

***MODELO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS CON
ACTIVIDAD ESTROGÉNICA PRESENTES EN PESCADO FRESCO
OBTENIDO EN DIFERENTES PUNTOS DE UNA PLAZA DE
MERCADO DE GIRARDOT***



Johana Katherine Mora Yanquén
Bogotá Colombia
2020

***MODELO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS CON
ACTIVIDAD ESTROGÉNICA PRESENTES EN PESCADO FRESCO
OBTENIDO EN DIFERENTES PUNTOS DE UNA PLAZA DE
MERCADO DE GIRARDOT***



Patricia Cifuentes Prieto
Bogotá Colombia
2020

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción
2. Marco Teórico
3. Antecedentes
4. Planteamiento del problema
5. Objetivos
6. Diseño Metodológico
7. Resultados y Discusión
8. Conclusiones
9. Recomendaciones
10. Agradecimientos

1.INTRODUCCIÓN

6º PAIS
CON
MAYOR
RIQUEZA
HÍDRICA

85%
PRODUCTOS
CONSUMO
HUMANO

25%

BIODIVERSIDAD
PESQUERA
NIVEL MUNDIAL

3435
ESPECIES
MARINAS
AGUA
DULCE



230000
TONELADAS
DE PECES
ANUAL

COLOMBIA

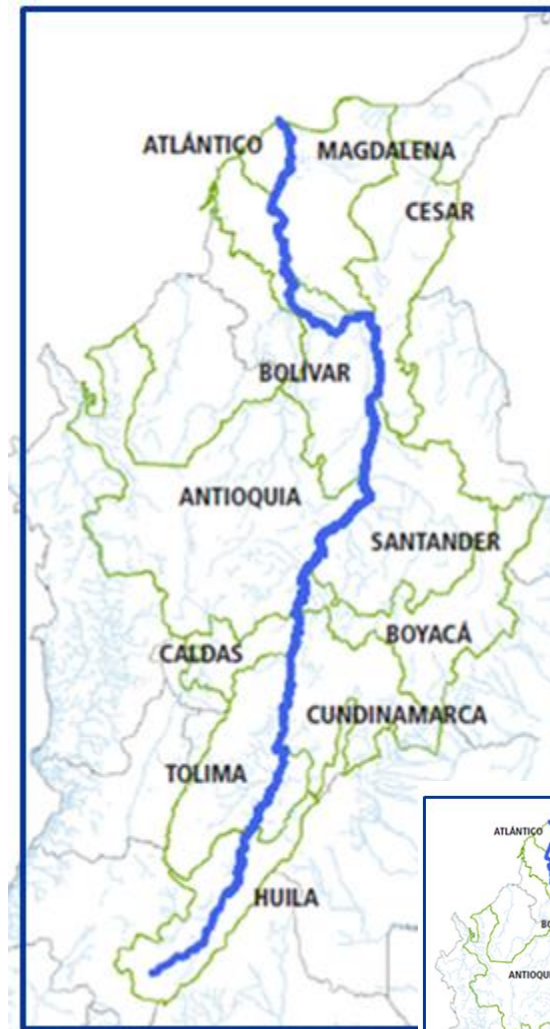


RÍO MAGDALENA

30000
T/ANUAL

PRINCIPAL
ACTIVIDAD
PESQUERA
NIVEL
NACIONAL

18
DEPARTAMENTOS
ESTAN EN SU
ZONA DE
INFLUENCIA



BAGRE
BOCACHICO
8-10 KG
CONSUMO
PER-CAPITA

146
ESPECIES
40

IMPORTANCIA
COMERCIAL





RÍO MAGDALENA

Agua Residuales



Fracking

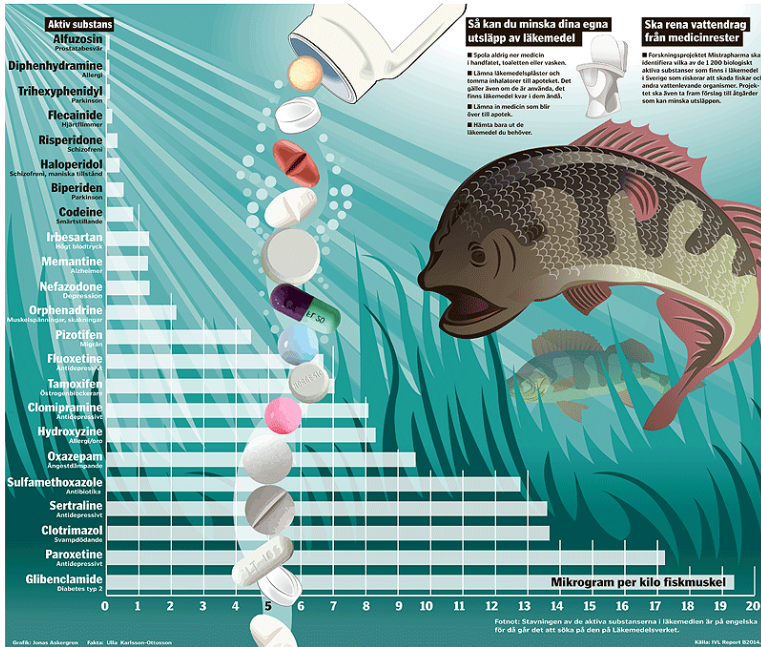


Minería Ilegal

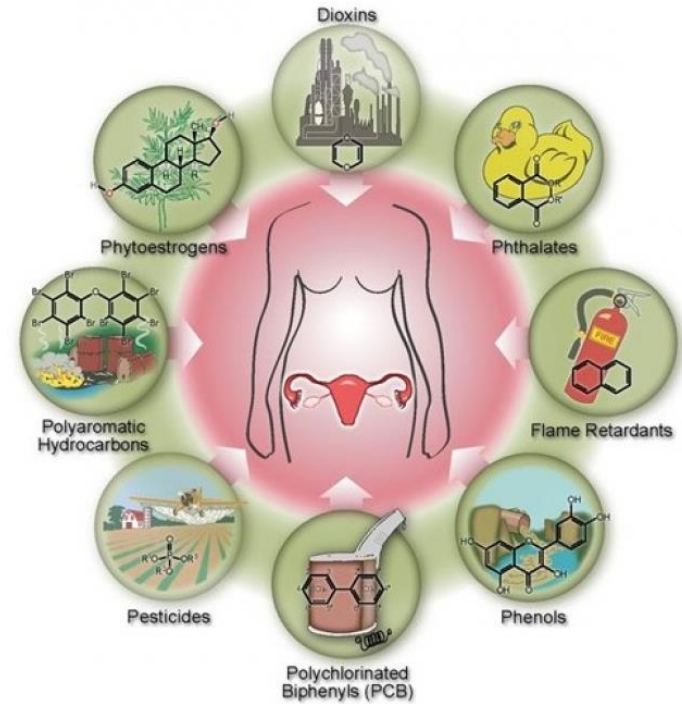


contaminantes emergentes

Contaminantes Emergentes



DISRUPTORES ENDOCRINOS



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.montmedi.com%2Fca%2Fnoticias%2Fdisruptores-endocrinos>

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.bigfish>

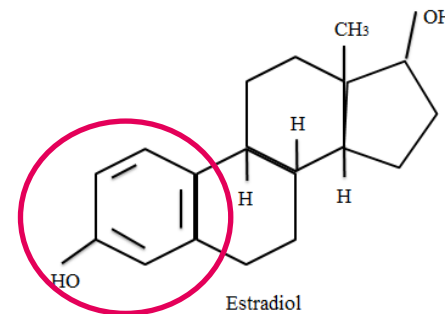
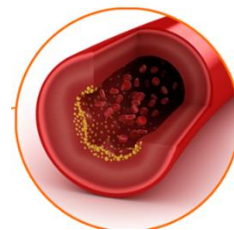


