

Caracterización del riesgo por exposición a Metilmercurio en mujeres, debido al consumo no intencional de carne de tiburón, mediante métodos cualitativos

Laura G. Elizalde Ramírez¹, Patricia Ramírez Romero²,
y J. Guadalupe Reyes Victoria³

¹Maestría en Energía y Medio Ambiente,

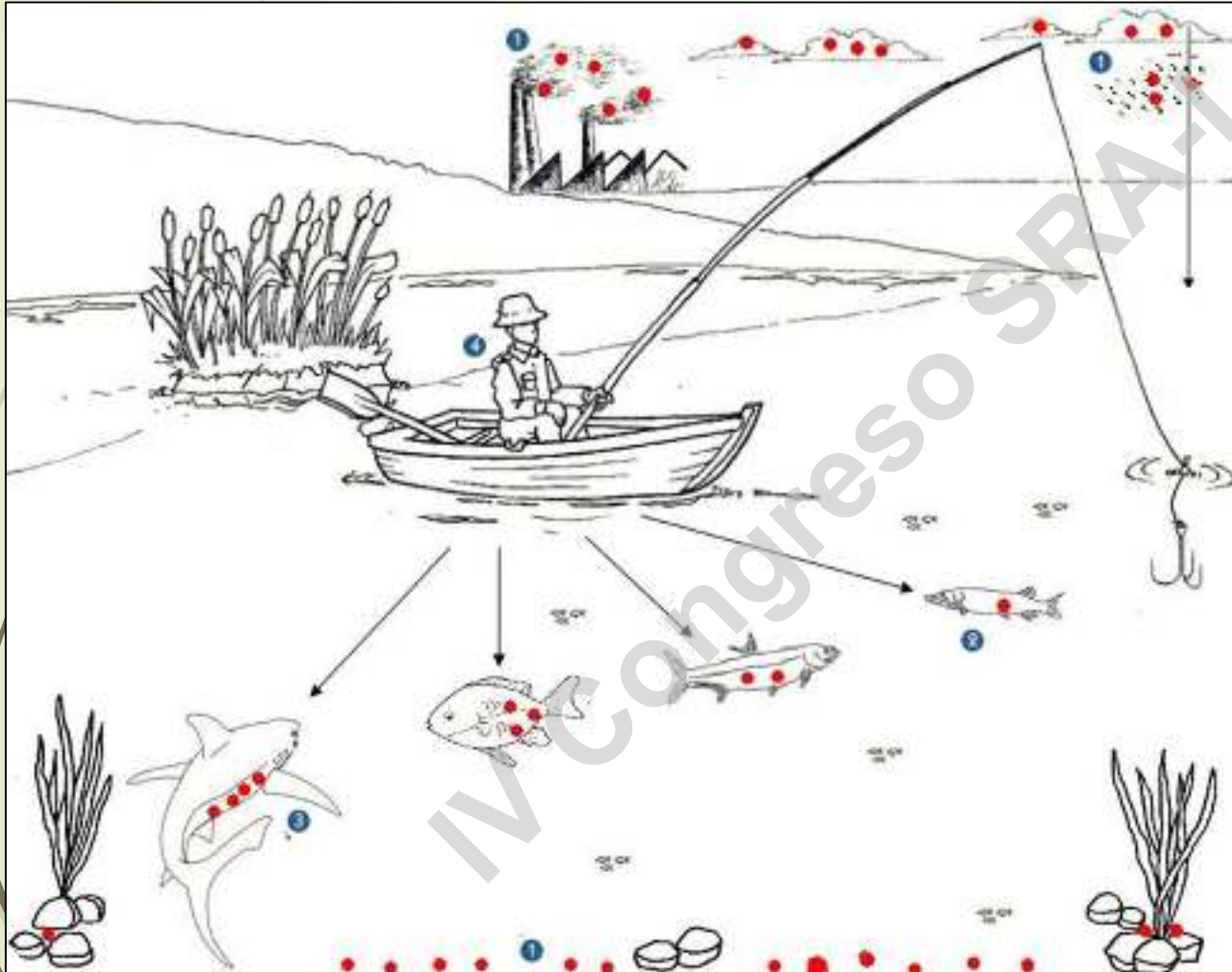
²Depto. de Hidrobiología,

³Depto. de Matemáticas,

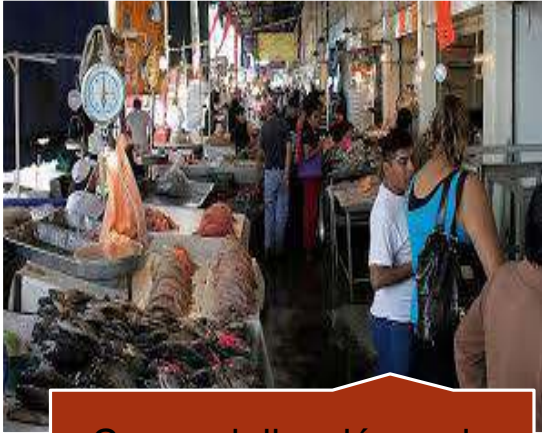
Universidad Autónoma Metropolitana



Introducción



Comercialización



Comercialización en la Central de Abasto



Consumo de tiburón



Consumo no intencional



Riesgo a la salud por consumo no intencional de carne de tiburón

IV Congreso OSRA-LA 2018

Método



Muestras analizadas



- Carne de pescado para hacer **ceviche**
- **Filete** económico (robalo, blanco del Nilo, Bagre)
- Filete **ahumado** (Marlín)
- Filete para **capear**
- Carne para **caldo** de pescado
- Carne para hacer **quesadillas** de pescado

Encuesta

- Muestreo no probabilístico (Méndez, 2007)
- Diseño especialmente dirigido
- 777 realizadas (1976)
- Mercados de la Ciudad de México: Iztapalapa, Xochimilco, Iztacalco, Coyoacán, Benito Juárez
- Mercados en el Estado de México: Ixtapaluca y Nezahualcóyotl
- Base de datos en Excel

Encuesta

Sexo: _____ Hombre: _____ Mujer: _____
 Peso (Kg): _____ Estatura (m): _____

1. ¿Número de integrantes en su hogar?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Especificaciones
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------	------------------

¿Número de personas que consumen pescado en su hogar?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Especificaciones
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------	------------------

2. ¿Número de mujeres entre 15 y 45 años que consumen pescado en su hogar y cantidad que consume?

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso corporal kg/cada consumidor
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

3. ¿Número de niños menores a 15 años que consumen pescado en su hogar y cantidad que consumen?

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso corporal kg/cada consumidor
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

4. ¿Número de personas que pertenecen a la tercera edad que consumen pescado en su hogar y cantidad que consumen?

