

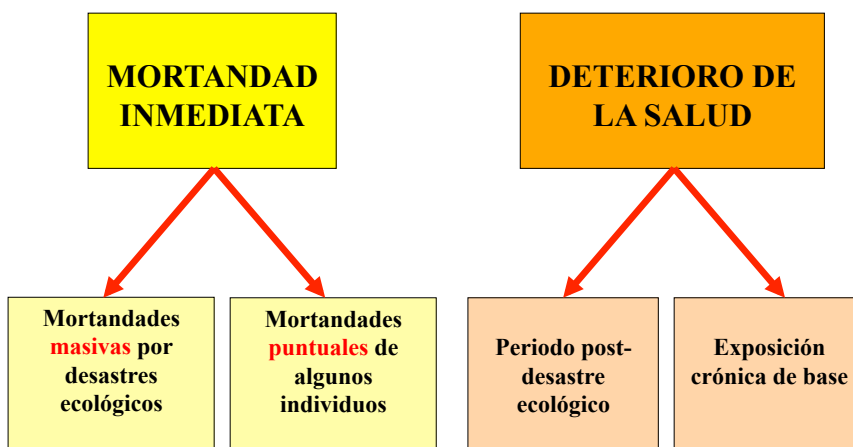
TOXICOVIGILANCIA, ESPECIES CENTINELA Y BIOMONITORIZACIÓN

*Antonio Juan García Fernández. Catedrático de Toxicología
Dpto. Ciencias Sociosanitarias. Universidad de Murcia*

A.J. García-Fernández e I. Navas

1

RIESGOS PARA LAS POBLACIONES DE FAUNA SILVESTRE



A.J. García-Fernández e I. Navas

2

MORTANDAD INMEDIATA

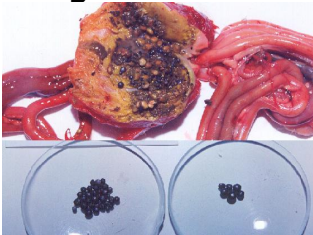
Mortandades **masivas** por desastres ecológicos

X CURSO DE VEDEMA
"GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN"

situaciones

Plumbismo en aves acuáticas en zonas húmedas cinegéticas

Delta del Ebro, Daimiel, El Hondo, Doñana, etc



Vertidos masivos de contaminantes en un ecosistema

"Prestige" (petróleo y derivados)
"Guerra del Golfo"

A.J. García-Fernández e I. Navas 3

MORTANDAD INMEDIATA

Mortandades **masivas** por desastres ecológicos

X CURSO DE VEDEMA
"GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE FAUNA SILVESTRE EN PELIGRO DE EXTINCIÓN"

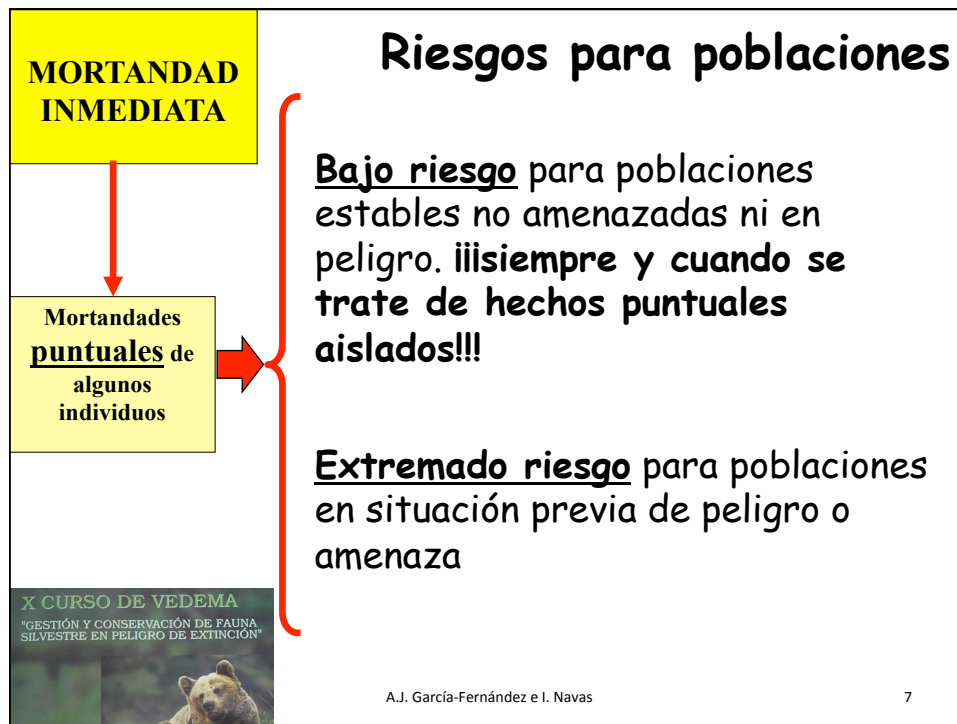
Riesgos para poblaciones

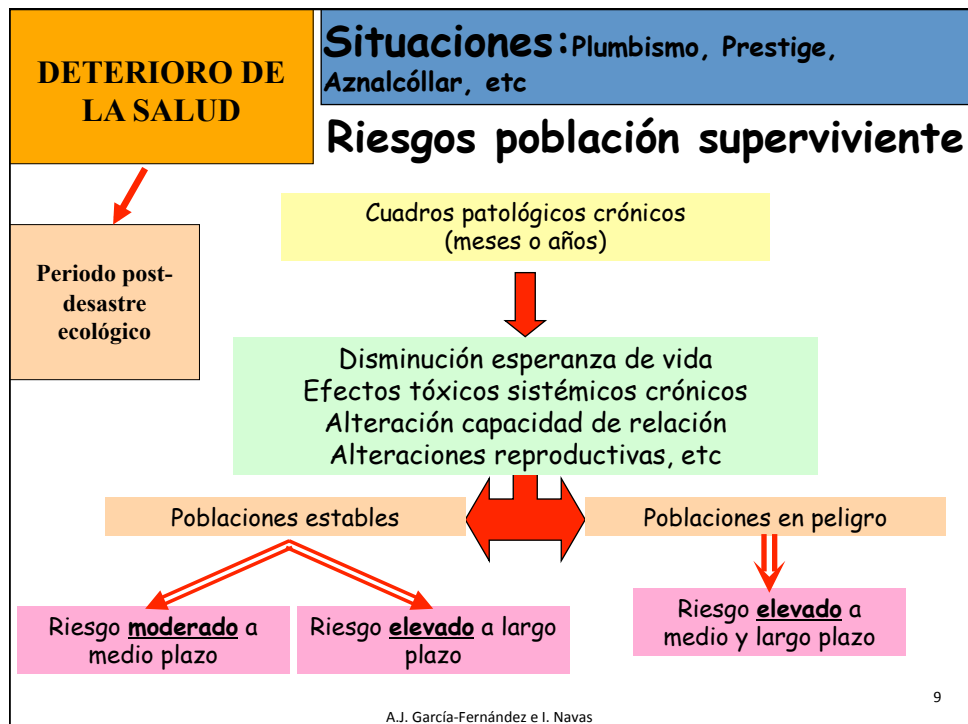
Alto riesgo para cualquier población dependiendo de la dimensión del desastre y la persistencia de los contaminantes