Incidencia de enfermedades Hormono-dependientes

2. MARCO TEÓRICO

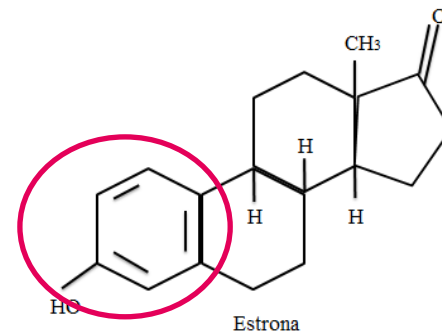
HORMONAS

FUNCIÓN
SECRECIÓN
TRANSPORTE

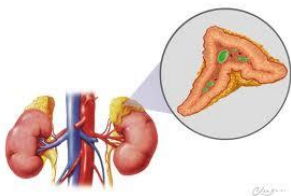
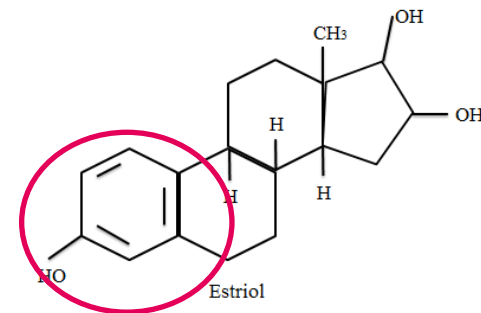


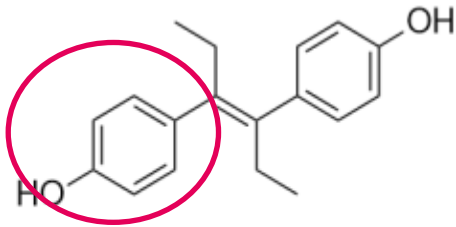
ESTEROIDEAS

Concentraciones
Desequilibrio Hormonal



ESTRÓGENOS





Diethylstilbestrol (DES)

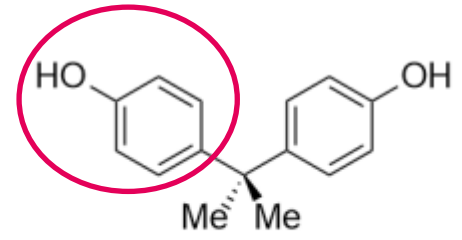
<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffoxocardenio>

Bioacumulables
Persistentes

DISRUPTORES
ENDOCRINOS

Naturales o
sintéticos

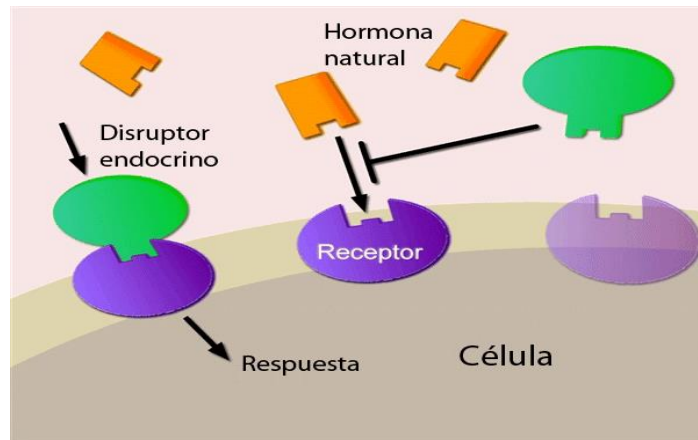
Mimetizan /
Antagonizan acción de
hormonas naturales



Bisfenol A (BPA)

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffoxocardenio>

Actúan
activando ERs

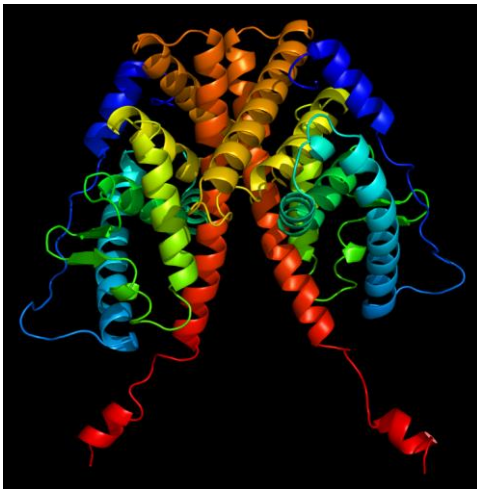


<https://www.micof.es/ver/13149/%C2%que-efectos-tienen-en-nosotros-los-disruptores-endocrinos.html>

RECEPTORES ESTROGÉNICOS

Útero, mama,
ovario, hígado
SNC

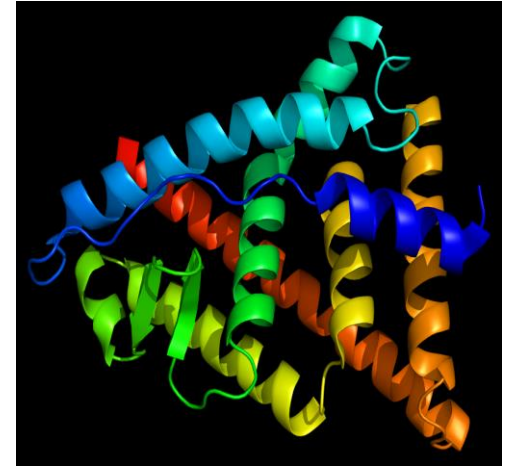
ER α



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2FReceptor_de_estr%25C3%25B3geno_alfa&

