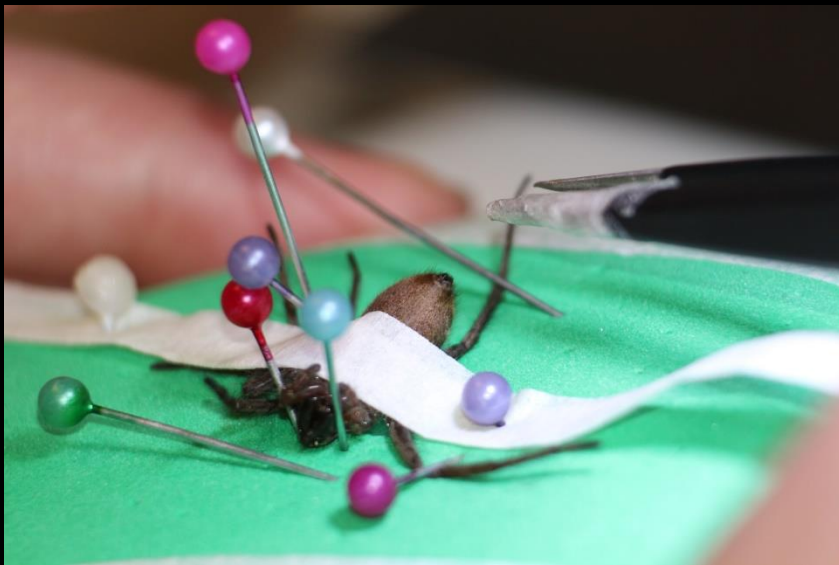
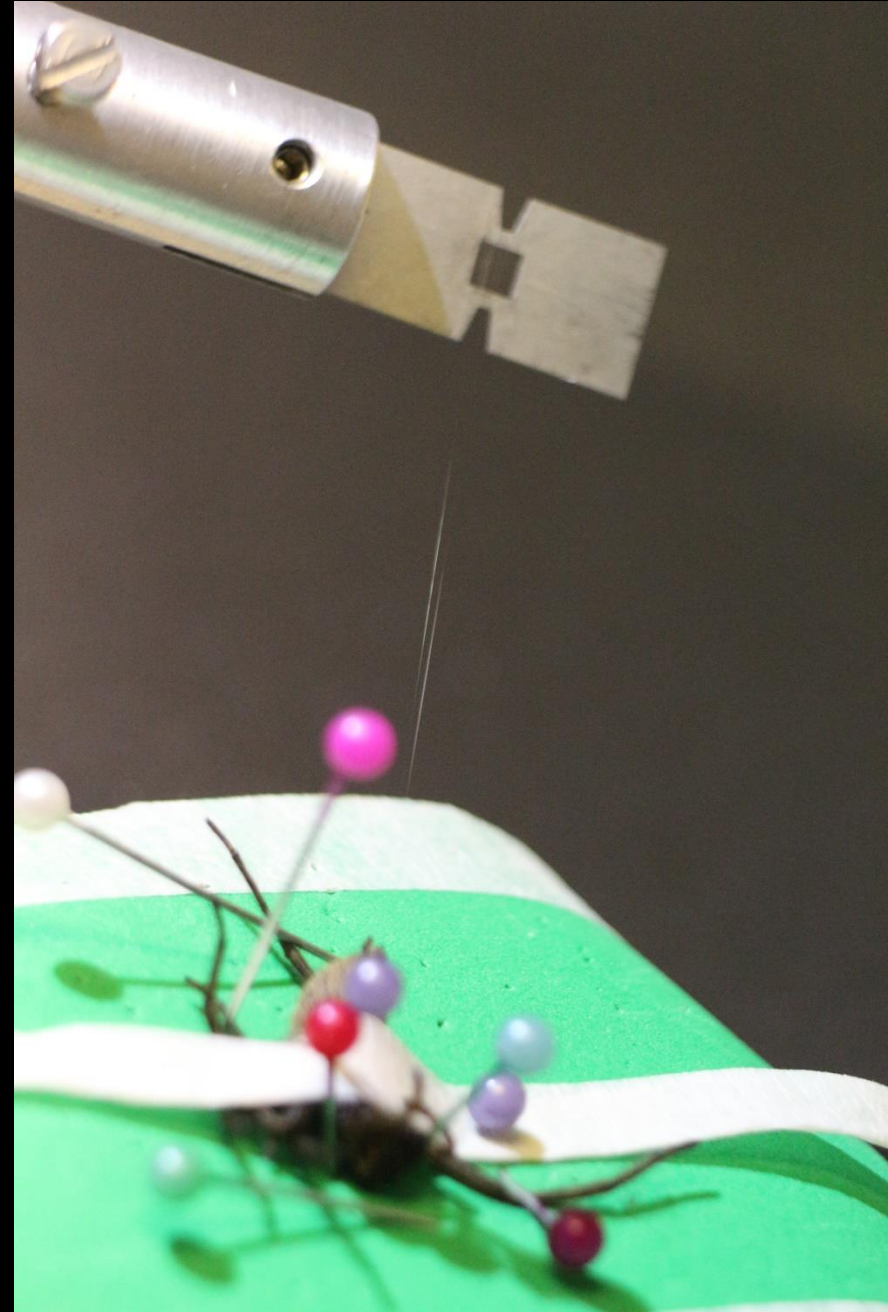