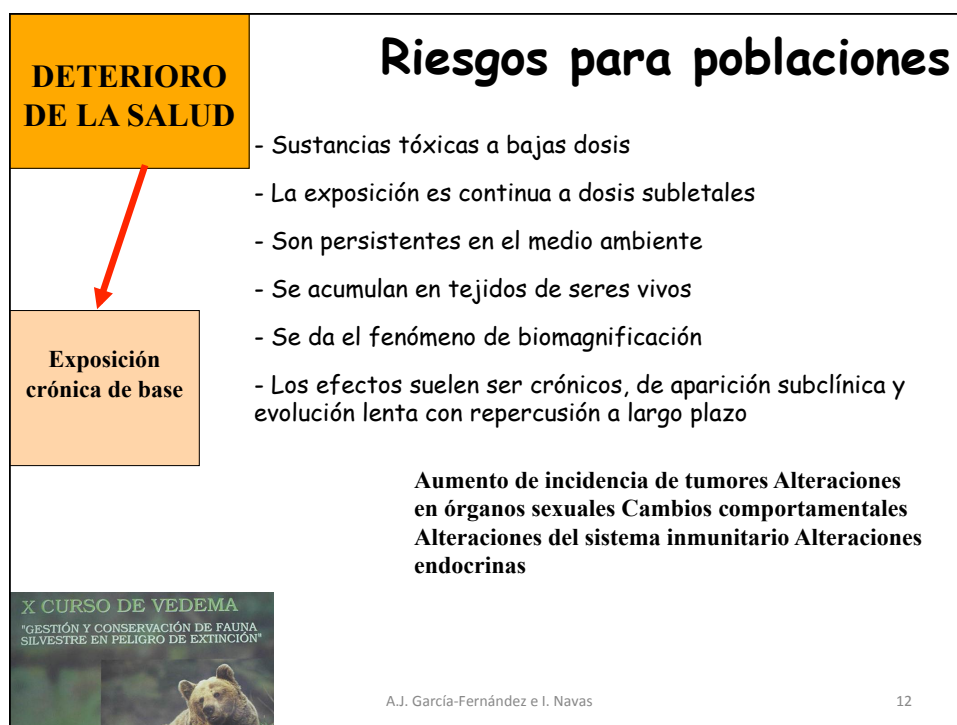
Extremado riesgo para poblaciones en situación previa de peligro o amenaza

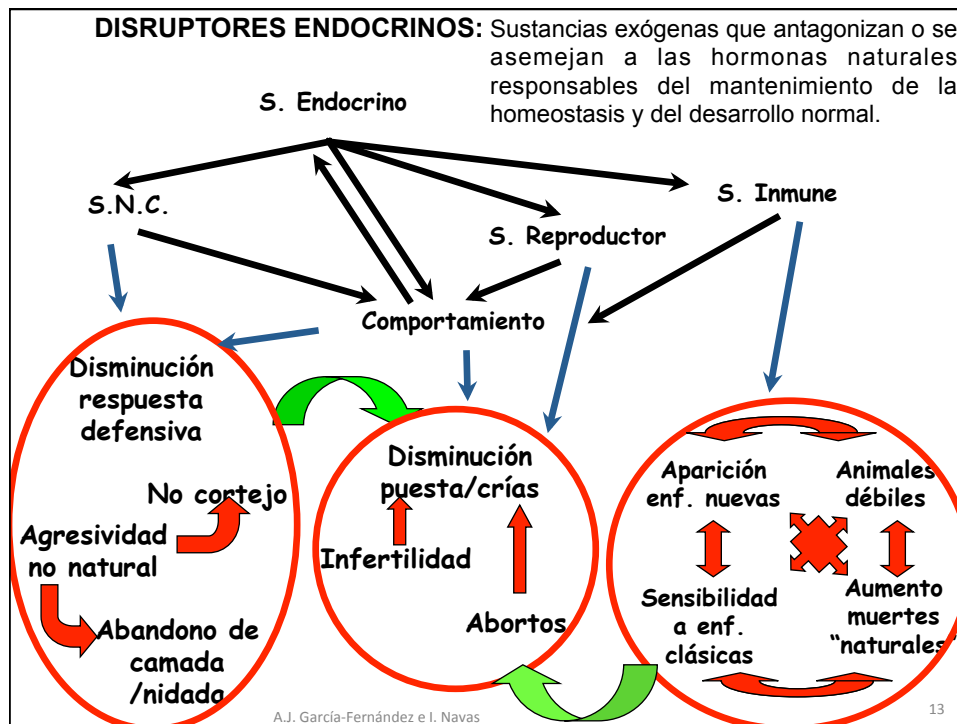
A.J. García-Fernández e I. Navas 4











ALGUNOS CONTAMINANTES CONSIDERADOS CANCERÍGENOS

Derivados de arsénico: piel, pulmón, hígado (Resp., Oral, Dérm.)

Asbesto: pulmón, tracto gastrointestinal (Resp., Oral)

Benceno: Sistema hematopoyético (Resp., Dérm.)

Cadmio: próstata, pulmón (Resp., Oral)

Derivados de cromo: pulmón (Resp.)

Minería de hematita: pulmón (Resp.)

Níquel: cavidad nasal, pulmón (Resp.)

Hollín, alquitrán: pulmón, escroto (Resp., Dérm.)

Cloruro de vinilo: hígado, cerebro, pulmón (Resp., Dérm.)

Algunos carcinógenos asociados a medios acuáticos

DDT y derivados
Aldrín y dieldrín
Policlorobifenilos



A.J. García-Fernández e I. Navas

14

toxicovigilancia

- Es el proceso activo de identificación y evaluación de los riesgos tóxicos que pueden afectar a las poblaciones y/o ecosistemas, y la evaluación de las medidas adoptadas para reducirlos o eliminarlos.
- Su función es determinar si los agentes tóxicos presentes en el medio son responsables de efectos adversos sobre la salud, o si las poblaciones de determinadas especies sufren un el impacto de intoxicaciones (agudas o crónicas)

(Basu et al. 2009, Letcher et al. 2010)

A.J. García-Fernández e I. Navas

15

Objetivo principal de la toxicovigilancia

- Complementar y potenciar la **gestión de riesgos** con información actualizada para **reducir la incidencia** de intoxicación en una comunidad mediante la identificación, evaluación y gestión eficiente de los riesgos toxicológicos, tanto los ya conocidos, como los emergentes, o los que reaparecen.

(Elliott et al. 2011; Shore et al. 2014)

A.J. García-Fernández e I. Navas

16

Sistema de Toxicovigilancia

- Un sistema de vigilancia epidemiológica de **sustancias y preparados químicos peligrosos (spqp)** permite detectar daños para la salud causados por dichas sustancias e identificar cuál o cuáles de ellas están causando dicho daño, para proceder a utilizar alguno de los posibles mecanismos de prevención y control previstos (prohibición o restricción de la comercialización, clasificación de peligrosidad, modificaciones en el etiquetado, etc.).

Red Nacional de Vigilancia, Inspección y Control de productos químicos

<https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/prodQuimicos/sustPreparatorias/rednacVigi/toxicoVigilancia.htm>

A.J. García-Fernández e I. Navas

17

TOXICOVIGILANCIA EN FAUNA EN ESPAÑA

- El único precedente de toxicovigilancia en animales a nivel nacional es el establecimiento de la **Estrategia Nacional contra el Uso de Venenos en el Medio Natural** (Ministerio de Medio ambiente, 2004)
 - Desarrollo desigual en las distintas comunidades autónomas
 - Carencias en la recopilación de la información a escala estatal.