Factores de
transcripción

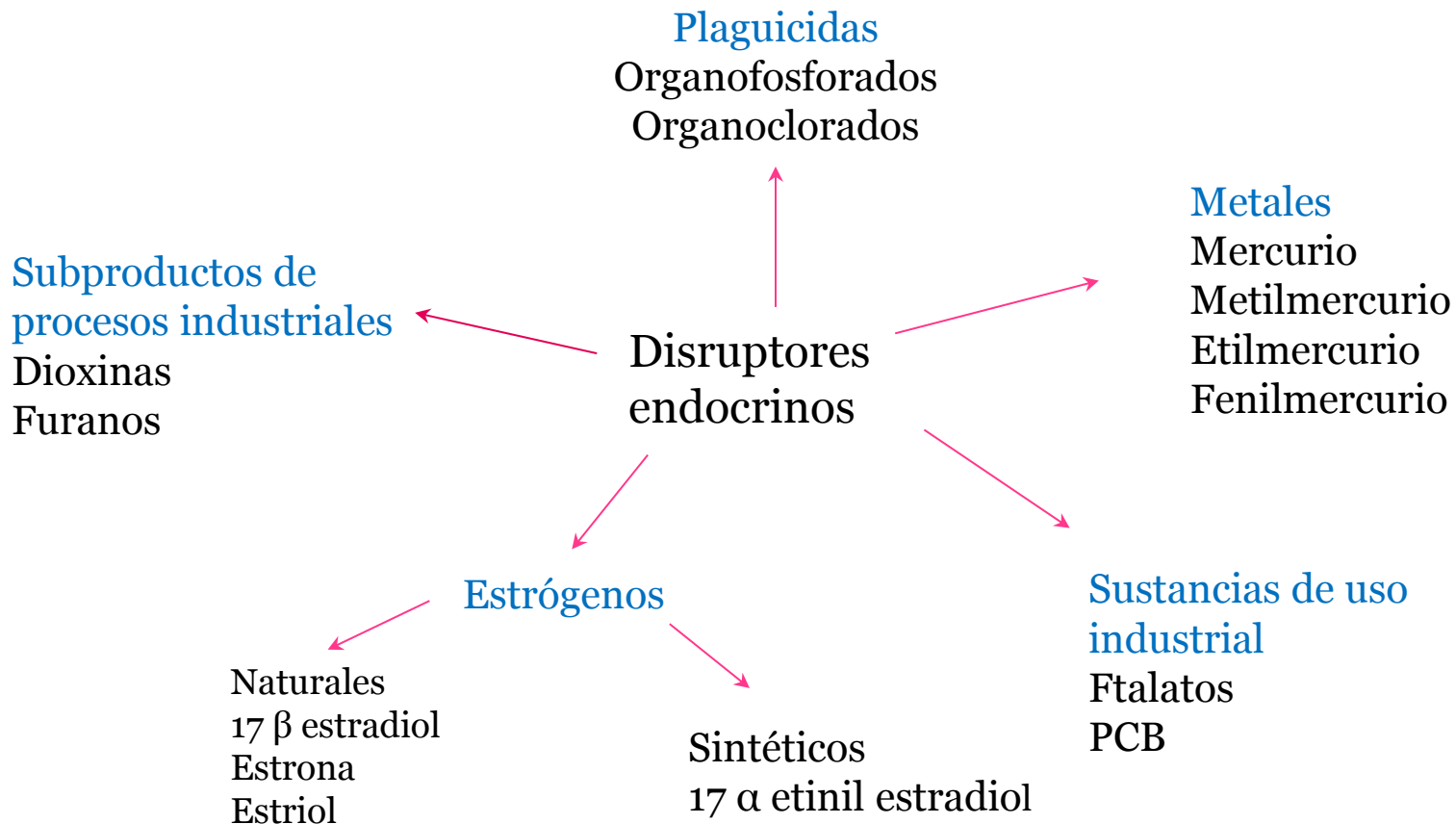
ER β



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2FReceptor_de_estr%25C3%25B3geno_beta

Sistema oseo,
endotelio, pulmones,
tracto urogenital,
ovario, sistema
nervioso central y
próstata.

COMPUESTOS QUÍMICOS CON ACTIVIDAD ESTROGÉNICA EN AMBIENTES ACUÁTICOS



ENFERMEDADES EN PESCADOS

Consecuencias de la exposición de pescados a EDs

Inhibición en el desarrollo y maduración de los oocitos

Histología gonadal alterada

Incremento en la atresia folicular

Desfeminización de hembras

Alta mortalidad

Feminización de machos

Machos con ovotestis

Hipertrofia de células de sertoli

Intersexos

Disminución en el número de células espermáticas en etapas tempranas

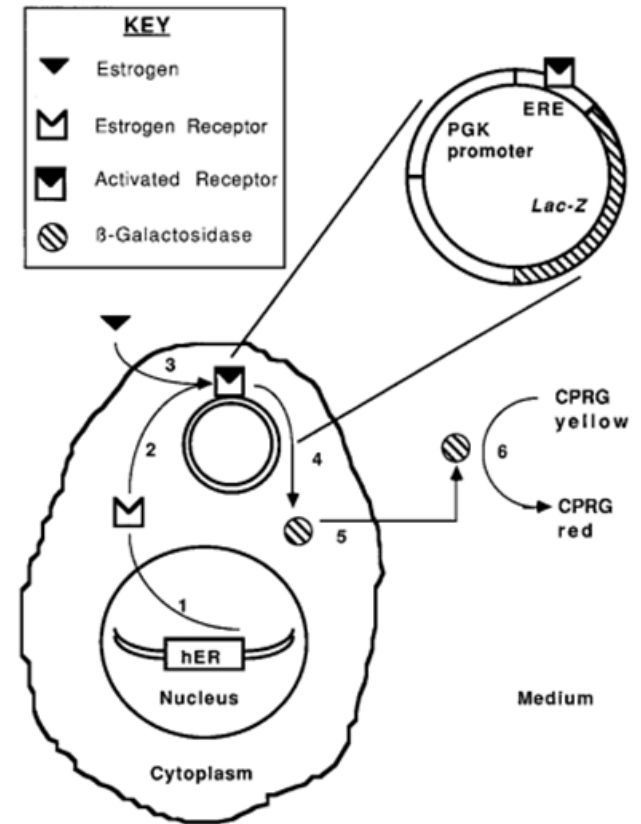
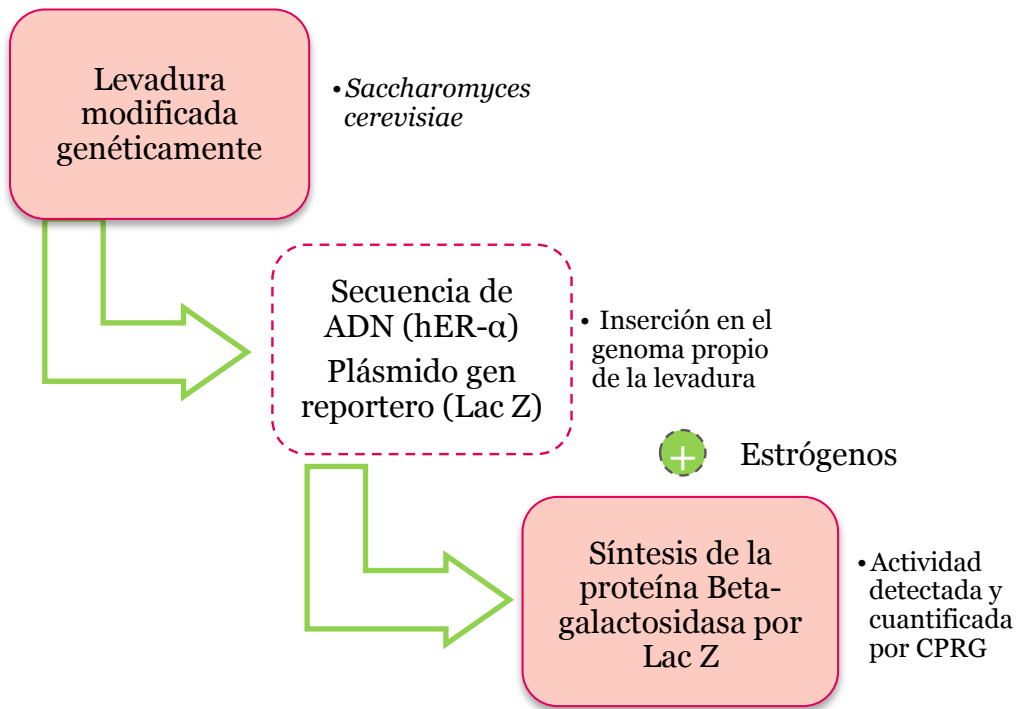
Disminución tamaño de testículos

Aumento en la cantidad de células intersticiales en los conductos eferentes.

Reducción índice gonadosomal

Esterilidad

Yeast Estrogen Screen (YES)



Routledge and Sumpter (1996)

Esquema del sistema de expresión inducible por estrógenos en levadura. Tomado de: <https://sci-hub.tw/10.1002/etc.5620150303>

3. ANTECEDENTES

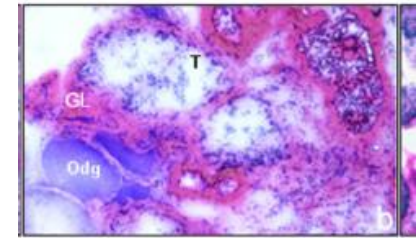
2005: Niveles de vitelogenina sérica incrementados por exposición a EDs.