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso corporal kg/cada consumidor
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

5. ¿Número de varones mayores a 15 años y menores a 60 años que consumen pescado en su hogar y cantidad que consumen?

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso corporal kg/cada consumidor
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

Mencione el tipo de pescado que consume con mayor frecuencia

6. Filete de pescado

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso Kg/producto comprado
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

Encuesta

7. Carne para ceviche

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso Kg/producto comprado
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

8. Nuggets de pescado

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso Kg/producto comprado
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

9. Carne para caldo de pescado

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso Kg/producto comprado
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

10. Pescado ahumado

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso Kg/producto comprado
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

11. Otro

# personas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9 o más	Peso Kg/producto comprado
Gramos	0	100	150	200	300	400	500	600	700	800	Frecuencia de consumo

OBSERVACIONES

Cálculo de riesgo por consumo no intencional de carne de tiburón (USA EPA, 2008)

Cálculo

Población sensible

0.0001
mg/Kg-día

$$CR_{mm} = \frac{CR_{lim} \times T_{ap}}{MS}$$

$$CR_{lim} = \frac{RfD \times BW}{C_m}$$

CRmm = consumo máximo en porciones/mes
CRlim = consumo máximo en Kg/día
Tap = Periodo promedio
(365.25 días/12 meses = 30.44 días/mes)
MS = peso de la porción

BW = peso del consumidor (Kg)
Cm = Concentración de MeHg en el pescado (mg/Kg)
RfD = 0.0001 mg / Kg

Coeficiente de peligrosidad

$$E = \frac{(C)(TI)(FE)}{PC}$$

C = Concentración del contaminante en el pescado (mg/Kg/día)

TI = Tasa de ingesta (mg)

FE = Factor de exposición (sin unidades)

PC = Peso corporal (Kg)

$$\text{Coeficiente de peligrosidad} = \frac{\text{Exposición}}{RfD}$$

(Evans et al., 2003)

Características y hábitos de la población del área metropolitana de la Ciudad de México.