A.J. García-Fernández e I. Navas

18

ESTRATEGIA NACIONAL CONTRA EL USO ILEGAL DE CEBOS ENVENENADOS EN EL MEDIO NATURAL

2004

Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza



A.J. García-Fernández e I. Navas

19

“...el uso de venenos es alto”
1990-2003: más de 6.500 casos de envenenamiento (aves y mamíferos)

- **Especies en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas: 2.887 (44.3 %)**
- **Especies “en peligro de extinción”**
 - Águila imperial ibérica: 70 casos
 - Quebrantahuesos: 16 casos
 - Cigüeña negra: 17 casos
 - Oso pardo: 4 casos
- **Especies “vulnerables”**
 - Águila perdicera: 30 casos
- **Especies “de interés especial”**
 - Buitre negro: 420 casos.
- **Especies “centinela”**
 - Perros domésticos y asilvestrados: 1.671 casos

**La mayoría de los casos (94%) se registraron a
partir de 1996 ???**

ESTRATEGIA NACIONAL
CONTRA EL USO ILEGAL
DE CEBOS ENVENENADOS
EN EL MEDIO NATURAL

A.J. García-Fernández e I. Navas

20



INFORME
2016

El veneno en España

Evolución del envenenamiento de fauna silvestre (1992-2013)

18.503 animales en 8.324 episodios.

Alrededor del 10% de los casos reales de envenenamiento

La cifra real de animales envenenados entre 1992 y 2013 ascendería a 185.000, una media de casi 9.000 muertes al año.

El 63% de todos los animales envenenados se han encontrado en Castilla y León, Castilla-La Mancha y Andalucía

ABC BIODIVERSIDAD

Cinco años sin avances en la lucha contra el veneno

WWF advierte de que todas las comunidades, salvo Andalucía, suspenden en la evaluación de las prioridades que se identificaron en la Estrategia Nacional de 2004

A.J. García-Fernández e I. Navas

21

ESTRATEGIA NACIONAL CONTRA EL USO ILEGAL DE CEBOS ENVENENADOS EN EL MEDIO NATURAL 2004

- Estrechar la **colaboración entre los laboratorios y peritos** en la investigación del posible autor del delito por parte de la Autoridad Competente que ha intervenido o del Ministerio Fiscal que realiza una investigación penal
- Estimular a las Comunidades Autónomas para el **establecimiento de una red, lo más amplia posible, de laboratorios homologados donde remitir las muestras recogidas de animales y productos**. Se pretende, entre otros objetivos, la necesaria agilización en la realización de análisis y posterior remisión de los resultados a la Unidad actuante en tiempo adecuado para garantizar la eficacia de la labor de investigación

A.J. García-Fernández e I. Navas

22

Real Decreto 63/2015, de 6 de febrero, por el que se modifica el Reglamento del Instituto de Toxicología



Artículo 5. Servicios

Cada Departamento contará con los Servicios de **Biología**, **Histopatología**, **Valoración Toxicológica y Medio Ambiente**, **Garantía de Calidad**, y **Química y Drogas**. En el Departamento de Madrid existirá un Servicio de **Criminalística**.

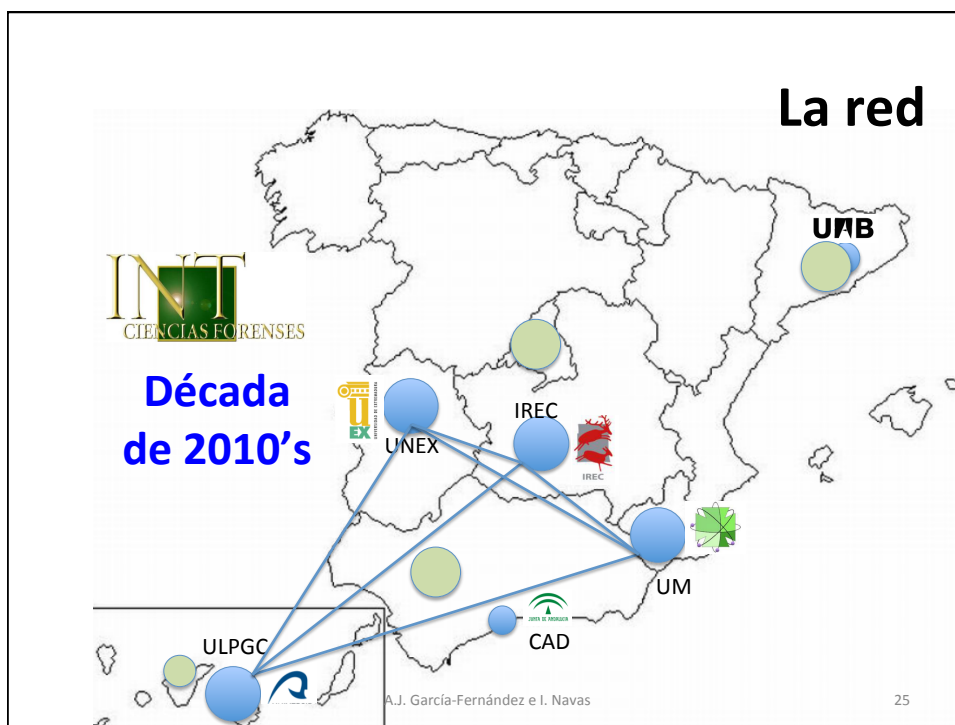
A.J. García-Fernández e I. Navas 23

Real Decreto 63/2015, de 6 de febrero, por el que se modifica el Reglamento del Instituto de Toxicología



PRIORITY

A.J. García-Fernández e I. Navas 24



VENENO

Proyecto Life + “Acciones contra el veneno”

SEO/BirdLife y WWF estiman en unos 185.000 los animales muertos por el uso ilegal del veneno en España

SEO/BirdLife y WWF estiman en unos 185.000 los animales muertos por el uso ilegal del veneno en España

El pasado 9 de junio de 2016 SEO/BirdLife y WWF presentaron el informe 'El veneno en España (1992-2013)', que analiza los efectos del uso ilegal de cebos envenenados, una de las mayores...

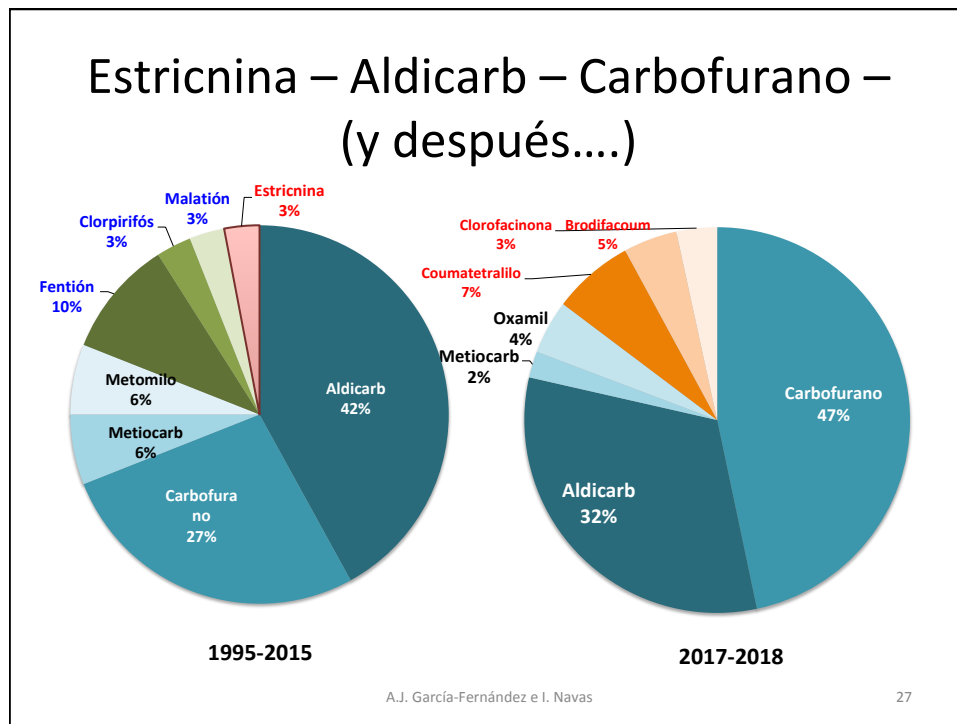
Leer más

www.venenono.org

Financiado por

A.J. García-Fernández e I. Navas

26



Centinela



- ♦ Centinela: Deriva de “sentinelle” que significa torre de vigilancia
- ♦ Señal de alarma precoz
- ♦ Los animales son los primeros en contactar con agentes dañinos

A.J. García-Fernández e I. Navas 28

CENTINELA: DEFINICIÓN

- Organismos cuyas características conocidas pueden ser medidas para evaluar el alcance de las influencias medioambientales y proveer así de una señal de alerta precoz de dichas influencias (O'Brien, 1993).

