

# Insecticidas Sistémicos: Estamos Presenciando un Desastre

Dr. Henk Tennekes

Convenio Asociación Apicultores de Hampshire

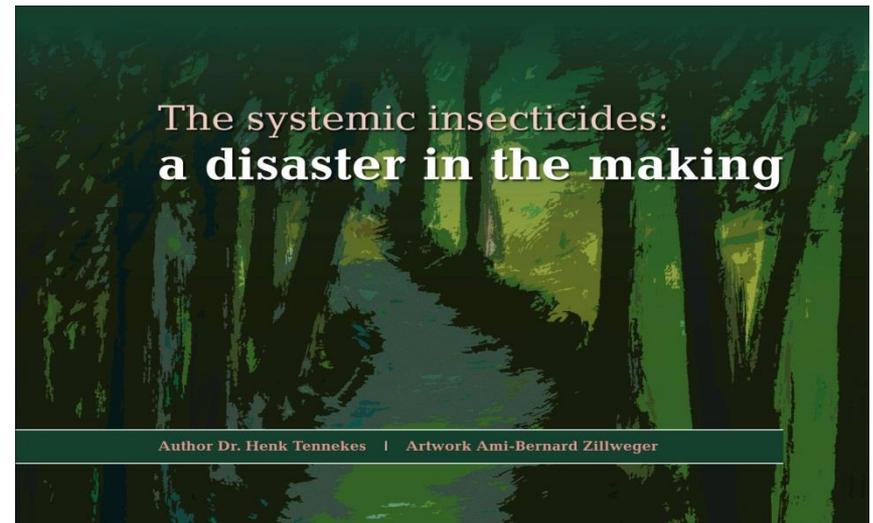
10 Noviembre 2012



# “Sabiendo lo que sé, no podría seguir viviendo en paz manteniéndome en silencio...”,

Rachel Carson

- Henk Tennekes se graduó en la Universidad Agronómica de Wageningen (Holanda), en 1974 y se doctoró en el instituto de investigación Shell de Sittingbourne (Reino Unido)
- Trabajó en el Centro de investigación oncológica alemán de Heidelberg entre 1980 y 1985, donde tuvo como mentor al célebre farmacólogo y oncólogo Hermann Druckrey
- En 2009 Tennekes descubrió que la relación dosis-respuesta de la toxicidad de los neonicotinoides más utilizados, sobre los artrópodos era idéntica a la que producían los carcinógenos genotóxicos. **Los efectos de estos compuestos se intensifican al aumentar el tiempo de exposición.**
- Consciente de las consecuencias directas de la contaminación ambiental con estos pesticidas, Tennekes decidió escribir un libro para advertir a la opinión pública de la inminente catástrofe ambiental.



Edición Alemana De

## ‘Estamos Presenciando Un Desastre’

Prólogo del Profesor Hubert Weiger, presidente de la asociación

BUND: *Amigos de la Tierra, Alemania (Friends of the earth Germany)*

Traducción al alemán: Sven Buchholz, Tomas Brückmann, Patricia Cameron



# Das Ende der Artenvielfalt: Neuartige Pestizide töten Insekten und Vögel

Autor: Dr. Henk Tennekes | Illustrationen: Ami-Bernard Zillweger

Herausgeber: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND)

# El Legado De Rachel Carson

Primavera silenciosa (1962)

- En 1962, la bióloga Estadounidense Rachel Carson publicó el libro “Silent Spring” (Primavera silenciosa), en el que describe una rápida disminución de la biodiversidad a causa de la utilización de pesticidas, como el DDT.
- “Primavera silenciosa” sigue siendo una de las denuncias más eficaces jamás escrita sobre las malas prácticas industriales, y está considerada como una obra clave de sensibilización ecologista en EE.UU. y Europa.



# El Legado De Rachel Carson

Primavera silenciosa (1962)

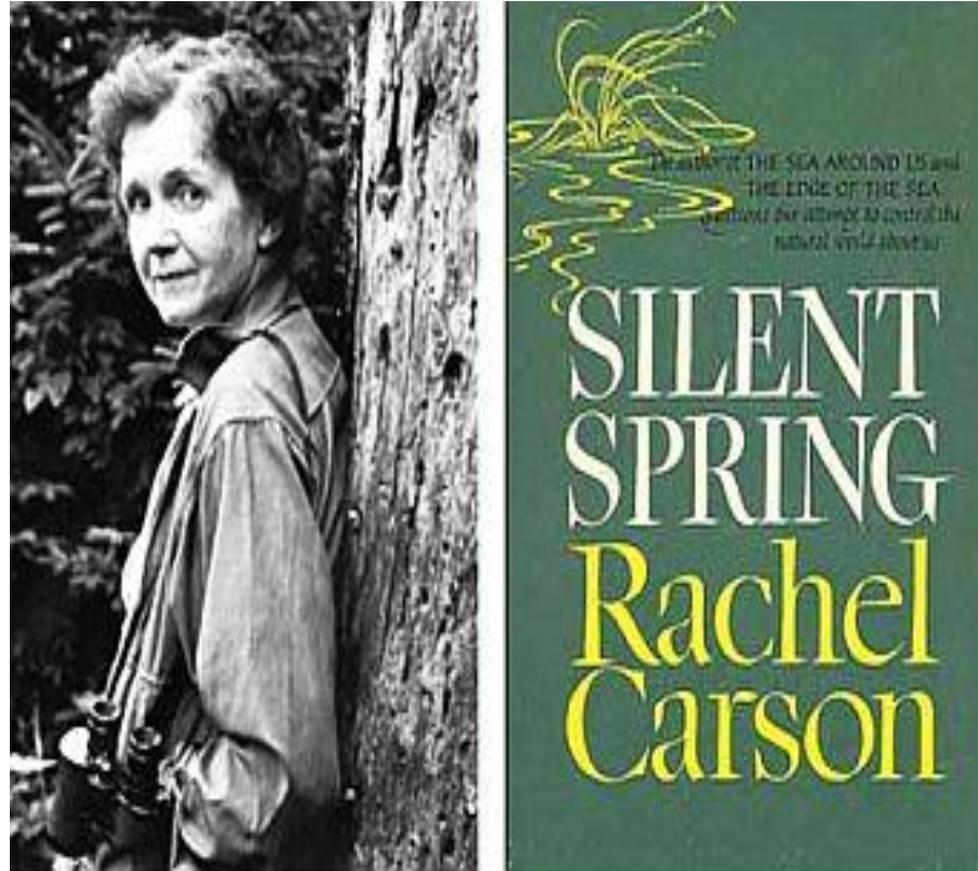
- En la Asociación norteamericana de mujeres periodistas (Women's National Press Club), Rachel Carson denunció los vínculos que se habían creado entre ciencia e industria:
- *Rachel preguntó: “Cuando un ente científico habla, ¿Qué escuchamos, la voz de la ciencia o la de la industria que le está sustentando?”*
- Esta pregunta es tan válida hoy en día como lo fue en 1962



# El Legado De Rachel Carson

Primavera silenciosa (1962)

- Las cosas no han mejorado. Los neonicotinoides, insecticidas utilizados en los tratamientos de semillas, han sido asociados al síndrome de despoblación de las abejas (CCD o colony collapse disorder), fenómeno que ya sólo en el año 2007 arrasó 800.000 colmenas en los EE.UU.



# El DDT Se Concentra En La Cadena Alimenticia

- El DDT es altamente lipófilo y se metaboliza muy lentamente, concentrándose a medida que avanza en la cadena alimenticia
- El peligro del DDT para los animales no diana (non-target) es especialmente grave en las especies que viven en lo más alto de las cadenas tróficas
- Los carnívoros al final de cadenas largas (e.g. águilas pescadoras, pelícanos, halcones y águilas) sufrieron serias pérdidas de fecundidad y como consecuencia reducción de la población
- El DDT se prohibió en los EE.UU. (1972)



# Los Neonicotinoides Rompen La Cadena Alimenticia y Pueden Tener Efectos Adversos Sobre la Salud Humana, Especialmente Sobre El Desarrollo del Cerebro

- Los neonicotinoides que se usan actualmente son solubles en agua (hidrófilos) y permean toda la planta
- Ventaja:  
Las dosis de aplicación son muy inferiores a las de los insecticidas utilizados tradicionalmente
- Desventajas catastróficas:  
Insectos no diana como abejas melíferas o mariposas que recogen polen o néctar de estos cultivos se envenenan
- Además, los neonicotinoides pueden lixiviar en el suelo, amenazando a todos los invertebrados no diana. Romper un eslabón de la cadena alimenticia significa poner en peligro de extinción todos los organismos que están por encima de ese eslabón.
- Los neonicotinoides, así como la nicotina, en los mamíferos actúa directamente sobre los receptores nicotínicos de la acetilcolina (nAChRs), y residuos de neonicotinoides en la comida puede tener varios efectos adversos para la salud humana, especialmente en el cerebro durante su fase de formación y desarrollo.



# Efecto Letal Del Imidacloprid En Las Abejas Melíferas

## La Toxicidad Aumenta Con El Tiempo De Exposición

Suchail S, Guez D, Belzunces LP, 2001. Environ. Toxicol. Chem. 20: 2482-2486  
Tennekes HA, Sánchez-Bayo F, 2012. J. Environment. Analytic Toxicol. S4- 001

- **A menor concentración durante la exposición,**  
*mayor* es el periodo de latencia para obtener un efecto letal y  
*menor* es la dosis letal
- **La relación dosis-respuesta sigue la ecuación de Druckrey-Küpfmüller**

$\ln T50 \text{ (hrs)} = 5,11 - 0,22 \ln C \text{ (}\mu\text{g. L}^{-1} \text{ or kg}^{-1}\text{)}$

o

$C \times T50^{4,5} = \text{constante}$

Concentración C ( $\mu\text{g/L}$ )	Periodo de Latencia T50 (horas)	Dosis Letal ( $\mu\text{g/L} \times \text{horas}$ )
57	48	<b>2.736</b>
37	72	<b>2.664</b>
10	173	<b>1.730</b>
1	162	<b>162</b>
0,1	240	<b>24</b>



# Efecto Letal Del Imidacloprid En El Ostracodo *Cypridopsis Vidua*

## La Toxicidad Aumenta Con El Tiempo De Exposición

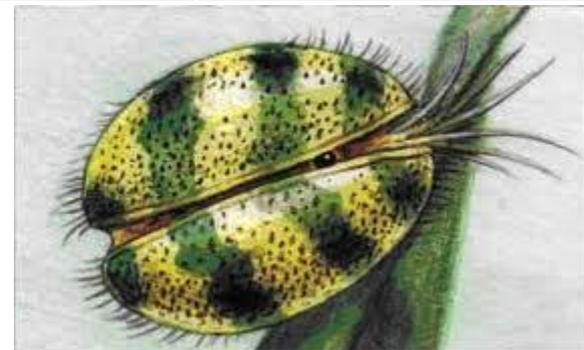
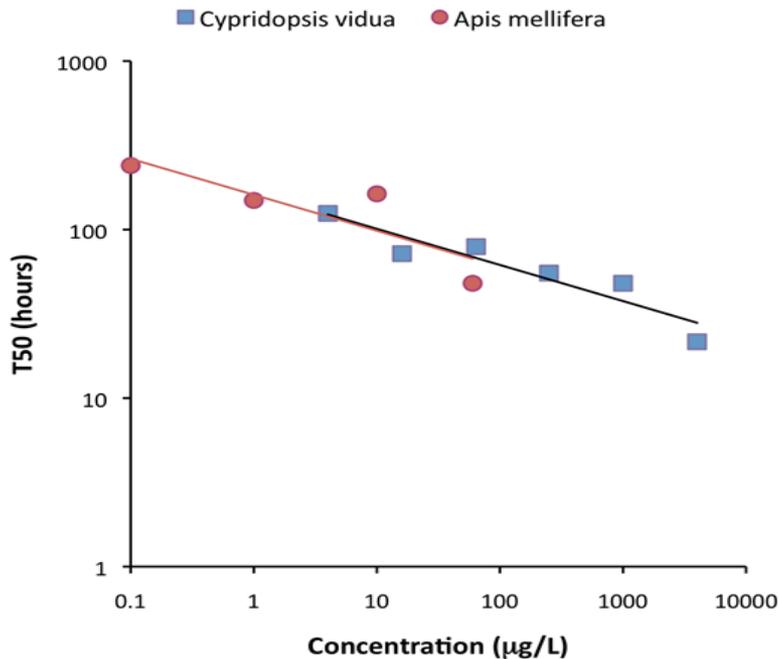
Sánchez-Bayo F. 2009. *Ecotoxicology* 18: 343-354

Tennekes HA. 2010. *Toxicology* 276, 1-4.

Tennekes HA, Sánchez-Bayo F. 2012. *J. Environment. Analytic Toxicol.* S4- 001

- **A menor concentración durante la exposición,**  
*mayor* es el periodo de latencia para obtener un efecto letal y *menor* es la dosis letal

Concentración (µg/L)	Periodo de Latencia (días)	Dosis Letal (µg/L x días)
4,000	0.9	<b>3,600</b>
250	2.3	<b>575</b>
64	3.3	<b>211.2</b>
4	5.2	<b>20.8</b>

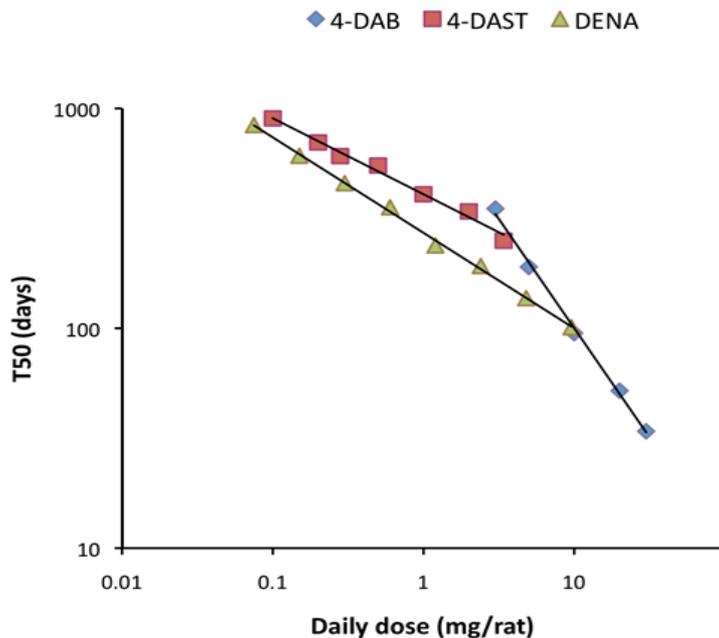


# Inducción De Cáncer De Hígado En Ratas Con Dietilnitrosamina

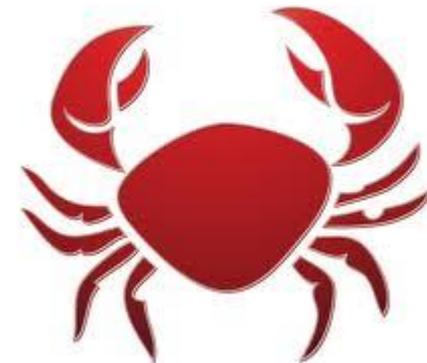
## La Toxicidad Aumenta Con El Tiempo De Exposición

Druckrey, H., Schildbach, A., Schmaehl, D., Preussmann, R., Ivankovic, S., 1963. Arzneimittelforsch. 13, 841–851

- **A menor concentración durante la exposición, mayor periodo de latencia para obtener un efecto carcinogénico, menor es la dosis carcinogénica**



