Estado del Arte de la Investigación de plaguicidas en México

Red de Toxicología de Plaguicidas

Presentado por: Jaqueline García (CIAD)

Antecedentes

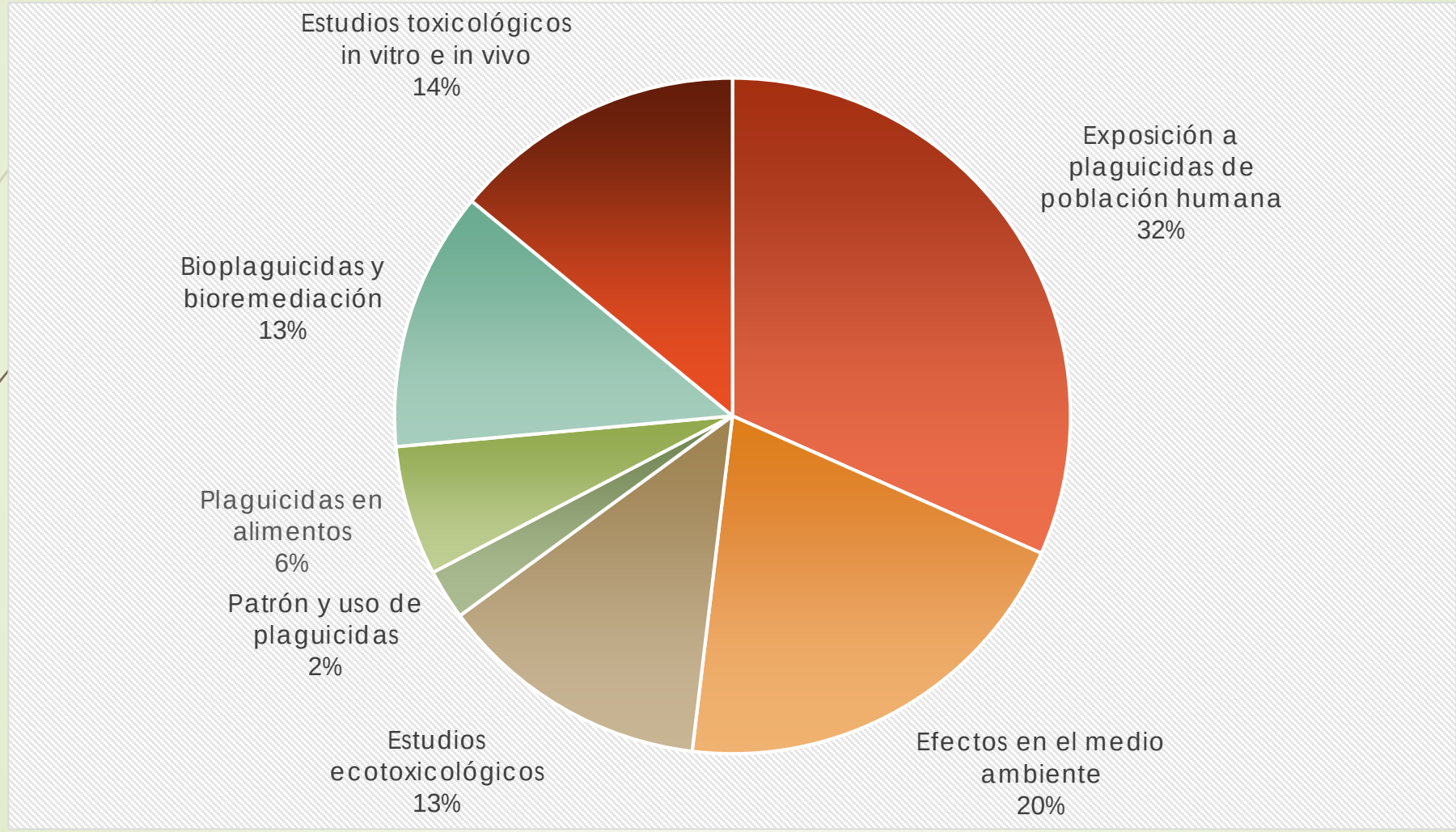
- Esta revisión surge de la necesidad de la Red de T de P de contar con una línea base sobre la investigación de plaguicidas en México
- Instituciones como el INECC y otras organizaciones, han solicitado a la Red, evidencia del efecto que tienen los plaguicidas en el medio ambiente y la salud para poder gestionar cambios en política pública
- Este trabajo responde a estas necesidades y tiene como objetivo principal realizar una revisión exhaustiva de las publicaciones sobre investigación de plaguicidas en México y sus principales resultados
- El artículo ya está aceptado en la REVISTA INTERNACIONAL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL en el número especial sobre plaguicidas

Metodología

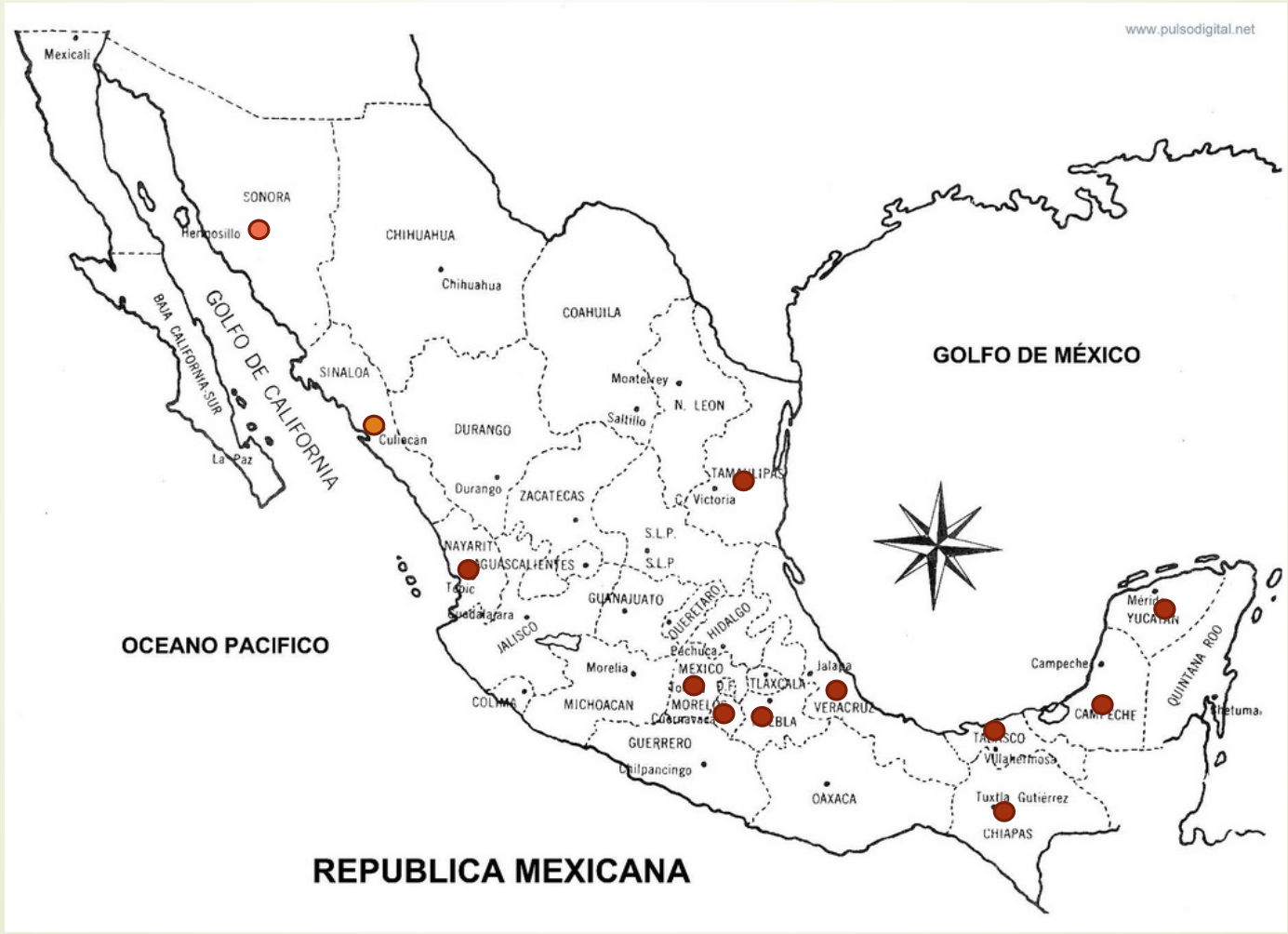
- Se realizó una revisión sistemática de 394 artículos con temas relacionados al uso de plaguicidas en México y sus efectos en la salud, medio ambiente y otros temas, los cuales fueron publicados en los últimos 20 años en revistas indizadas o arbitradas disponibles en internet
- Posteriormente, los artículos se agruparon de acuerdo a la temática y se realizó una revisión de su contenido.