A.J. García-Fernández e I. Navas

29

El ejemplo “Clásico” de Animal Centinela

- ♦ Canarios en las minas de carbón - 1916



El ejemplo “Moderno” de Animales Centinela

♦ Bioterrorismo en Japón en 1995

- Un fanático Japonés liberó gas tóxico en el metro
- La policía Japonesa usó canarios para detectar el gas tóxico



A.J. García-Fernández e I. Navas

31

Las consecuencias de Minamata

- En 1956 se contabilizan 46 muertos
- En 1965 ya hay 111 muertos y más de 400 afectados
- En 1968 se declara oficialmente que el origen es el metilmercurio vertido por Chisso Corporation y acumulado en los peces de la bahía
- En 1973 la compañía es declarada culpable
- En 1996 se indemniza a las víctimas
- En 2001 había 3000 afectados

32

Minamata: Un caso de centinela infravalorado

- Un comportamiento errático y extraño se observó en gatos de la zona que comían pescado contaminado con mercurio
- Este comportamiento en gatos precedió a los que se observaron en humanos



A.J. García-Fernández e I. Navas

33

AGENCY for TOXIC SUBSTANCES and DISEASES REGISTRY (ATSDR)

(1991)



¿El uso de **animales domésticos y silvestres** puede ser de utilidad en la **evaluación y caracterización del riesgo** para la **especie humana y el ambiente** en general?



Conclusiones y recomendaciones (Comité AMEH, NRC 1991)

35

- 1- Los datos de animales de laboratorio y de los animales expuestos en su medio natural forman una parte vital de los procesos de evaluación del riesgo de la salud humana y ambiental.
- 2- Los animales domésticos y salvajes pueden usarse para identificar y monitorizar un amplio rango de riesgos ambientales para el hombre y los ecosistemas.
- 3- Con pocas modificaciones muchos sistemas actuales podrían ser usados en procesos de **evaluación del riesgo** de muchos contaminantes ambientales.

A.J. García-Fernández e I. Navas

La “Declaración de Wingspread” (1991)

36

conexión
fauna/ser humano

- Sustancias químicas capaces de alterar el sistema endocrino de animales y del ser humano.
- Poblaciones animales afectadas.
- La experimentación corrobora los estudios de campo en fauna silvestre.
- Los seres humanos también se ven afectados.



Prof. Theo
Colborn



A.J. García-Fernández e I. Navas

¿Cómo podemos mejorar la capacidad de predicción?

37

- Desarrollar modelos de fauna para extrapolar riesgos para el ser humano.
- Seleccionar una especie centinela en cada nivel trófico de un ecosistema.
- Disponer de indicadores biológicos en todos los niveles: molecular, celular, orgánico y de población
- Potenciar la investigación de campo focalizada a la evaluación de riesgos



conexión
fauna/ser humano

A.J. García-Fernández e I. Navas



Conexión Fauna Silvestre – Ser humano

38

- *“Existe una clara evidencia que tanto el **ser humano** como la **fauna salvaje** pueden verse afectados de similar manera por sustancias químicas que interfieren con las hormonas; por lo que la **exposición subletal a plaguicidas y compuestos químicos industriales puede afectar de forma negativa a la reproducción vía morbilidad no específica o por aumento de estrés**, lo que puede desembocar en efectos tales como cese de la puesta, interrupción de la incubación o desatención en el cuidado de las crías”*



(Fry, 1995. *Environ Health Persp* 103)

A.J. García-Fernández e I. Navas

El Informe Weybridge

**conexión
fauna/ser humano**



How the European Commission uses the precautionary principle to tackle endocrine disruptors

Conference on **ENDOCRINE DISRUPTING CHEMICALS** (2-4 de Diciembre de 1996, Weybridge, UK)

Workshop Summary

Animals as Sentinels of Human Health Hazards of Environmental Chemicals

William H. van der Schalie,¹ Hank S. Gardner Jr.,² John A. Bantle,³ Chris T. De Rosa,⁴ Robert A. Finch,² John S. Reif,⁵ Roy H. Reuter,⁶ Lorraine C. Backer,⁷ Joanna Burger,⁸ Leroy C. Folmar,⁹ and William S. Stokes¹⁰

¹U.S. EPA, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC 20460 USA; ²U.S. Army Center for Environmental Health






A.J. García-Fernández e I. Navas

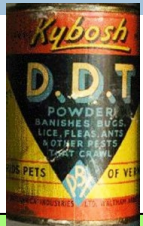
Disruptores Endocrinos Ambientales

Mujeres gestantes y lactantes

Niveles base POPs

Problemas neurológicos e inmunológicos
en feto y niños

(Oldland et al., 2004. *Sci Total Environ* 330)



Mujeres (Tanzania y Alemania)

DDT, DDE en suero

Infertilidad

(Weiss et al., 2006. *J Assist Reprod Genet* 23)

Hombres **OCs en sangre**

Bajos contajes espermáticos y calidad de semen

(Dallinga et al., 2006. *Hum Reprod* 17)

A.J. García-Fernández e I. Navas

El Informe Weybridge+ 15

European Environment Agency

Topics
Data and maps
Indicators
Publications

You are here: Home / Publications / The impacts of endocrine disruptors on wildlife, people and their environments – The Weybridge+15 (1996–2011) report

The impacts of endocrine disruptors on wildlife, people and their environments – The Weybridge+15 (1996–2011) report

Topics: Environment and health Chemicals Biodiversity

Technical report No 2/2012

Rates of endocrine diseases and disorders, such as some reproductive and developmental harm in human populations, have changed in line with the growth of the chemical industry, leading to concerns that these factors may be linked. For example, the current status of semen quality in the few European countries where studies have been systematically conducted, is very poor: fertility in approximately 40 % of men is impaired. There is also evidence of reproductive and developmental harm linked to impairments in endocrine function in a number of

**conexión
fauna/ser humano**

Disruptores Endocrinos

Organoclorados

Dietilestilbestrol

Bifenilos Policlorados

Policloro-Dibenzo-Dioxinas (TCDD)

Policloro-Dibenzo-Furanos

Bifenilos Polibromados

Bisfenol A

Ftalatos

Etc....

A.J. García-Fernández e I. Navas

Weybridge + 15 (1996-2011)

42

- ❑ Pobre calidad espermática
- ❑ Cáncer testicular
- ❑ Cáncer de mama y cáncer de ovarios
- ❑ Síndrome del Ovario Poliquístico
- ❑ Inicio de la pubertad
- ❑ Otros efectos NO reproductivos: tiroides, sistema inmune, metabolismo, SNC, etc.