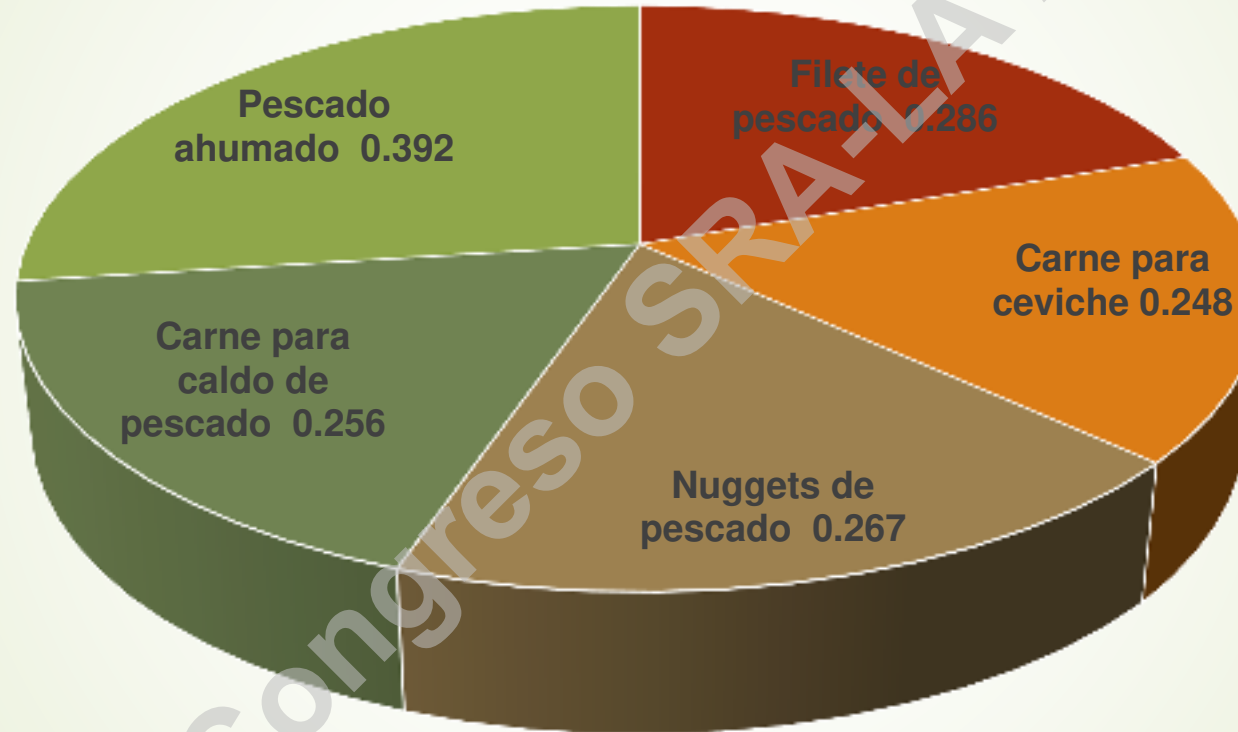
Encuestados	No. De personas encuestadas	Edad años	Peso corporal (Kg)	Tasa de ingesta (g/mes)	Hábitos de consumo al mes
Niñas	421	0-11	34.94	188.17	1.3 veces
Mujeres	613	12-50	61.04	194.30	2.3 veces
Tercera edad	396	60-90	68.85	193.38	2.1 veces

Dosis diaria promedio de metilmercurio y dosis de referencia para diferentes grupos poblacionales

Población	Dosis diaria promedio			Dosis de referencia
	[0.27 mg/Kg] MeHg	[2.43 mg/Kg] MeHg	[3.33 mg/Kg] MeHg	mg/Kg MeHg
Niñas	0.0003	0.0023	0.0032	0.0001
Mujeres	0.0001	0.0014	0.0019	
Tercera edad	0.0001	0.0012	0.0017	

