



VNIVERSITATĪ DE VALÈNCIA

Facultat de Farmàcia

Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública, Ciències de
l' Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal

Doctorado en Ciencias de la Alimentación

**ESTUDIOS DE DIETA TOTAL. EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN DE LA
COMUNITAT VALENCIANA A METALES Y EVALUACIÓN DEL RIESGO**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Silvia Marín Villuendas

Dirigida por:

Dra Guillermina Font Pérez

Dr Vicent Yusá Pelechá

Valencia Diciembre 2014



Vicent Yusá Pelechá Doctor en Ciéncias Químicas y Guillermina Font Pérez Doctora en Farmacia y Catedrática de Toxicología de la Universidad de Valencia.

CERTIFICAN que:

Silvia Marín Villuendas, Licenciada en Farmacia por la Universidad de Valencia, ha realizado la tesis doctoral que lleva por título "Estudios de dieta total. Exposición de la población de la Comunitat Valenciana a metales y evaluación del riesgo" bajo nuestra dirección y que presenta para optar al Título de Doctora por la Universidad de Valencia

Y para que así conste a los efectos oportunos, firmamos el presente documento en Valencia, a 22 de Diciembre de 2014

Dr Vicent Yusá Pelechá

Dr^a Guillermina Font Pérez

Agradecimientos

"Todos tenemos algún motivo para sentir una profunda gratitud hacia aquellas personas que han vuelto a prender la llama dentro de nosotros"

Albert Schweitzer

Gracias, gracias a todos y cada uno de vosotros y especialmente

A mis directores de tesis: la *Dra Guillermina Font*, con la que me inicié en estos periplos doctorales con el manejo, de la entonces novedosa, cromatografía líquida de alta resolución y que ha logrado, aunque sea después de 30 años, lleguen a buen término y el *Dr Vicent Yusá* al que tuve la suerte de encontrar al comienzo de mi vida laboral, ha sido y es una fuente inestimable de imaginación, entusiasmo, tesón y rigor científico.

A *Josep Gallart* por haber creído en este proyecto, a todos los compañeros que lo han hecho posible y en particular a las doctoras *Olga Pardo, Rosario Báguena y Lourdes Zubeldía*.

A *Vicente* y a mis hijos *Julia, Pablo e Inés* por la paciencia, el apoyo incondicional y el cariño que me brindan cada día.

A mis padres

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ABREVIATURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
1. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINANTES Y RESIDUOS EN LA CADENA ALIMENTARIA	3
2. ESTUDIOS DE DIETA TOTAL	13
2.1 CONSUMO DE ALIMENTOS	18
2.2 NIVELES DE CONTAMINANTES EN LOS ALIMENTOS	23
2.3 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	38
2.4. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	50
3. METALES PRIORITARIOS EN SEGURIDAD ALIMENTARIA	57
3.1 PLOMO	59
3.2 CADMIO	61
3.3 ARSÉNICO	64
3.4 MERCURIO	68
OBJETIVOS	73
METODOLOGÍA	77
1. CONSUMO DE ALIMENTOS	79
2. SELECCIÓN DE METALES	81
3. SELECCIÓN DE ALIMENTOS Y MUESTREO	81
4. PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS AGREGADAS DE ALIMENTOS	87
5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	87
5.1. DETERMINACIÓN DE PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO TOTAL	88
5.2. DETERMINACIÓN DE MERCURIO TOTAL	91
5.3. DETERMINACIÓN DE METILMERCURIO	93
5.4 DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO INORGÁNICO	94
6. CONTENIDOS MÁXIMOS ESTABLECIDOS	97
7. TRATAMIENTO DE LOS DATOS	100
8. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A METALES	100
9. INCERTIDUMBRES EN LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	103
10. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	103
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	105
PLOMO	107