Resultados


Estudios toxicológicos in vitro e in vivo 14%
Exposición a plaguicidas de población humana 32%
Bioplaguicidas y bioremediación 13%
Plaguicidas en alimentos 6%
Patrón y uso de plaguicidas 2%
Estudios ecotoxicológicos 13%
Efectos en el medio ambiente 20%

Patrón de uso de plaguicidas en México



Patrón de uso de plaguicidas en México

- Sonora (2009-2010):
  - 270 toneladas de i.a. anual
  - Fungicidas > insecticidas > herbicidas
  - OF > ditiocarbamatos > PS > OC
  - Mancozeb > dimetoato > paratión metílico



Patrón de uso de plaguicidas en México

- Sinaloa (2011-2012):
  - Culiacán:
  - 223 Ton de i.a. uso anual
  - Ditiocarbamatos > bipiridilos > OF > OC
  - Fungicidas > herbicidas > nematicidas > insecticidas > otros
  - Cadusafos > metamidofos > metomilo > oxamil
  - 25 % de i.a. de mayor aplicación son clasificados como 1b

  - Guasave:
  - 300 ton al año
  - OF > clorfenoxi



Patrón de uso de plaguicidas en México

- Nayarit (2007-2008):
  - insecticidas > herbicidas > fungicidas
  - OF > piretroides > carbamatos > organoclorados > otros
  - OF: Clorpirifos > metamidofos > paratión metílico
  - PS: Cipermetrina > permetrina > lambda cialotrina
  - CA: Carbofurán > metomilo > oxamil
  - OC: Dicofol > endosulfán
  - Relación entre número de intoxicaciones y venta de productos Ia y Ib



Patrón de uso de plaguicidas en México

- Puebla (2011), tomate:
  - Fungicidas > insecticidas > herbicidas > otros
  - CA > ditiocarbamatos > compuestos de cobre > PS > otros
  - Uso de paratión metílico y carbofurán
- Morelos (2005), invernaderos:
  - 23 i.a.
  - Insecticidas: abermectina, endosulfán, diazinón, metamidofós, ometoato, paratión metílico, carbofurán, metomilo, oxamilo, bifentrina, permetrina, imidacloprid
  - Fungicidas: mancozeb, benomil, carbendazim, metil tiofanato,, triadimefon, captan, clorotalonil, ipirodione, triorine, metalaxil
  - Herbicida: glifosato

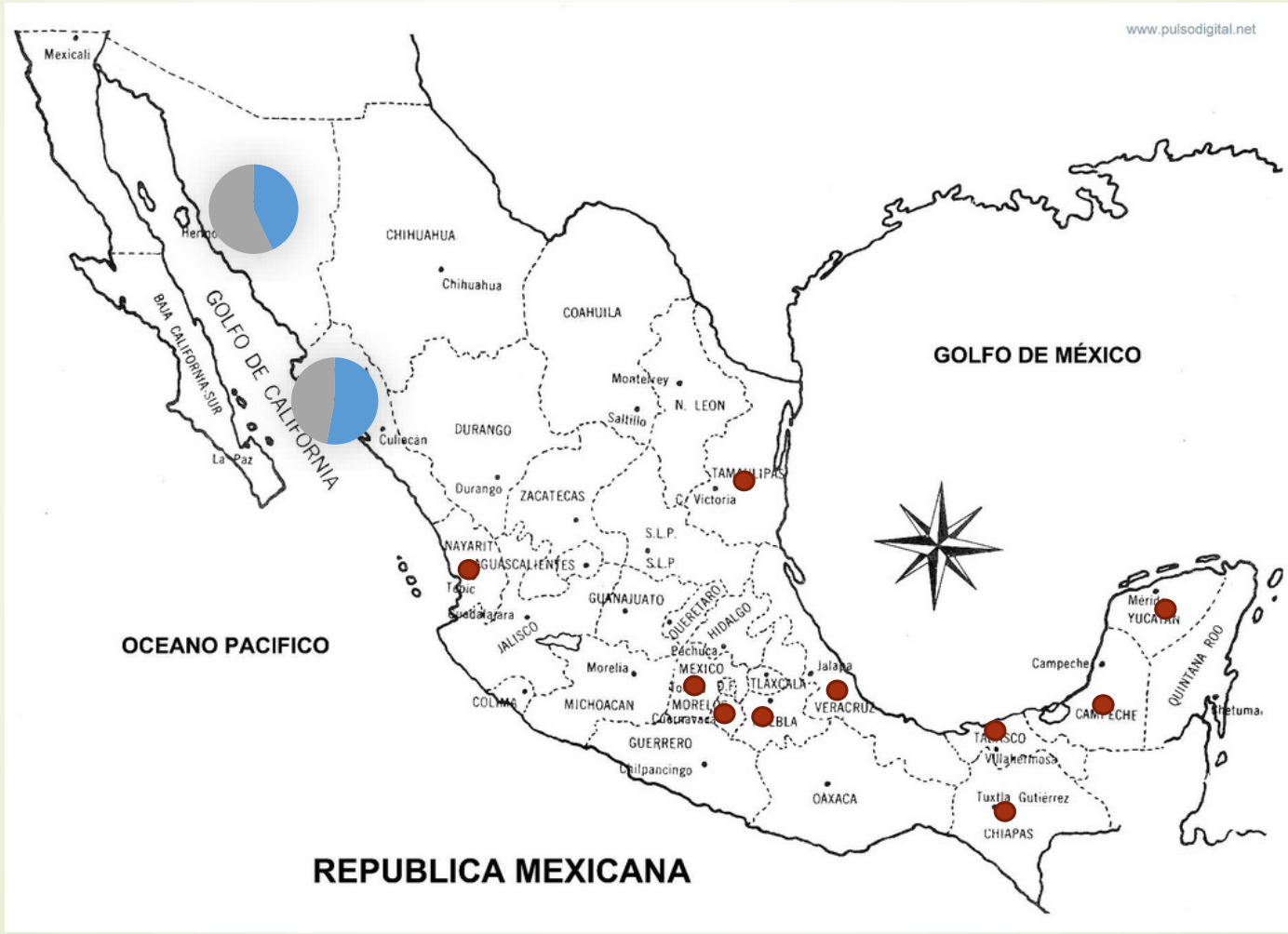
Patrón de uso de plaguicidas en México

- Yucatán (2008):
  - OF, CA, PS y herbicidas
  - OF: metamidofos, clorpirifos, paratión metílico, diazinón
  - CA: metomil, carbofurán, carbaril, mancozeb y benomil
  - PS: permetrina, cipermetrina, lambda cialotrina
  - Herb: paraquat, 2,4-D amina, glifosato