Brian Harris et al

2006: Características morfo fisiológicas alteradas por exposición a 17-etinilestradiol.

Nielsen et al.

Ovotestis



<https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fgeneticlovers2017>

2007: EDs responsables de la Inhibición de la actividad aromatasa

Hecker M. et al

2007: EDs reguladores de la transcripción de genes esteroideos en peces Salmónidos

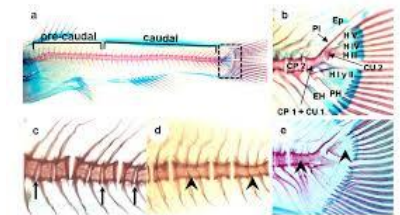
Lyssmachou A. et al

2011: EDs efecto inmunomodulador en teleósteos

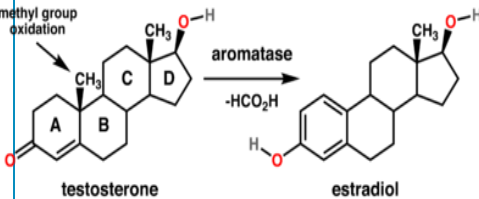
Milla S. et al

2013: Deformidades esqueléticas en poblaciones de *Aphanius fasciatus*

Kessabi K. et al



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2F>

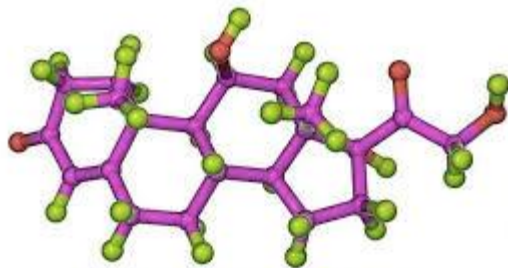


<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes.wikipedia.org%2Fwiki%2FAromatasa>

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



La gran contaminación del Río Magdalena con sustancias de tipo estrogénico afecta directamente a la Biota presente, principalmente peces e indirectamente a los humanos que los consumen desarrollándose una serie de patologías hormono-dependientes que generan un problema a nivel de salud pública.



Disruptores endocrinos



5.OBJETIVOS



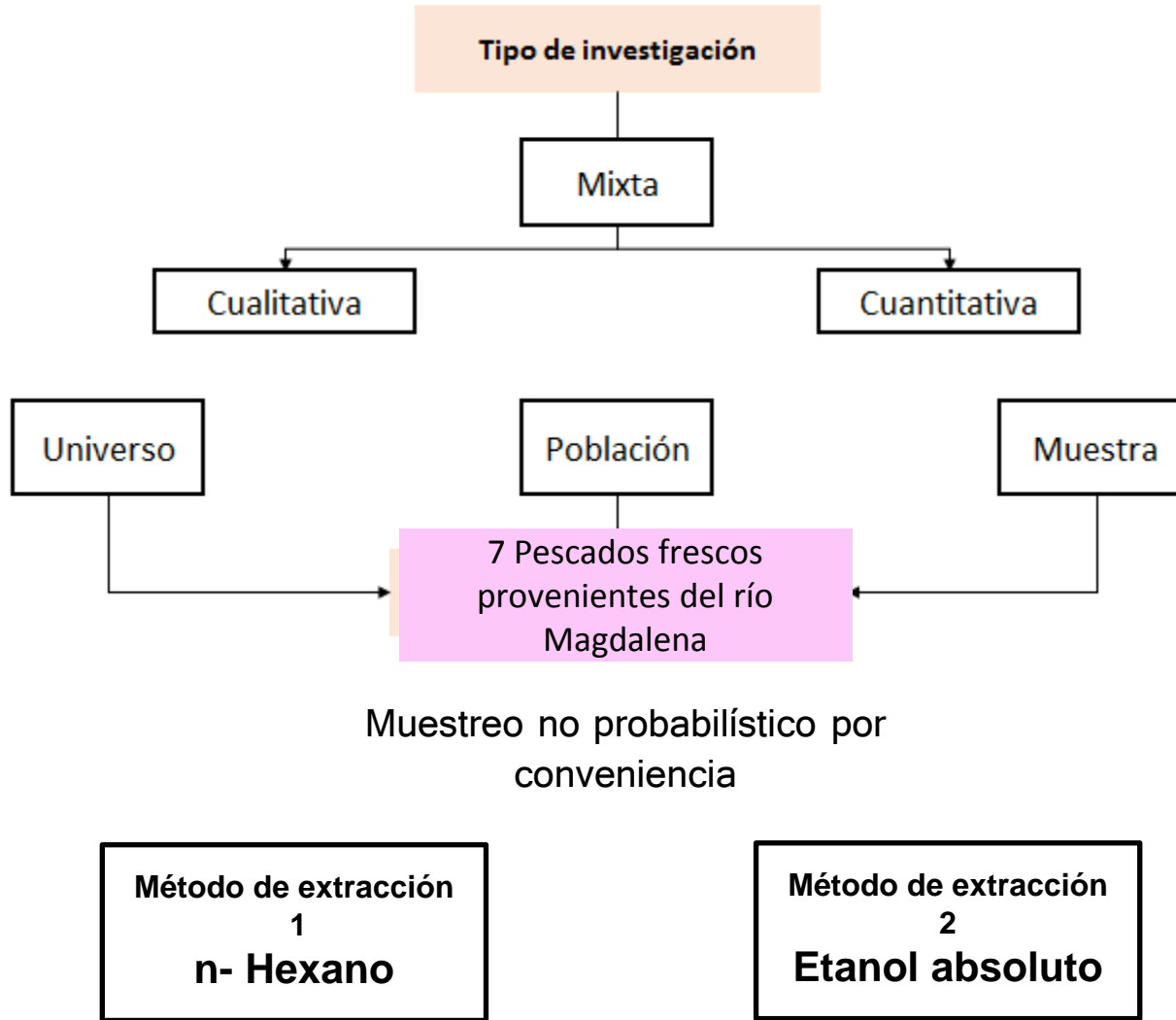
Objetivo general

Determinar la presencia de sustancias con actividad estrogénica en pescado fresco, Bagre y Bocachico, obtenido en diferentes puntos de una plaza de mercado de Girardot.

Objetivo específicos

- Detectar la presencia de sustancias de tipo estrogénico en los dos tipos de pescado de mayor consumo en el municipio de Girardot provenientes del río Magdalena mediante la técnica *Yeast Estrogen Screen*.
- Contrastar dos métodos de extracción diferentes para la obtención de sustancias con actividad estrogénica en pescado fresco, que permitan su posterior determinación mediante la técnica *Yeast Estrogen Screen*.

6.DISEÑO METODOLÓGICO





1

Toma de muestras

2

Preparación de las
muestras

n- HEXANO



Etanol Absoluto



3

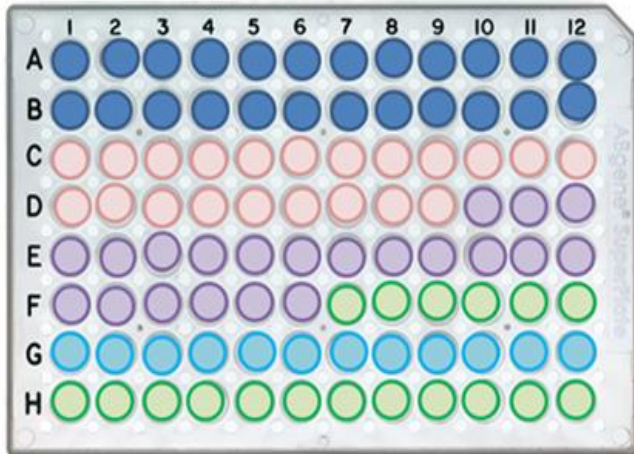
Extracción

4

Implementación de
la técnica YES

Montaje placas de ensayo :

1. 4 curvas patrón 17- b estradiol (concentraciones 1080 $\mu\text{g/L}$ hasta 0,128 ng/L).
2. Controles, muestras y el blanco.