1. NIVELES DE PLOMO EN LOS ALIMENTOS	107
2. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A Pb: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE Pb	114
2.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA	114
2.1.1 Ingesta estimada de Pb en población adulta	114
2.1.2 Ingesta estimada de Pb en niños	118
2.2 ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA	122
2.3 DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICA	124
3. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	124
3.1. APROXIMACIÓN DETERMINISTA	125
3.2 APROXIMACIÓN PROBABILÍSTICA	126
4. INCERTIDUMBRES	127
5. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS	128
CADMIO	139
1 NIVELES DE CADMIO EN LOS ALIMENTOS	139
2 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A Cd: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE Cd	146
2.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA	146
2.1.1 Ingesta estimada de Cd en población adulta	146
2.1.2 Ingesta estimada de Cd en niños	150
2.2 ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA	154
2.3 DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICO	156
3 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	156
3.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA	156
3.2. ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA	157
4 INCERTIDUMBRES	158
5 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS	159
ARSÉNICO	168
1 NIVELES DE ARSÉNICO EN LOS ALIMENTOS	168
1.1 ARSÉNICO TOTAL (tAs)	168
1.2 ARSÉNICO INORGÁNICO (iAs)	176
1.3 ARSÉNICO TOTAL vs INORGÁNICO	183

2. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A iAs: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE iAs	185
2.1 ESTIMACIÓN DETERMINISTA	185
2.1.1 Ingesta estimada de iAs en población adulta	185
2.1.2 Ingesta estimada de iAs en los niños	188
2.2. ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA	191
2.3 DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICA	192
3 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD	192
3.1. APROXIMACIÓN DETERMINISTA	192
3.2. APROXIMACIÓN PROBABILÍSTICA	193
4 INCERTIDUMBRES	195
5. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS	195
MERCURIO	205
1 NIVELES DE MERCURIO en LOS ALIMENTOS	205
MERCURIO TOTAL (tHg) vs METIL MERCURIO (MeHg)	211
2. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A MeHg: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE MeHg	212
2.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA	213
2.1.1. Ingesta estimada de MeHg en población adulta	213
2.1.2 Ingesta estimada de MeHg población infantil	214
2.2. ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA	217
2.3. DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICO	218
3. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	218
3.1 APROXIMACIÓN DETERMINISTA	218
3.2. APROXIMACIÓN PROBABILÍSTICA	219
4 INCERTIDUMBRES	221
5 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS	221
CONCLUSIONES	233
BIBLIOGRAFIA	237
ANEXO	261

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Paradigma de la evaluación del riesgo incluyendo la formulación del problema.....	5
Tabla 2. Características de los modelos de Estudios de Dieta Total.....	16
Tabla 3. Métodos de cuantificación de consumo de alimentos.....	21
Tabla 4. Recomendaciones de la EFSA para llevar a cabo un estudio dietético a nivel nacional.....	22
Tabla 5. Diseño del muestreo de los alimentos para análisis de contaminantes en diferentes EDTs nacionales e internacionales.....	29
Tabla 6. Tratamiento de los datos en función de la proporción de valores ND para el cálculo de ingestas de contaminantes.....	40
Tabla 7. Características de los modelos de estimación de la exposición a sustancias químicas a partir de la dieta.....	46
Tabla 8. Consumo de alimentos de la población de la Comunitat Valenciana por grupos de edad (g/kg peso/día).....	80
Tabla 9. Alimentos individuales seleccionados y grupos de alimentos.....	83
Tabla 10. Datos del muestreo por grupos de alimentos.....	84
Tabla 11. Datos poblacionales de la Comunitat Valenciana y número de conglomerados de cada provincia.....	85
Tabla 12. Programa de digestión en el microondas para la determinación de Cd, Pb y tAs.....	88
Tabla 13: ICP-MS:Condiciones instrumentales de funcionamiento para la determinación de Cd, Pb y tAs.....	89
Tabla 14: Límites de cuantificación de Pb, Cd y As (ng/g) para cada alimento.....	90
Tabla 15. Condiciones instrumentales empleadas en la cuantificación de Hg mediante CV-AFS.....	92
Tabla 16. Rangos de LOQ (ng/g) en la cuantificación de Hg en pescados.....	92
Tabla 17. Condiciones instrumentales empleadas en la cuantificación de MeHg mediante HPLC-termo oxidación-CV-AFS.....	93
Tabla 18. Rango de LOQs utilizados en la cuantificación de MeHg.....	94