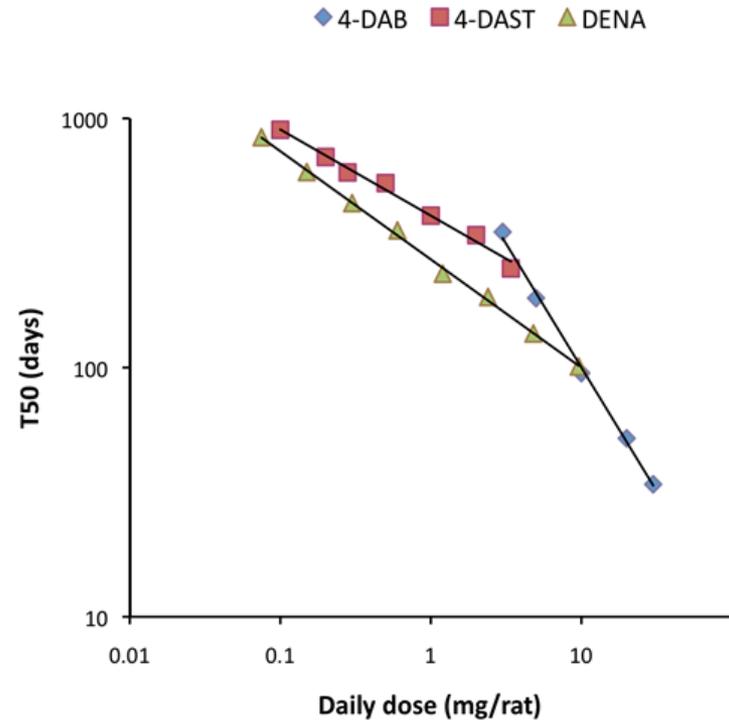
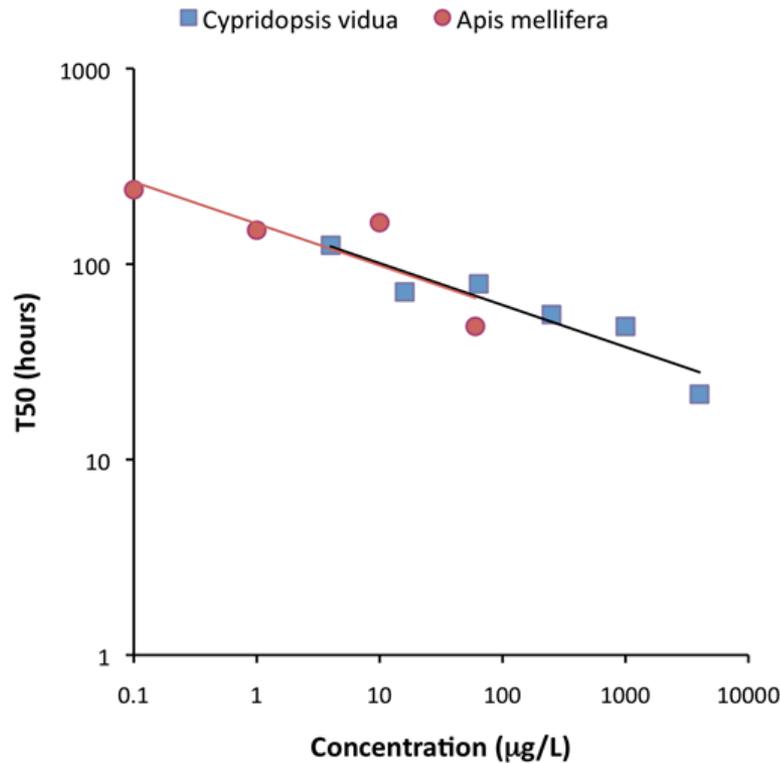
Dosis Diaria (mg/kg)	Periodo de Latencia (Days)	Dosis Carcinogénica (mg/kg)
9,6	101	<b>963</b>
1,2	238	<b>285</b>
0,3	457	<b>137</b>
0,075	840	<b>64</b>



# La Relación Dosis-respuesta De Carcinógenos Genotóxicos (Derecha) Y Neonicotinoides (Izquierda) Son Impresionantemente Similares

Ecuaciones Druckrey-Küpfmüller  $C \times T50^n = \text{constante}$ , con  $n \geq 1$

Tennekes, H.A. (2010) Toxicology 276, 1–4.



# El Teorema De Druckrey-Küpfmüller

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

## Una molécula tóxica reaccionará con un receptor específico en una reacción bimolecular

- Los efectos están determinados por la concentración relativa de **receptores específicos**  $C_R / R_0$

$$C_R / R_0 = \frac{T_R C}{T_A R_0}$$

- Las variables determinantes son:

- la concentración relativa de sustancia tóxica en el punto de reacción  $C / R_0$  y

- el cociente entre la constante del tiempo de disociación y la constante del tiempo de asociación  $T_R / T_A$

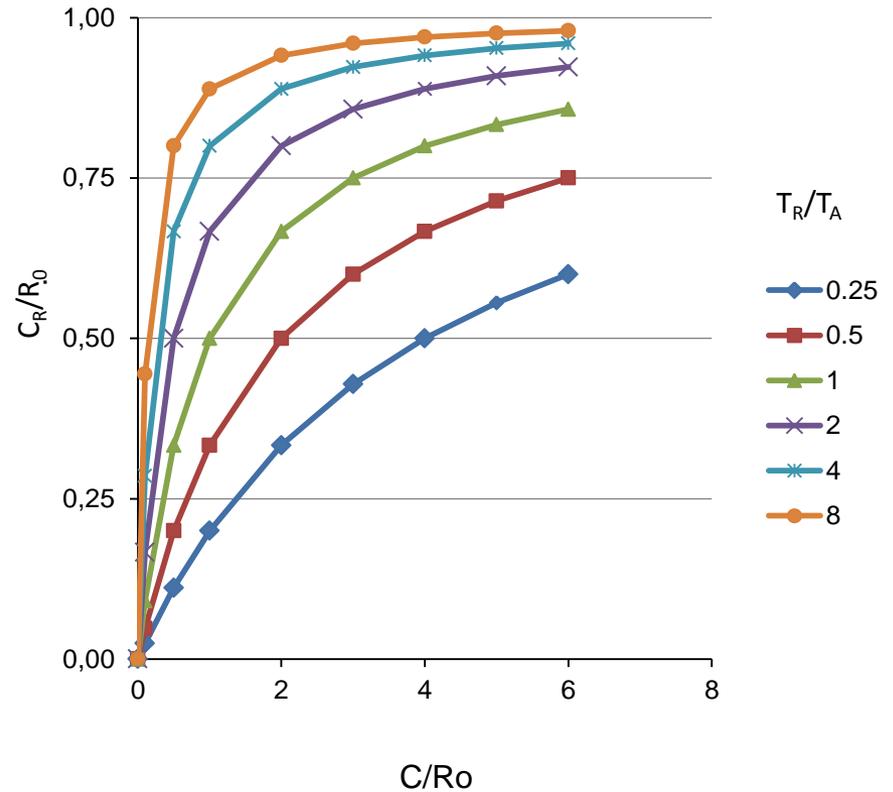
- $C$  concentración de agente tóxico en la zona de estudio
- $R_0$  concentración inicial del receptor
- $C_R$  concentración de **receptores específicos**
- $T_A$  constante del tiempo de asociación
- $T_R$  constante del tiempo de disociación

# El Teorema De Druckrey-Küpfmüller

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

- En estado de equilibrio, la relación entre la concentración relativa de receptores específicos  $C_R/R_0$  y la concentración relativa de sustancia tóxica  $C/R_0$  es una hipérbola
- El valor de la constante tiempo de disociación  $T_R$  respecto al valor de la constante tiempo de asociación  $T_A$  es un crucial determinante de la toxicidad: mayor es el ratio, mayor es la toxicidad

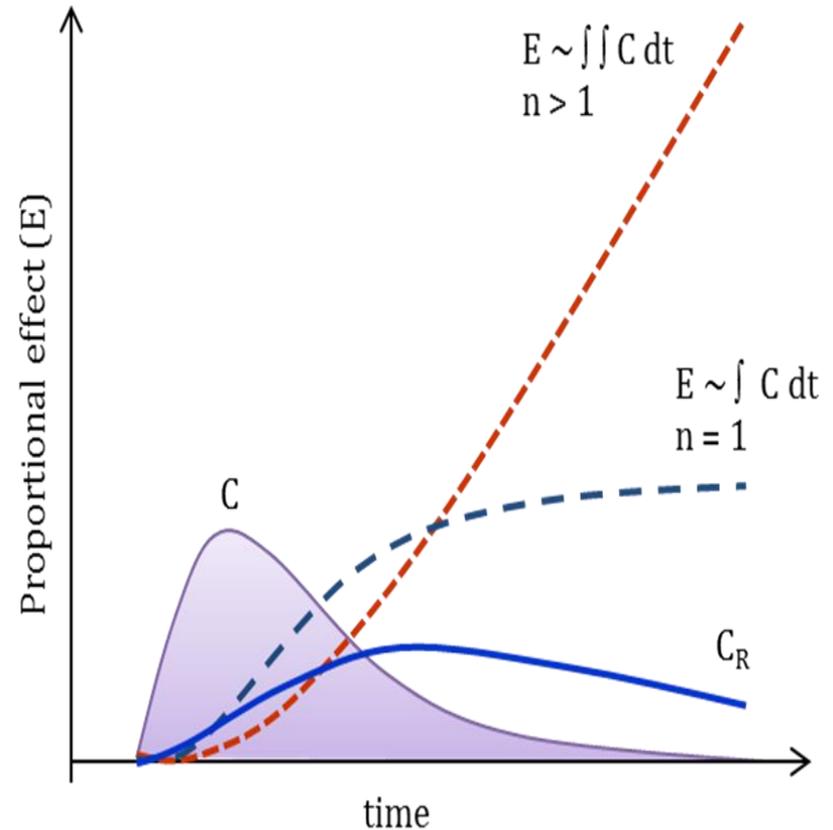


# Teorema De Druckrey-Küpfmüller: Efectos Dependientes De La Concentración

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

- Si las constantes de tiempo ( $T_R$  y  $T_A$ ) son bajas, i.e. cuando tanto la asociación y la disociación son procesos rápidos, se establecerá velozmente el equilibrio entre  $C$  y la unión a los receptores (rápida toxicidad), pero este efecto tóxico disminuirá también con celeridad.
- La evolución temporal del efecto será igual a la evolución temporal de la concentración  $C$  en el punto de reacción y el efecto máximo se producirá cuando sea máxima la concentración  $C$
- **Por lo tanto el efecto depende estrictamente de la concentración**

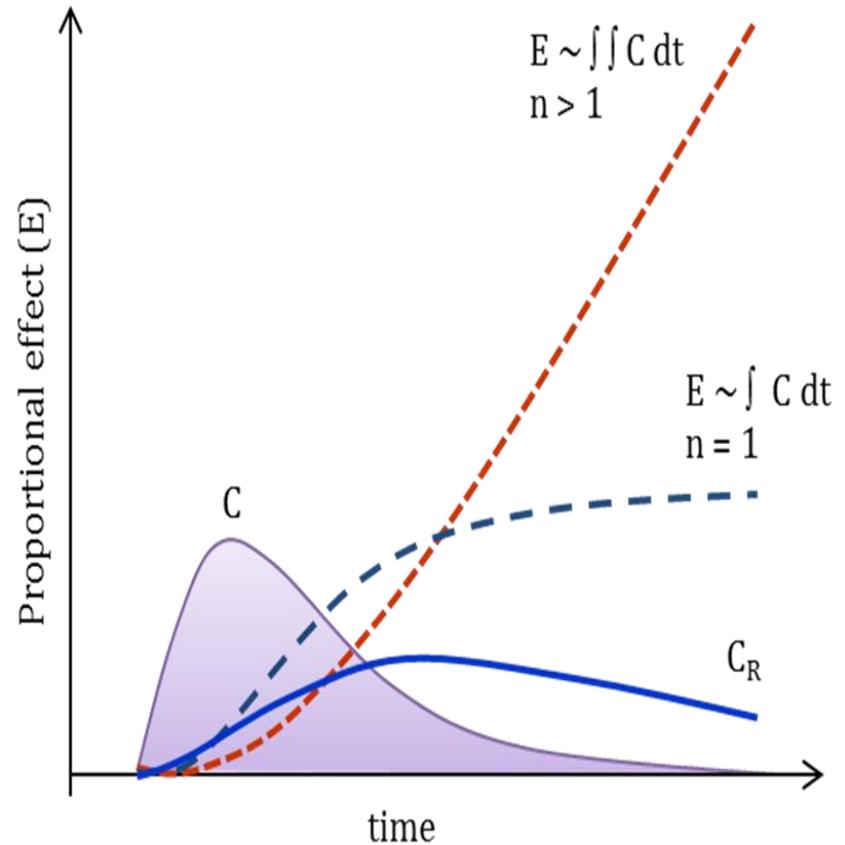


# Teorema De Druckrey-Küpfmüller: Efectos Acumulativos

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

- Si la constante del tiempo de disociación  $T_R$  es alta, i.e. cuando la unión a los receptores es reversible sólo de forma lenta, se retardará el tiempo para alcanzar el efecto máximo, y del mismo modo el efecto (tóxico) será reversible lentamente.
- Cuanto más alta sea la  $T_R$  mayor será el tiempo para alcanzar el efecto máximo. En caso de repetición de la exposición con una sucesión rápida, se producirán efectos acumulativos.
- Dado que el equilibrio entre  $C$  y la unión a los receptores (y el efecto) se establecerá de forma lenta, la toxicidad se convierte en un proceso duradero en el tiempo.
- **Habrà un periodo de latencia antes de que se produzca un efecto visible**



# Teorema De Druckrey-Küpfmüller: Efectos Irreversibles

Druckrey, H. & Küpfmüller, K. (1949).

Dosis und Wirkung. Beiträge zur theoretischen Pharmakologie, Editio Cantor GmbH, Freiburg im Breisgau

Tennekes, H.A. (2010) Toxicology 276, 1–4.