Hábitos de consumo de pescado

Consumo máximo permitido en porciones de pescado/mes



IV Congreso SPRATIA 2016

Riesgo por consumo no intencional de tiburón

Población/Edad (años)	Coeficiente de peligrosidad		
	[0.27] MeHg mg/kg	[2.43] MeHg mg/kg	[3.33] MeHg mg/kg
Bebés 0-5	0.785	7.084	9.695
Niñas 5-12	0.395	3.495	4.811
Mujeres 12 - 60	0.425	3.825	5.242
Mujeres de la tercera edad 50- 78	0.342	3.082	4.223

-  Riesgo aceptable
-  Riesgo medio
-  Riesgo elevado

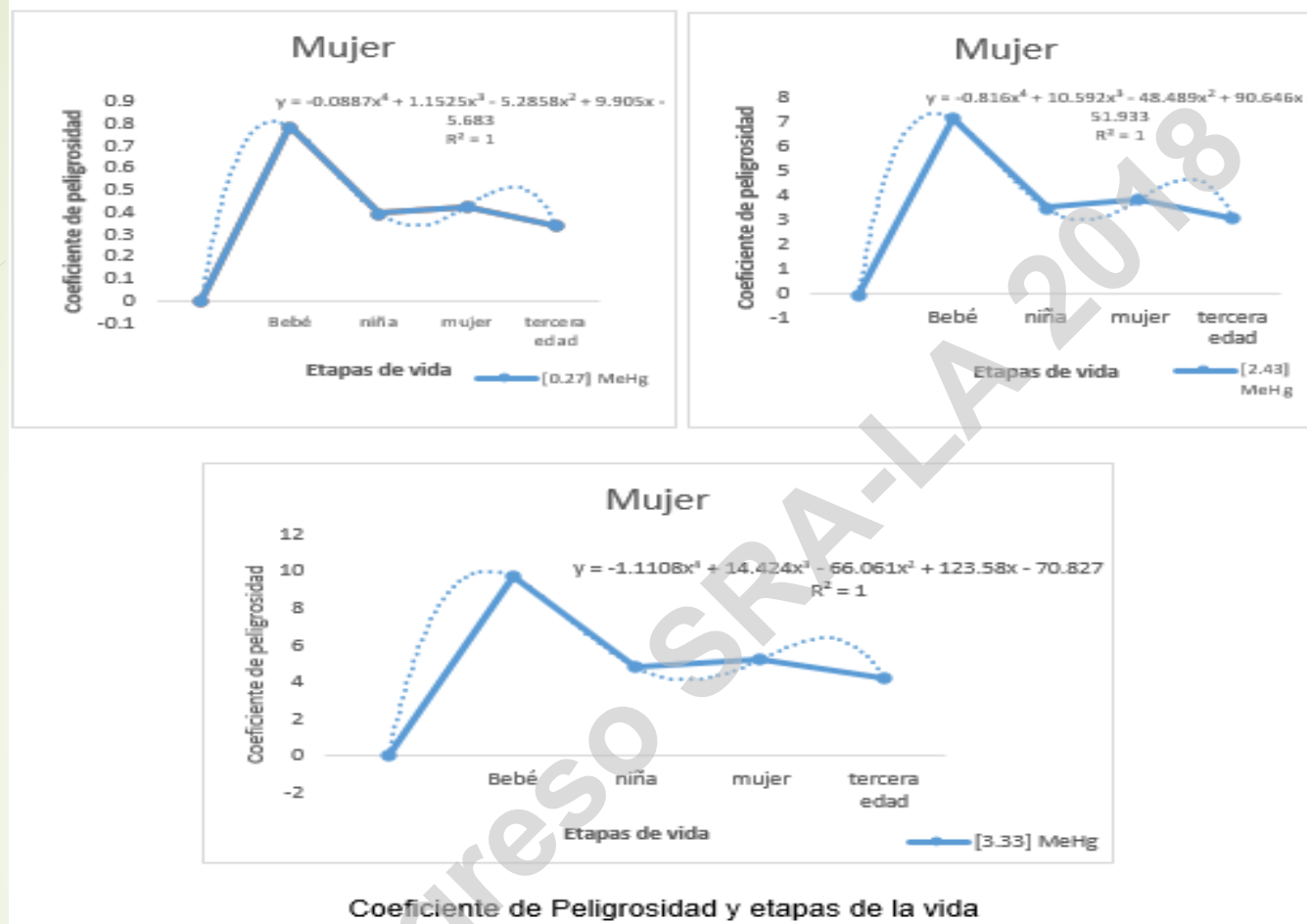
Construcción del campo de riesgo

Se realizó un campo escalar global de riesgo en una región apropiada de etapas y concentraciones de metilmercurio, tomando como base los resultados obtenidos del coeficiente de peligrosidad para la muestra analizada.