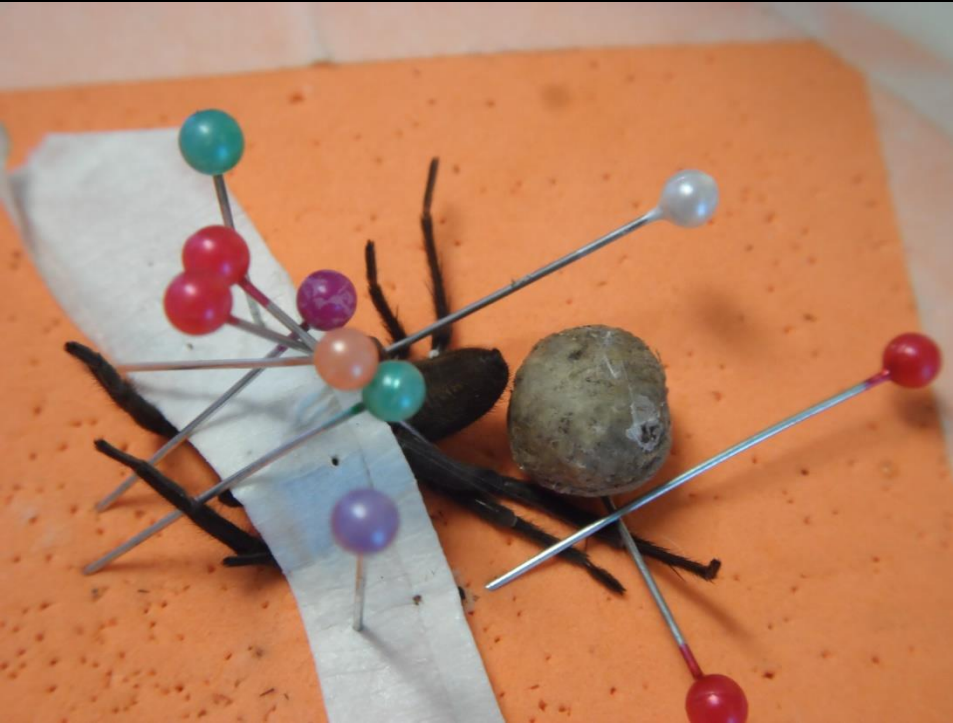