- En el caso de que la unión a los receptores sea prácticamente irreversible, la concentración de los receptores específicos  $C_R$  sería proporcional a la integral de la concentración  $C$  del agente tóxico en el punto de reacción con respecto al tiempo:

$$C_R \sim \int C dt \quad (1)$$

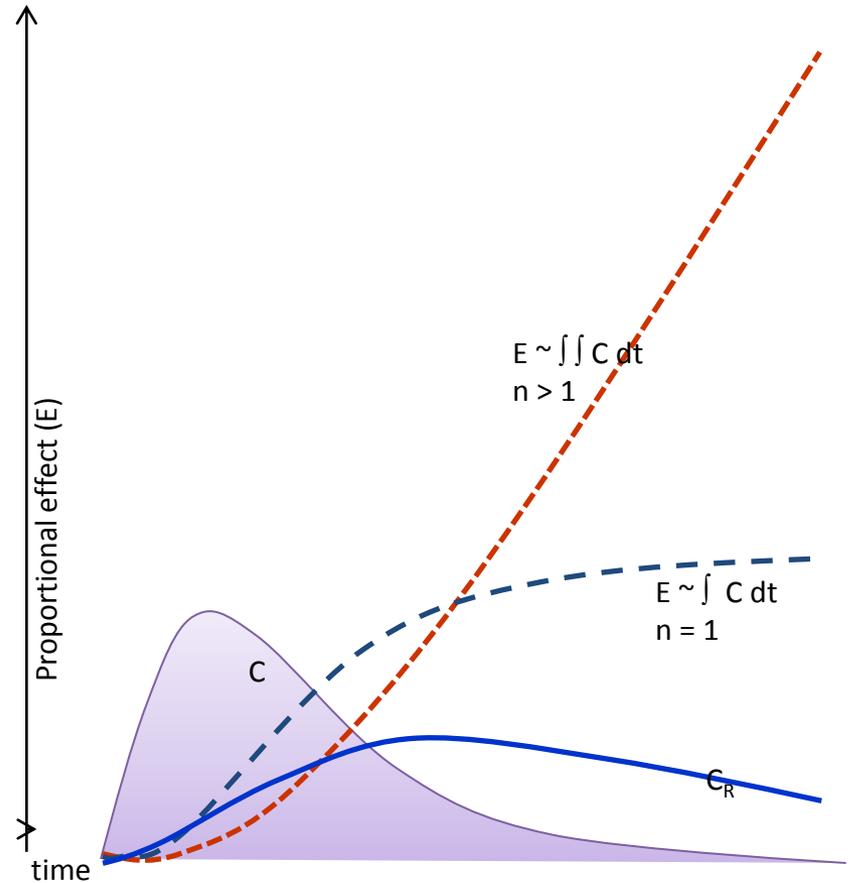
- Si se produce sucesivamente otro efecto irreversible (e.g. cancer), el efecto  $E$  sería proporcional a la integral de la concentración de los receptores específicos  $C_R$  con respecto al tiempo:

$$E \sim \int C_R dt \quad (2)$$

- De modo que, en los casos de unión irreversible con los receptores, el efecto  $E$  sería proporcional a la integral doble de la concentración  $C$  del agente tóxico en el punto de reacción con respecto al tiempo, tal y como muestra la combinación de las ecuaciones (1) y (2):

$$E \sim \int \int C dt \quad (3)$$

- Esto explica la relación dosis-respuesta en los casos en los que el aumento del tiempo de exposición agrava los efectos, tal y como se ha visto en los genotóxicos carcinógenos y en los neonicotinoides.



# Descripción De Abbin (Bayer) Del Mecanismo De Acción De Los Neonicotinoides:

„Su mecanismo de acción deriva del bloqueo prácticamente irreversible de los receptores nicotínicos postsinápticos de la acetilcolina “

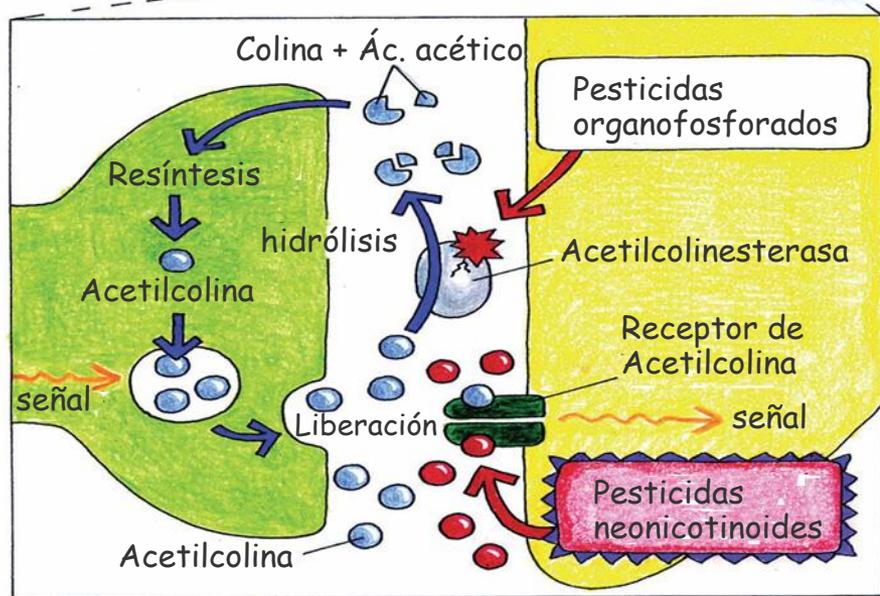
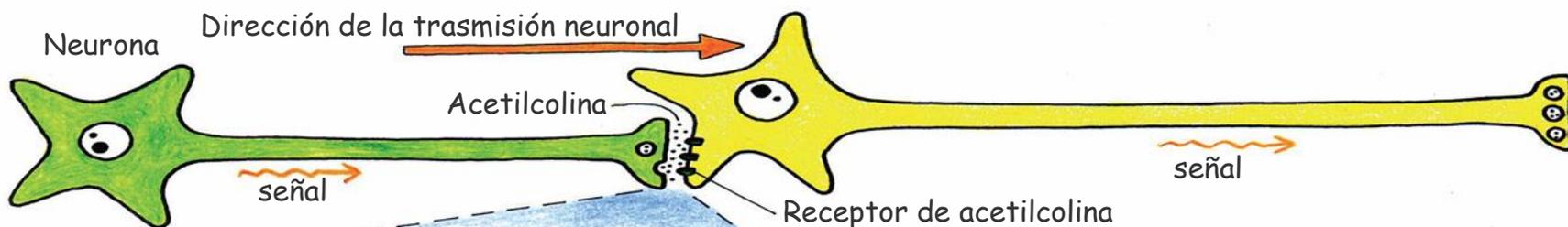
## Afirmación Retractada Por Los Drs Maus y Nauen De Bayer CropScience

Abbink, J. (1991) Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, Serial ID-ISSN 0340-1723C.

Maus & R. Nauen (2011) Toxicology 280: 176-177

### Los pesticidas neonicotinoides y organofosforados alteran la transmisión neuronal

Mecanismo de transmisión neuronal con acetilcolina



Ni humanos ni insectos sobreviven si la transmisión neuronal no funciona correctamente. Los neurotransmisores como la acetilcolina y el ácido glutámico son sustancias importantes que producen la transmisión neuronal.

Los pesticidas organofosforados bloquean la acetilcolinesterasa (enzima hidrolítico de la acetilcolina), y hacen que la transmisión neuronal se mantenga. Tiene el mismo efecto que los peligrosos gases neurotóxicos como por ejemplo el Sarín.

Los neonicotinoides se unen a los receptores de la acetilcolina suplantando a los verdaderos transmisores, y manteniendo la conexión neuronal incluso sin la acetilcolina.

# La Naturaleza De La Unión De Los Neonicotinoides A Los Receptores Apunta A Una Toxicidad Acumulativa

Abbink, J. (1991) Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, Serial ID-ISSN 0340-1723C.

Maus & R. Nauen (2011) Toxicology 280: 176-177

H.A. Tennekes (2011) Toxicology 280: 173–175

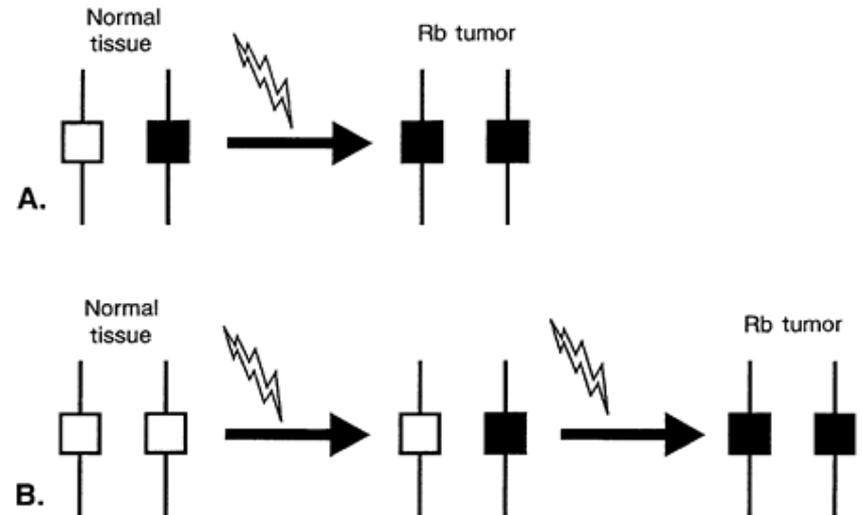
- Los Drs Christian Maus y Ralf Nauen de Bayer CropScience afirmaron que “De forma similar a la ACh, el neonicotinoide se une a los receptores nAChRs, siendo esta unión reversible.
- La acción sináptica de la ACh en condiciones fisiológicas normales acaba por acción de la acetilcolinesterasa, que hidroliza el transmisor.
- Los neonicotinoides no pueden ser hidrolizados por esta enzima, i.e. persisten en el punto de unión dando lugar a una sobreestimulación de la sinápsis colinérgica, produciendo como consecuencia una hiperexcitación y parálisis del insecto.
- **La Constante del tiempo de disociación  $T_R$  probablemente es bastante alta** (porque la enzima acetilcolinesterasa no puede eliminar los neonicotinoides de los puntos de unión).
- Se retrasará el tiempo necesario para alcanzar el efecto máximo.
- Como consecuencia, **habrá un periodo de latencia antes de que se produzca un efecto visible, i.e. la toxicidad dependerá del tiempo.**



# Evaluación Del Riesgo De Carcinógenos Genotóxicos

EPA, 2005. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA/630/P-03/001F, pp. 1–166

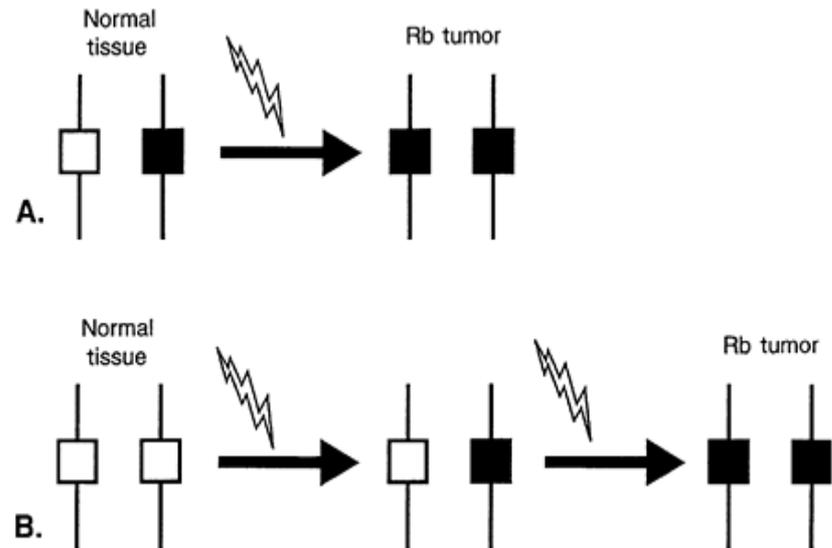
- Actualmente se aplica a los genotóxicos carcinógenos el principio que afirma que si con una única exposición se produce una mutación, y eventualmente un cáncer, entonces cualquier nivel de exposición se podría asociar a una probabilidad finita de contraer cáncer. Siguiendo este criterio, la EPA (Agencia de protección medioambiental) de los EE.UU. evalúa los carcinógenos utilizando modelos lineales a baja dosis (EPA, 2005).



# Ecuación De Druckrey-Küpfmüller $C \times T^{50} = \text{Constante}$ , Con $n \geq 1$ No Se Puede Establecer Una Dosis Mínima Segura Para Los Carcinógenos Genotóxicos

Knudson AG (1971) Mutation and cancer: statistical study of retinoblastoma Proc Natl Acad Sci U S A. 68(4):820-3

- “Una única exposición” podría causar una mutación y eventualmente un cáncer. La proteína retinoblastoma (Rb) es un antitumoral, que no funciona correctamente en muchos casos de tumores.
- La mutación de la Rb se puede heredar y es recesiva.
- En el caso de que una célula contenga ya un alelo mutado del gen, una mutación del alelo normal del gen provocará la disfuncionalidad de todas las proteínas Rb de esa célula.



# Evaluación Del Riesgo De Los Neonicotinoides

C. Maus & R. Nauen (2011) Toxicology 280: 176-177

H.A. Tennekes (2011) Toxicology 280: 173–175

- Los Doctores Christian Maus y Ralf Nauen de Bayer CropScience afirmaron que *“No está justificada la preocupación de que efectos como los descritos por la ecuación Druckrey-Küpfmüller entrañen una toxicidad crónica más alta de la determinada actualmente”*.
- Citan un gran número de estudios que demuestran que *“en condiciones reales no hay una correlación entre la exposición de las abejas melíferas a cultivos tratados con imidacloprid y el incremento de la mortalidad de las colonias”*,

**Los neonicotinoides son letales para las abejas melíferas con exposiciones a concentraciones infinitesimales:**

$\ln T50 \text{ (hrs)} = 5,11 - 0,22 \ln C \text{ (}\mu\text{g. L-1 or kg-1)}$

o

$C \times T50^{4,5} = \text{constante}$

Fuente De Alimentación	Contenido De Imidacloprid (ppb)	Efecto Letal Previsto (días)
Néctar	1	6,9

# El Actual Sistema Toxicológico De Evaluación Del Riesgo Puede Dar Lugar A Graves Subestimaciones del Riesgo Efectivo

## Los Neonicotinoides Son Un Claro Ejemplo

Tennekes HA, Sánchez-Bayo F (2011) J Environment Analytic Toxicol S4:001. doi:10.4172/2161-0525.S4-001

- El método tradicional de testar la toxicidad consiste en estudiar la relación dosis (concentración)-efecto, durante un intervalo de tiempo de exposición arbitrariamente fijado, que teóricamente corresponde a la escala temporal de exposiciones “agudas” o “crónicas”.
- Este sistema mide la proporción de individuos sometidos a la exposición que se ha visto afectada al final de cada uno de los intervalos de exposición.
- Las bases de datos toxicológicas creadas así son sólo un conjunto de valores extremos establecidos a intervalos fijos de exposición. Como tales, estos valores no se pueden utilizar para predecir el amplio rango de exposiciones a los que están sometidos humanos y medio ambiente.
- Un número creciente de investigadores está utilizando una variante del protocolo de test toxicológico tradicional, que incorpora los métodos de análisis de supervivencia (“tiempo transcurrido hasta un suceso” (time-to-event ó TTE)).
- El método TTE mide **los tiempos de respuesta para cada individuo**, y proporciona información sobre las dosis absorbidas, así como los tiempos de exposición necesarios para que una sustancia tóxica produzca efectos sobre los organismos testados a cualquier nivel.
- Por consiguiente ahora es posible extrapolar y predecir los efectos tóxicos de cualquier combinación concentración-tiempo.