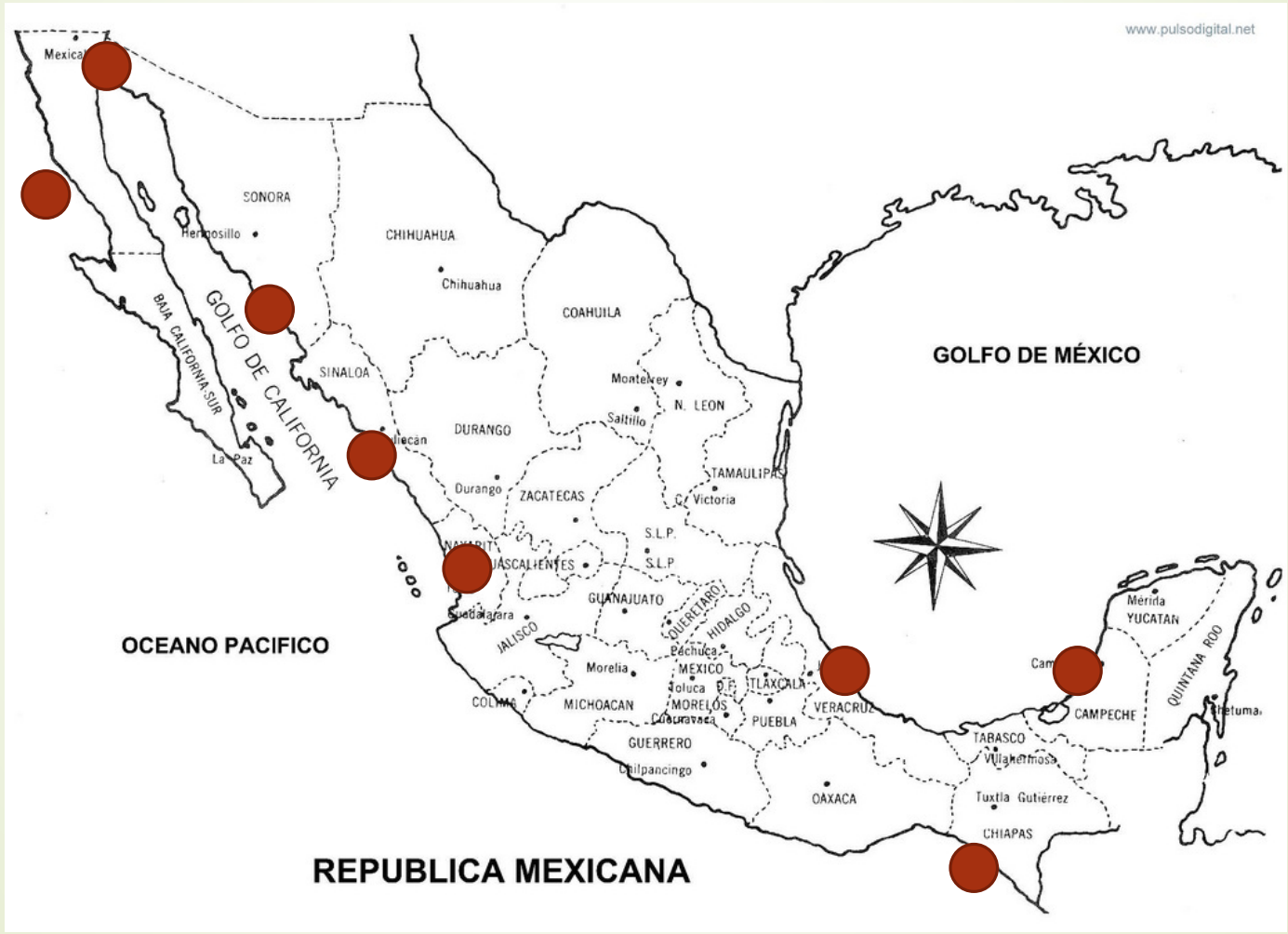
Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs)

- En México están autorizados **183 i.a**. de Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs) los cuales representan el 33 % de los i.a. publicados en el Catálogo de Plaguicidas (2016). (Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México Bejarano-Gonzáles, F. 2017. editor)
- Estos i.a. se pueden clasificar como alguna de las siguientes clasificaciones:
  - extremandamente peligrosos
  - mortal si es inhalado,
  - Carcinógeno
  - probable carcinógeno
  - Mutagénico
  - tóxico en reproducción
  - perturbador endócrino
  - muy bioacumulable
  - muy persistente en agua, suelo o sedimento
  - muy tóxico en organismos acuáticos,
  - muy tóxico en abejas
  - inclusión en convenios ambientales vinculantes.

Plaguicidas Altamente Peligrosos



Presencia en el ambiente



AGUA

Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
DDT	0.0037	Bahía de Ohuira, Sin
lindano	0.0026	Huizache Caimanero, Sin
DDD	0.0020	Pozuelos, Chis
∑HCH	0.0008	Delta del RC, Son
dimetoato	0.0005	Bahía Sta. María, Sin

SEDIMENTO

Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
clorpirifos	2.8500	La Atanasia, Son
4,4-DDT	2.1500	La Atanasia, Son
diazinón	1.5000	Ensenada Pabellón, Sin
δ-HCH	1.1900	Bahía de Ohuira, Sin
endosulfan I	0.8140	Pozuelos, Chis
α-HCH	0.6430	Río Coatzacoalcos, Ver
β-HCH	0.5330	Navachiste-Mac, Sin
endosulfan II	0.2500	Chantuto, Chis
aldrin	0.1600	Chantuto, Chis
heptacloro epoxi	0.1200	Chantuto, Chis
δ-HCH	0.0700	Navachiste-Mac, Sin
heptacloro	0.0640	Agiabampo, Sin
4,4-DDT	0.0560	San Blas, Nay
4,4-DDT	0.0510	Agiabampo, Sin
4,4-DDE	0.0260	Ensenada Pabellón, Sin
∑HCH	0.0240	Delta del RC, Son
4,4-DDT	0.0220	Huizache Caimanero, Sin
disulfoton	0.0180	Bahía Sta. María, Sin
∑DDT	0.0090	Delta del RC, Son
∑DDT	0.0030	Costa pacífio BC