Tabla 19. Condiciones instrumentales empleadas en la cuantificación de As mediante FI-HG-AAS.....	95
Tabla 20. Límites de cuantificación (ng/g) iAs para cada alimento.....	96
Tabla 21. Niveles máximos de plomo en alimentos (mg/kg peso fresco) en la UE.....	97
Tabla 22.- Niveles máximos de Cadmio en alimentos (mg/Kg peso fresco) en la UE.....	98
Tabla 23.- Niveles máximos de Mercurio en alimentos (mg/Kg peso fresco) en la UE.....	99
Tabla 24: Características que definen cada uno de los escenarios planteados para la estimación de la ingesta de metales.....	100
Tabla 25 .- Valores guía basados en salud para metales.....	104
Tabla 26. Frecuencia de cuantificación (%) y Concentraciones de Pb (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.....	108
Tabla 27: Estimación de la ingesta de Pb a través de la dieta, de la población adulta de la Comunitat Valenciana, para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB).....	115
Tabla 28. Estimación de la ingesta de Pb de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1.....	116
Tabla 29. Estimación de la ingesta de Pb a través de la dieta de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista 2.....	117
Tabla 30. Estimación de la ingesta de Pb de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB).....	119
Tabla 31. Estimación de la ingesta de Pb de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1.....	120
Tabla 32. Estimación de la ingesta de Pb de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 2.....	121

Tabla 33. Estimación probabilística de la ingesta de Pb por consumo de alimentos de la población de la CV, en los distintos escenarios propuestos	123
Tabla 34. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Pb, en la población adulta de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.....	125
Tabla 35. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Pb, en la población infantil de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.....	125
Tabla 36. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Pb, en la población adulta de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.....	126
Tabla 37. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Pb, en la población infantil de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.....	127
Tabla 38. Fuentes de las incertidumbres asociadas a la estimación de la exposición a Pb por el consumo de alimentos	128
Tabla 39. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición al Pb a través de la dieta.....	129
Tabla 40. Frecuencia de cuantificación (%) y Concentraciones de Cd (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.....	140
Tabla 41. Estimación de la ingesta de Cd de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB).....	147
Tabla 42. Estimación de la ingesta de Cd de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1.....	148
Tabla 43. Estimación de la ingesta de Cd a través de la dieta de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista 2.....	149
Tabla 44. Estimación de la ingesta de Cd de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB).....	151
Tabla 45. Estimación de la ingesta de Cd de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1.....	152

Tabla 46. Estimación de la ingesta de Cd de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 2.....	153
Tabla 47. Estimación por enfoque probabilístico de la ingesta de Cd de la población de la CV en los distintos escenarios propuestos	155
Tabla 48. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Cd, en la población de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.....	157
Tabla 49. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Cd, en la población de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.....	158
Tabla 50. Fuentes de las incertidumbres asociadas a la estimación de la exposición a Cd por el consumo de alimentos	159
Tabla 51. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición al Cd a través de la dieta.....	160
Tabla 52. Frecuencia de cuantificación (%) y Concentraciones de tAs (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.....	170
Tabla 53. Frecuencia de cuantificación (%) y Concentraciones de iAs (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.....	178
Tabla 54. Estimación de la ingesta de iAs de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB).....	186
Tabla 55. Estimación de la ingesta de iAs a través de la dieta de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista 2.....	187
Tabla 56. Estimación de la ingesta de iAs de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB).....	189
Tabla 57. Estimación de la ingesta de iAs de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 2.....	190
Tabla 58: Estimación probabilística, de la ingesta de iAs a través de la dieta, de la población de la Comunitat Valenciana, en los distintos escenarios propuestos.....	191

Tabla 59. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de iAs en la población de la CV en los diferentes escenarios planteados. Enfoque determinista.....	193
Tabla 60. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de iAs, en la población adulta de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.....	193
Tabla 61. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de iAs, en la población infantil de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.....	194
Tabla 62. Fuentes de las incertidumbres asociadas a la estimación de la exposición a iAs por el consumo de alimentos	195
Tabla 63. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición al iAs a través de la dieta.....	196
Tabla 64. Concentraciones de tHg (ng/g peso fresco) y rango de valores para cada producto de la pesca analizado.....	206
Tabla 65. Concentraciones de MeHg (ng/g peso fresco), rango de valores y % sobre tHg cada producto de la pesca analizado.....	206
Tabla 66. Rangos de concentración de tHg y MeHg en estudios recientes.....	208
Tabla 67. Estimación de la ingesta de MeHg por el consumo de pescados y productos de la pesca, de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario optimista.....	213
Tabla 68. Estimación de la ingesta de MeHg por el consumo de pescados y productos de la pesca, de la población adulta de la Comunitat Valenciana, para consumidores medios y para grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista.....	214
Tabla 69. Estimación de la ingesta de MeHg por el consumo de pescados y productos de la pesca, de la población infantil de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario optimista.....	215
Tabla 70. Estimación de la ingesta de MeHg por el consumo de pescados y productos de la pesca, de la población infantil de la Comunitat Valenciana, para consumidores medios y para grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista.....	215