# El Riesgo Del Imidacloprid Para Las Abejas Melíferas Está Subestimado

Suchail S, Guez D, Belzunces LP, 2001. Environ. Toxicol. Chem. 20: 2482-2486

Bonmatin JM et al., 2007. Environmental fate and ecological effects of pesticides. Pp. 827-834

Mullin CA et al, 2010. PloS One 5, e9754



- Ecuación de Druckrey-Küpfmüller

$$\ln T50 \text{ (hrs)} = 5,11 - 0,22 \ln C \text{ (}\mu\text{g. L-1 or kg-1)}$$

o

$$C \times T50^{4,5} = \text{constante}$$

- *Las concentraciones de imidacloprid detectadas en el néctar y polen causan efectos letales en las abejas melíferas en una semana.*

Fuente De Alimentación	Contenido De Imidacloprid <b>C</b> ( $\mu\text{g/kg}$ ó ppb)	Periodo De Latencia Previsto ( <b>T50</b> ) (Días)
Néctar	1	<b>6,9</b>
	3	<b>5,4</b>
Polen	0,7	<b>7,5</b>
	10	<b>4,2</b>

# La Nicotina Es Un Neuroteratógeno

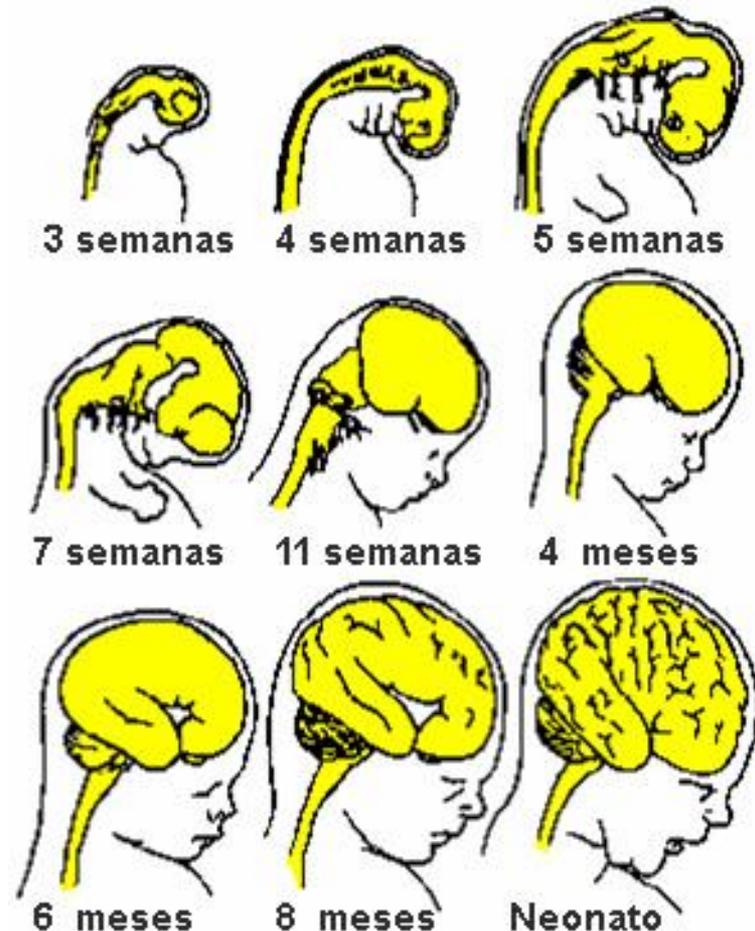
## La Nicotina Altera La Trayectoria de Desarrollo Del Cerebro

Eppolito AK et al. (2010) Neurotoxicology and Teratology 32 : 336–345

Dwyer JB et al. (2009) Pharmacol Ther. 122 : 125–139

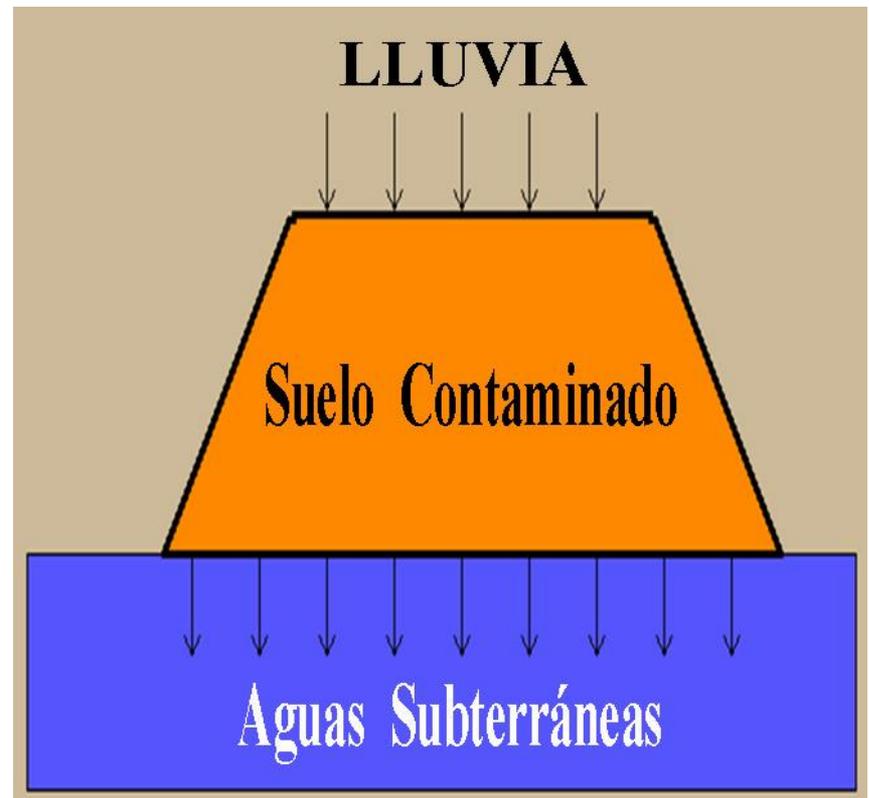
Kimura-Kuroda J et al. (2012) PLoS ONE 7(2): e32432. doi:10.1371/journal.pone.0032432

- Los receptores nicotínicos de la acetilcolina (nAChRs) regulan aspectos críticos de la maduración cerebral en el periodo prenatal, perinatal y adolescente
- La nicotina altera la acción normal que ejerce la acetilcolina en el desarrollo
- Los neonicotinoides, igual que la nicotina, actúan directamente sobre los nAChRs de los mamíferos y por lo tanto pueden producir varios efectos adversos para la salud humana, especialmente en el cerebro en su fase de desarrollo



# Los Neonicotinoides Pueden Lixiviar Del Suelo A Las Vías Fluviales Y Aguas Subterráneas

- Los neonicotinoides no sólo son solubles y se pueden desplazar en el suelo, además son bastante persistentes tanto en el suelo como en el agua



# Los Neonicotinoides Se Están Difundiendo En El Ambiente Rompiendo La Cadena Alimenticia

- El imidacloprid se está difundiendo en el ambiente, matando o debilitando insectos no diana y probablemente también otros artrópodos, reduciendo progresivamente las presas invertebradas de los organismos superiores de la cadena



# Inmunodepresión Causada Por Los Neonicotinoides A La Base Del Declive Mundial De La Fauna Salvaje

R Mason, H Tennekes, F Sánchez-Bayo, P Uhd Jepsen. *Journal of Environmental Immunology and Toxicology* 2012; X:XX-XX (in press)

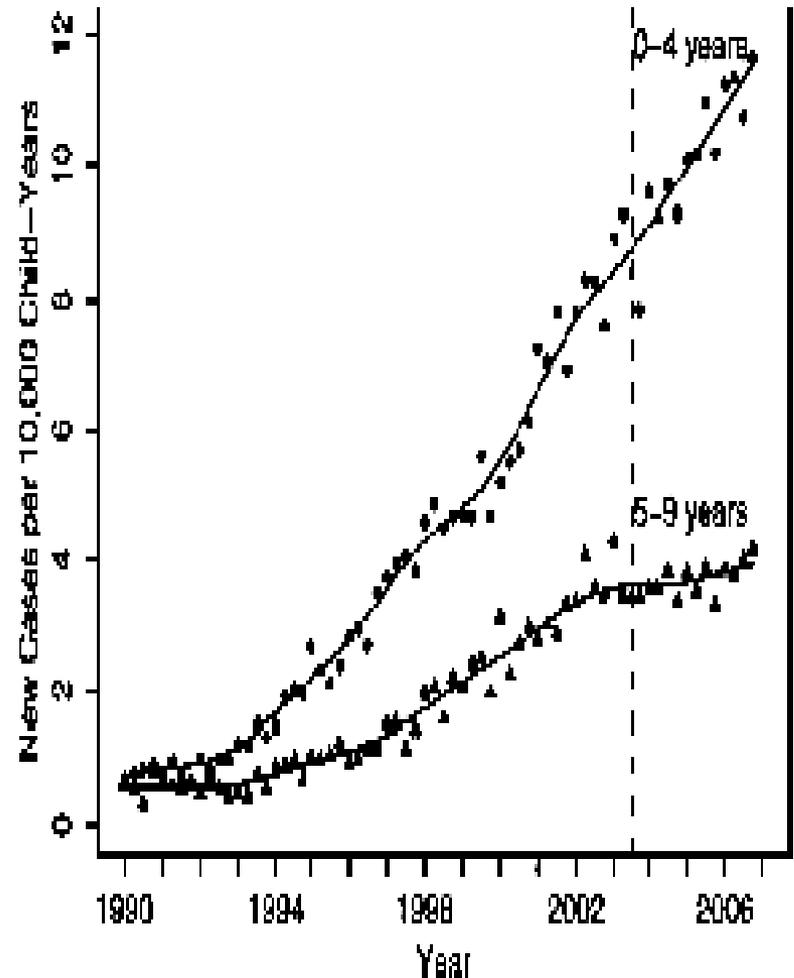
- Hay pruebas experimentales que han detectado inmunodepresión en abejas y peces causada por los neonicotinoides
- En las últimas dos décadas ha habido brotes de enfermedades infecciosas en abejas melíferas, abejorros, peces, anfibios, murciélagos y aves
- Estos brotes se iniciaron en los países y regiones donde se empezaron a utilizar los neonicotinoides, y después se extendieron a otros países



# La Nicotina Causa Muchos Efectos Adversos Al Desarrollo Normal De Un Niño

Kimura-Kuroda J et al. (2012) PLoS ONE 7(2): e32432. doi:10.1371/journal.pone.0032432

- Se sabe que la exposición perinatal a la nicotina es un factor de riesgo para el síndrome de muerte súbita infantil, bajo peso neonatal, problemas de pérdida de atención/hiperactividad (ADHD), autismo
- En la gráfica de la derecha se muestra el (→:) aumento del autismo en California desde la introducción de los neonicotinoides a principios de los años 90



# Una Generación en Peligro

Cómo los pesticidas están debilitando la salud y la inteligencia de nuestros niños

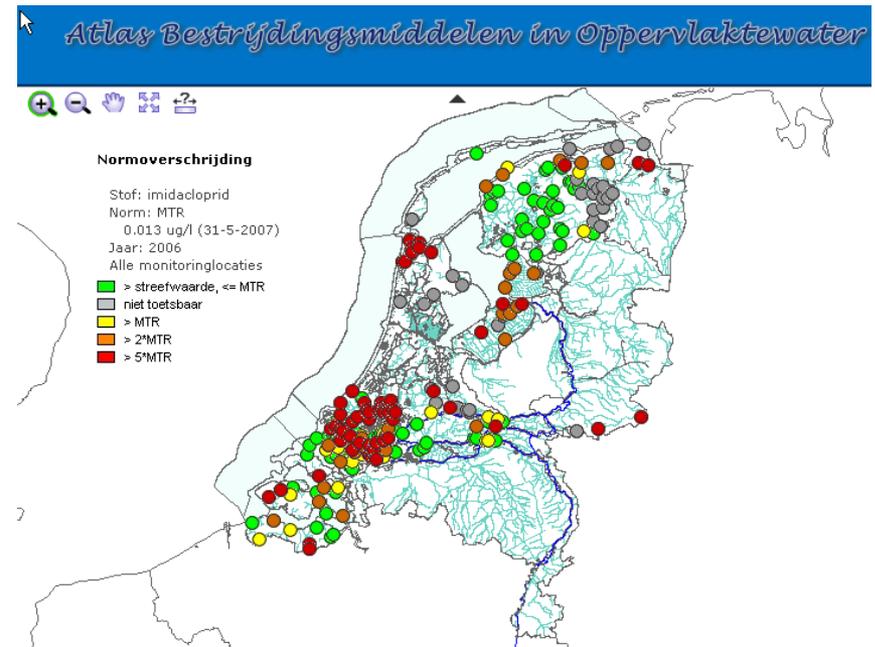
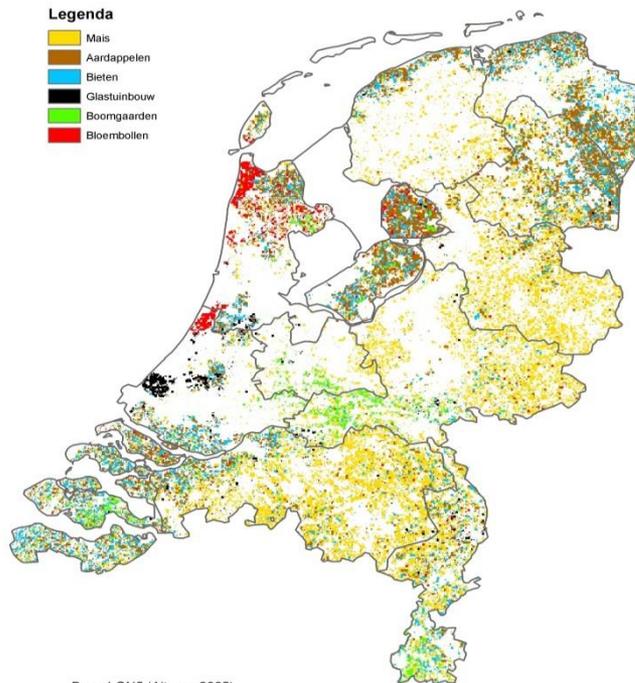
PESTICIDE ACTION NETWORK NORTH AMERICA , OCTUBRE 2012



# El Imidacloprid, Insecticida Neonicotinoide Ampliamente Utilizado, Ha Provocado La Mayor Contaminación De Las Aguas Superficiales Holandesas Desde 2004

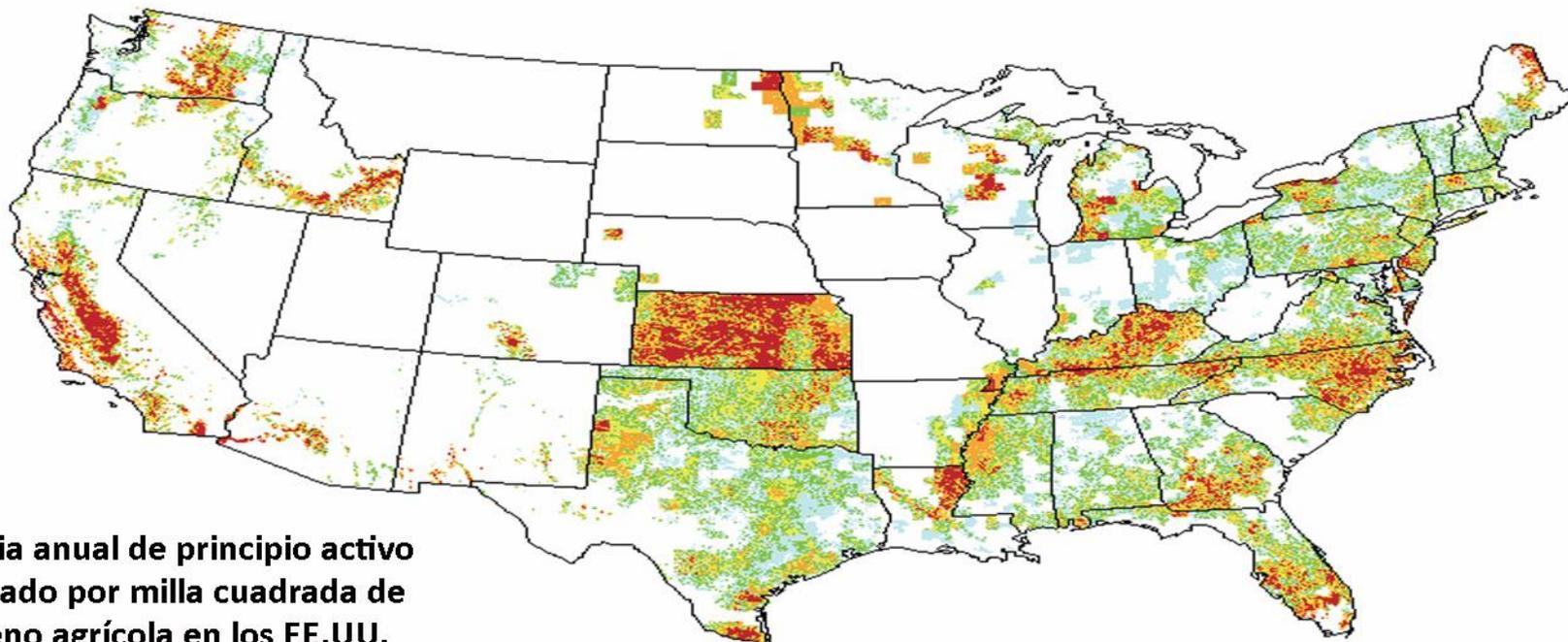
**Nota (a la derecha) : Los Niveles Eran Por Lo Menos 5 Veces Superiores Al Nivel Máximo De Riesgo Admitido**

**En 2005, Se Excedió El Límite En 25.000 Veces En Noordwijkerhout (Cultivo De Flores Bulbosas)**

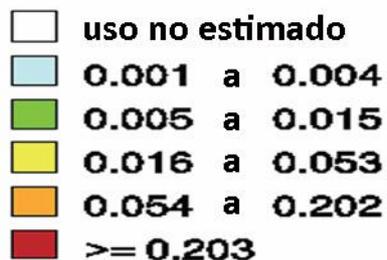


# Cantidad Estimada De Imidacloprid Empleada Para Uso Agrícola En Los EE.UU En El 2002

Programa de Calidad del Agua En Los EE.UU. Servicio Geológico Nacional (NAWQA)



Media anual de principio activo utilizado por milla cuadrada de terreno agrícola en los EE.UU.