Montaje placa de ensayo nº 2.

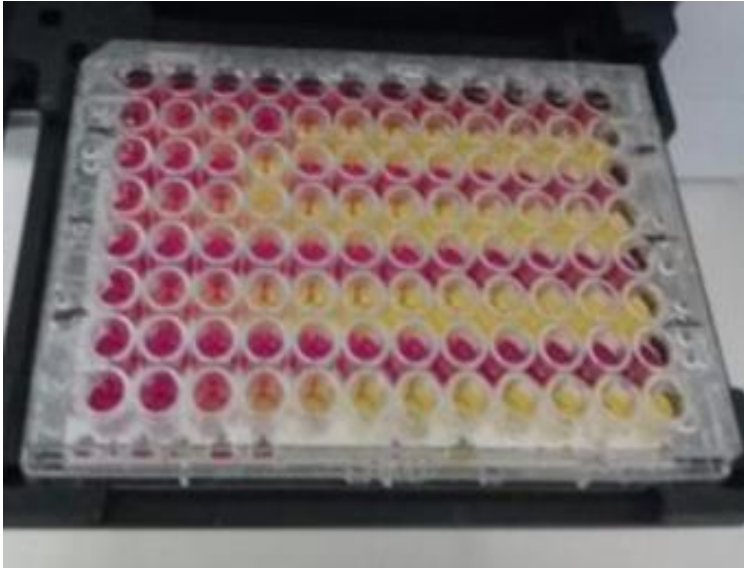
- Control positivo
- Muestras extraídas con N- hexano
- Muestras extraídas con etanol absoluto
- Control negativo
- Blanco

Blanco: CPRG, Medio

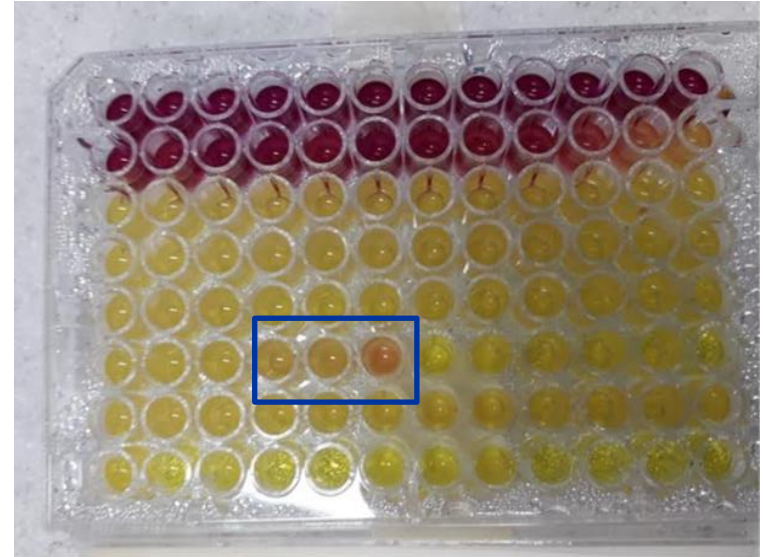
Control Negativo:
CPRG, Medio, etanol

Incubación 30°C 72 H
100 rpm
Lectura:
Espectofotometro Biorad
540 nm - 630 nm

7.RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Curva patrón 17 β—estradiol placa n°1.



Placa n° 2 de microtitulación exhibiendo la respuesta de la técnica YES frente a EDs presentes en pescado .

Fórmula corrección de resultados

$$D.O.muestra(540 \text{ nm}) - [D.O.muestra(630 \text{ nm}) - D.O blanco (630 \text{ nm})] .$$

Estabilidad de la
respuesta Biológica

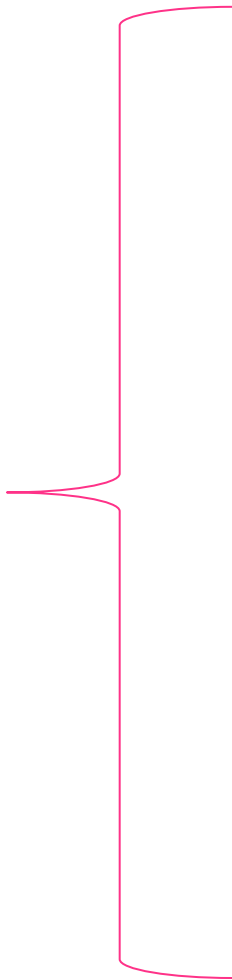
Nº de dilución	Concentración 17 β -estradiol ng/L	Promedio D.O
1	16875	2,248
2	8437,5	2,106
3	4218,75	2,057
4	2109,38	1,983
5	1054,7	1,871
6	527,35	1,738
7	263,7	1,613
8	131,85	1,297
9	66	1,05
10	33	0,72
11	16,5	0,521
12	8,25	0,333
13	4	0,266
14	2	0,203
15	1	0,21
16	0,5	0,198
17	0,25	0,186
18	0,128	0,203

Reproducible

*Promedio de las D.O corregidas de los
últimos 20 ensayos*

Routledge and Sumpter (1996)

	MUESTRAS	DISOLVENTES	ACTIVIDAD ESTROGÉNICA (ng/L EEQ)	
			HEXANO	ETANOL
M1	PESCADO BAGRE	PLAZA PTO 1	< 4 ng/L	< 4 ng/L
M2	PESCADO BAGRE	PLAZA PTO 2	< 4 ng/L	< 4 ng/L
M3	PESCADO BAGRE	PLAZA PTO 3	< 4 ng/L	< 4 ng/L
M4	PESCADO BAGRE	PLAZA PTO 4	< 4 ng/L	< 4 ng/L
M5	PESCADO BAGRE	PLAZA PTO 5	< 4 ng/L	< 4 ng/L
M6	PESCADO BOCA CHICO	PLAZA PTO 6	< 4 ng/L	< 4 ng/L
M7	PESCADO BOCA CHICO	PLAZA PTO7	< 4 ng/L	6 ng/L



Sensible

Específica

Rápida

Fácil recolección de muestra

Resultados de actividad estrogénica obtenidos con las muestras de pescado.