Tabla 71. Estimación por enfoque probabilístico, de la ingesta de MeHg por el consumo de pescado, de la población de la Comunitat Valenciana.....	217
Tabla 72. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de MeHg en la población de la Comunitat Valenciana. Enfoque determinista.....	219
Tabla 73. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de MeHg de la población de la Comunitat Valenciana en el enfoque probabilístico.....	220
Tabla 74. Fuentes de incertidumbre asociadas a la estimación de la exposición a MeHg por el consumo de pescados.....	221
Tabla 75. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición a tHg y MeHg a través de la dieta.....	222

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del análisis del riesgo.....	4
Figura 2. Fuentes de exposición de la población a contaminantes ambientales.....	6
Figura 3. Distintos métodos para estimar la exposición.....	7
Figura 4. Etapas de un estudio de dieta total (EDT).....	18
Figura 5. Enfoques en la estimación de la ingesta de contaminantes a partir de la dieta.....	41
Figura 6. Ejemplo de distribución acumulativa de la exposición mostrando la variabilidad y las incertidumbres	50
Figura 7. Evaluación del riesgo de contaminantes en los alimentos.....	51
Figura 8. Mecanismo de acción de las sustancias tóxicas (relación dosis-respuesta) y valores guía.	54
Figura 9. Ciclo natural de los metales en el medio ambiente.....	58
Figura 10. Ciclo global del mercurio.....	69
Figura 11. Localización geográfica de cada ciudad y el número de muestras tomadas	86
Figura 12. Estimación de la ingesta de metales llevada a cabo mediante aproximación probabilística.....	102
Figura 13. Niveles de Pb en las muestras de aceites y grasas analizadas (N=20).....	109
Figura 14. Niveles de Pb en las muestras de bebidas alcohólicas analizadas (N=20).....	109
Figura 15. Niveles de Pb en las muestras de bebidas no alcohólicas analizadas (N=30).....	109
Figura 16. Niveles de Pb en las muestras de cárnicos analizadas (N=120).....	109
Figura 17. Niveles de Pb en las muestras de cereales, legumbres, frutos secos y tubérculos analizadas (N=110).....	109
Figura 18. Niveles de Pb en las muestras de comidas preparadas analizadas (N=40).....	109

Figura 19. Niveles de Pb en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (N=50).....	110
Figura 20. Niveles de Pb en las muestras de frutas y verduras analizadas (N=220).....	110
Figura 21. Niveles de Pb en las muestras de huevos analizadas (N=10).....	110
Figura 22. Niveles de Pb en las muestras de lácteos analizadas (N=60).....	110
Figura 23. Niveles de Pb en las muestras de pescados analizadas (N=120).....	110
Figura 24. Rangos de concentración de Pb (ng/g) en estudios recientes.....	111
Figura 25. Comparación de la estimación de la ingesta de Pb ($\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$) en la población adulta e infantil por el método determinista y el probabilístico, para los escenarios optimista y pesimista 2.....	124
Figura 26: Valor MOE obtenido en estudios recientes teniendo en consideración los BMDL_{01} ($1,50 \mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$) y BMDL_{10} ($0,63 \mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$).....	135
Figura 27. Niveles de Cd muestras de carnes y productos cárnicos analizadas (N=120).....	142
Figura 28. Niveles de Cd en las muestras de pescado y productos de la pesca analizadas (N=120).....	142
Figura 29. Niveles de Cd en muestras de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos analizadas (N= 120).....	142
Figura 30. Niveles de Cd en las muestras de frutas y verduras analizadas (N=220).....	142
Figura 31. Niveles de Cd en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (N= 50).....	143
Figura 32. Niveles de Cd en las muestras de comidas preparadas analizadas (N=40).....	143
Figura 33. Rangos de concentración de Cd (ng/g) en estudios recientes.....	144
Figura 34. Comparación de la estimación de la ingesta de Cd ($\mu\text{g}/\text{kg peso semana}$) en la población adulta e infantil por el método determinista y el probabilístico, para el escenario optimista.....	156