Cultivo	kg totales aplicados	% del uso en los EE.UU
sorgo	43.252	26.36
patatas	26.914	16.40
tabaco	19.682	11.99
lechuga	16.136	9.83
algodón	8.231	5.02
vid	7.753	4.72
tomates	6.900	4.20
cítricos	6.031	3.68
manzanos	5.112	3.11
nueces de macademia	4.536	2.76

# El Imidacloprid Contamina Las Aguas Superficiales De Zonas Agrícolas De California

K Starner and KS Goh (2012) Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology DOI: 10.1007/s00128-011-0515-5

- Se recogieron 75 muestras de aguas superficiales de 3 zonas agrícolas de California, para analizar el contenido en imidacloprid
- Se detectó el imidacloprid en 67 muestras (89%)
- En 14 muestras (19%), se superó el nivel máximo de referencia de  $1,05 \mu\text{g/L}$  (microgramos por litro), considerado por la Agencia Estadounidense de protección ambiental (EPA) como nivel que da lugar a daños crónicos a los invertebrados acuáticos



# Uno De Los Servicios Que Claramente Nos Dan Los Insectos, Aún Sin Saberlo, Es La Polinización

May Berenbaum (Entomologist, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Theme: Käfer und Co

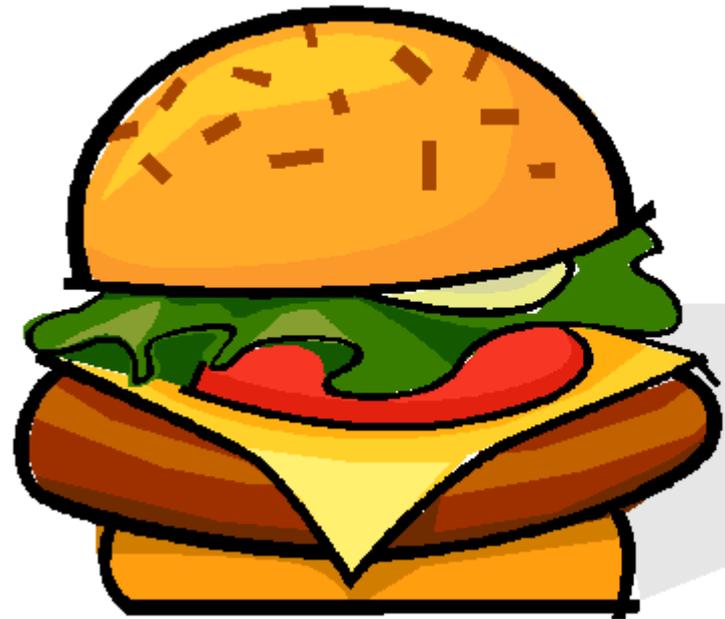
- Dado que la gran mayoría de las plantas no se pueden desplazar, casi todas dependen de la colaboración con animales para poner en contacto sus partes femeninas y masculinas y dar lugar a la fecundación
- Los insectos dan este servicio (transportando el polen) a un número considerable de plantas, especialmente a una serie de plantas que se han convertido en fundamentales para la economía y el actual estilo de vida de los humanos
- **Alrededor de un tercio de la dieta occidental procede directamente de la polinización de los insectos**



# Del Big Mac al McPanecillo

May Berenbaum (Entomologist, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Theme: Käfer und Co

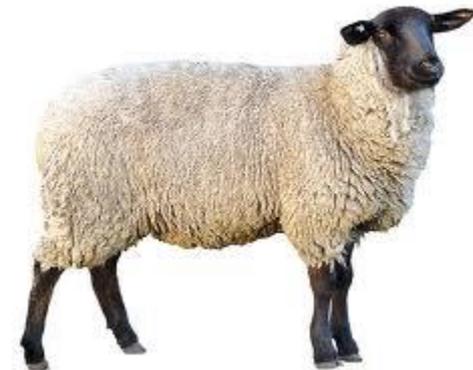
- Un Big Mac del McDonald en un mundo sin insectos no tendría ni carne, ni lechuga, ni queso, ni pepinillos, ni cebolla, ni ketchup; básicamente sería un McPanecillo



# Una Buena Parte De Nuestras Necesidades En Términos De Fibra Se Cubre Gracias A La Actividad De Los Insectos

May Berenbaum (Entomologist, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Theme: Käfer und Co

- La planta de algodón es polinizada por los insectos
- La lana y el cuero proceden en su mayor parte de ovejas y ganado cebado con leguminosas polinizadas por los insectos
- La seda, por supuesto, es una fibra natural producida directamente por un *insecto* — *Bombyx mori*, el gusano de seda japonés



# La Mayoría De Los Vertebrados Dependen En Gran Medida De Los Insectos En Su Dieta

May Berenbaum (Entomologist, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Theme: Käfer und Co

- Entre el 40 y el 90% de la dieta de los **peces de agua dulce** está constituida por insectos

- Entre los **anfibios**, las ranas, los sapos y las salamandras dependen de los insectos. Alrededor del 75 % de la dieta del sapo común son insectos

- Entre los **reptiles**, los insectos son la comida favorita de lagartijas, camaleones, culebras verdes, lagartos de cuernos cortos (*Phrynosoma hernandesi*)

- Alrededor de un tercio de la dieta de las **aves de caza y aves canoras** son insectos o parientes cercanos

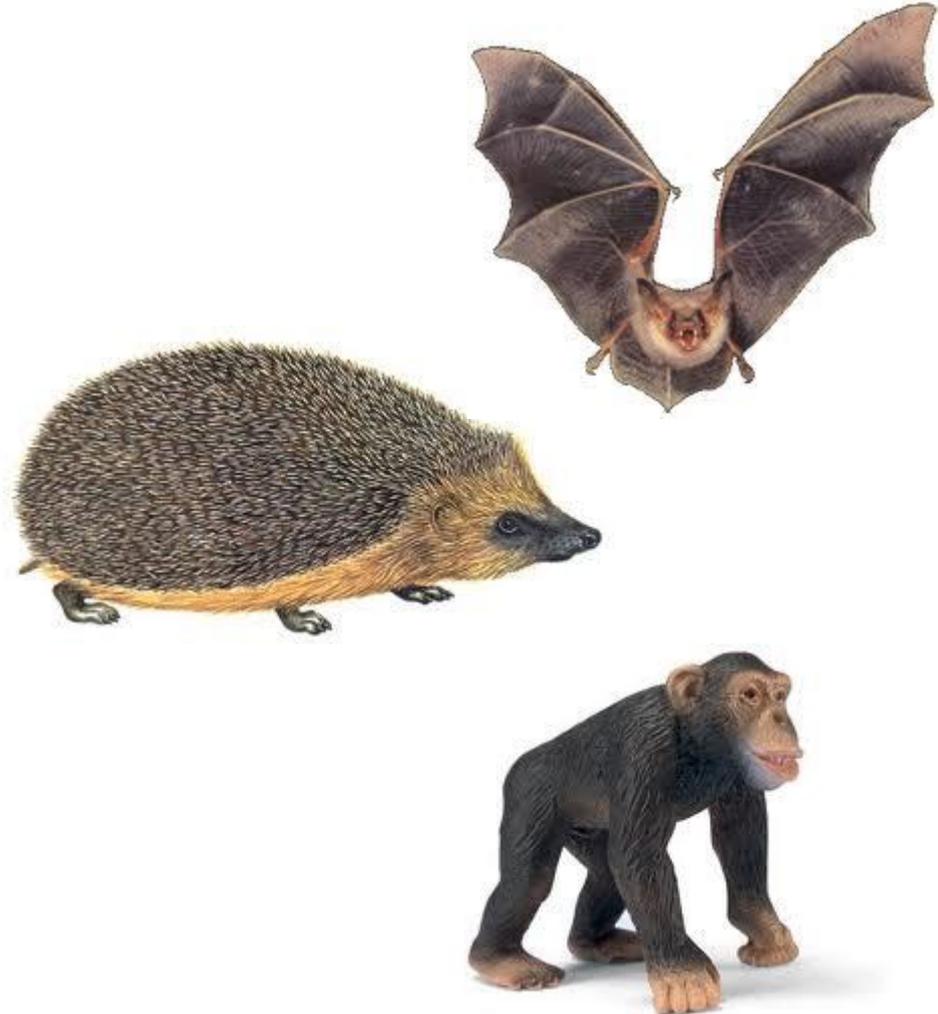


Rotkehlchen

# Casi Todos Los Órdenes De Mamíferos Tienen Especies Insectívoras

May Berenbaum (Entomologist, University of Illinois) NZZ Folio 07/01 - Theme: Käfer und Co

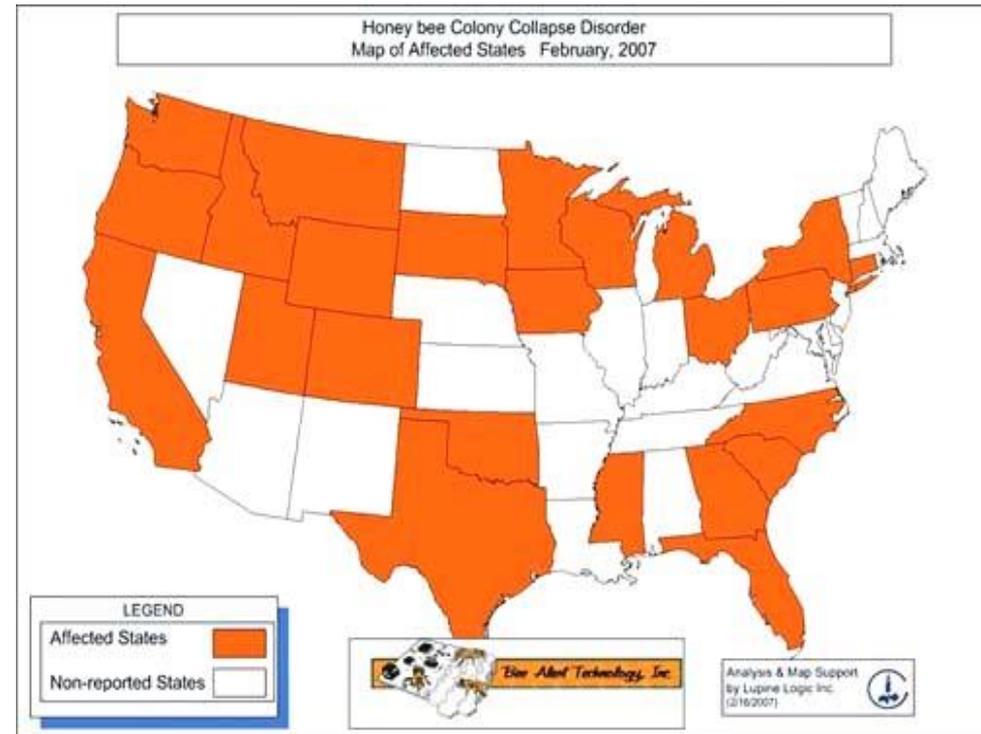
- Puercoespines, ornitorrincos, comadrejas, cuscuses, pósums, bandicotas, notoríctidos, erizos, topos, tenrecs, solenodontes (almiquíes), musarañas, la mayor parte de los murciélagos, osos hormigueros, armadillos, pangolines, algunos ratones y mapaches, todos ellos consumen insectos regularmente.
- Incluso entre los primates, parientes cercanos, los insectívoros son frecuentes. Lémures, aye-ayes (primates de Madagascar) y varios de los grandes simios son entomófagos en mayor o menor medida.
- Tanto los gorilas como los chimpancés transforman de forma increíble palos y bastones en herramientas para extraer termitas y hormigas de sus nidos.



# El Declive De La Abeja Melífera En Los EE.UU. y Europa Está Relacionado Con Las Infecciones

Cédric Alaux et al. Environ Microbiol. (2010) 12(3): 774–782  
Pettis, JS et al. (2012) Naturwissenschaften DOI 10.1007/s00114-011-0881-1

- Los neonicotinoides están debilitando el sistema inmunitario de los insectos, dando lugar a que las infecciones se propaguen en la colmena
- Un punto en común en todas las colonias de abejas que colapsan es una mayor variedad y carga de parásitos y patógenos con respecto al resto de las colonias



# El Imidacloprid Está Debilitando El Sistema Inmunitario De Los Peces De Agua Dulce

Sánchez-Bayo F, Goka K. *Aquat Toxicol* 2005; 74(4):285-93

- Estudiando el medaka japonés (pez del arroz) en campos experimentales de arroz, Sánchez-Bayo y Goka observaron estrés fisiológico en los alevines e infecciones masivas de un ectoparásito *Trichodina*, en los peces más débiles, cuando los campos fueron tratados con imidacloprid, lo que no se verificó en los campos de control no tratados



# El Colapso De La Población De Salmones Salvajes En Proximidad de Criaderos De Salmones Está Relacionado Con Las Infecciones

Sánchez-Bayo F, Goka K. *Aquat Toxicol* 2005; 74(4):285-93

- En 1994 hubo una epidemia de piojo del salmón *Lepeophtheirus salmonis* en los criaderos de salmones de la Costa Atlántica de Canadá
- La primera epidemia de *L. salmonis* que afectó a la población de salmón rosa salvaje de la Costa Pacífica de “British Columbia” se produjo repentinamente durante la primavera del 2001
- Se puso de manifiesto que en las zonas sin criaderos de salmones, la infestación fue baja mientras que hubo un colapso de la población de salmón salvaje en proximidad de los criaderos



# El Declive Masivo De Los Abejorros En Los EE.UU. y Europa Está Relacionado Con Las Infecciones

Cameron, S.A. et al. (2011) Proc. Natl Acad. Sci. USA 108, 662-667

- La comparación de los datos de la población actual de abejorros con los registros de los museos mostraron que en cuatro especies, la cantidad de individuos presentes se ha reducido hasta en el 96%. Dependiendo de la ubicación geográfica han disminuido en un rango que varía entre el 23 y el 87%, en algunos casos en tan sólo las últimas dos décadas.
- Las especies en declive han presentado un nivel de infección del patógeno *Nosema bombi* significativamente superior.
- Es probable que se haya producido una exposición a los neonicotinoides y que esto haya debilitado el sistema inmunitario de los abejorros aumentando su susceptibilidad a los patógenos.