BIOTA

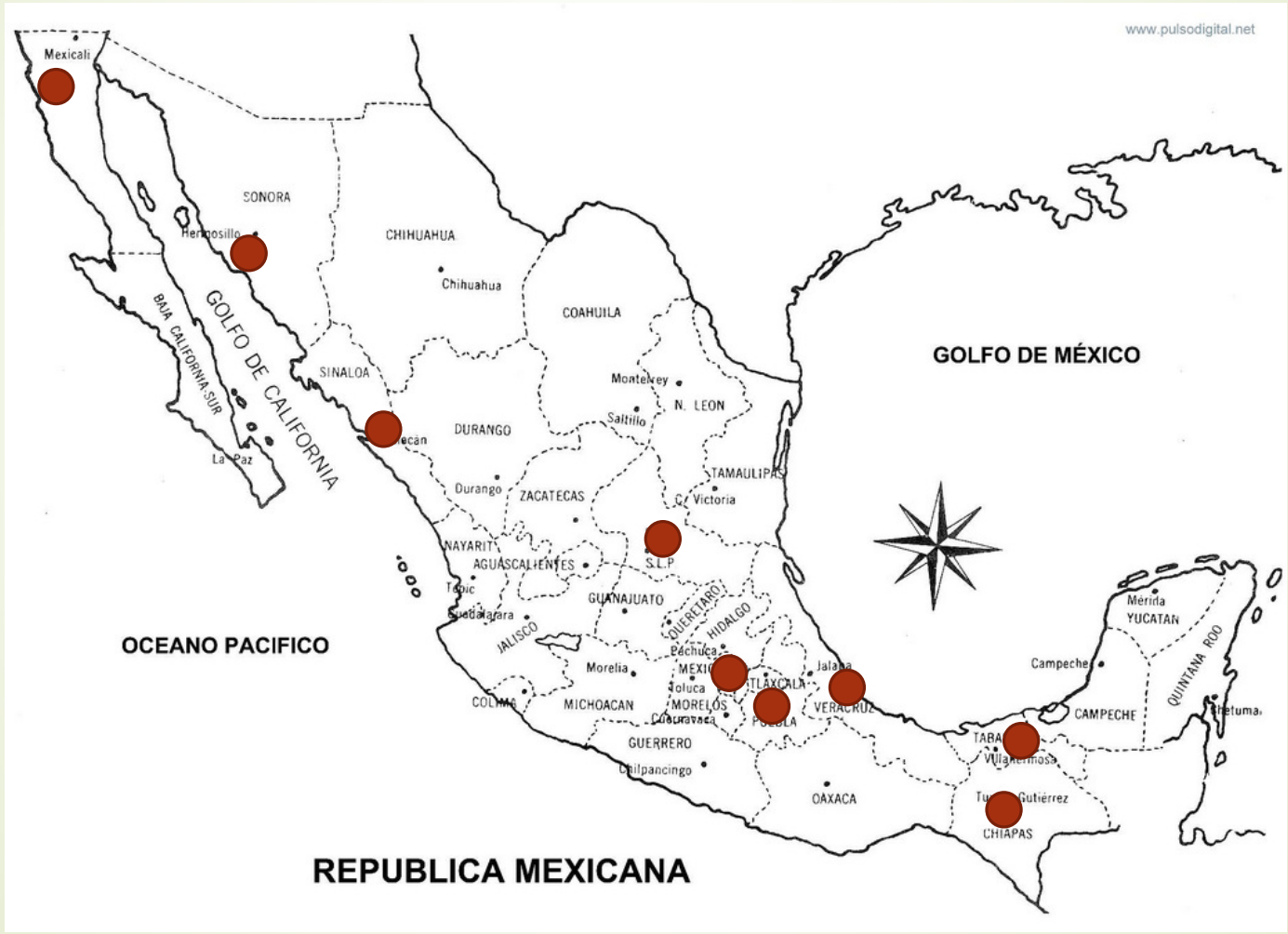


Biota	Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
ostion	δ-HCH	2.910	San Cristóbal, Nay
camaron	endosulfan I	2.000	Bahia de Ohuira, Sin
ostion	metoxicloro	1.430	San Cristóbal, Nay
ostion	endrin aldehido	1.110	Bahia de lobos, Son
peces	β-HCH	0.916	Río Coatzacoalcos, Ver
jaiba	endosulfan I	0.913	Bahia de Ohuira, Sin
ostion	endosulfan II	0.900	San Cristóbal, Nay
jaiba	endosulfan I	0.563	Agiabampo, Son
jaiba	β-HCH	0.316	Yavaros, Son
jaiba	heptacloro	0.264	Bahia de lobos, Son
almeja	heptacloro	0.073	Yavaros, Son
camaron	malation	0.035	La Atanasia, Son
camaron	β-HCH	0.033	San Blas, Nay
camaron	paration	0.012	La Atanasia, Son
camaron	clorpirifos	0.013	La Atanasia, Son





Residuos en suelos

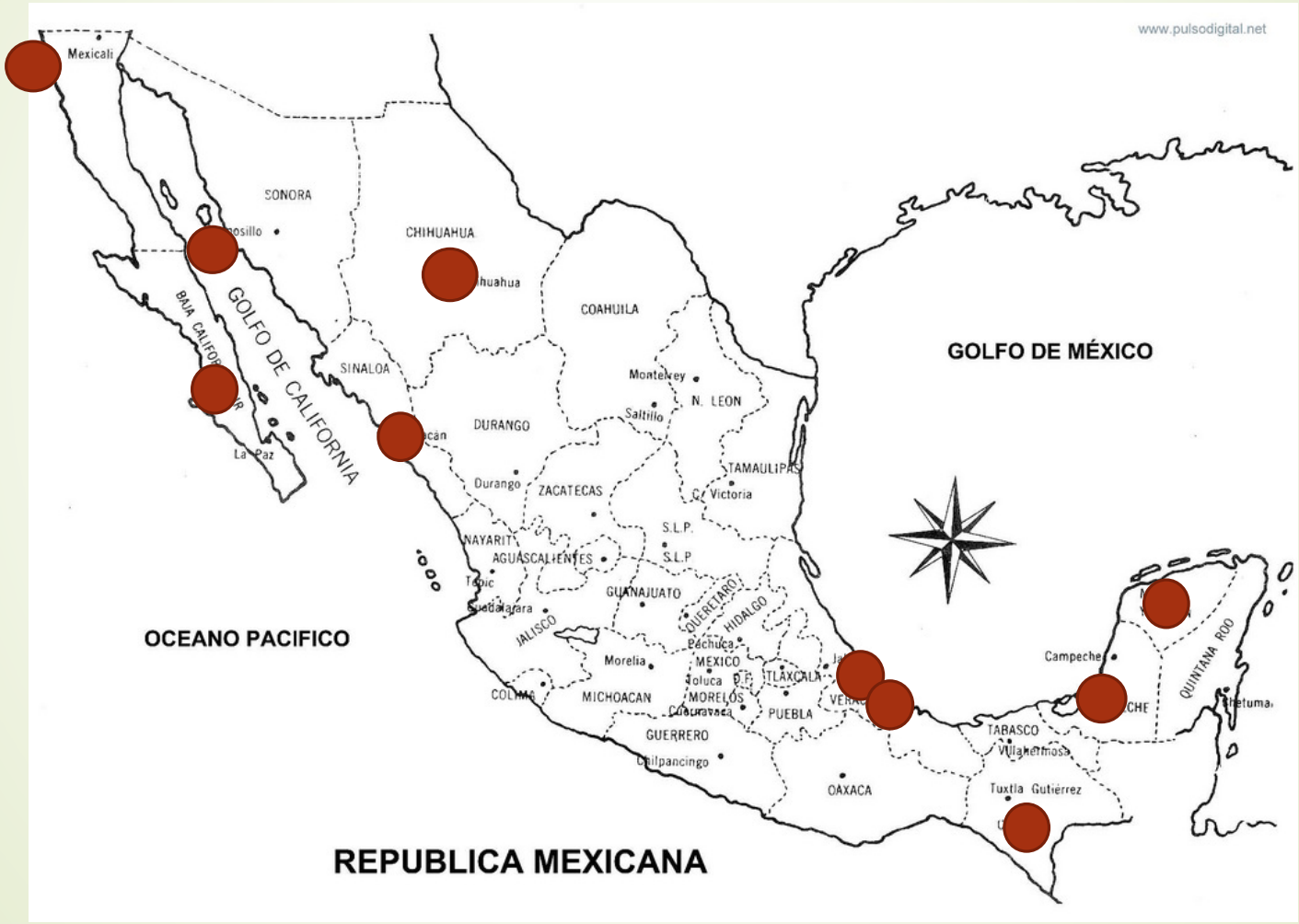


Residuos en suelos

Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
4,4-DDE	21.000	Chiapas
4,4-DDT	16.700	Chiapas
diazinón	1.300	Sinaloa
4,4-DDT	0.990	Puebla
etilen-etiourea	0.230	Tabasco
4,4-DDT	0.140	San Luis Potosi
malation	0.073	Sinaloa
4,4-DDE	0.070	Sonora
4,4-DDE	0.069	Sinaloa
cialotrina	0.065	Sonora
paratión metílico	0.050	San Luis Potosi
4,4-DDE	0.020	Sinaloa
endosulfan	0.008	Baja California