Dentro de cada fibra, ciertos aminoácidos que se ordenan formando cristales (10 nm), mientras que otros se colocan alrededor formando una matriz elástica amorfa.

La combinación de estas dos estructuras, los cristales duros y el medio elástico circundante que le da al hilo sus propiedades.

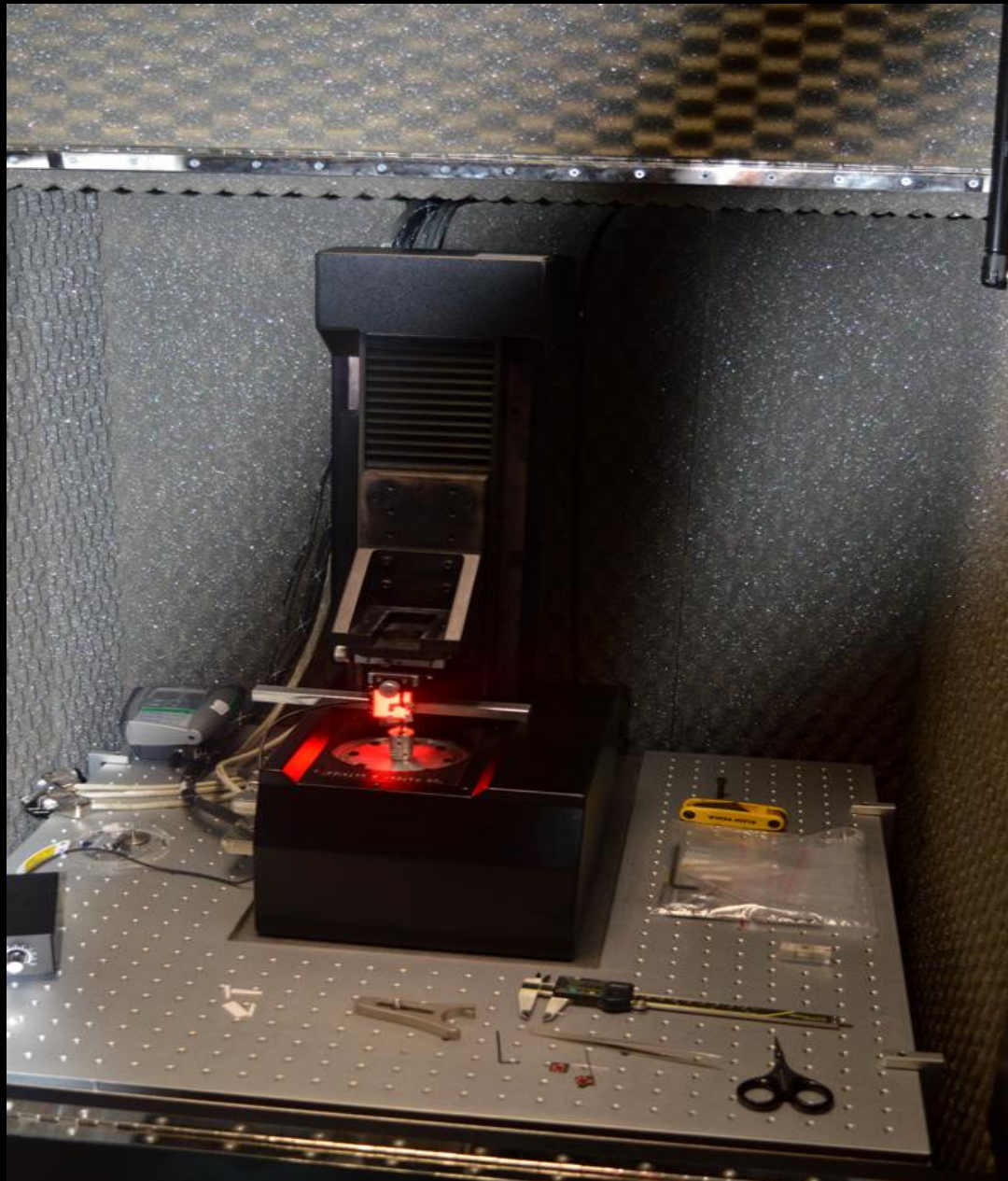


Procesos y mecanismos para extracción de seda