# El Declive Masivo De La Población De Anfibios Está Relacionada Con Las Infecciones

## El Hongo Quítrido Está Devastando Las Poblaciones De Ranas

Symposium held at the Zoological Society of London: 20/21 November 2008. Halting the global declines in amphibians. Research & Practice

- Dos especies de ranas de las que hasta no hace mucho podíamos considerar como “normales”, que poblaban los miles de lagos y estanques de la Sierra Nevada Californiana, están siendo exterminados por la *quitridiomicosis*
- Es probable que hayan sido expuestos a pequeñas cantidades de neonicotinoides, lo que probablemente haya debilitando el sistema inmunitario de los anfibios aumentando su susceptibilidad a los patógenos



# El Declive Masivo De Los Murciélagos Está Relacionado Con Las Infecciones

[www.fws.gov/whitenosesyndrome](http://www.fws.gov/whitenosesyndrome)

- Una mancha blanca y polvorienta en la punta de la nariz era síntoma de la enfermedad y cuando se cultivó este polvo creció un hongo, el *Geomyces destructans*. Este hongo infectaba la piel y las membranas de las alas de los murciélagos y se asoció a una mortalidad de los mismos sin precedentes
- Se detectó por primera vez en una cueva en el estado de Nueva York durante el invierno del 2005/6 y se extendió rápidamente a los estados del noreste de los EE.UU.
- Consumiendo miles de invertebrados en su dieta, inevitablemente los murciélagos se vieron expuestos a pequeñas dosis acumulativas de neonicotinoides



## EL SÍNDROME DE LA NARIZ BLANCA

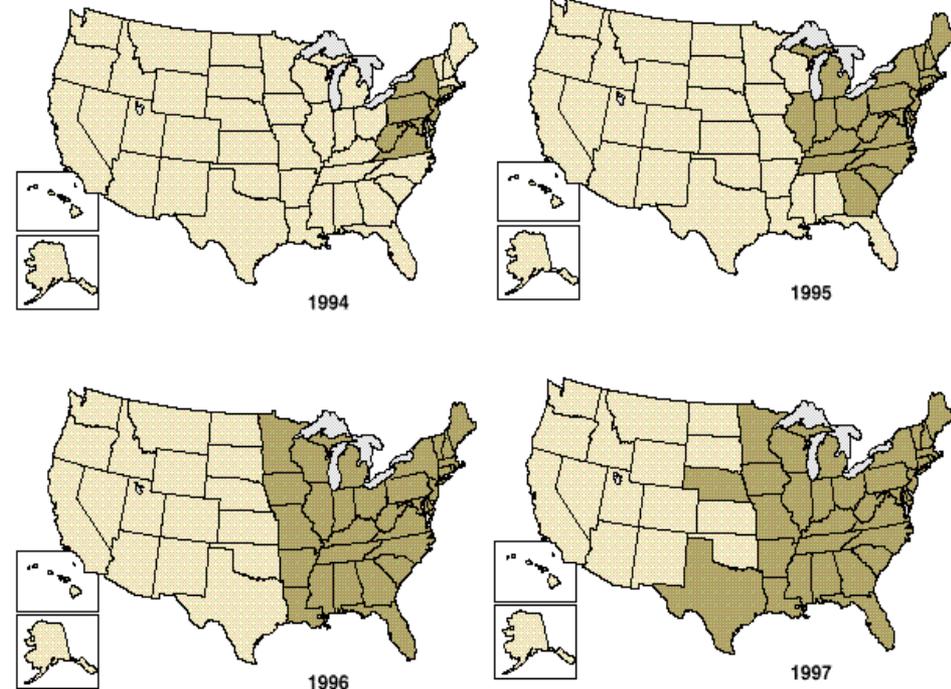


# Declive De Las Aves En Los EE.UU. Por Efecto De Los Patógenos

Fischer JR, Stallknecht DE, Luttrell P, et al. Emerg Infect Dis 1997; 3(1):69-72.



Use "Go Back" on your Browser to return to previous page



**EXPLANATION**  
Spread of house finch conjunctivitis  
■ States where disease has been detected

Reported geographic spread of house finch inner eyelid inflammation (conjunctivitis) since the initial 1994 observation. (Data adapted from reports in the scientific literature and personal communications between the National Wildlife Health Center and other scientists.)

- La primera información que se tiene de conjuntivitis micoplasmática del carpodaco doméstico libre (*Carpodacus mexicanus*) data de febrero del 1994 en la zona suburbana de Washington DC.
- Se identificó el *Mycoplasma gallisepticum*, un patógeno de las aves de corral que hasta el momento nunca se había asociado a las aves canoras salvajes.
- En los primeros tres años se estima que murieron 225 millones de carpodacos. La enfermedad se difundió dramáticamente a los carpodacos del medio-oeste y del sur-este de los EE.UU.

# Declive De Las Aves Europeas Por Efecto De Los Patógenos

Robinson RA, Lawson B, Toms MP, et al. PLoS One 2010; 5(8):e12215.

Lawson B, Malnick H, Pennycott TW, et al. Vet J 2011; 188(1):96-100

- En Europa las epidemias de aves salvajes causadas por una serie de nuevos patógenos, empezaron a principios del 2000
- Se ha reducido dramáticamente el número de verderones europeos (*Carduelis chloris*) como consecuencia de una mortandad causada por infecciones de *Trichomonas gallinae*, protozoo que invade el buche y las mucosas que recubren el pico. Las muertes empezaron en el Reino Unido alrededor del año 2005
- Al mismo tiempo, los pinzones (*Fringilla coelebs*) empezaron a aparecer en los jardines con una especie de costras blancas en las patas y garras causadas por un *papilloma virus*. Se habla de una mortalidad del 20 %, de modo que esta enfermedad mata más lentamente que las infecciones de *Trichomonas* en los verderones europeos



# Declive De Las Aves Europeas Por Efecto De Los Patógenos

Friedrich-Loeffler-Institute. Federal Research Institute for Animal Health. News 16/09/2011

- En septiembre del 2011 se registraron muertes masivas de mirlos (*Turdus merula*) en la zona de los ríos Rin y Neckar de Alemania
- El instituto de enfermedades tropicales, y el instituto Friedrich-Loeffler examinó 4 aves y confirmó que se trataba del virus tropical africano **Usutu Virus**
- Se observó por primera vez en Australia en el año 2001, después en Italia, Hungría y Suiza. En las aves lo primero que causa es apatía, después se evidencian signos de trastorno del sistema nervioso central, con movimientos anómalos de la cabeza
- **Se estima que la enfermedad aniquiló 300.000 mirlos**



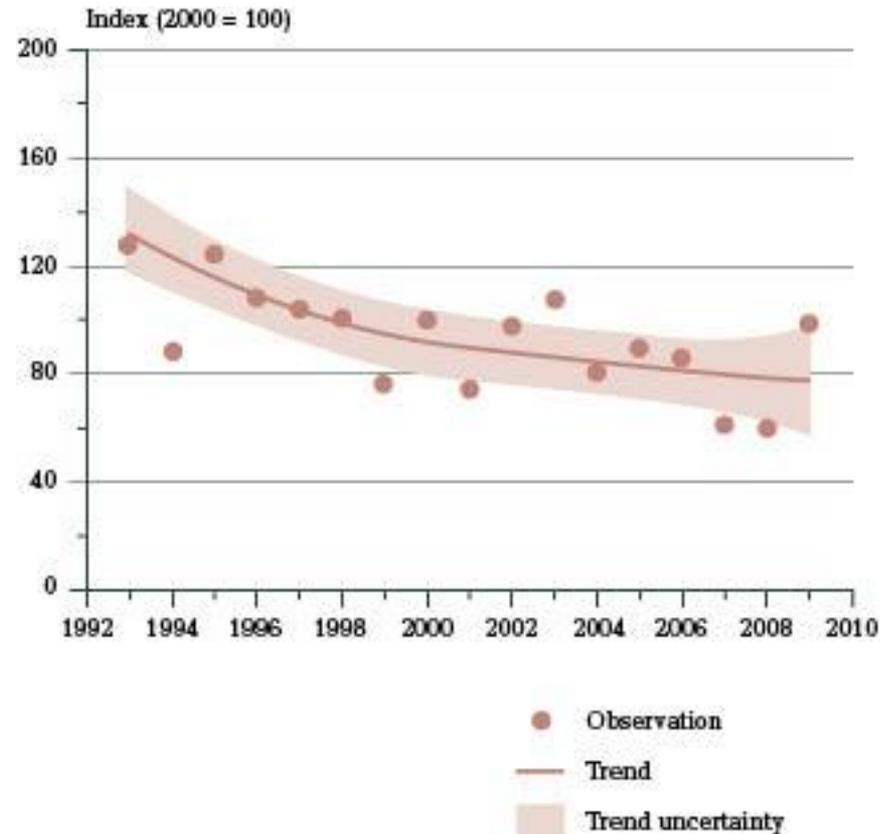


# Insecticidas Sistémicos: Estamos Presenciando Un Desastre

Tennekes, H.A. (2010) ETS Nederland BV, Zutphen, Holanda.  
Disponible en el link: <http://www.disasterinthemaking.com/>.

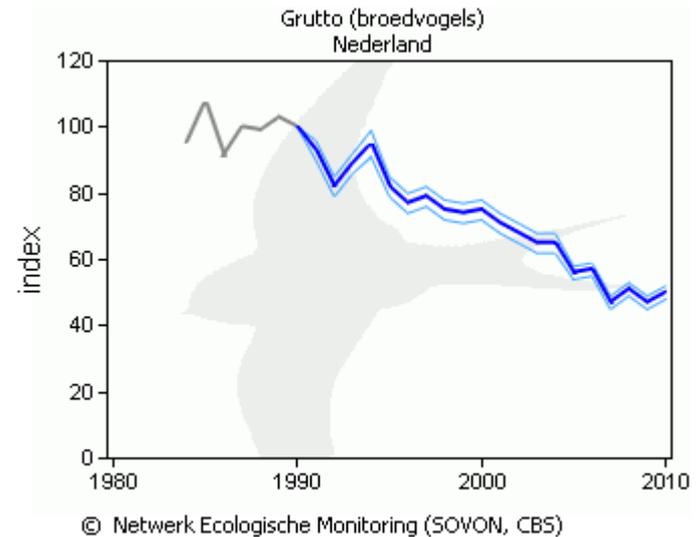
- El Dr. Henk Tennekes, toxicólogo independiente holandés, advirtió de los peligros que suponen los neonicotinoides sistémicos, publicando el libro ***"Insecticidas Sistémicos: Estamos Presenciando Un Desastre"***.
- Tennekes afirma: ***"Este libro cataloga una tragedia de proporciones monumentales sobre la pérdida de invertebrados y como consecuencia sobre la pérdida de las poblaciones de aves insectívoras (que se nutren y dependen de los invertebrados), en todos los ambientes holandeses."***
- *Esta desaparición podría deberse a la agricultura en general, y en particular al insecticida neonicotinoide imidacloprid, que es el mayor contaminante de las superficies de agua holandesas desde el 2004.*
- Todos estos problemas se producen por una característica crucial (y catastrófica) de los neonicotinoides: dañan el sistema nervioso central de los insectos de forma prácticamente irreversible y acumulativa.
- Tennekes demostró que incluso cantidades ínfimas de estas sustancias pueden tener efectos devastadores a largo plazo.
- Los neonicotinoides percolan hasta llegar a las aguas subterráneas, contaminan las aguas superficiales y persisten en el suelo y en el agua exponiendo de forma crónica a organismos acuáticos y terrestres a estos insecticidas.
- ***"Por lo tanto, lo que de hecho está sucediendo es que estos insectos están creando un paisaje tóxico, en el que muchos organismos beneficiosos están siendo aniquilados"***.

# El Número Actual De **Mariposas** En Holanda Ha Alcanzado Los Niveles Más Bajos De La Historia



# El Declive De Las Aves De Pastizal En Holanda

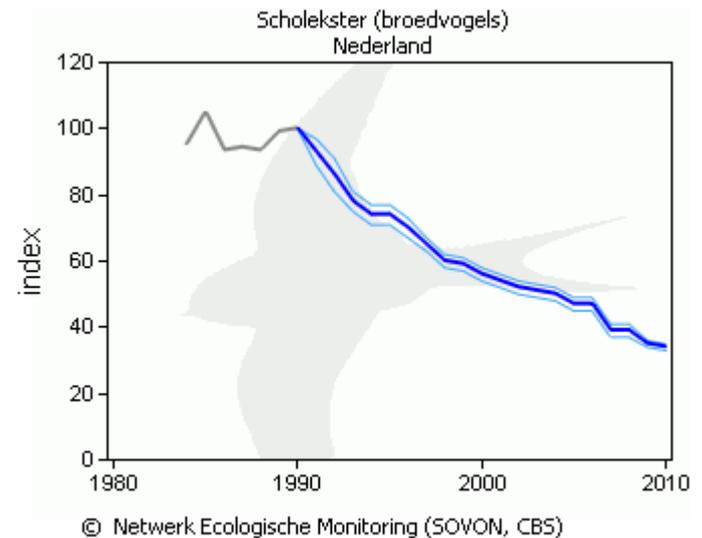
## Aguja Colinegra (*Limosa limosa*)



- En Alemania la población nidificante se ha reducido a la mitad en los últimos 15 años

# El Declive De Las Aves De Pastizal En Holanda

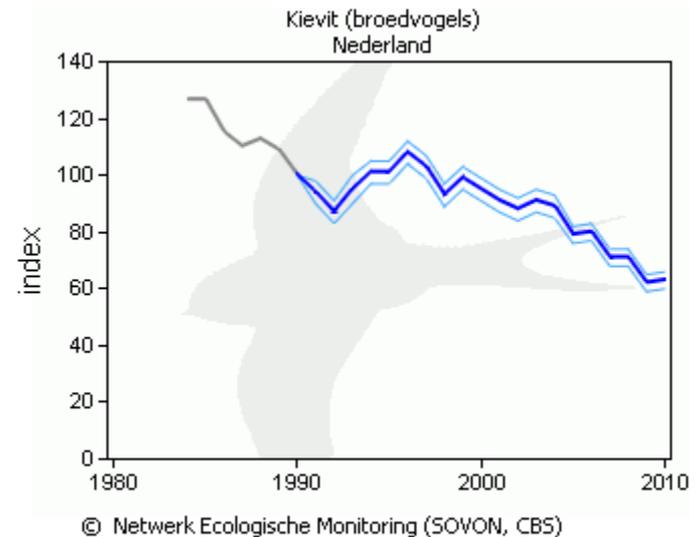
## Ostrero Euroasiático (*Haematopus ostralegus*)