Figura 35. % sobre la IST (2,5 µg/kg p.c./semana) en los distintos estudios consultados.....	164
Figura 36. Niveles de tAs en las muestras de bebidas alcohólicas analizadas (N=20).....	171
Figura 37. Niveles de tAs en las muestras de bebidas no alcohólicas analizadas (N=30).....	171
Figura 38. Niveles de tAs en las muestras de carnes y productos cárnicos analizadas (N=120).....	171
Figura 39. Niveles de tAs en las muestras de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos analizadas (N=110).....	171
Figura 40. Niveles de tAs en las muestras de comidas preparadas analizadas (N=40).....	171
Figura 41. Niveles de tAs en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (N=50).....	171
Figura 42. Niveles de tAs en las muestras de comidas frutas y verduras analizadas (N=220).....	171
Figura 43. Niveles de tAs en las muestras de huevos analizadas (N=10).....	172
Figura 44. Niveles de tAs en las muestras de lácteos analizadas (N=60).....	172
Figura 45. Niveles de tAs en las muestras de productos de la pesca analizadas (N=120).....	172
Figura 46. Rangos de concentración de tAs (ng/g) en estudios recientes.....	173
Figura 47. Niveles de iAs en las muestras de aceites y grasas analizadas (N=20).....	179
Figura 48. Niveles de iAs en las muestras de agua envasada analizadas (N=10).....	179
Figura 49. Niveles de iAs en las muestras de bebidas alcohólicas analizadas (N=20).....	179
Figura 50. Niveles de iAs en las muestras de bebidas no alcohólicas analizadas (N=30).....	179
Figura 51. Niveles de iAs en las muestras de carne y productos cárnicos analizadas (N=120).....	179
Figura 52. Niveles de iAs en las muestras de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos analizadas (N=110).....	179

Figura 53. Niveles de iAs en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (N=50).....	179
Figura 54. Niveles de iAs en las muestras de frutas y verduras analizadas (N=220).....	180
Figura 55. Niveles de iAs en las muestras de huevos analizadas (N=10).....	180
Figura 56. Niveles de iAs en las muestras de lácteos analizadas (N=60).....	180
Figura 57. Niveles de iAs en las muestras de productos de la pesca analizadas (N=120).....	180
Figura 58. Rangos de concentración de iAs (ng/g) en estudios recientes.....	181
Figura 59 Contribución del iAs al tAs en los alimentos del grupo de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos.-.....	184
Figura 60. Comparación de la estimación de la ingesta de iAs ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/ día) en la población adulta e infantil por el método determinista y el probabilístico, para el escenario optimista y pesimista 2.....	192
Figura 61. Valor MOE obtenido en los distintos estudios teniendo en consideración el BMDL_{01} (0,3 y 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/día)	201
Figura 62. Niveles de THg en las muestras de pescados y productos de la pesca analizados (N=120).....	207
Figura 63. Niveles de MeHg en las muestras de productos de la pesca analizadas (N=120).....	207
Figura 64 Ratio MeHg/THg (%) en las distintas especies de pescado y productos de la pesca.....	211
Figura 65. Comparación de la estimación de la ingesta de MeHg (μg Hg/kg peso/semana) en la población adulta e infantil por el método determinista y probabilístico, para el escenario optimista y pesimista.....	218
Figura 66: Porcentaje sobre la IST establecida para el MeHg de (1,3 μg Hg/Kg peso/semana) de la ingesta estimada en la población adulta.....	229
Figura 67: Porcentaje sobre la IST establecida para el MeHg de (1,3 μg Hg/Kg peso/semana) de la ingesta estimada en la población infantil.....	229