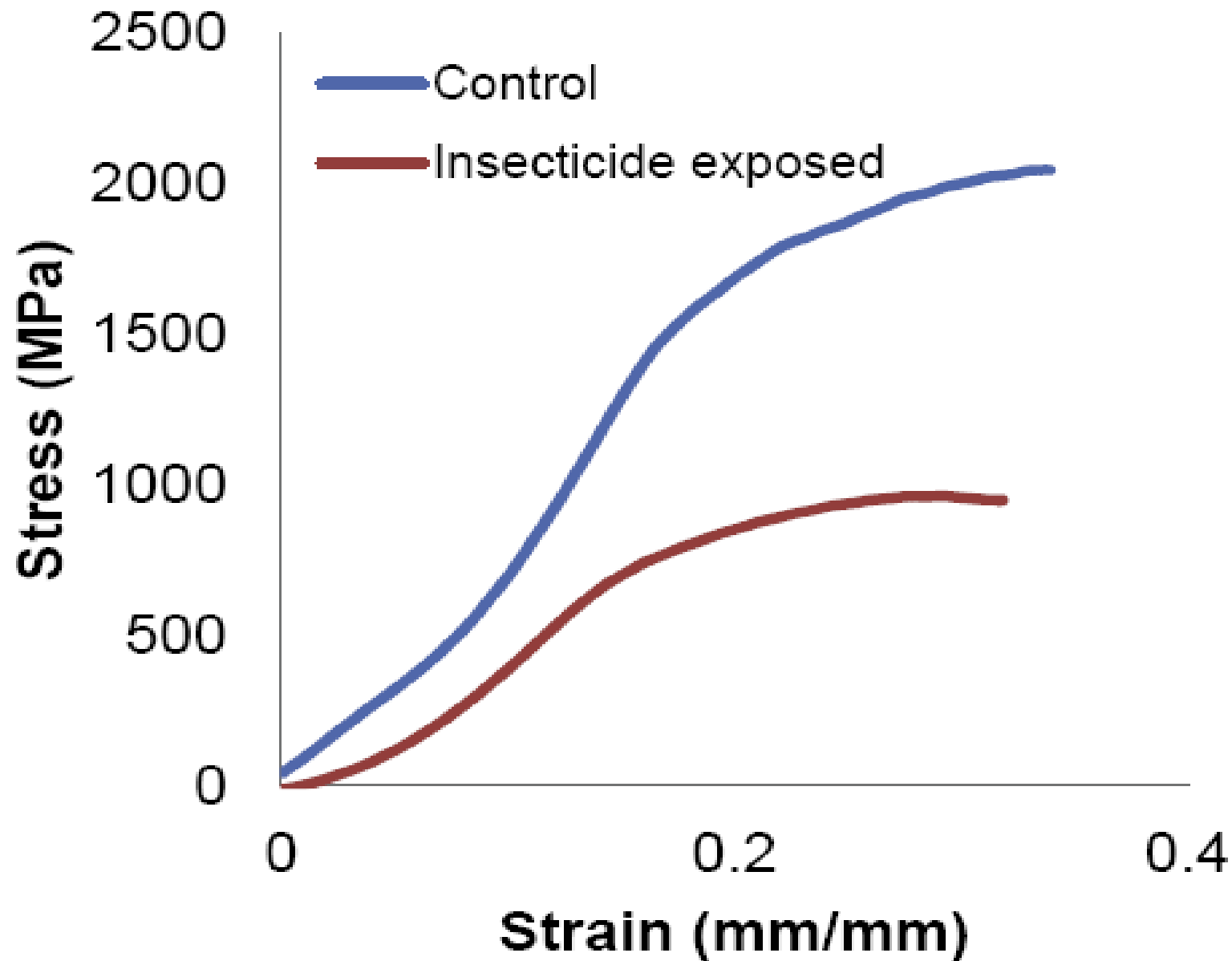


Parawixia
Caudata
Control No. 22

Pruebas de tracción de las sedas

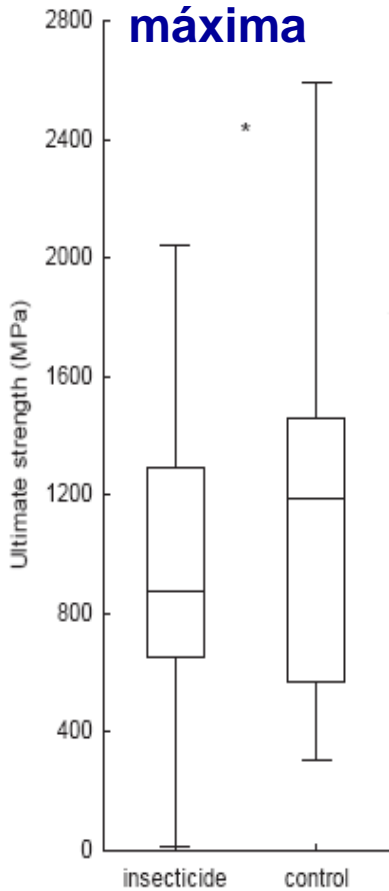


Curvas de tensión frente a deformación en sedas de arañas

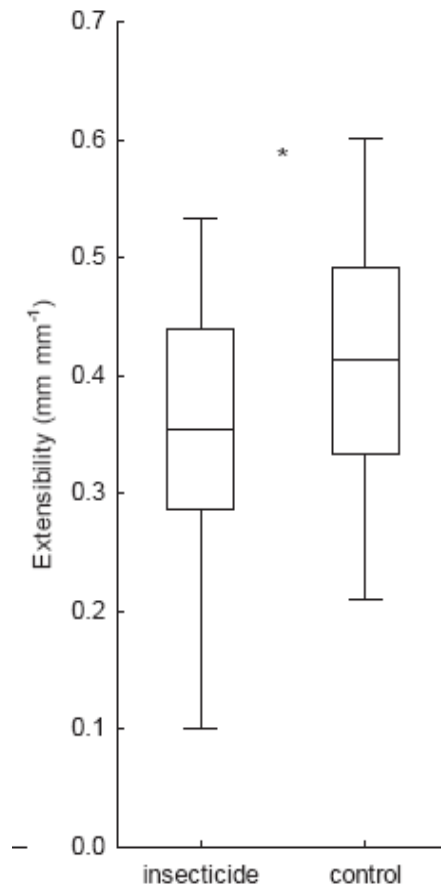


Comparación de propiedades mecánicas de la seda de arañas expuestas a insecticidas vs. control