PRUEBA DE TAMIZAJE

Multiresidue determination of persistent organochlorine and organophosphorus compounds in whale tissues using automated liquid chromatographic clean up and gas chromatographic–mass spectrometric detection

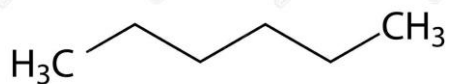
R. Serrano, F.J. López, F. Hernández*

Analytical Chemistry, Department of Experimental Sciences, University Jaume I, P.O. Box 224, E-12080 Castellón, Spain

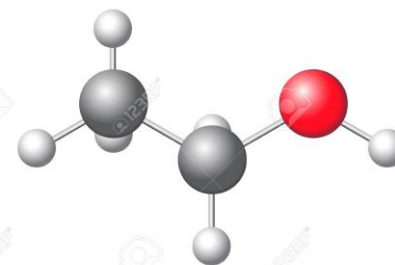
Received 9 November 1998; received in revised form 3 June 1999; accepted 3 June 1999

*Serrano R., López F.J,
Hernández F*

Hexane

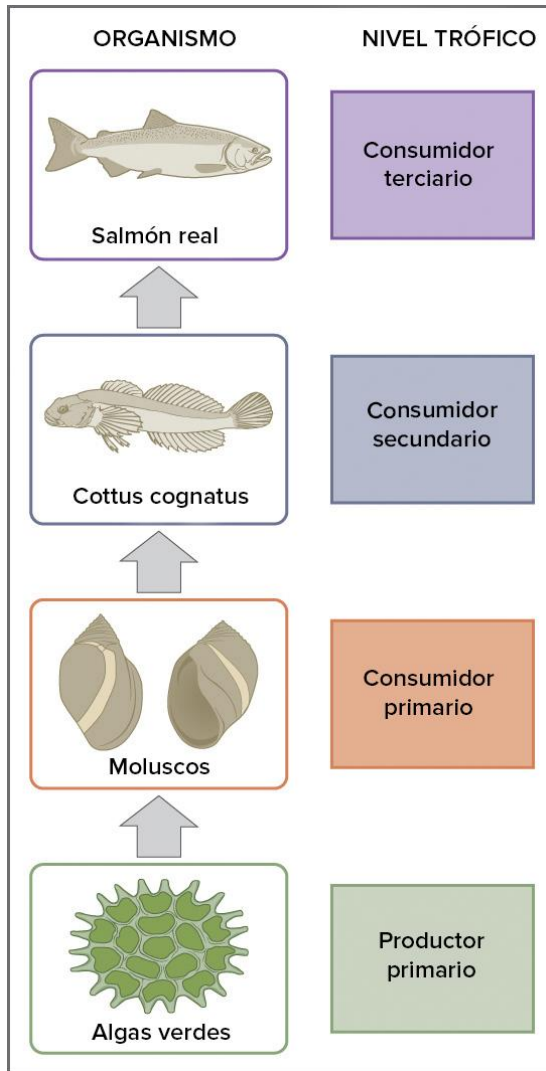


Ethanol



Aguirre C. 2015

Bioacumulación y Biomagnificación



Influye en el nivel de los contaminantes en los organismos acuáticos

Wasserman JC, et al. 2003
Simoneau M et al.2005

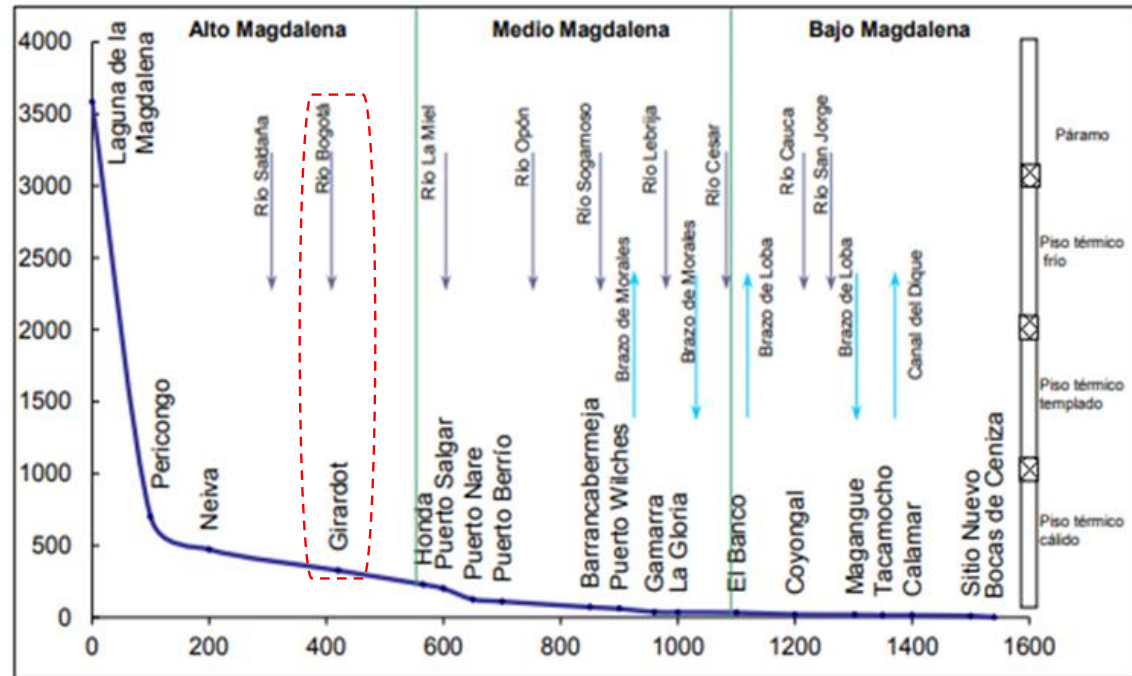
PERFÍL DEL RÍO MAGDALENA

Residuos
domésticos e
industriales de la
capital

Minería extractiva
y escombros

Curtiembres
Villa pinzón
Cundinamarca

Vertimientos
Ríos: Salitre,
Fucha, Tunjuelo



Perfil del Río Magdalena.

Tomado de: http://sepec.aunap.gov.co/archivos/aunap/produccion_pesquera-cuenca_del_rio_magdalena.

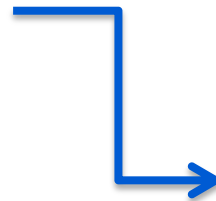
SEDIMENTOS



AMORTIGUADORES DE CE



<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.>



Cambios químicos y/o
Físicos favorecen su
movilización



Biodisponibilidad

Debido a su baja solubilidad y alta lipofilidad, EDs tienden a acumularse en los sedimentos, quienes actúan como depósito de los mismos a largo plazo (Liu et al., 2012b).

Perfil Toxicológico del Río Magdalena



*Instituto de
investigaciones marinas
y costeras 2018*

**Perfil toxicológico de
los sedimentos del Río
Magdalena usando
como modelo biológico
*Caenorhabditis elegans***

Lesly Patricia Tejeda Benitez
Jesús Tadeo Olivero Verbel



*Tejeda Benitez
Olivero Verbel 2016*

HPDD
Hidrocarburos
de petróleo
disueltos

Cr, Cu, Zn,
Hg, Ni
**Biota
Acuática**

Heptacloro
Lindano
Aldrin
PCB
Pesticidas
Peces

HAPS
Hidrocarburos
aromáticos policíclicos

Cu, As, Ag, Cd,
Hg, Ce, Gd, Th,
Sr

Retardantes de llama
y filtros UV

El Hg es depositado en los sedimentos, donde los microorganismos lo convierten principalmente a MeHg, el cual es biomagnificado a través la cadena trófica hasta su acumulación en tejido muscular y adiposo. Sarmani SB et al.

Colombia Mojana Bolivar
(*Marrugo, Negrete et
al.2008*)



<https://infomarina.net/pez-bagre/>

Bagre

- Pez oportunista
- Alimento: algas
- > Q de grasa
- Habita en zonas poco profundas

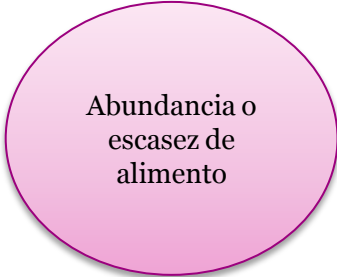


<https://sites.google.com/site/aguaverde/bocachico>

Bocachico

- Pez migratorio
- Alimento: detritus
- < Q de grasa
- Habita en zonas profundas


Asimibilidad, biodisponibilidad, toxicidad



Abundancia o
escasez de
alimento

Fent et al. 2006


Determinan la
frecuencia y cantidad de
dosificación EDs



Etapa de
desarrollo de
cada pescado

Houtman et al.,2011

En etapas críticas del
desarrollo puede
predisponer la
expresión genética a un
fenotipo



Características
físicoquímicas
fuentes hídricas

Echarri. 1998

*Dadas por el suelo en el
cual las especies se apoyan
y se nutren. Determinan
biodisponibilidad EDs*

8.CONCLUSIONES



La técnica Yeast Estrogen Screen cuenta con una alta sensibilidad, especificidad y obtención rápida de resultados para ser implementada en la detección de sustancias con actividad estrogénica en pescado fresco.