Residuos en fauna silvestre



Residuos en vida silvestre

Organismo	Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
anfibios	∑HCH	4,746.000	Veracruz
anfibios	∑DDT	2,637.000	Veracruz
anfibios	heptacloro	1,400.000	Veracruz
anfibios	endosulfan	1,600.000	Veracruz
anfibios	metoxicloro	900.000	Veracruz
anfibios	drines	800.000	Veracruz
anfibios	clordanos	300.000	Veracruz
delfin	∑DDT	87.300	Sonora
Huevos de tortuga	DDE	13.800	Campeche
lobos marinos	DDE	7.820	Baja California
Huevos de tortuga	β-HCH	6.440	Sinaloa
Huevos de tortuga	4,4-DDE	4.700	Campeche
Huevos de tortuga	endosulfan	4.480	Sinaloa
Huevos de tortuga	γ-HCH	4.390	Sinaloa
ballena	∑DDT	2.400	Sonora
Huevos de tortuga	DDT	2.100	Campeche
Huevos de tortuga	endrín cetona	1.200	Campeche
sangre de cocodrilo	dieldrín	0.900	Baja California S
tortuga	∑clordanos	0.065	Baja California S
sangre de tortuga	metoxicloro	0.045	Campeche
sangre de tortuga	4,4-DDD	0.042	Campeche
abejas	cumafós	2.220	Yucatán

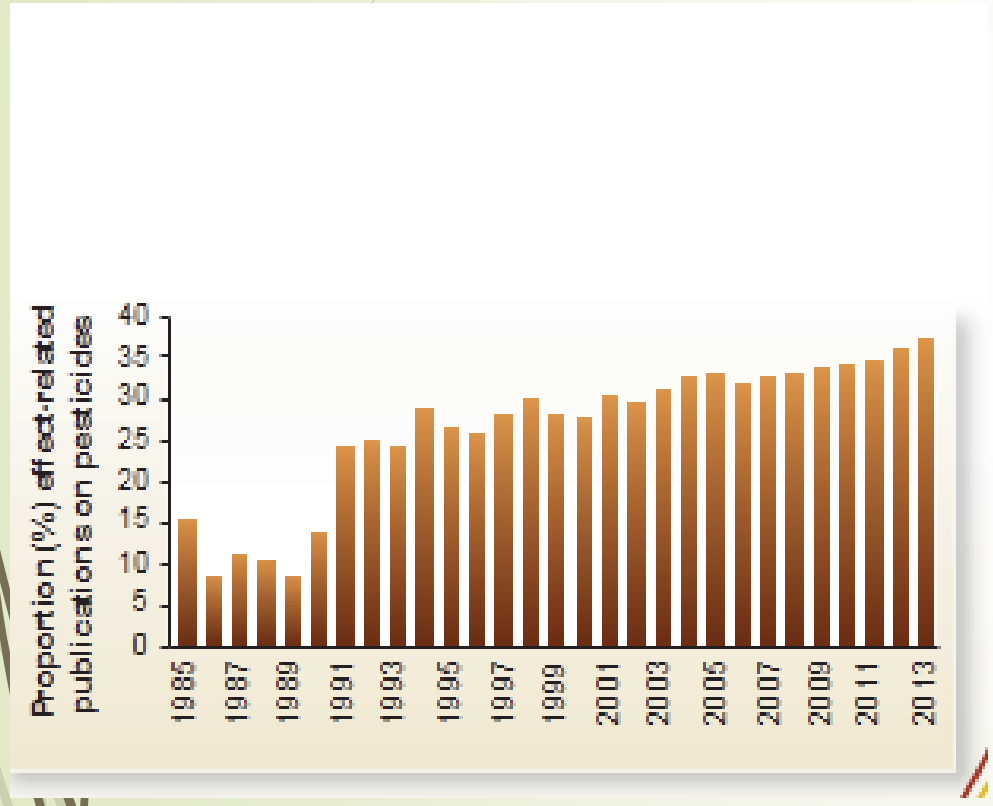
Organismo	Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
cormoranes	DDE	13.40	Sinaloa
huevos de gaviota	DDE	12.60	Baja California
paseriformes	DDE	12.00	Michoacan
zanate	DDE	9.40	Baja California
huevos de halcon	DDE	7.85	Chihuahua
huevos de halcon	DDE	5.51	Veracruz
zanate	DDE	4.40	Sonora
plumas de tecolote	∑HCH	2.00	Chiapas
plumas de tecolote	endosulfan	1.86	Chiapas
sangre de tecolote	drines	1.77	Chiapas
sangre de tecolote	∑DDT	0.23	Chiapas