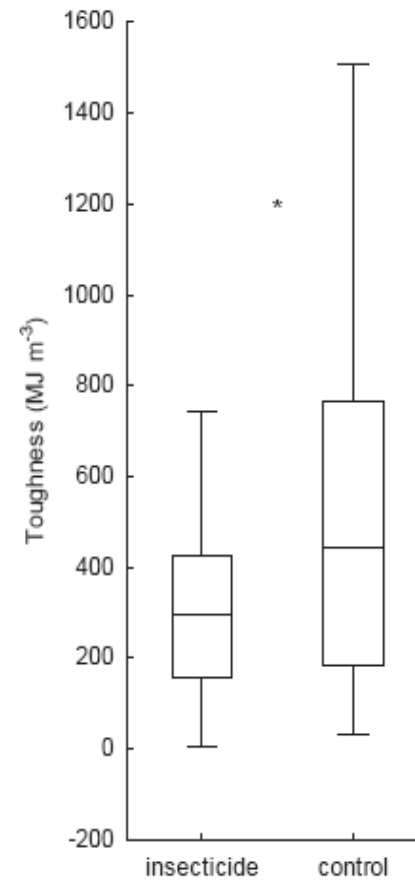
resistencia máxima



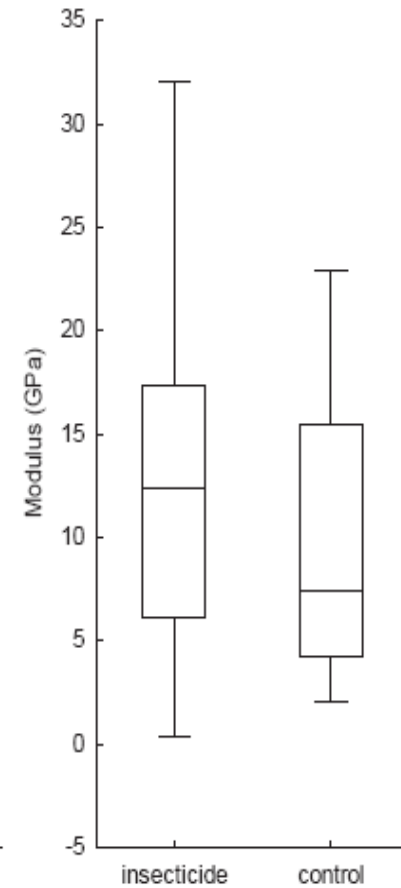
extensibilidad



tenacidad

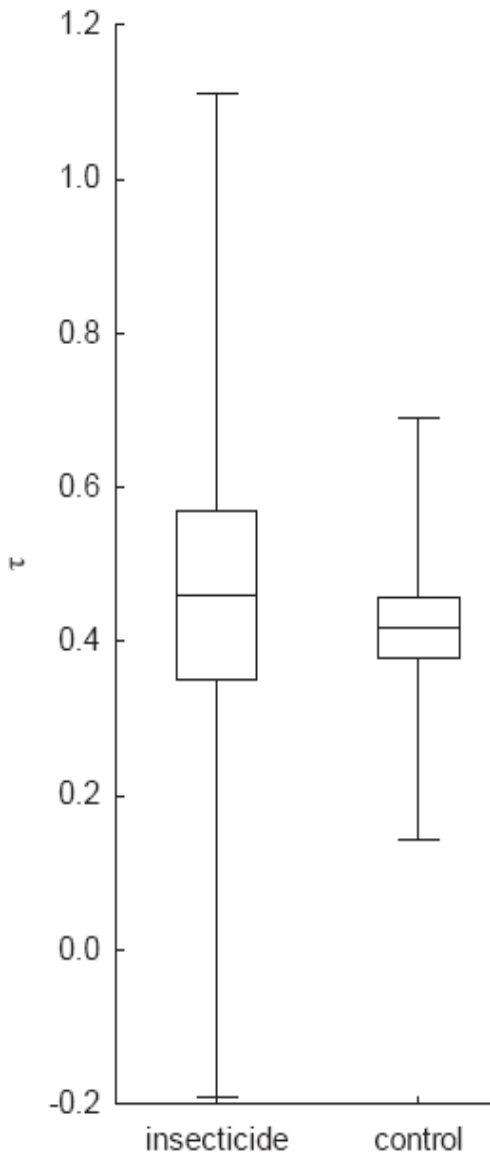