ABREVIATURAS

ADN	Ácido desoxiribonucleico
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición
AI	Alimentos individuales
ALARA	Tan bajo como sea razonablemente posible
AR	Análisis del riesgo
ATSDR	Agencia para las sustancias tóxicas y el registro de enfermedades
BFR	Retardante de llama bromado
BMD	Benchmark Dose
BMDL	Benchmark Dose (Lower Confidence Limit)
CCV	Control de la calibración durante el análisis
CFC	Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos
CM	Cesta de mercado
CM	Contenido máximo de contaminantes en alimentos
CODEX	Codex Alimentarius
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
CPF	Factor de potencia de cáncer
CV-AFS	Generación de vapor en frío acoplada a espectrometría de fluorescencia atómica
DD	Dieta duplicada
EC	Electroforesis capilar
EDTs	Estudios de dieta total
EEMM	Estados Miembros
EFSA	Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
enCAT	Encuesta de nutrición de la población catalana
EPA	United Nations Environment Programme
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FD	Frecuencia de detección
FET	Factor de equivalencia tóxica
FI-HG-AAS	Espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros mediante inyección en flujo
FOODEX	Sistema de clasificación de alimentos europeo
FQ	Frecuencia de cuantificación, porcentaje promedio de muestras con valores >LOQ
FSANZ	Food Standards Australia New Zealand
GAELP	Global Alliance to Eliminate Lead Paint
GC	Cromatografía de gases
HBGV	Valores guía basados en la salud
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución
IARC	Agencia Internacional de Investigación del Cáncer
iAs	Arsénico inorgánico
IATA	Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos
ICP_MS	Espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo
IDT	Ingesta diaria tolerable
IE	Ingesta estimada
IMTP	Ingesta mensual tolerable provisional
IST	Ingesta semanal tolerable
IUPAC/ISO/AOAC	
JECFA	Comité Mixto OMS/FAO de Expertos en Aditivos Alimentarios
JMPR	Comité Mixto OMS/FAO de Expertos en Residuos de Plaguicidas
KM	Kaplan – Meier method

LB	Lower Bound (límite inferior)
LMR	Límite máximo de residuos
LOAEL	Mínimo nivel de una sustancia con efectos adversos detectables
LOD	Límite de detección
LOQ	Límite de cuantificación
LOR	Limite de Registro
MA	Monitoring Ambiental
MB	Middle Bound (Límite medio)
MeHg	Metil Mercurio
MLE	Maximum likelihood estimation method
MOE	Margen de exposición
MS	Espectroscopia de masas
NQ	No cuantificados
ND	No detectados
NHANES	(United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Department of Health and Human Services
NOAEL	Máximo nivel de una sustancia sin efectos adversos detectables
NSIFCS	North/south Ireland Food Consumption Survey
OMS	Organización Mundial de la Salud
PAH	Hidrocarburo aromático policíclico
p.c.	Peso corporal
PCB	Policlorobifenilo
PoD	Punto de partida
PRP	Panel de EFSA de productos de protección de las plantas y sus residuos
PV	Programa de Vigilancia
P0	Pesimista 0
P1	Pesimista1
P2	Pesimista2
QI	Coeficiente de inteligencia
QqQ	Triple cuadrupolo
Qq-LIT	Cuadrupolo lineal trampa iónica (ión trap)
Qq-TOF	Cuadrupolo tiempo de vuelo(time of flight)
RASFF	Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos
REACH	Reglamento relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de las sustancias y preparados químicos
R24	Recordatorio 24 horas
SIP	Sistema de Información Poblacional
SF	Slope Factor
tAs	Arsénico total
tHg	Mercurio total
UB	Upper Bound (límite superior)
UE	Unión Europea
UNEP	United Nations Environment Programme

INTRODUCCIÓN

1. METODOLOGIAS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE CONTAMINANTES Y RESIDUOS EN LA CADENA ALIMENTARIA

Una de las características esenciales del desarrollo industrial y tecnológico de la sociedad, que ha comportado un indudable beneficio en el nivel de vida y de salud de la población, ha sido el incremento de la fabricación y el uso de sustancias químicas. Por citar un ejemplo, la producción mundial de productos químicos se incrementó aproximadamente 10 veces entre 1970 y 2010. (WHO, 2010). Esta producción masiva, ha ido en paralelo a la presencia de estas sustancias en el medio ambiente y consecuentemente a la exposición humana a través del aire, el agua o los alimentos. Muchas de estas sustancias han demostrado tener efectos tóxicos relevantes (WHO, 2003), (Syversen, et al., 2012), (Hughes, et al., 2011) tanto en la salud de las personas como en el medio ambiente, derivados fundamentalmente de la exposición continuada a bajas dosis durante periodos prolongados de tiempo. Esto se agrava porque muchas de ellas son persistentes y pueden originar fenómenos de bioacumulación a lo largo de la cadena trófica (Bernes, C., 1998).