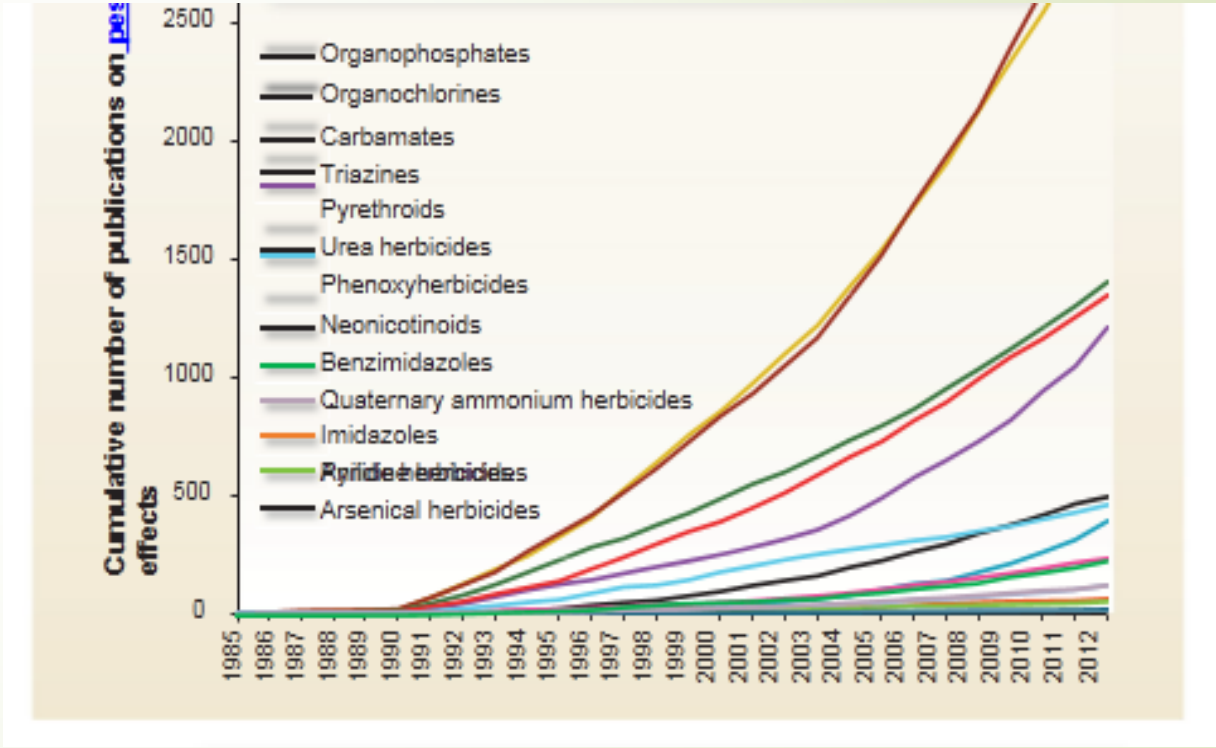




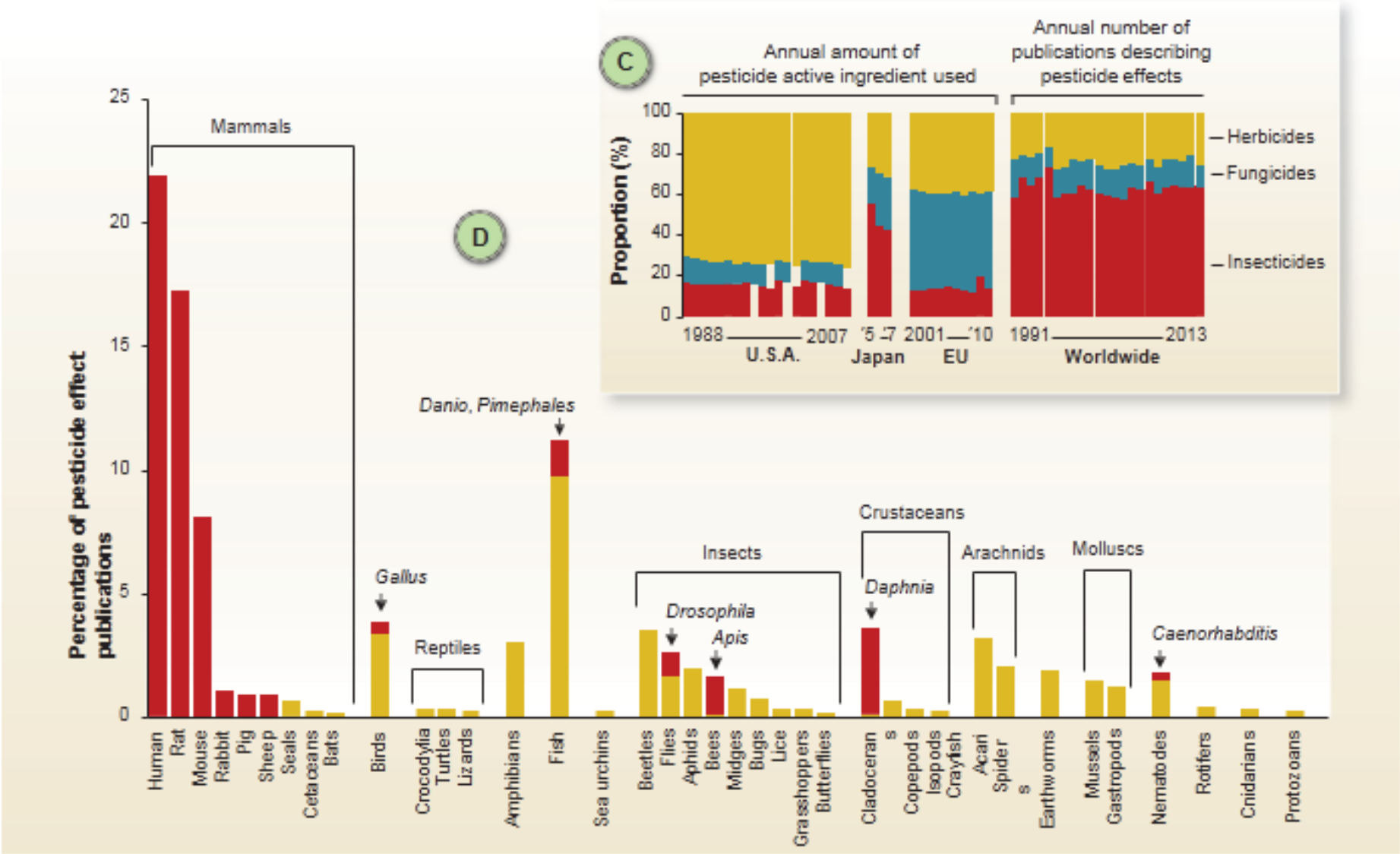


Tendencias en la investigación mundial de plaguicidas

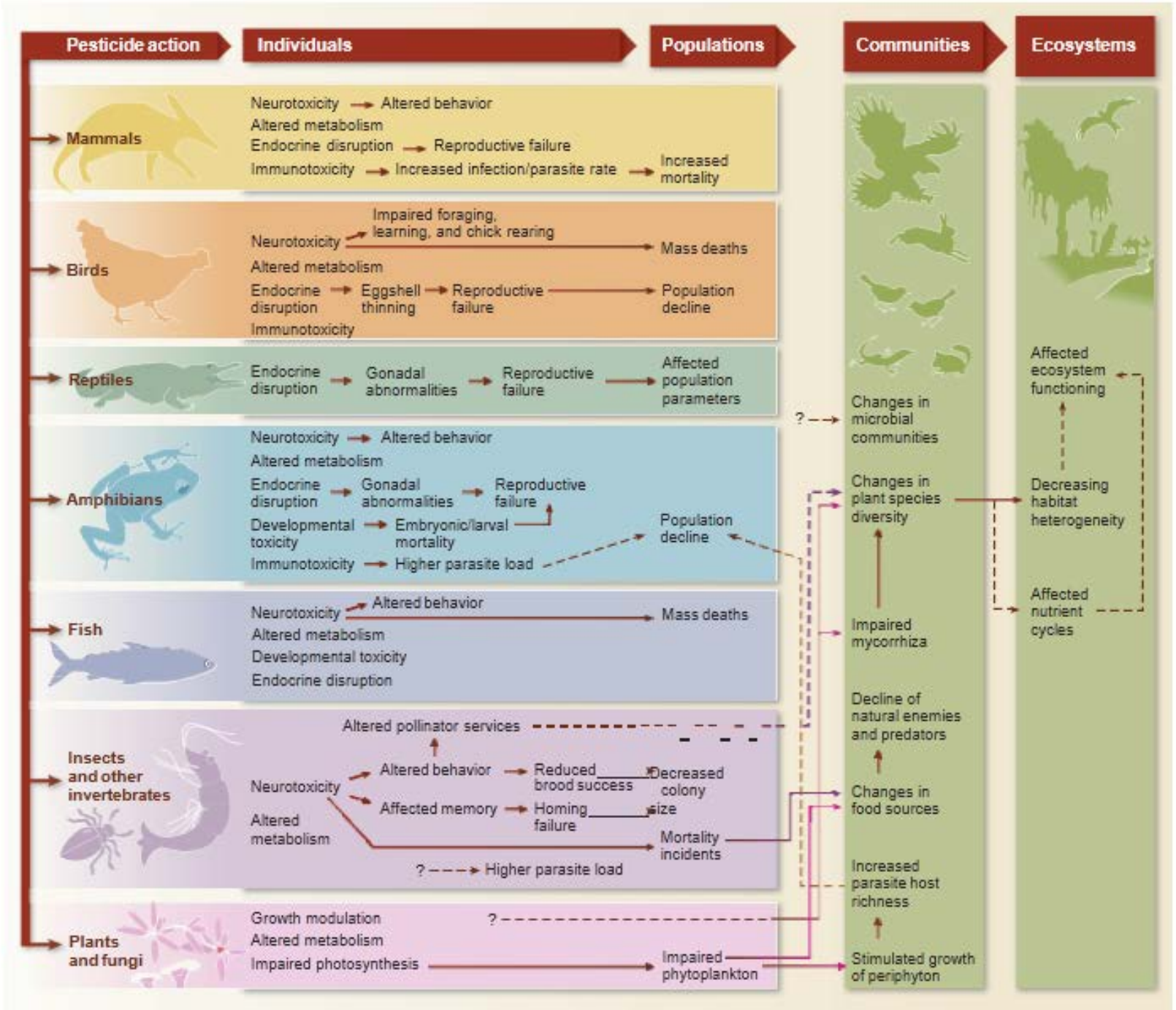




Köhler, H.R. y Triebskom R. 2013. Science. Vol 341.