**Disruptores
Endocrinos
Exógenos**

A.J. García-Fernández e I. Navas

Weybridge + 15 (1996-2011)

43

- Laboratorio: vertebrados e invertebrados sensibles a EDC
- Disgenesia reproductiva en machos y hembras y alteración hormonal tiroidea relacionada con la exposición a EDC
- Síntomas son reflejo de los observados en la población humana
- Los indicios o señales en humano y en la fauna silvestre deben considerarse en paralelo a la hora de **evaluar el riesgo**



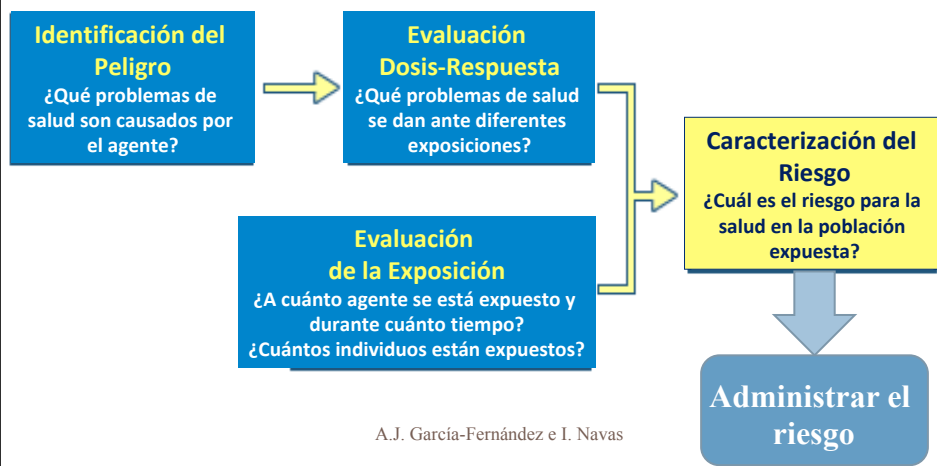
A.J. García-Fernández e I. Navas

Evaluación del riesgo



44

Salud humana y Salud animal



A.J. García-Fernández e I. Navas



Fuentes de datos para Evaluación de riesgo

46

- ♦ Estudios epidemiológicos humanos
- ♦ Estudios epidemiológicos de poblaciones animales
- ♦ Estudios toxicológicos en animales de laboratorio
- ♦ Monitorización en campo con poblaciones controladas
- ♦ Monitorización en campo con poblaciones salvajes

A.J. García-Fernández e I. Navas



Committee on ANIMALS AS MONITORS OF ENVIRONMENTAL HAZARDS (AMEHC)

49

1 ¿Enfoques **multidisciplinares** para **evaluar el riesgo** usando las poblaciones animales?

2 ¿Hemos **subestimado** la salud de los animales en la evaluación de riesgos?

3 ¿**Cómo** podemos **monitorizar y evaluar** usando los programas y recursos ya existentes?

A.J. García-Fernández e I. Navas

Committee on ANIMALS AS MONITORS OF ENVIRONMENTAL HAZARDS (AMEHC)

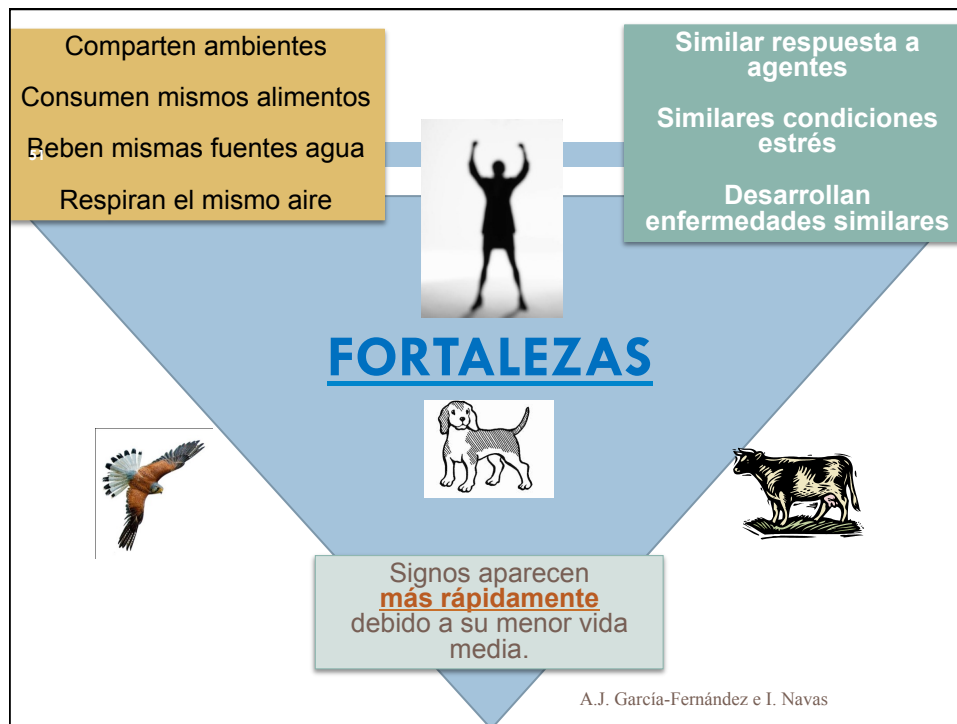
50

4 ¿**Cómo** podemos **mejorarlos** y coordinarlos para la **evaluación del riesgo**?

5 ¿**Qué especies** son más útiles? ¿Servirá para **predecir riesgos** en humanos?

6 ¿Pueden ser una **alternativa a los experimentos con animales**?

A.J. García-Fernández e I. Navas



La Especie Centinela “ideal”

52

- ♦ Ofrecer una respuesta medible ante el agente
- ♦ Habitar en un territorio o espacio que abarque el área a monitorizar
- ♦ Ser fácilmente censada y capturada
- ♦ Tener un tamaño de población suficiente y una densidad adecuada
- ♦ Tener características anatómicas y fisiológicas que faciliten la toma de datos y su estudio






A.J. García-Fernández e I. Navas

¿Qué medios vamos a vigilar o monitorizar?

53

- ▣ **Tierra** (lombrices, insectos, ratones, topillos, etc)



- ▣ **Aire** (abejas, aves,)



- ▣ **Plantas** (herbívoros)



- ▣ **Agua** (peces, bivalvos, gaviotas, águilas pescadoras, focas, reptiles, anfibios,)



- ▣ **Ambientes domésticos** (animales domésticos, perros, gatos,)

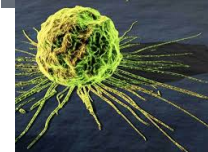
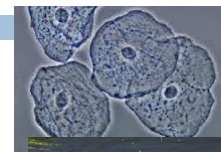


A.J. García-Fernández e I. Navas

¿Qué señales, indicios vamos a vigilar, medir, evaluar?

54

- ▣ Cambios subcelulares
- ▣ Cambios celulares....cancerogénesis
- ▣ Alteraciones funcionales
- ▣ Presencia de residuos en tejidos
- ▣ Dinámica de poblaciones de peces, aves y mamíferos salvajes
- ▣



A.J. García-Fernández e I. Navas

EJEMPLOS DE USO DE ESPECIES CENTINELA Y ESTUDIOS DE BIOMONITORIZACIÓN EN DIFERENTES ESCENARIOS:

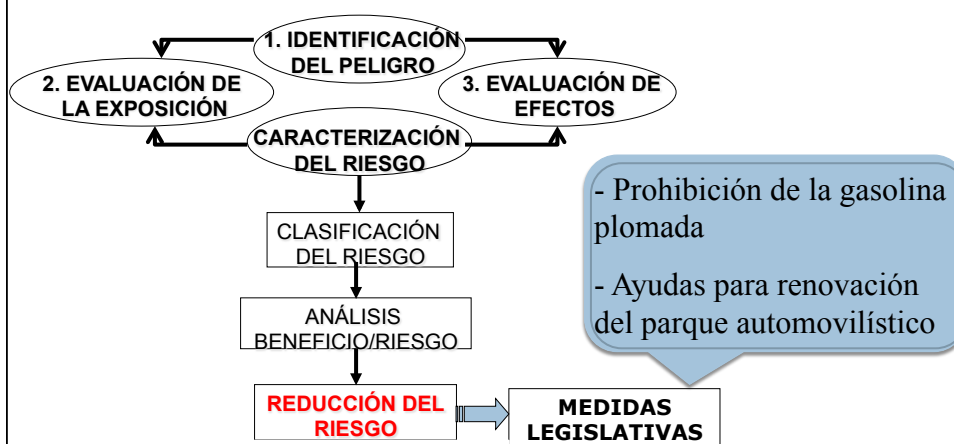
55

- 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.
 - Especies: Cabra murciano-granadina y Cernícalo común
- 2. Riesgo de exposición al plomo en zonas mineras
 - Especie: Búho real
- 3. Monitorización temporal del uso de pesticidas organoclorados
 - Especie: Búho real

A.J. García-Fernández e I. Navas

Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.