Reparametrizaron las edades:

- Bebé, [0, 6) años, en el intervalo [0,1)
- Niña, [6,12) años en el intervalo [1,2]
- Mujer, [12,50) años en el intervalo [2,3]
- Tercera edad, [60,78] años [3,4]

Utilizando el método de Interpolación (Reyes, 1996) para obtener tres polinomios de grado 4 que suavizan los gráficos poligonales que involucran los datos



Coeficiente de Peligrosidad y etapas de la vida

De las gráficas anteriores se obtuvieron los siguientes polinomios:

Concentration	Associated polynomials of degree 4 in the variable t
[0.27] Hg	$R_{0.27}(t) = -0.0561t^4 + 0.8023t^3 - 4.0159t^2 + 8.0577t - 4.788$
[2.43] Hg	$R_{2.43}(t) = -0.7626t^4 + 10.319t^3 - 48.812t^2 + 92.729t - 53.473$
[3.33] Hg	$R_{3.33}(t) = -0.8072t^4 + 11.284t^3 - 55.216t^2 + 108.46t - 63.722$

Para construir una relación funcional polinomial $R(t, c)$ en la etapa y variables de concentración que estima el riesgo en el dominio $D = [0.2, 3.8] \times [1, 5]$, de tal manera que para cada valor de concentración c tenemos una relación polinómica $R_c(t)$ que depende solo de la etapa t , proponemos una de tipo:

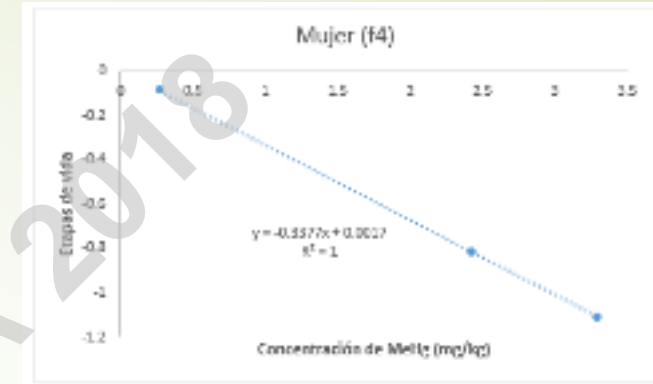
$$R(t, c) = f_4(c)t^4 + f_3(c)t^3 + f_2(c)t^2 + f_1(c)t + f_0(c)$$

donde las funciones coeficientes $f_k(c)$ se obtienen mediante el método de regression lineal conforme a los datos,

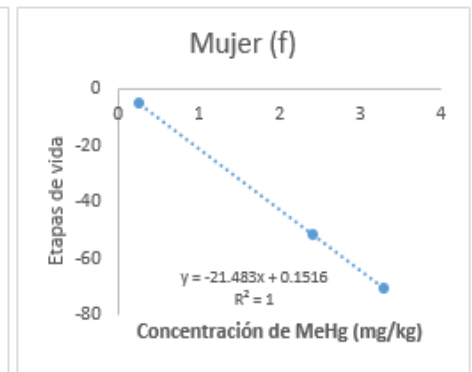
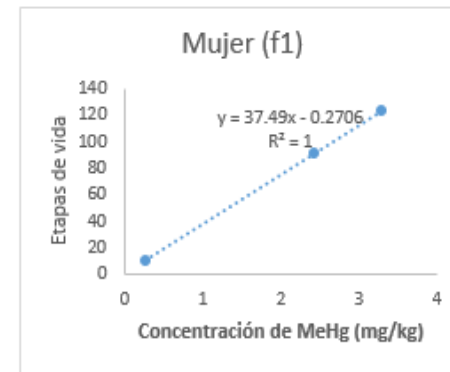
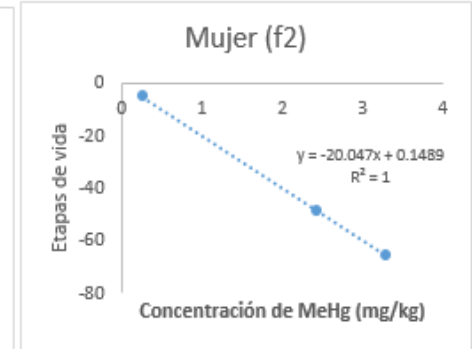
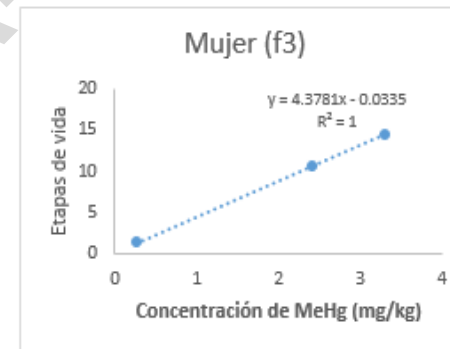
$$f_4(0.27) = -0.08887, f_4(2.43) = -0.816, f_4(3.33) = -1.1108;$$