- Grave declive observado también en Alemania

# El Declive De Las Aves De Pastizal En Holanda

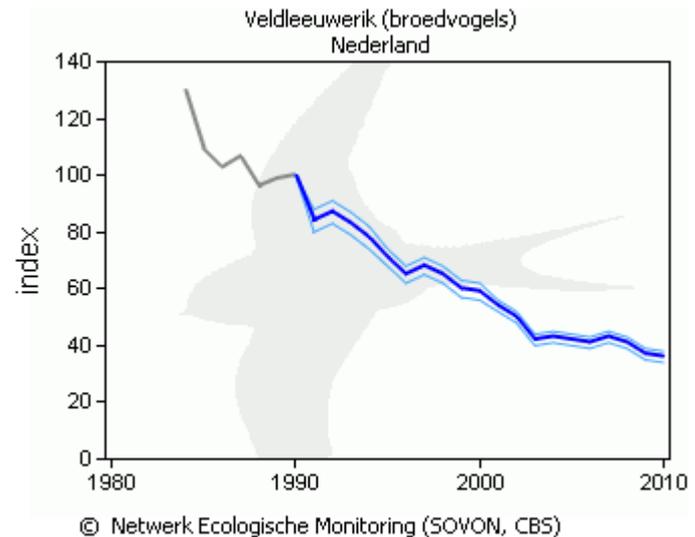
## Avefría Europea (*Vanellus vanellus*)



- Dramático declive de la población nidificante en Alemania a partir de los 70

# El Declive De Las Aves De Pastizal En Holanda

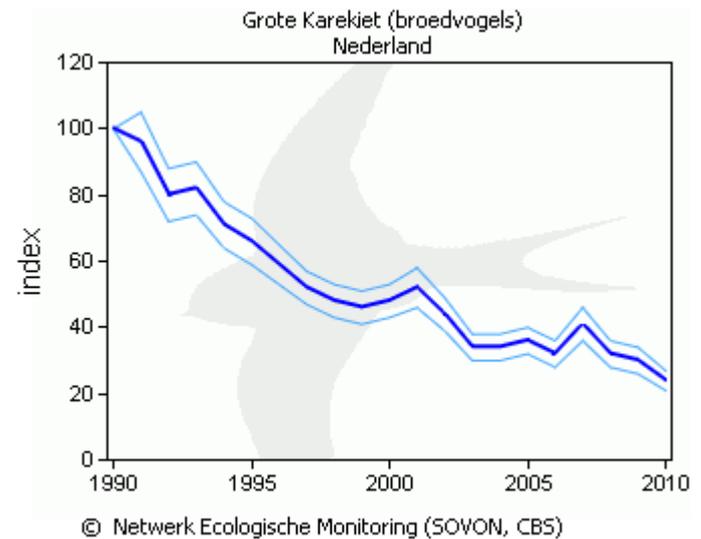
## Alondra Común (*Alauda arvensis*)



- Importante declive desde los años 60 de la población nidificante de alondras, que poco tiempo atrás eran consideradas como “normales,, en Alemania

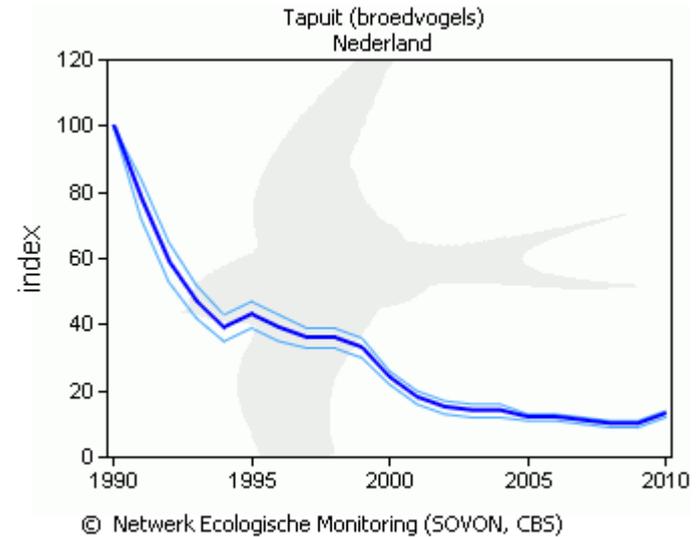
# El Declive De Las Aves De Humedales En Holanda

## Carricero Tordal (*Acrocephalus arundinaceus*)



# El Declive De Las Aves De Brezal En Holanda

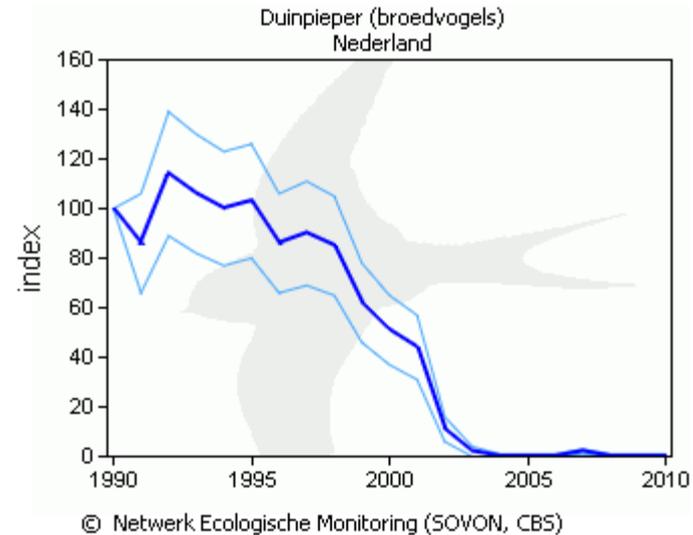
## Collalba Gris (*Oenanthe oenanthe*)



- Al borde de la extinción en Alemania

# El Declive De Las Aves De Brezal En Holanda

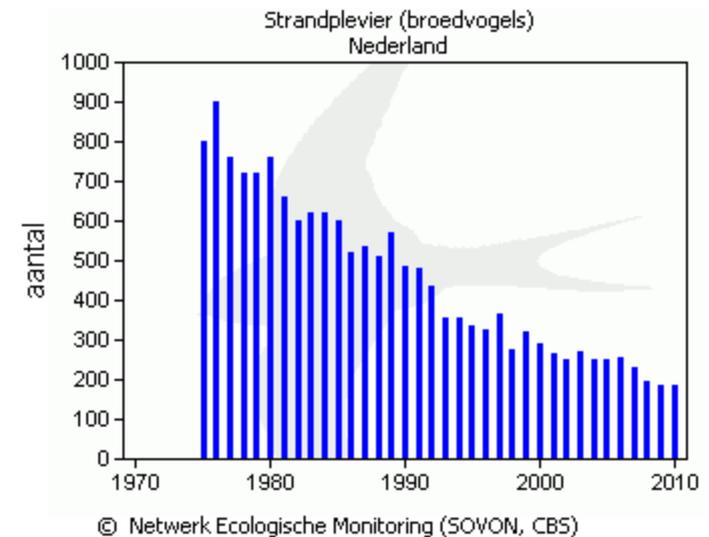
## Bisbita Campestre (*Anthus campestris*)



- Al borde de la extinción en Alemania

# El Declive De Las Aves Costeras En Holanda

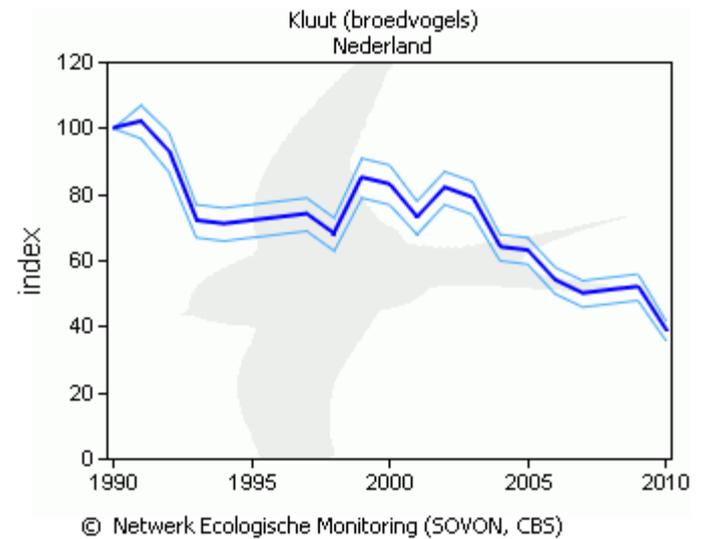
## Frailecillo Blanco (*Charadrius alexandrinus*)



- Al borde de la extinción en Alemania

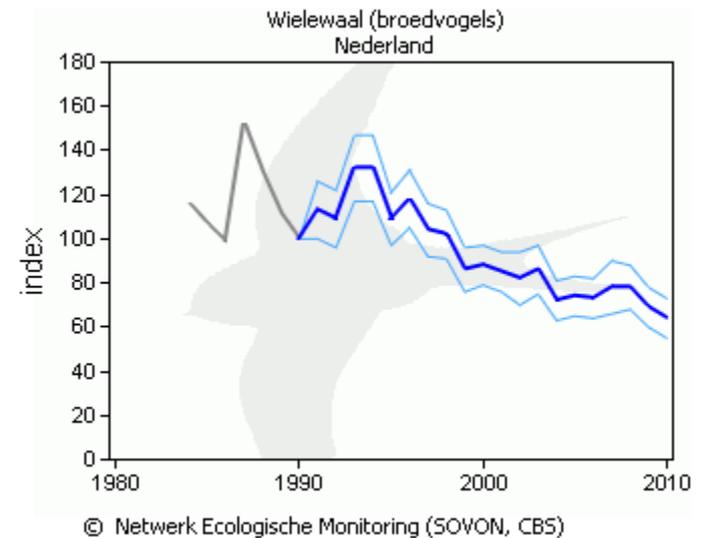
# El Declive De Las Aves Costeras En Holanda

## Avoceta Común (*Recurvirostra avosetta*)



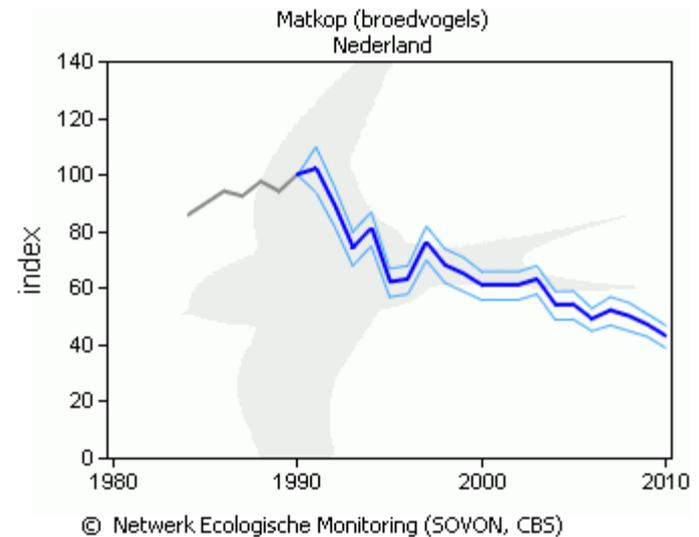
# El Declive De Las Aves De Los Bosques En Holanda

## Oropéndola Europea u Oriol (*Oriolus oriolus*)



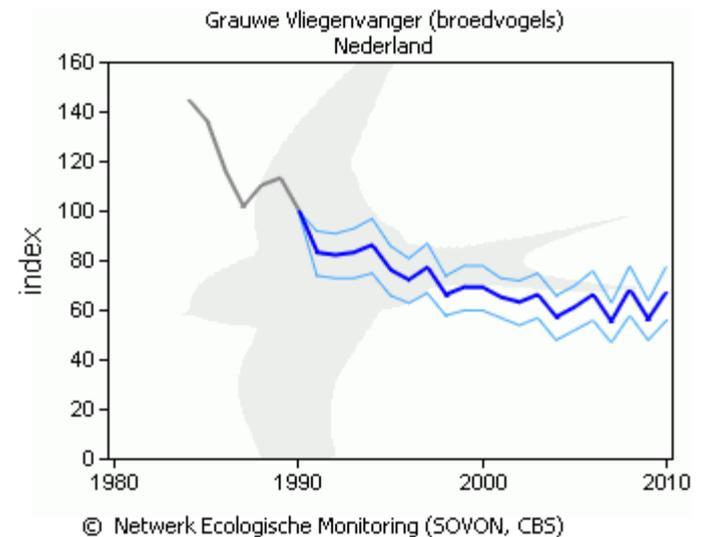
# El Declive De Las Aves De Los Bosques En Holanda

## Carbonero Montano o Carbonero Sibilino (*Poecile montanus*)



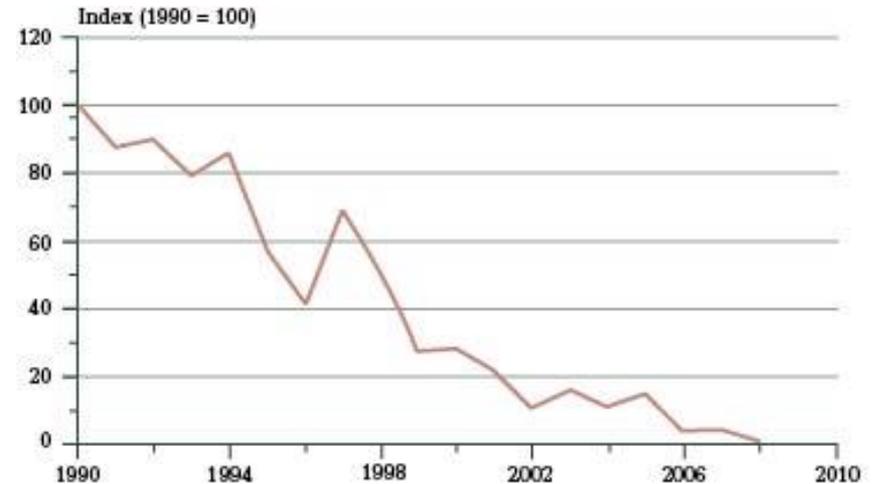
# El Declive De Las Aves De Los Bosques En Holanda

## Papamoscas Gris (*Muscicapa striata*)



# El Declive De Las Aves De Tierras Agrícolas En Holanda

## Triguero (*Miliaria calandra*)

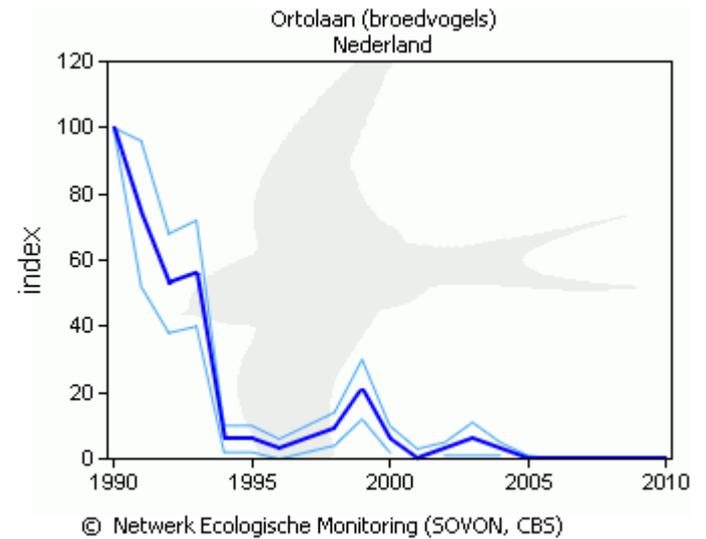


Source: NEM (SOVON, CBS)  
CBS/nov09/1389  
[www.compendiumvoordelstofomgeving.nl](http://www.compendiumvoordelstofomgeving.nl)