Se puede reconocer al método de extracción con etanol como el más efectivo para la extracción de compuestos disruptores endocrinos en peces gracias a que cuenta con una gran estabilidad de la fase líquida y una menor volatilidad que el n-Hexano.

La susceptibilidad de los peces a la contaminación con EDs se asocia principalmente al estilo de vida de cada especie el cual determina la disponibilidad y exposición a estos contaminantes, el porcentaje de grasa total presente en cada especie y el tiempo de exposición.

9.RECOMENDACIONES



Realizar más estudios teniendo en cuenta el método de extracción para este tipo de productos ya que de este proceso depende la recuperación e identificación de los compuestos de interés.

Llevar a cabo determinaciones de sustancias con actividad estrogénica mediante la técnica YES, en diferentes especies de pescado de importancia comercial, obtenidos en los Ríos que contribuyen a su mayor abastecimiento.

Implementar herramientas como espectrofotometría de masas, que brinden el conocimiento de las sustancias químicas específicas presentes en el pescado fresco.

10. AGRADECIMIENTOS



Agradezco a Dios por acompañarme en el recorrido y culminación de este sueño que sin duda me ha enseñado a traspasar los límites de mi pensamiento y comprender que la felicidad se encuentra detrás de nuestros miedos y obtenerla es solo cuestión de decisión.

A mi madre que con paciencia y amor me apoyó.

A mi abuela que sin entender el porqué de mis angustias siempre me tranquilizó.

A mis hermanas por hacer mis días más llevaderos.

A mis compañeros y amigos por sus consejos.

A mis profesores, especialmente a la profesora Patricia Cifuentes Prieto por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto y corregirme cuando se hizo necesario y al profesor Alejandro Castaño Vásquez cuyos consejos fueron cruciales para la culminación de este proyecto.

A la ciencia por impulsar mi corazón a continuar.

12. BIBLIOGRAFÍA



Friedman M, McIntosh P, Berenbaum M, Carson R. La pluma contra el veneno. [Internet] 1962. [citado 15 ago 2018]. Disponible en: <https://photos.state.gov/libraries/amgov/30145/publications-spanish/rachel-carson-sp.pdf>

Milne L, Milne M. There's Poison All Around Us Now. The New York Times [Internet]. 1962. [cited 23 sep 2018]; Sec: Books. Available in: https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/books/97/10/05/reviews/carson-spring.html?_r=1&oref=slogin

Murphy, Coit P, *What A Book Can Do: The Publication and Reception of Silent Spring*. University of Massachusetts Press [Internet] 1968. [cited 23 sep 2018]. Available in: <http://www.umass.edu/umpress/title/what-book-can-do>

Roberto A, Carson A, la mujer que enfrentó a las agroquímicas e inauguró el ecologismo contemporáneo. Diario la izquierda [Internet]. 1982 [citado 15 ago 2018]; Sec: sociedad. Disponible en: https://laizquierdadiario.com/spip.php?page=gacetilla_articulo&id_article=105006

Ministerio del Medio Ambiente. LEY 99 DE 1993 [Internet]. 1993. [citado 24 nov 2018] Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

Teoría de la disrupción endocrina. [Internet]. 1993; [citado 5 ago 2018] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Interrupcion_endocrina

Soto A, Sonnenschein C. Disruptores endocrinos: una historia muy personal y con múltiples personalidades [Internet]. Gac Sanit 1993; [citado 5 ago 2018] 16(3):209-11. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/gsv/v16n3/edito2.pdf>

Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Curso de Introducción a los Disruptores Endocrinos [Internet]. (ISTAS). [citado 5 ago 2018]. Disponible en: http://www.istas.ccoo.es/descargas/disruptores_endocrinos_final.pdf

Colborn T, Frederick S, Soto M. Developmental Effects of Endocrine-Disrupting Chemicals in Wildlife and Humans [Internet]. Environmental Health Perspectives 1993. [cited 5 aug 2018]. 101, Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1519860/>
Sumpter JP. Feminized responses in fish to environmental estrogens [Internet]. Toxicology Letters 1995 [cited 5 aug 2018]; 82-83:737-742. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8597136>

Lutz D. No conception [Internet]. New York Academy of Sciences Jan 1996 [cited 15 January 2019]; Volume 36, N° 1. Available in: <https://ezproxy.unicolmayor.edu.co:2136/pqrl/docview/212614955/fulltext/96EOA94D49884305PQ/20?accountid=50438>

Sumpter JP, Jobling S. Vitellogenesis as a biomarker for estrogenic contamination [Internet]. Environmental Health Perspectives Supplements 1995 [cited 5 july 2018]; 103:173. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8593867>

Ministerio de ambiente. Ley 253 de 1996 Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. [Internet]. 1996. [citado 24 nov 2018] Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1996/ley_0253_1996.pdf

Tabla 9. Reportes de efectos adversos en humanos-estudio en fluidos y tejidos biológicos

SISTEMA U ÓRGANO	EFEECTO	AGENTE CONTAMINANTE	MATRIZ	REF.
Sistema inmune	Teratogénesis y carcinogénesis	Hg y MeHg	Estudios in vitro, in vivo y extracción de ADN de humanos	(63)
	Genotoxicidad (células linfocitarias)	Nitrato mercúrico, Cloruro de MeHg y Acetato de fenilHg	Linfocitos humanos	(118)
	Inmunotoxicidad	Hg	Ratones y suero humano	(119)
Sistema renal	Acumulación	Hg y MeHg	Hígado, riñón y bazo de adultos groenlandeses étnicos	(120)
Páncreas	Resistencia a insulina/diabetes 2	Hg	Muestras de sangre humana	(121)
Cardio-toxicidad	Aumento de susceptibilidad a enfermedad cardiovascular	Hg	Plasma humano	(122)
	Aumento de riesgo	Hg y MeHg	Cabello humano	(123)
		Hg	Estudios in vivo	(124)
Glándula tiroides	Acumulación y autoinmunidad	Hg	Sangre de mujeres	(125)
	Alteraciones en niveles hormonales	MeHg	Sangre materna, del cordón umbilical y de niños de 6 meses de edad	(126)
Sistema reproductivo	Anormalidades en morfología y motilidad del espermatozoides	Hg	Líquido seminal y sangre entera	(127)
	Dimorfismo sexual	MeHg	Cabello o sangre	(128)
	Pérdidas del campo visual	MeHg	Evaluación del campo visual y análisis de orina	(129)
Sistema nervioso	Daño de células receptoras de la visión	Ion Mercúrico	Cultivos de tejidos celulares	(130)
	Genotoxicidad (neuroblastomas y glioblastomas)	MeHg	Celulares lineales (glioblastoma y neuroblastoma) del sistema nervioso central	(131)
	Daño oxidativo	MeHg	Estudios in vivo	(132)
	Alteraciones neuropsicológicas	Hg y MeHg	Pruebas neuropsicológicas y análisis de orina	(133)
	Neurotoxicidad y apoptosis	MeHg	Estudios in vivo e in vitro	(134)
	Neurotoxicidad (Excitotoxicidad y estrés oxidativo)	MeHg	Estudios in vivo e in vitro	(135)
	Neurotoxicidad (autismo) y alteración en síntesis del hemo	Hg	Orina y estudios in vivo e in vitro	(136); (137)
		Hígado	Citotoxicidad y Genotoxicidad	Hg ²⁺ y MeHg