$$f_3(0.27) = 1.1525, f_3(2.43) = 10.592, f_3(3.33) = 14.424;$$

$$f_2(0.27) = -5.2858, f_2(2.43) = -48.489, f_2(3.33) = -66.061, \text{ etc.}$$



Primera función del polinomio

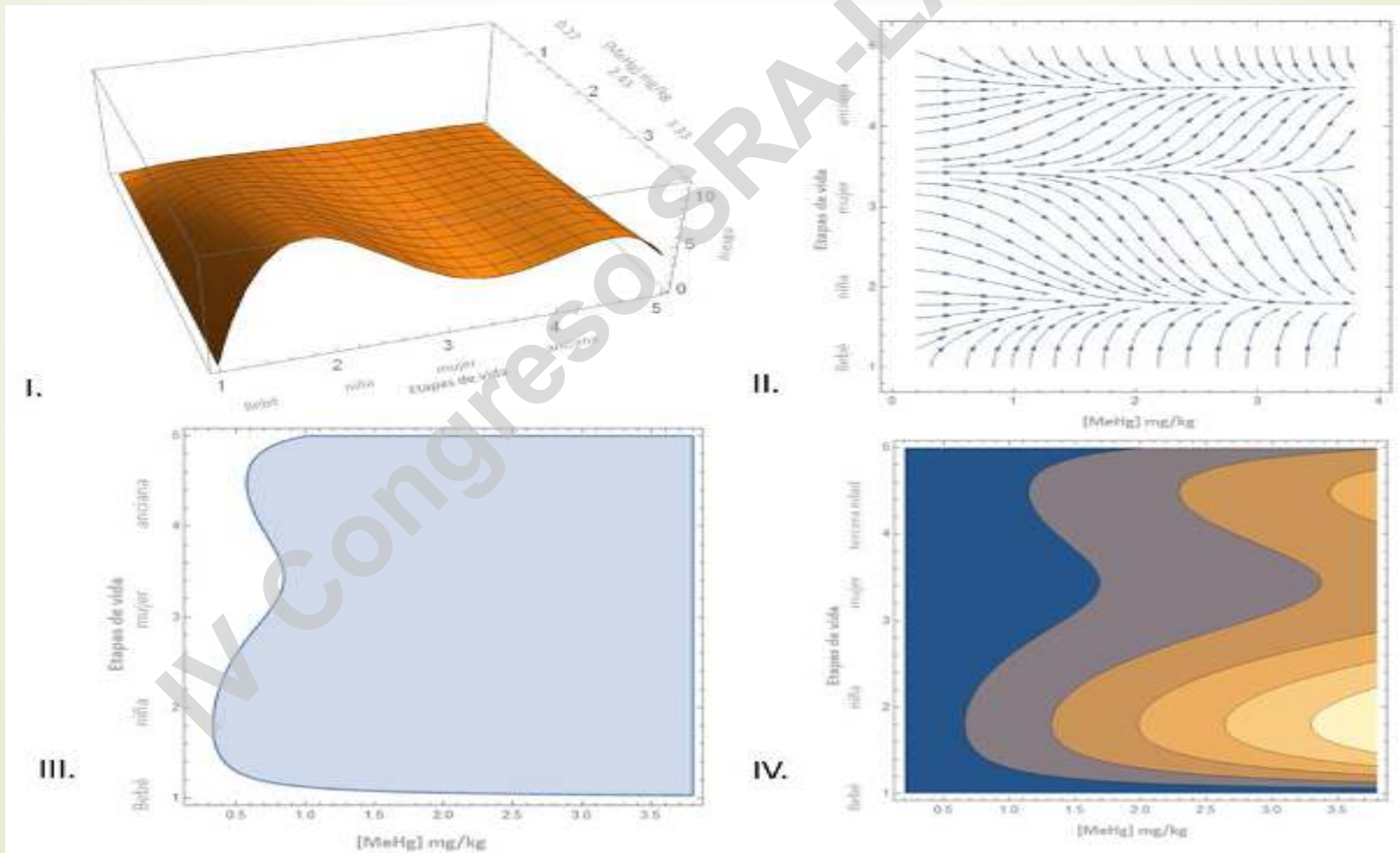


Regresión lineal para la obtención de coeficientes

La **función del coeficiente de peligrosidad** de la población analizada en la región D con las variables de etapa **t** y concentración **c**, viene dado por la fórmula:

$$R(t,c) = -0.3377 c + 0.0017 t^4 + (4.3781 c - 0.0335) t^3 + (-20.047 c + 0.1489) t^2 + (37.49 c - 2706) t + (-21.483 c + 0.1516)$$

y la **superficie de riesgo asociada** es el gráfico de la función figura (I), campo escalar de riesgo figura (II), la región crítica de riesgo figura (III), líneas de contorno figura (IV):



El valor promedio de la función de riesgo en D, que representa el *riesgo global* en el dominio D, a través de la fórmula:

$$\begin{aligned} R^* &= \frac{1}{\text{Area}(D)} \int_1^5 dc \int_{0.2}^{3.5} [(-0.3377c + 0.0017)t^4 + (4.3781c - 0.0335)t^3 \\ &\quad + (-20.047c + 0.1439)t^2 + (37.49c - 0.27)t + (-21.483c + 0.1516)] dt \\ &= \frac{18.99}{13.2} = 1.4389 \end{aligned}$$

Los puntos donde la curvatura Gaussiana es cero determinan las edades críticas de la función de riesgo y se obtienen resolviendo la ecuación

$$0 - (37.49 - 40.094 t + 13.1343 t^2 - 1.3508 t^3)^2$$

las soluciones son

$$t = 1.79 \text{ (5.37 years)}, t = 3.43 \text{ (32.64 years)}, t = 4.48 \text{ (74.4 years)}$$



Conclusiones