- Amenazado en Alemania

# El Declive De Las Aves De Tierras Agrícolas En Holanda

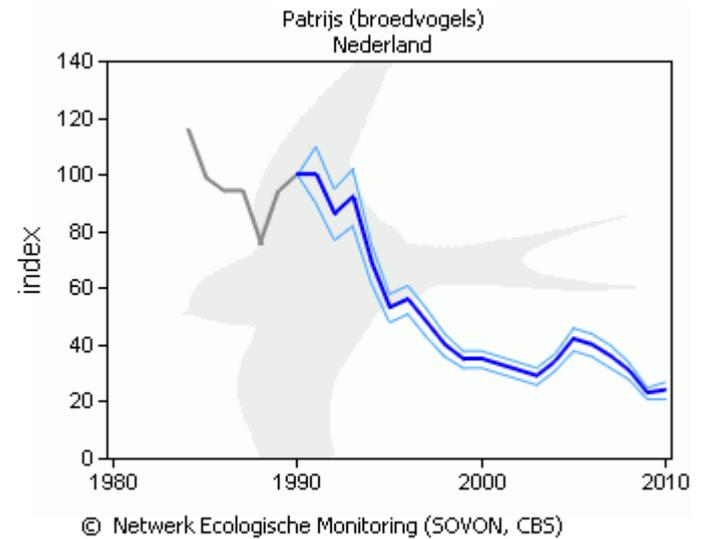
## Escribano Hortelano (*Emberiza hortulana*)



- Amenazado en Alemania

# El Declive De Las Aves De Tierras Agrícolas En Holanda

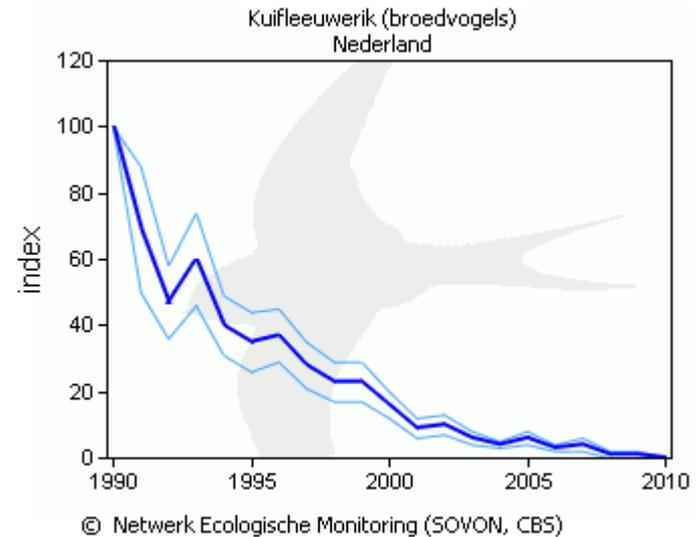
## Perdiz Pardilla (*Perdix perdix*)



- Amenazado en Alemania

# El Declive De Las Aves De Tierras Agrícolas En Holanda

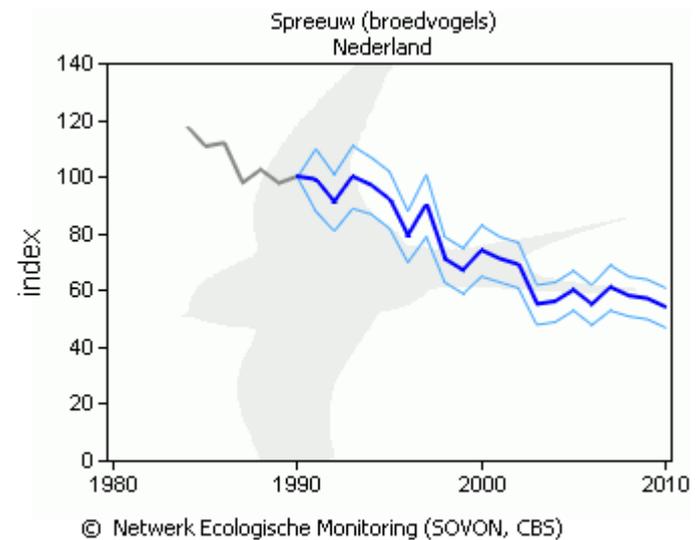
## Cogujada Común (*Galerida cristata*)



- Al borde de la extinción en Alemania

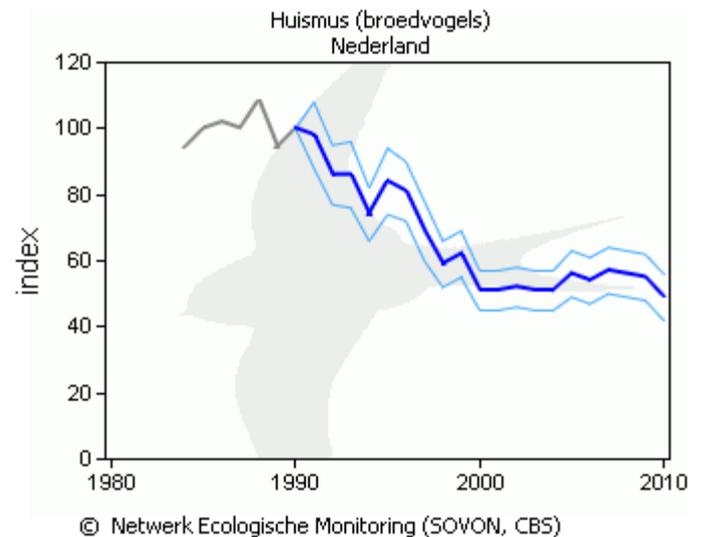
# El Declive De Las Aves Urbanas En Holanda

## Estornino Pinto (*Sturnus vulgaris*)



# El Declive De Las Aves Urbanas En Holanda

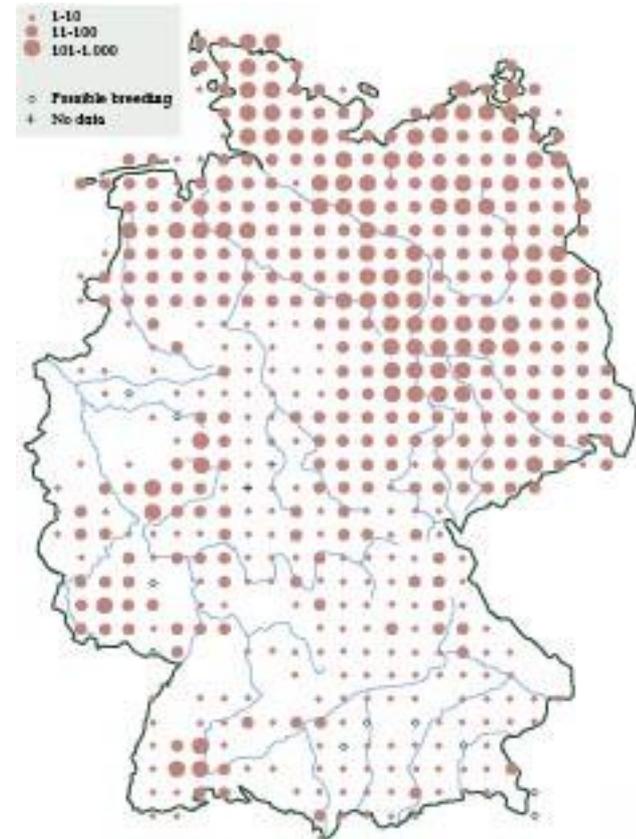
## Gorrión Común (*Passer domesticus*)



## Collalba gris (izquierda) y Tarabilla Norteña (*Saxicola rubetra*) (derecha)

### En Alemania Durante La Nidificación del 1985

Rheinwald, G. (1993): Atlas der Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel Deutschlands – Kartierung um 1985. Schriftenr. Dachverband Dt. Avifaunisten 12



# El Declive Alarmante En Sajonia De Las Aves Que Anidan En El Suelo Entre 1993-1996

Ist das Artensterben in der Agrarlandschaft noch aufzuhalten? Dokumentation der Fachtagung „Biodiversität“ der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Sächsischen Landtag am 17. November 2008

Espece	1993 - 1996	2004 – 2007
<b>Perdiz Pardilla</b> ( <i>Perdix perdix</i> )	1.500 - 3.000	300 – 400 [- 80%]
<b>Avefría Europea</b> ( <i>Vanellus vanellus</i> )	900 - 1.600	500 – 800 [- 50%]
<b>Tarabilla Norteña</b> ( <i>Saxicola rubetra</i> )	2.500 - 5.000	1.500 - 2.500 [- 50%]
<b>Collalba Gris</b> ( <i>Oenanthe oenanthe</i> )	600 - 1.000	350 – 600 [- 50%]
<b>Bisbita Pratense</b> ( <i>Anthus pratensis</i> )	2.500 - 5.000	1.500 - 2.500 [- 50%]
<b>Cogujada Común</b> ( <i>Galerida cristata</i> )	500 - 800	250 – 400 [- 50%]



# El Declive De Las Aves De Los Bosques En Alemania 1989 - 2003

Flade M & Schwarz J (2004) Vogelwelt 125:177-213.



Espece	Oeste (% p.a.)	Este (% p.a.)
<b>Mosquitero Silvador</b> ( <i>Phylloscopus sibilatrix</i> )	- 8,2	- 3,4
<b>Carbonero Montano</b> ( <i>Poecile montanus</i> )	- 1,5	- 3,3
<b>Papamoscas Cerrojillo</b> ( <i>Ficedula hypoleuca</i> )	- 2,5	- 4,7
<b>Papamoscas Gris</b> ( <i>Muscicapa striata</i> )	- 0,7	- 3,0
<b>Mosquitero Musical</b> ( <i>Phylloscopus trochilus</i> )	- 3,7	- 1,7
<b>Carbonero Palustre</b> ( <i>Poecile palustris</i> )	- 0,6	- 2,3
<b>Pito Cano</b> ( <i>Picus canus</i> )	- 6,5	- 9,2
<b>Torcecuello</b> ( <i>Jynx torquilla</i> )	- 4,3	- 5,1
<b>Oriol</b> ( <i>Oriolus oriolus</i> )	- 2,1	- 4,3
<b>Bisbita Arbóreo</b> ( <i>Anthus trivialis</i> )	- 3,5	- 4,5
<b>Azor Común</b> ( <i>Accipiter gentilis</i> )	- 7,7	- 4,8

# El Declive De Las Aves Urbanas En Alemania 1989-1998

Schwarz J & Flade M (2000) Vogelwelt 121: 87-106

Especie	Variación p.a. (%)
<b>Gorrión Común</b> ( <i>Passer domesticus</i> )	- 13,1
<b>Vencejo Común</b> ( <i>Apus apus</i> )	- 6,2 (este)
<b>Avión Común</b> ( <i>Delichon urbicum</i> )	- 3,6 (oeste)
<b>Golondrina Común</b> ( <i>Hirundo rustica</i> )	- 1,5 (este)
<b>Estornino de Hildebrandt</b> ( <i>Lamprotornis hildebrandti</i> )	- 0,4



# May Berenbaum (Entomólogo, Universidad de Illinois)

NZZ Folio 07/01 - Theme: Käfer und Co

“Probablemente la forma más sencilla de garantizar que el planeta siga funcionando de forma propicia para proteger la salud humana y encaminarnos a la felicidad, es que la gente **aprenda a respetar a los otros habitantes del planeta, incluso los pequeños, de seis patas**, y que se reconozca que son nuestros aliados en la preservación del planeta y en hacer que las cosas funcionen **como se supone que deben hacerlo**.

**Si no tenemos en cuenta este principio, la pregunta “¿Qué aporta de bueno la humanidad?” no obtendrá una respuesta positiva, por lo menos por cuánto concierne al resto del planeta.”**





# Resumen

- El mecanismo de los neonicotinoides actúa **bloqueando de forma prácticamente irreversible los receptores nicotínicos postsinápticos de la acetilcolina (nAChRs)** del sistema nervioso central de los insectos.
- El daño que se produce es acumulativo, y cada vez que el organismo se expone a estas sustancias se bloquean más receptores. De hecho, **puede que no exista un nivel seguro de exposición.**
- Los nAChRs intervienen en muchos procesos cognitivos, de modo que los neonicotinoides provocan negligencia en el desarrollo de las tareas de nutrición a larvas y huevos por parte de las abejas obreras, y afecta gravemente su capacidad de vuelo. **Pequeñísimas cantidades de insecticidas neonicotinoides son suficientes para hacer colapsar las colonias.**
- Los residuos de neonicotinoides en la comida **pueden tener efectos adversos para la salud humana, especialmente sobre el cerebro en su fase de formación.**
- **Los insecticidas neonicotinoides** son persistentes y móviles en el suelo, solubles en agua y estables a la descomposición a pH neutro, como consecuencia – estos compuestos **pueden lixiviar en los suelos.**
- Desde el 2004 los organismos de control del agua han detectado una **contaminación importante de imidacloprid en las aguas holandesas**, especialmente al oeste del país. También se ha detectado contaminación de las aguas superficiales con imidacloprid en zonas agrícolas de California.
- Como consecuencia, **cantidades altas de imidacloprid se están difundiendo en el medio ambiente**, matando o debilitando a organismos no diana y otros artrópodos, **diezmado las presas invertebradas que son necesarias para los organismos superiores de la cadena alimenticia.**

# Estamos Presenciando Un Desastre

## Los Neonicotinoides Rompen Las Cadenas Alimenticias

- **En Holanda las aves que dependen de los invertebrados están declinando de forma masiva en los últimos tiempos, en todos los hábitats** (pastizales, humedales, brezales, costa, bosques, tierras agrícolas, zonas urbanas):
- Aguja Colinegra, Alondra Común, Avefría Europea, Avión Común, Avoceta Común, Azor común, Bisbita Arbóreo, Bisbita Campestre, Carbonero Montano, Carbonero palustre, Carricero Tordal, Cogujada Común, Collalba Gris, Escribano Hortelano, Estornino de Hildebrandt, Estornino Pinto, Frailecillo Blanco, Golondrina Común, Gorrión Común, Mosquitero musical, Mosquitero Silvadador, Oriol, Gorrión Común, Ostrero Euroasiático, Papamoscas Cerrojillo, Papamoscas Gris, Perdiz Pardilla, Pito Cano, Tarabilla Norteña, Torcecuello, Triguero, Vencejo Común
- La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas con insecticidas que son persistentes y causan daños acumulativos e irreversibles a organismos acuáticos e insectos terrestres no diana puede conducir a una catástrofe medioambiental
- Los datos presentados en este trabajo muestran que **la catástrofe ambiental está ya sucediendo delante de nuestros ojos** y que
- **!HAY QUE PARARLA!**



# <http://smallbluemarble.org.uk/>

**Organización benéfica independiente del Reino Unido dedicada a la evaluación de la seguridad de los pesticidas**

- Los objetivos de la asociación “Small Blue Marble” (Pequeña Canica Azul) son:
- Llevar a cabo estudios imparciales sobre los efectos de los pesticidas: determinación de los verdaderos riesgos ecotóxicos, deficiencias en los sistemas de evaluación de la seguridad de los pesticidas y riesgos a largo plazo de muchos pesticidas
- Publicación y divulgación de los resultados a la comunidad científica para poder realizar revisiones científicas
- Compartir esta información con el público en general de forma fácilmente comprensible
- Capacitar al público y a otros posibles interesados a hacer declaraciones fundadas y dar a conocer puntos de vista actuales sobre el impacto de los pesticidas en nuestro planeta
- Dar los instrumentos necesarios a los niños de hoy en día para que sean los defensores del mundo del mañana (al menos para que lo hagan mejor que lo que hemos hecho nosotros)

Contacto:

Dr Bernie Doerer  
[bernie@smallbluemarble.org.uk](mailto:bernie@smallbluemarble.org.uk)

Kate Canning  
[kate@smallbluemarble.org.uk](mailto:kate@smallbluemarble.org.uk)