rigidez

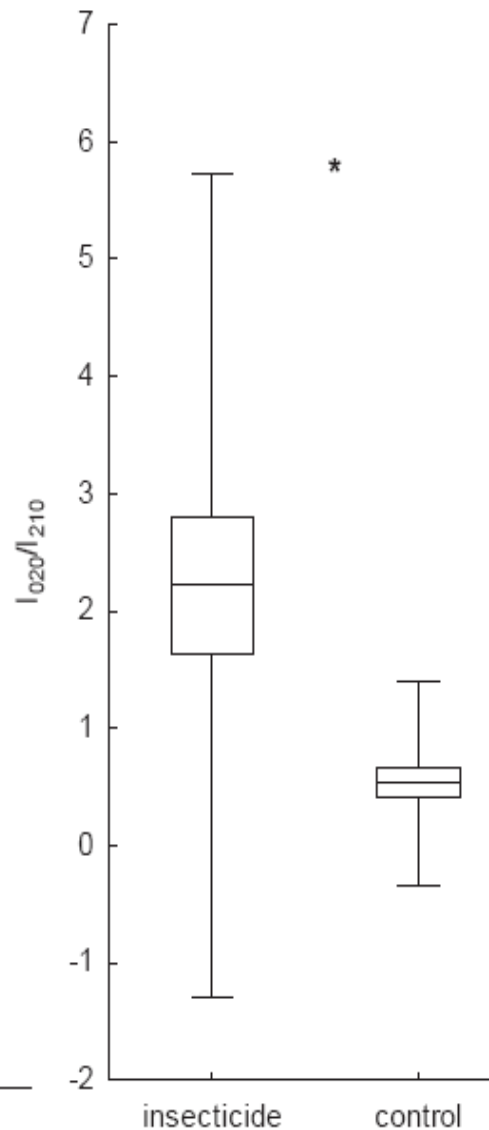


Comparación de los parámetros nanoestructurales

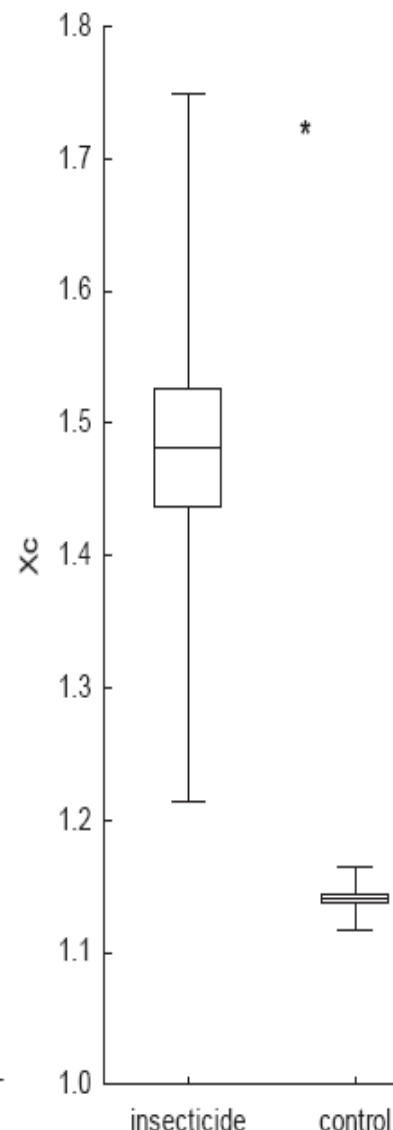
Promedio tamaño del cristal (Å)