- Se demostró que hay una **sustitución** promedio del **60.3%** de la carne de pescado por carne de tiburón en productos procesados vendidos en la Central de Abasto de la CDMX.
- La estimación del riesgo para la salud por consumo no intencional de la carne de tiburón, resultó en un **riesgo aceptable** cuando la concentración de **MeHg es baja**, excepto para los bebés par quienes el riesgo es intermedio (0.785).
- El riesgo a la salud se torna **inaceptable** a mayores concentraciones de **MeHg (media y máxima)**, lo que significa que en la muestra analizada, existe una alta probabilidad de desarrollar efectos dañinos para la salud.

Conclusiones

- ▶ La **mayor incertidumbre** de la estimación del riesgo en el presente trabajo es la falta de **cuantificación directa de MeHg** en las mismas muestras de peces analizados genéticamente. Sin embargo, se utilizaron **datos** de un **muestreo** realizado durante un período de **tres años** en **10 de los puertos** pesqueros más importantes de México.
- ▶ Para analizar las incertidumbres y obtener la función de riesgo se realizó un análisis matemático que mostró que la **función de riesgo** con cualquier error en la obtención de los datos (**incertidumbres**) nos llevará a una correlación de riesgo con **resultados similares** por lo que los resultados del coeficiente de riesgo tienen un alto grado de confiabilidad.
- ▶ El **riesgo promedio** para las mujeres fue de **1.4** y puede inferirse que las **mujeres** están **expuestas crónicamente** a pesar del hecho de que la población no consume frecuentemente pescado, lo que representa un **riesgo para su salud**.