56



A.J. García-Fernández e I. Navas

Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.

57

1. IDENTIFICAR EL PELIGRO



PLOMO



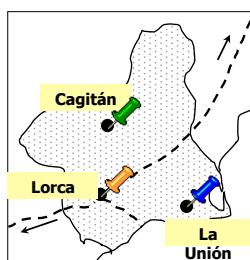
A.J. García-Fernández e I. Navas

Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.

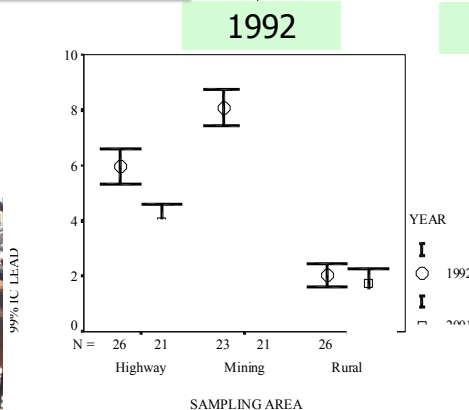
58

2. EVALUAR LA EXPOSICIÓN

Muestreo en 1992

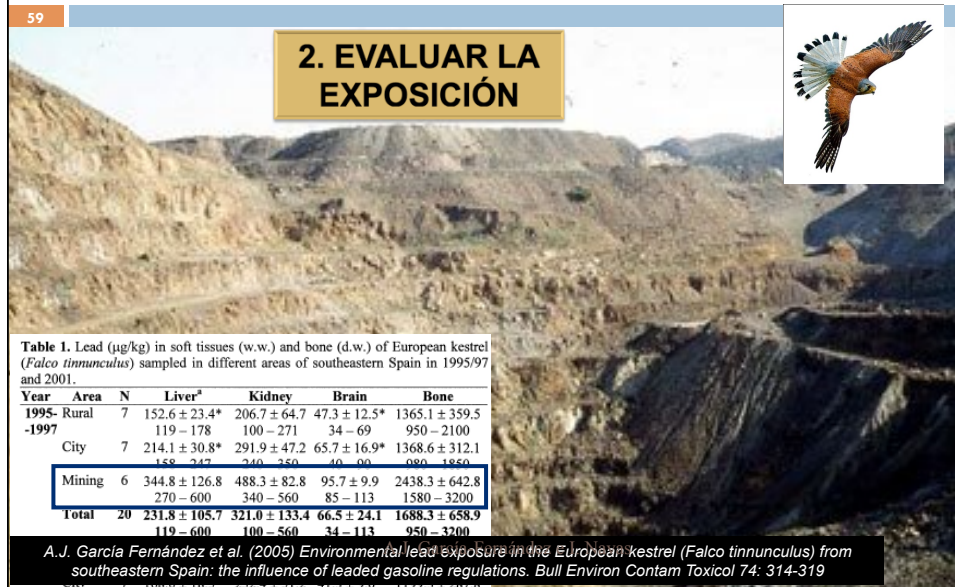


García-Fernández et al. (2003). *Bull Environ Contam Toxicol* 70(6): 1178-1183

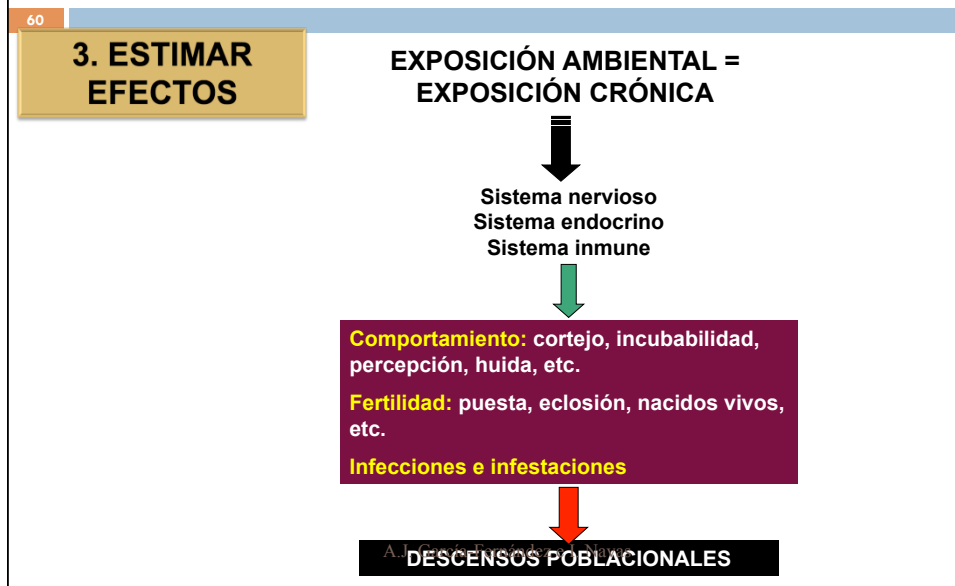


A.J. García-Fernández e I. Navas

Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.



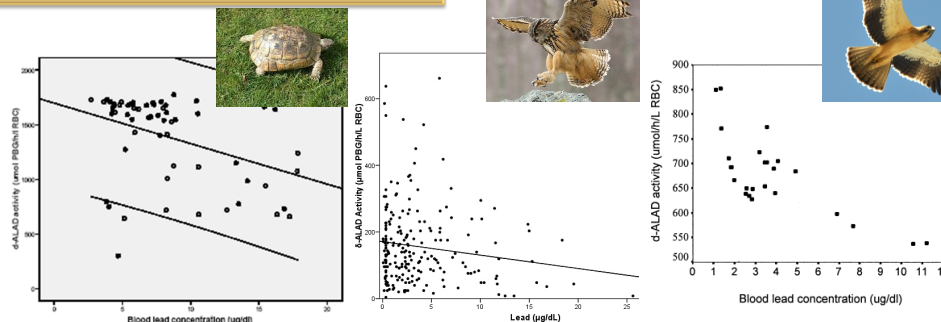
Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.



Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.