ncemag.org/ on October 18,

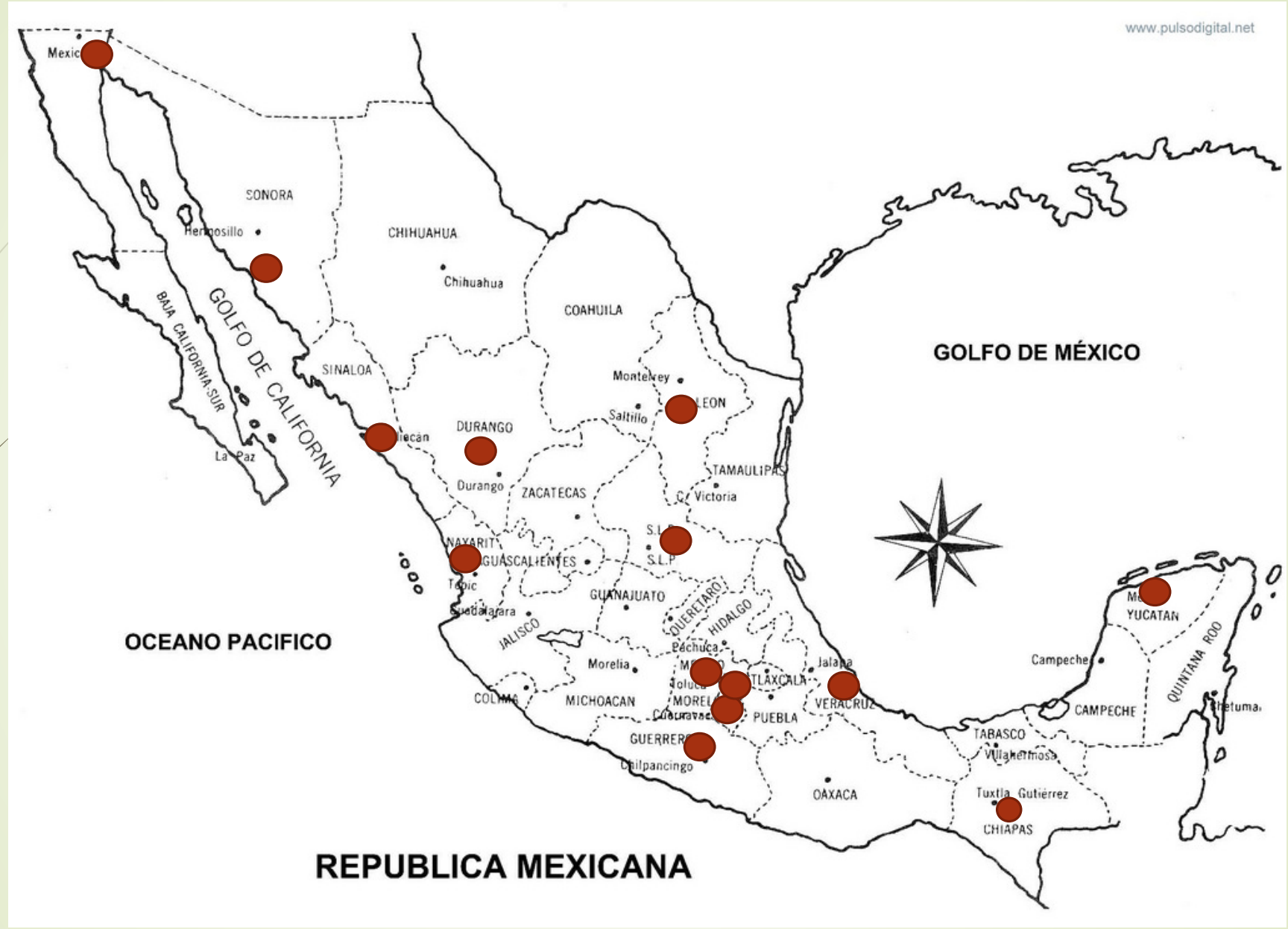


Downloaded from http://science.sciencemag.org/ on October 18, 2017

Exposición en población humana

- Trabajadores agrícolas
- Mujeres en edad reproductiva
- Niños
- Comunidades indígenas
- Expendedores y aplicadores urbanos




www.pulsodigital.net
SONORA
Hermosillo
CHIHUAHUA
Chihuahua
COAHUILA
SINALOA
Monterrey
LEON
Saltillo
DURANGO
Durango
ZACATECAS
TAMAULIPAS
C. Victoria
NAYARIT
GUASCALIENTES
S.L.P
Tepic
GUANAJUATO
Guadalajara
JALISCO
QUERETARO
HIDALGO
Pachuca
Morelia
MICHOACAN
COLIMA
TLAXCALA
PUEBLA
VERACRUZ
Jalapa
GUERRERO
Chilpancingo
OAXACA
TABASCO
Villahermosa
Tuxtla Gutierrez
CHIAPAS
CAMPECHE
Campeche
YUCATAN
QUINTANA ROO
BAJA CALIFORNIA SUR
La Paz
GOLFO DE CALIFORNIA
GOLFO DE MÉXICO
OCEANO PACIFICO
REPUBLICA MEXICANA

Efectos en trabajadores agrícolas

- Asociación entre plaguicidas y niveles de la hormona folículo estimulante y leutinizante, responsables del control endócrino, también disminución de la testosterona e inhibina B
- Relación entre conc. de OF y un incremento en el número anormal de cromosomas en espermatozoides (síndrome de Turner)
- Daño al ADN en trabajadores expuestos y disminución de parámetros de calidad de semen
- Presencia de micronúcleos, brotes nucleares, puentes de cromatina, células binucleadas, cromatina condensada, cariolisis, picnosis y cariorrhexis
- Disminución de la AChE



Mujeres en edad reproductiva

Suero sanguíneo de mujeres embarazadas

Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
DDE	41.90	Chiapas
DDT	23.10	Chiapas
DDT	20.85	Veracruz
DDT	19.70	Sonora
DDE	0.98	Veracruz



Leche materna

Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
DDE	15.80	Chiapas
DDE	7.91	Cd. Mexico
DDE	5.60	Guerrero
DDE	3.24	Veracruz
DDE	3.00	Yucatan
DDE	2.70	San Luis Potosi

Efectos en mujeres en edad reproductiva expuestas a plaguicidas



- Relación entre madurez placentaria y exposición a OF que puede afectar el transporte de alimento al feto
- Madres con niños con criptoquidia relacionado a mayores concentraciones de DDT y β-HCH en suero
- Mayor riesgo de tener niños con anencefalia
- Mayor riesgo de cáncer de mama, especialmente en mujeres postmenopáusicas
- Daño genético (por ensayo cometa)
- Mayor crecimiento de senos y baja relación entre la glándula mamaria y tamaño del seno en jóvenes
- Retraso del crecimiento intrauterino

Exposición en niños



Conc. en suero sanguíneo		
Analito	**Concentración (µg/g)**	**Sitio**
DDE	194.40	Chiapas
DDT	11.80	Chiapas

- Deterioro en el desarrollo neuronal temprano y reducción significativa del índice de orientación espacial de niños expuestos a DDT
- Disminución en energía, en coordinación ojo-mano fina y gruesa, en memoria de 30 minutos y en la habilidad para dibujar una persona
- Relación entre clorpirifos y el trastorno del déficit de atención
- Daños al ADN en niños expuestos y mayor porcentaje de apoptosis
- Disminución de la AChE en niños expuestos

En comunidades indígenas

- Todos los anteriormente descritos
- Inhibición de AChE en población expuesta
- Alteraciones hematológicas
- Efectos directos de contacto como irritación, comezón, ronchas y manchas en la piel, cefaleas y vómito
- La mayoría no cuentan con seguridad social, no conocen de los riesgos y no cuentan con protección adecuados



Expendedores/aplicadores urbanos

- Disminución significativa de BuChE y contenido de hemoglobina y hematocrito en expendedores
- Disminución de la calidad del líquido seminal (menor viabilidad y concentración)
- Mayor daño genético respecto a grupos control