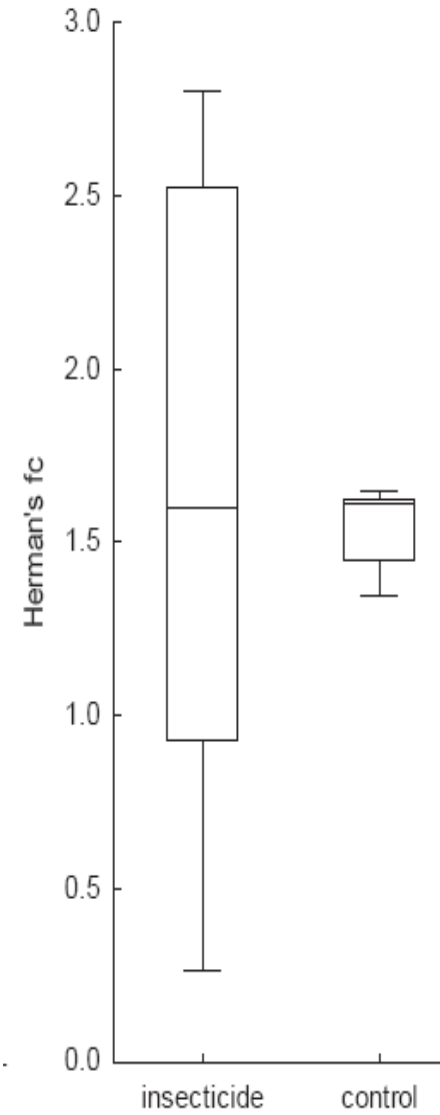
Intensidad cristalina relativa



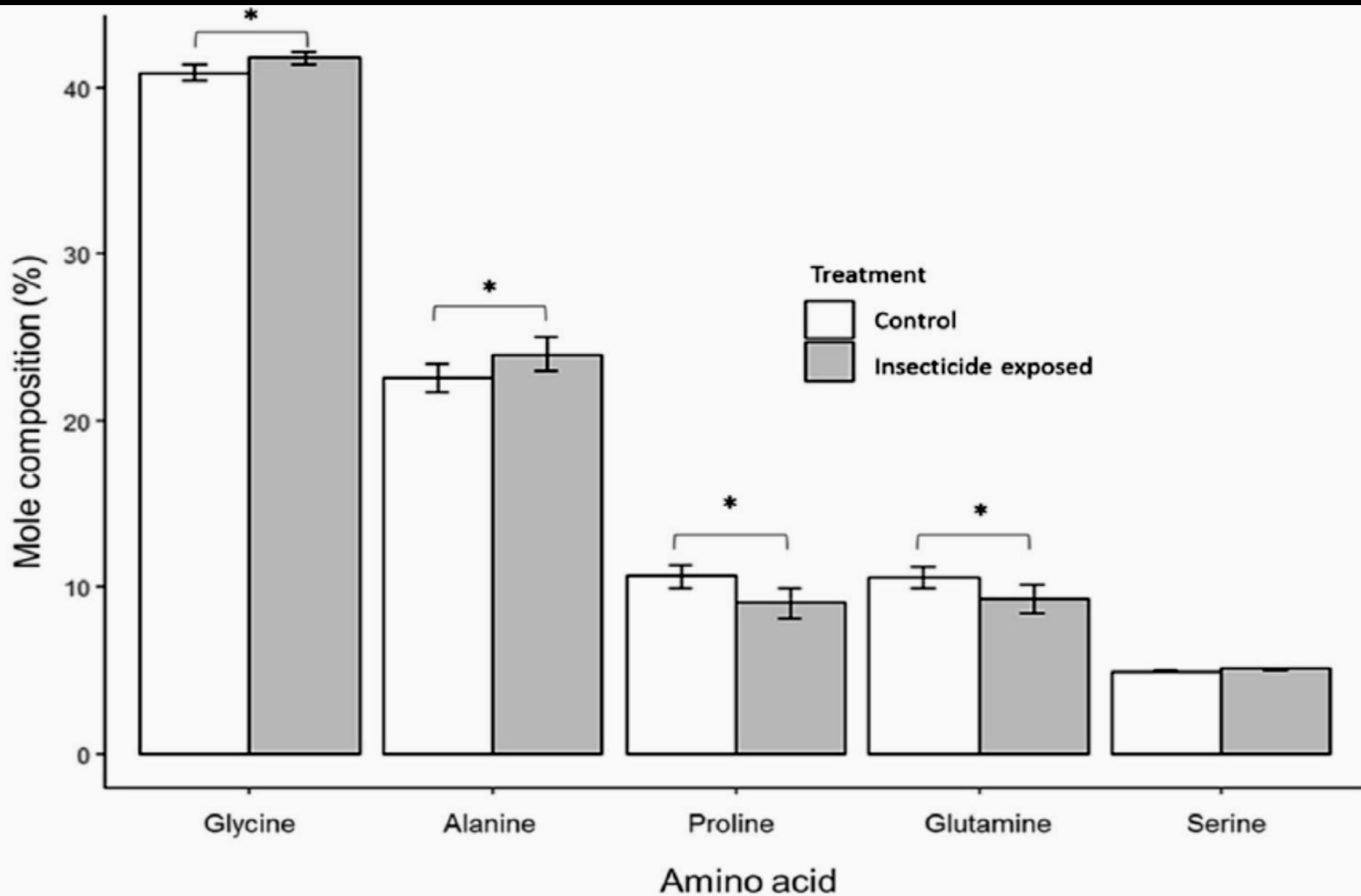
Índice de cristalinidad



Función de orientación del cristalino de Herman



Comparación de los aminoácidos de la seda de arañas expuestas al insecticida vs. tratamiento control



CONCLUSIONES

Dosis sub-letales de insecticidas inducen a la seda de araña, a perder fuerza, extensibilidad y dureza.

Los cambios detectados en las composiciones de aminoácidos y las estructuras cristalinas de las sedas explican las variaciones en las propiedades de tracción.

El deterioro neurológico como consecuencia a la exposición de insecticidas, puede inducir cambios en la composición proteica de las sedas y las estructuras secundarias a través del metabolismo, lo que a su vez tiene efectos en la mecánica de tracción.

El conjunto de estudios etológicos, fisiológicos, fenológicos, concordancias espacio-temporales y preferencias alimentarias, generan nuevos conocimientos sobre los efectos secundarios de los plaguicidas, alertando sobre el riesgo de la pérdida de diversidad a nivel de agroecosistemas, fundamentalmente en el conjunto de predadores nativos.

Proporciona nuevos conocimientos sobre los efectos secundarios de los plaguicidas, poniendo en relieve la importancia de Evaluaciones Ecotoxicológicas para reformular estrategias de control de plagas en agroecosistemas

Con este tipo de estudios se intenta concientizar a los productores, a reducir el uso indiscriminado de plaguicidas y fomentar la incorporación de otras plantas,

cobertura de suelo



refugios naturales



calidad del suelo a largo plazo



Gracias...