61

3. EVALUAR EFECTOS: Relación Dosis-Respuesta



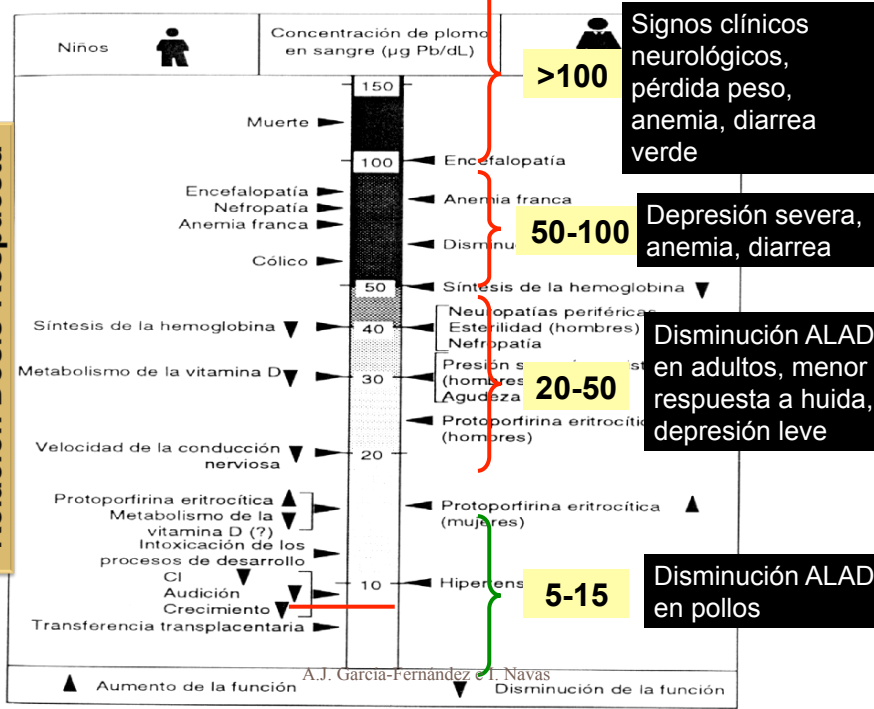
Relationship between δ -ALAD activity ($\mu\text{mol/h/L RBC}$) and lead concentrations in blood ($\mu\text{g/dl}$) of **Spur-thighed tortoises** (*Testudo graeca*) at Wildlife Recovery Center Santa Faz (Alicante). **Martínez-López et al. (2010)**

Relationship between **lead blood levels** ($\mu\text{g/dL}$) and δ -ALAD activity in **Eurasian Eagle Owl nestlings** blood from a ancient mining area. **A.J. García-Fernández e I. Navas Gómez-Ramírez et al. (2016)**

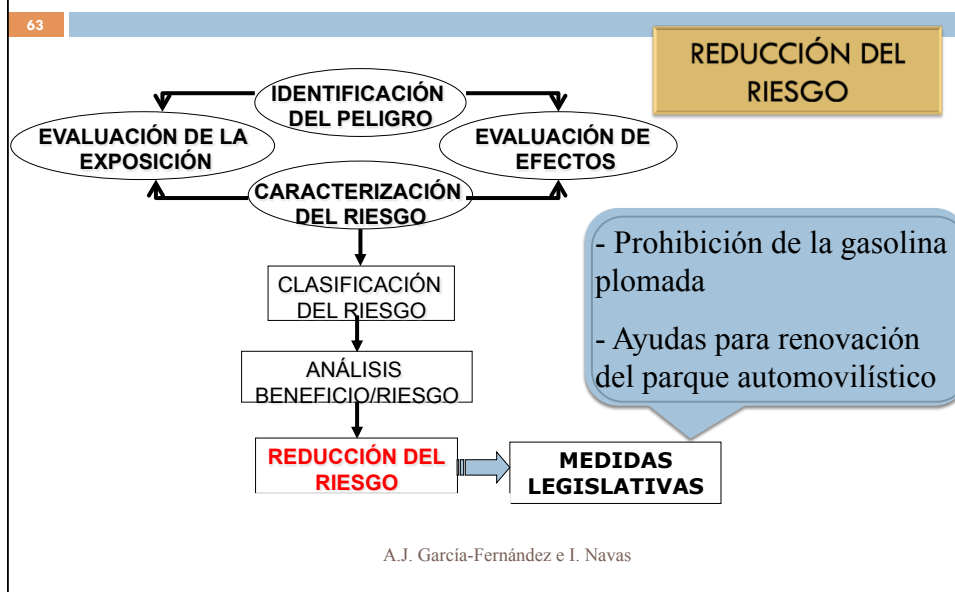
Relationship between δ -ALAD activity and lead concentrations in blood of **raptor nestlings** from an uncontaminated forest area from Murcia Region (SE Spain). **Martínez-López et al. (2004)**

62

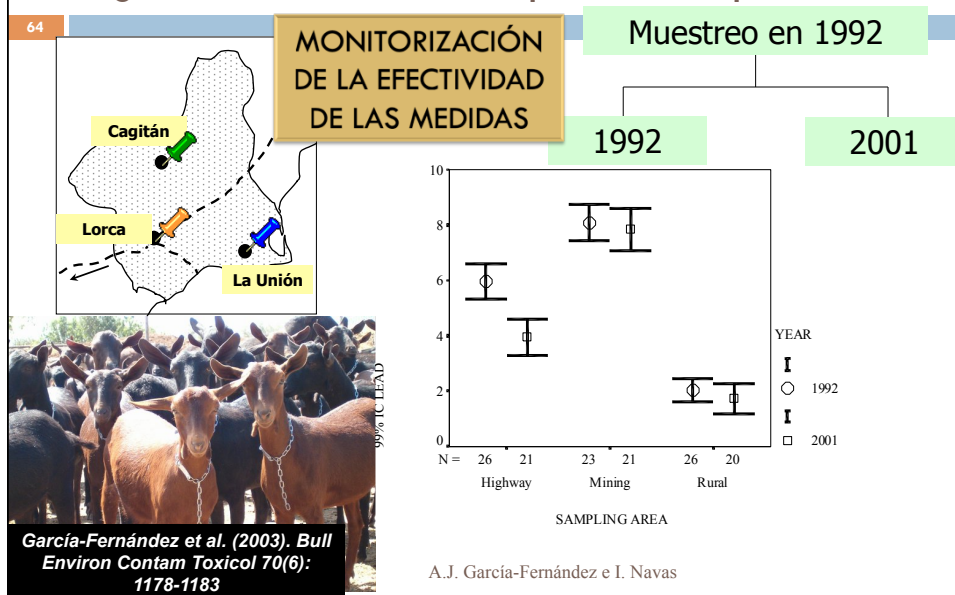
3. EVALUAR EFECTOS: Relación Dosis-Respuesta



Ejemplo 1. Riesgo de exposición al plomo procedente de la gasolina.



Ejemplo. Uso de centinelas en la gestión de riesgos asociados a la exposición a plomo



Ejemplo. Uso de centinelas en la gestión de riesgos asociados a la exposición a plomo

Table 1. Lead ($\mu\text{g/kg}$) in soft tissues (w.w.) and bone (d.w.) of European kestrel (*Falco tinnunculus*) sampled in different areas of southeastern Spain in 1995/97 and 2001.

Year	Area	N	Liver ^a	Kidney	Brain	Bone
1995-1997	Rural	7	152.6 $\pm$ 23.4*	206.7 $\pm$ 64.7	47.3 $\pm$ 12.5*	1365.1 $\pm$ 359.5
			119 – 178	100 – 271	34 – 69	950 – 2100
	City	7	214.1 $\pm$ 30.8*	291.9 $\pm$ 47.2	65.7 $\pm$ 16.9*	1368.6 $\pm$ 312.1
			158 – 247	240 – 350	40 – 90	980 – 1950
Mining		6	344.8 $\pm$ 126.8	488.3 $\pm$ 82.8	95.7 $\pm$ 9.9	2438.3 $\pm$ 642.8
			270 – 600	340 – 560	85 – 113	1580 – 3200
	Total	20	231.8 $\pm$ 105.7	321.0 $\pm$ 133.4	66.5 $\pm$ 24.1	1688.3 $\pm$ 658.9
			119 – 600	100 – 560	34 – 113	950 – 3200
2001	Rural	6	95.2 $\pm$ 32.0*	155.7 $\pm$ 44.7	28.3 $\pm$ 10.5*	993.3 $\pm$ 420.9
			47 – 130	81 – 220	13 – 37	640 – 1600
	City	7	168.0 $\pm$ 18.5*	232.4 $\pm$ 51.2	41.3 $\pm$ 9.0*	1199.3 $\pm$ 287.8
			146 – 200	120 – 270	32 – 53	734 – 1600
Mining		7	348.4 $\pm$ 95.7	400.3 $\pm$ 63.6	90.1 $\pm$ 19.4	1845.7 $\pm$ 908.51
			230 – 450	310 – 473	65 – 120	1100 – 3840
	Total	20	218.3 $\pm$ 121.6	278.2 $\pm$ 124.3	59.7 $\pm$ 31.7	1363.8 $\pm$ 687.3
			47 – 450	81 – 473	13 – 120	640 – 3840