Fuente: grupo de redacción ERIA

<https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Publicaciones%20ERIA%20y%20Plaguicidas/ER%20MERCURIO%20EN%20PECES.pdf>

Tabla 10. Niveles máximos permitidos o recomendados de Hg en el pescado e ingestas tolerables

PAÍS/ ORGANIZACIÓN	TIPOS DE PECES	CONCENTRACIÓN MÁX. PERMITIDA RECOMENDADA(A)	PARÁMETRO DE REFERENCIA (A)	NORMA/ DIRECTRIZ
Australia	Pez espada, atún de aleta azul del sur, barramundi, maruca y pez reloj anaranjado, raya, tiburón.	1,0 mg de Hg/kg	PTWI: 2,8 µg Hg/kg de peso corporal por semana, para las mujeres embarazadas.	Código de Normas Alimentarias de Australia
	Todas las demás especies de peces, así como crustáceos y moluscos	0,5 mg de Hg/kg		
Canadá	Todos los peces, excepto tiburón, pez espada o atún fresco o congelado (expresado como Hg total en la parte comestible del pescado)	0,5 ppm de Hg total	PTDI: 0,47 µg Hg/kg de peso corporal por día, para la mayor parte de la población. 0,2 µg Hg/kg de peso corporal por día, para mujeres en edad fértil y niños pequeños.	Directrices/ tolerancias de diversos contaminantes químicos en Canadá
	Límite máximo permisible para los que consumen grandes cantidades de pescado, como las poblaciones aborígenes	0,2 ppm de Hg total		
China	Peces de agua dulce	0,30 mg/kg de Hg total	ND	Normas sanitarias para alimentos
Croacia	Pescado fresco	1,0 mg de Hg/kg	ND	Reglas sobre la cantidad de plaguicidas, Toxinas, micotoxinas, metales e histaminas y sustancias similares que se pueden encontrar en los alimentos
	Peces depredadores (atún pez espada) moluscos, crustáceos	0,8 mg de MeHg/kg		
	Otras especies de peces	0,5 mg de Hg/kg		
	Pescado enlatado	1,5 mg de Hg/kg		
	Peces depredadores (atún, pez espada)	1,0 mg de Hg/kg		
	Moluscos, crustáceos	0,8 mg de Hg/kg		
Todas las demás especies de Peces	0,5 mg MeHg/kg			
Unión Europea	Productos pesqueros, con excepción de los enumerados más abajo.	0,5 mg de Hg/kg de peso húmedo	ND	Diversas decisiones, reglamentos y directivas
	Anguila, atún, bacoreta, bonito, escolar negro, espadilla, esturión, fletán, gallineta nórdica, lucio, marlín, pailona, perro del norte, pez espada, pez vela, rape, raya, reloj anaranjado, tasarte y tiburón (todas las especies).	1 mg de Hg/kg de peso húmedo		
Corea	Pescado	0,5 mg de Hg/kg	ND	Ley alimentos 2000
Estados Unidos	Pez, moluscos y otros animales acuáticos (FDA).	1 ppm de MeHg	US EPA: 0,1 µg de MeHg/kg de peso corporal por día	Nivel de acción de la FDA
	Los estados, tribus y territorios son responsables de emitir recomendaciones sobre el consumo de pescado capturado localmente. Nivel de activación para muchos departamentos estatales de salud	0,5 ppm de MeHg		
Filipinas	Peces (excepto depredadores).	0,5 mg de MeHg /kg	ND	Codex Alimentarius
	Peces depredadores (tiburón, atún, pez espada)	1 mg de MeHg/kg		

Estados Unidos	Pez, moluscos y otros animales acuáticos (FDA).	1 ppm de MeHg		Nivel de acción de la FDA
	Los estados, tribus y territorios son responsables de emitir recomendaciones sobre el consumo de pescado capturado localmente. Nivel de activación para muchos departamentos estatales de salud	0,5 ppm de MeHg	US EPA: 0,1 µg de MeHg/kg de peso corporal por día	Nivel de activación local
Filipinas	Peces (excepto depredadores).	0,5 mg de MeHg /kg		Codex Alimentarius
	Peces depredadores (tiburón, atún, pez espada)	1 mg de MeHg/kg	ND	
Georgia	Peces (agua dulce) y productos de la pesca.	0,3 mg de Hg/kg		Normas de Georgia de calidad de los alimentos 2001
	Peces (Mar Negro)	0,5 mg de Hg/kg	ND	
	Caviar	0,2 mg de Hg/kg		
India	Pescado	0,5 ppm de Hg total	ND	Normas de tolerancia
Japón	Pescado	0,4 ppm de Hg total /kg 0,3 ppm de MeHg (como referencia)	PTWI: 0,17 mg de MeHg (0,4µg/kg de peso corporal por día) (142).	Ley de sanidad de los alimentos – Norma provisional para pescado y mariscos
Isla Mauricio	Pescado	1 ppm de Hg	ND	Ley de alimentos 2000
República Eslovaca	Peces de agua dulce no depredadores y sus productos.	0,1 mg de Hg total/kg		Código de la República Eslovaca
	Peces de agua dulce depredadores.	0,5 mg de Hg total/kg	ND	
	Peces marinos no depredadores y sus productos.	0,5 mg de Hg total/kg		
	Peces marinos depredadores.	1,0 mg de Hg total/kg		
Reino Unido	Pescado	0,3 mg de Hg/kg (carne húmeda)	ND	Norma legal europea
Tailandia	Alimentos marinos	0,5 µg de Hg/g		Norma para alimentos que contienen contaminantes
	Otros alimentos	0,02 µg de Hg/g	ND	
JECFA (FAO / OMS)	Todos los peces, excepto Depredadores.	0,5 mg de MeHg/kg	PTWI: 1,6 µg de MeHg/kg de peso corporal/semana.	Nivel de directrices del Codex Alimentarius
	Peces depredadores (tales como tiburón, pez espada, atún, lucio y otros)	1 mg de MeHg/kg	4 µg de Hg/kg de peso corporal/semana.	

Fuente: PNUMA(13)

(a): unidades tal como figuran en las referencias; “mg/kg” equivale a “µg/g” y ppm (partes por millón). Cuando no se indica “peso húmedo” o “carne húmeda” los valores límite para el pescado se basan en el peso húmedo. 2: la Comisión Europea (febrero de 2002) revisó los contenidos máximos de Hg en un pequeño número de especies de peces de consumo (Reglamento (CE) Nº 221/2002 de la Comisión de 6 de febrero de 2002).

<https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Publicaciones%20ERIA%20y%20Plaguicidas/ER%20MERCURIO%20EN%20PECES.pdf>



Legislación que regula los metales pesados en Colombia

Miniamambiente Salud y protección Social	Ley 1658 de 2013	Disposiciones para el comercio y uso de Hg	
	122 de 2012	Límites máximos de metales pesados (NoAs) en pescado de consumo humano	(Pb: 0,3 mg/kg ; Cd: 0,05 mg/kg; Hg: 0,5 mg/kg)
	Norma Técnica Colombiana (NTC) 1443	Límites para consumo humano	(Pb: 0,4mg/kg; Cd: 0,1 mg/kg; Hg: 0,5 mg/kg)

<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v24n2/0120-548X-abc-24-02-232.pdf>