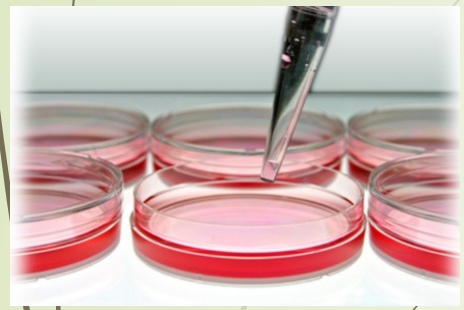


Residuos en Alimentos

Alimento	Analito	Concentración (µg/g)	Sitio
cebolla	ciflutrina	0.5700	Sonora
chícharo	cipermetrina	0.3670	Sonora
carne de res	HCB	0.3000	Sonora
aves de corral	HCB	0.2800	Sonora
carne de res	aldrin	0.2600	Sonora
carne de res	dieldrín	0.2300	Sonora
carne de res	heptacloro	0.2000	Sonora
chícharo	deltametrina	0.1140	Sonora
aves de corral	heptacloro	0.1000	Sonora
leche vaca	β-HCH	0.0900	Veracruz
leche vaca	DDT	0.0400	Veracruz
leche vaca	DDE	0.0300	Veracruz
frijol	malatión	0.0250	Sonora
maíz	∑DDT	0.0190	Sonora
trigo	clorpirifos	0.0058	Sonora
nopal	paratión metílico	0.0560	Sonora
aves de corral	dieldrín	0.0400	Sonora
nopal	clorpirifos	0.0020	Sonora
leche vaca	endosulfan	0.0009	Hidalgo
leche vaca	∑HCH	0.0007	Hidalgo



Toxicología de plaguicidas (estudios *in vitro*)



- Daño genético (ensayo cometa), viabilidad celular y disminución de células tratadas con azinfós metílico, paratión metílico, ometoato y metamidofos
- Toxicidad en células expuestas a dimetil fosfato, dimetil ditiofosfato, diazinón
- Modulación de la fosforilación de proteínas intracelulares expuestas a OF
- Incremento en el nivel de GSTA en células expuestas a clorpirifos y paratión metílico
- Disminución del mRNA de PON1, incremento en citoquinas inflamatorias con exposición a paratión metílico y clorpirifos
- Reducción en sobrevivencia de ovocitos y alteración genética, expuestos a malatión y diazinón
- Daño genético en células expuestas a paratión etílico con mayor daño en células de recién nacidos
- Inhibición de AChE en extractos de cerebro de rata (paratión metílico)
- Apoptosis inducido por DDT, DDD y DDE en células sanguíneas

Toxicología de plaguicidas (estudios *in vivo*)

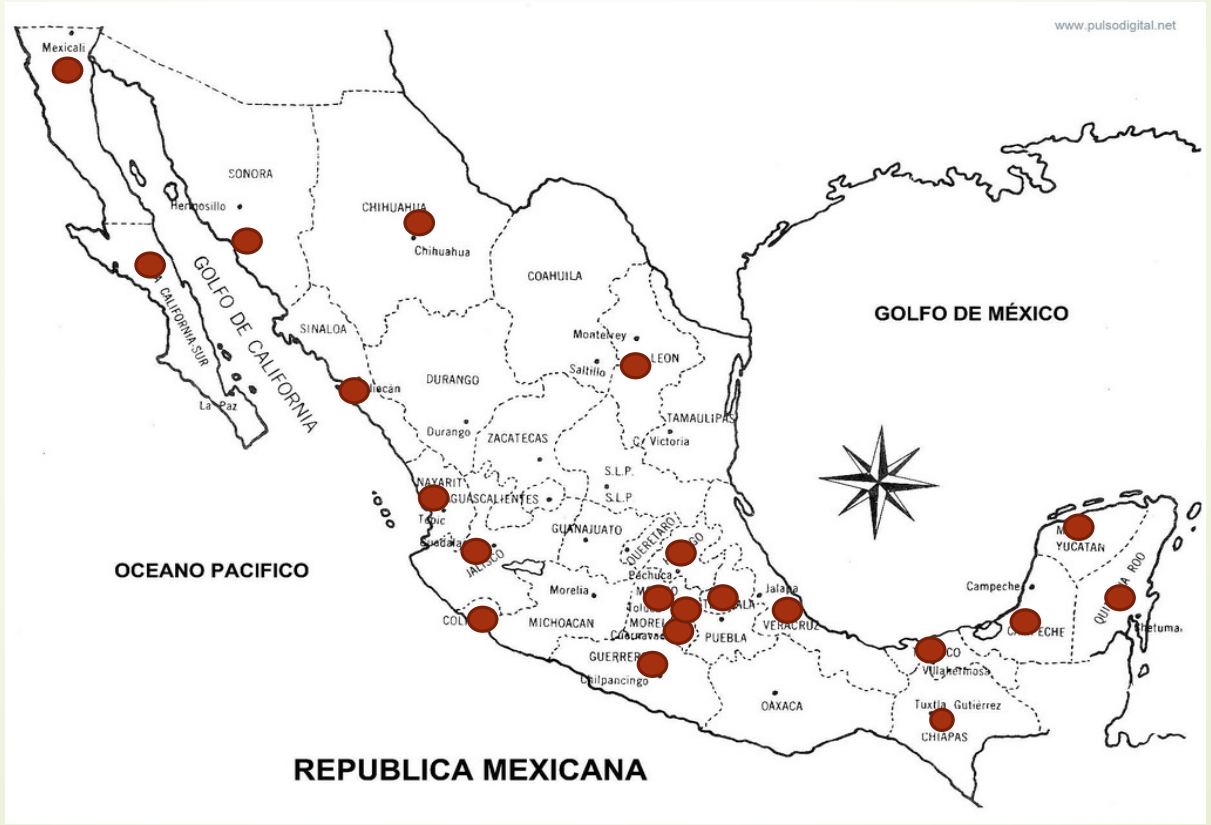


- Disminución en capacidad de reproducción en ratones derivada de efectos en la integridad del ADN espermático exp. a paratión metílico
- Disminución de la glucoquinasa hepática y pancréatica, expresión génica y niveles de insulina de ratas expuestas a diclorvos
- Alteraciones respiratorias en conejos expuestos a paratión
- Inhibición de AChE e incremento en células anormales exp. a metomidofos
- Incremento en toxicidad aguda por mezclas (permetrina y paratión met)
- Alteraciones en células placentarias expuestas a paratión met.
- Mayores latencias de escape, número de fallas y mas tiempo en la periferia en ratas expuestas a endosulfán y paratión met.
- Hipoactividad y disminución de uniones específicas a receptores de dopamina en el cerebro, en ratas expuestas a glifosato

Bioplaguicidas y biorremediación

- Efectividad similar de SPINOSAD (bioplaguicida) comparada con temefos para combate de mosquitos, larva de la mosca negra y lepidóptero
- Biorremediación de OC:
  - Bioestimulación de microorganismos nativos de suelo que toleran hasta 20 µg/g de OC
  - Gavilla de trigo para preparar filtro de carbón activado para adsorción de heptacloro
- Biorremediación de OF:
  - Bacterias inmovilizadas en tezontle para degradación de paratión metílico
  - Uso de plantas acuáticas
  - Reacción de Fenton
  - Uso de *Bacillus thuringiensis* como agente bioestimulante en suelos

Recursos humanos en la investigación de plaguicidas en México



Conclusiones y recomendaciones

- Actualmente se utilizan Plaguicidas Altamente Peligrosos en México, aunque no se tienen cifras exactas de su uso, aprox. un 50 % de los i.a. utilizados son PAPs
- Existe evidencia de presencia de residuos de OC, OF, PS, CA y otros en el medio ambiente, biota, y la población humana
- Estos residuos están teniendo efectos negativos en la biota y en la salud de la población
- Se recomienda a las autoridades de Salud, Agricultura y Medio ambiente, la implementación de un **Programa de Registro de Uso Plaguicidas** (tipo y volumen) a nivel nacional, como punto de partida para dimensionar la problemática y comenzar con su solución
- La Red T de P está en la mejor disposición de colaborar para el diseño de este registro y demás programas que se requieran