^aStatistical differences at level 0.01 between sampling years.
^aMean $\pm$ Standard Deviation; Minimum-Maximum

MONITORIZACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS



A.J. García Fernández et al. (2005). Bull Environ Contam Toxicol 74: 314-319

El búho real: Biomonitor de Salud Ambiental y Salud Humana



EJEMPLO 2. Riesgo de exposición al plomo en zonas mineras
EJEMPLO 3. Monitorización temporal del uso de pesticidas organoclorados

Especie centinela ideal para uso en biomonitorización

Número suficiente (Censo)

Fácil de censar

Facilidad para obtener muestras

Residente en la zona a monitorizar (o durante una época concreta)

Conocimiento amplio de su ecología (hábitat, dieta, reproducción)

A.J. García-Fernández e I. Navas

67



ZONA INDUSTRIAL



NIDOS DE SUBÁREA NORTE

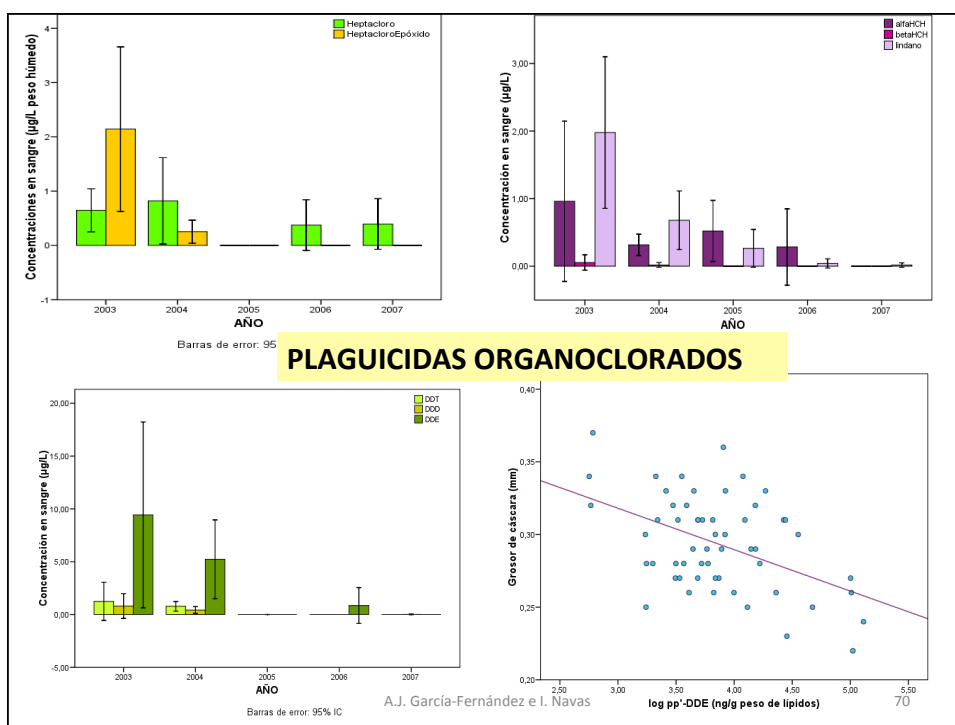
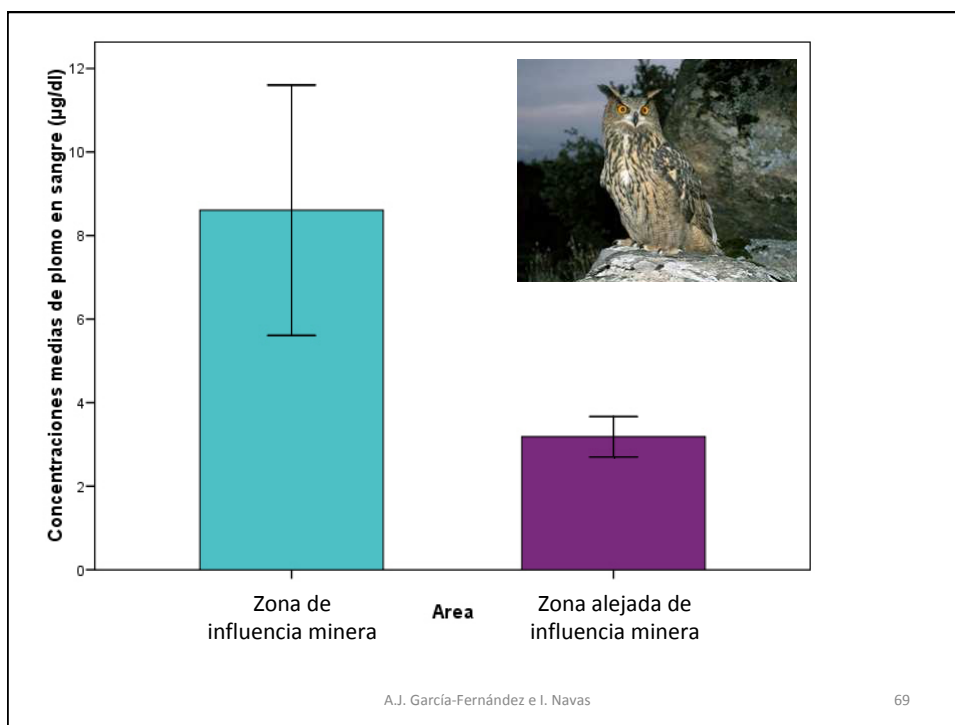


NIDOS DE SUBÁREA SUR



A.J. García-Fernández e I. Navas

68



- La sangre de pollo de Búho real es una buena herramienta para biomonitorizar contaminantes ambientales persistentes en el medio.
- La pluma de adulto de Búho real permite obtener información relevante sobre la exposición a contaminantes ambientales persistentes.
- El huevo no eclosionado de Búho real ayuda al estudio de posibles efectos reproductivos y permite estimar la exposición de la madre.
- Todo lo anterior solo es posible si se apuesta por un programa de monitorización continuado en el tiempo que permita seguir obteniendo tendencias espacio-temporales.



**IDÓNEO PARA
MONITORIZACIÓN**

71

- Experimentalmente, se ha podido comprobar que los **eritrocitos de Búho real responden de forma similar a los del ser humano** ante la agresión de tóxicos ambientales.
- **Los mecanismos de acción** por los que ciertos contaminantes ambientales ejercen efecto tóxico sobre eritrocitos de Búho real **son los mismos que los descritos en los del ser humano**.



**ALERTA DE RIESGOS PARA
EL SER HUMANO**

A.J. García-Fernández e I. Navas

72

Conclusiones

73

- 1- Los estudios de animales como centinelas para evaluar el riesgo en humanos son cada vez más útiles y socorridos.
- 2- El diseño de programas de evaluación del riesgo en humanos debería tener en cuenta el objetivo intermedio de obtener información sobre el riesgo en las propias especies animales utilizadas como centinelas.
- 3- Es fundamental la interdisciplinariedad para obtener la mayor información sobre el riesgo con el menor coste humano y material. Es vital la cooperación entre los especialistas de salud humana y salud veterinaria y salud ambiental.
- 4- Es preciso incentivar los estudios relevantes que persigan la estandarización de métodos y modelos con especies animales.
- 5- Es preciso profundizar en los conceptos y métodos de evaluación del riesgo en la enseñanza de la toxicología, la epidemiología, la patología, la salud ambiental y la medicina veterinaria.

A.J. García-Fernández e I. Navas