Solución al problema del consumo no intencional de tiburón



Compra de pescado completo para verificar la especie.

- Castellanos BJC, Ramírez SCE y Castillo GJL, (2013). Catálogo de aletas, tronchos y cabezas de tiburones en el Pacífico Mexicano. SAGARPA. Distrito Federal, México. 59 p
- Clarkson TW, Magos L. (2006) The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Crit Rev Toxicol.* 2006;36:609-62
- Dubrovin, B, Novikov, S., Fomenko, A., *Modern Geometry Methods and Applications: Part I: The Geometry of Surfaces, Transformation Groups, and Fields (Graduate Texts in Mathematics) (Pt. 1)*, Springer-Verlag, USA, 1984
- Elizalde Ramírez Laura Guadalupe. (2018) Identificación genética de tiburones comercializados en la ciudad de México como carne de pescado y evaluación del riesgo a la salud por su consume. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMI), 149 p
- Espinosa Pérez, H, J. L. Castro Aguirre y L. Huidrobo-Campos. (2004). Catálogo sistemático de tiburones (Elasmobranchii: Selachimorpha). Instituto de Biología, UNAM. Listados faunísticos de México IX. 133 p.
- Evans, J. F. (2003). *Introducción al análisis de riesgos ambientales*. México: INE-SEMARNAT .
- García Cepero, A. M., López Forero, Y., y Riaño Herrera, N. M. (2006). Aplicación de una técnica de cromatografía de exclusión molecular para la purificación de ADN en plantas de coffeea sp. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 59(2), 3499-3507.
- Golubitsky M. and Guillemin V (1974). *Stable Mappings and Their Singularities*. Graduate Texts in Mathematics 14, Springer-Verlag, USA.
- Guckenheimer, J., Holmes, P.J., *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*, Applied Mathematical Sciences, 42, Springer-Verlag, USA, 1983.
- Has-Schön E., Bogut I. y Strelec I. (2006). Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 50, 545-551. DOI: 10.1007/s00244-005-0047-2.
- INEGI. (12 de 08 de 2016). Cuentame. Obtenido de Esperanza de vida: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/esperanza.aspx?tema=P>
- Llop, Sabrina, Jesús Ibarluceab, Jordi Sunyerb, y Ferran Ballestera (2013) Estado actual sobre la exposición alimentaria al mercurio durante el embarazo y la infancia, y recomendaciones en salud pública. *Gaceta Sanitaria, España, Valencia.* 27(3):273-278
- Méndez, A. I., (2007). *Metodologías y Técnicas de Investigación aplicadas a la Comunicación*. Venezuela: Universidad del Zulia.
- Oceana. (2017 de 02 de 2013). Contaminación por mercurio. Obtenido de <https://pensamientosmarinos.wordpress.com/tag/contaminacion/>
- Pank, M., Stanhope, M., Natanson, L., Kohler, N., y Shivji, M. (2001). Rapid and simultaneous identification of body parts from the morphologically similar sharks *Carcharhinus obscurus* and *Carcharhinus plumbeus* (Carcharhinidae) using multiplex PCR. *Marine Biotechnology*, 3(3), 231-240.
- Ramírez Romero, P., Ramírez. Islas. J. E. Padilla. Torres. J. G. Trejo. e. I. Arellano. López., (2012). Evaluación del riesgo a la salud por exposición a mercurio debido al consumo de peces marinos en comunidades de pescadores., DF: UAMI/SEMARNAT
- Reyes Victoria, J.G. (1996). *Cálculo Diferencial para las Ciencias naturales*, Trillas, México
- Rimann, X. L. (2014). Mercurio en pescados y su importancia en la salud. *Médica de Chile*, 1174-1180.
- Rudin, W., *Principles of Mathematical Analysis*, McGraw-Hill Education, USA, 1976
- Sardinas Peña, Olivia; Trujillo, Concepción; Garcia Melian, Maricel y Fernandez Novo, Marta. Evaluación de riesgos para la salud por exposición a residuos peligrosos. *Rev Cubana Hig Epidemiol [online]*. 2001, vol.39, n.2
- Takeuchi T. M. H. (1962). A Pathological Study of Minamata Disease in Japan. *Acta Neuropathologica*, 1-18.