El creciente impacto de las sustancias químicas en la salud de la población, ha llevado a distintas organizaciones internacionales a realizar notables esfuerzos para obtener un conocimiento exhaustivo sobre sus efectos nocivos, lo cual ha permitido que la fabricación y la restricción de uso de las más nocivas haya sido posible. Se ha reconocido la necesidad de afrontar, con metodologías científicas y desde un planteamiento de gestión integrada, acciones amplias que puedan mitigar el impacto de las sustancias químicas sobre la salud (WHO, 2010).

En Europa, se han puesto en marcha ambiciosos programas tendentes a limitar la emisión de contaminantes al medio ambiente; llevar un control riguroso de las sustancias químicas que se producen; reducir la carga de enfermedad causada por factores medioambientales y reforzar la capacidad de intervención política de la UE en este ámbito (Comisión Europea, 2003b). En 2004 se estableció una estrategia sobre los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) mediante la aprobación de su Reglamento (Parlamento y Consejo U E, 2004), así como el Plan comunitario de aplicación en materia de COPs. En 2007 entró en vigor el Reglamento REACH (Parlamento y Consejo UE, 2006), que supuso un gran paso en este sentido, ya que conllevó: el registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos, con la consiguiente recogida de información sobre sus propiedades toxicológicas, a través de la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos. (Parlamento y Consejo UE, 2006).

Se han establecido sistemas de vigilancia y control de los elementos -aire, agua y alimentos- que pueden vehicular estos peligros. Se han fijado normativamente niveles críticos y límites máximos y se monitoriza su presencia con objeto de prevenir, evitar, o reducir estos niveles mediante la adopción de las acciones pertinentes en caso de que sean alcanzados, con objeto de disminuir la exposición de la población a estos contaminantes (Comisión Europea, 2006b); (Consejo Europeo, 1998); (Parlamento y Consejo UE, 2008).

El análisis del riesgo (AR) se ha consolidado como la metodología de referencia para, entre otros, evaluar el impacto de los contaminantes ambientales en la salud de la población y mejorar los sistemas de control. El AR ha sido definido por la Comisión del Codex Alimentarius como un proceso, constituido por tres componentes: i) evaluación del riesgo, ii) gestión del riesgo y iii) comunicación del riesgo (FAO-WHO, 2006). La Figura 1 muestra los distintos componentes del análisis del riesgo.



Figura 1: Etapas del análisis del riesgo

La evaluación del riesgo es un proceso con fundamentos científicos, que comienza con la formulación del problema e incluye cuatro etapas, cuya descripción y contenido se muestran en la tabla 1: 1. Identificación del peligro; 2. Caracterización del peligro; 3. Estimación de la exposición y 4. Caracterización del riesgo (Dorne, J. L. C. M. and Fink-Gremmels, 2012).

Tabla 1. Paradigma de la evaluación del riesgo incluyendo la formulación del problema

PASO	DESCRIPCIÓN	CONTENIDO
Formulación del problema	Establecimiento del alcance y objetivos de la evaluación	Definir el problema Priorizar conocimientos Definir objetivos
Identificación del peligro	Identificación del agente químico capaz de causar efectos adversos sobre la salud	Estudios en humanos Estudios toxicológicos en animales Estudios toxicológicos in vitro
Caracterización del peligro	Evaluación cualitativa o cuantitativa de la naturaleza de los efectos adversos sobre la salud asociadas con los agentes químicos	Selección de datos críticos Modo y mecanismo de acción Toxicocinética Toxicodinámica Dosis respuesta para efectos críticos
Estimación de la exposición	Estimación de la cantidad y concentración de un agente particular que alcanza una población diana	Magnitud Frecuencia Duración Ruta Extensión
Caracterización del riesgo	Estimación cualitativa y/o cuantitativa, incluyendo las incertidumbres, de la probabilidad de la ocurrencia y la severidad de los conocidos o potenciales efectos adversos para la salud, en una población dada, basada en la identificación y caracterización del peligro y estimación de la exposición	Probabilidad de ocurrencia Severidad Población alcanzada Incertidumbres

La evaluación del riesgo es una de las actividades de mayor relevancia en el campo de la salud pública, que no solo demanda la atención y la dedicación coordinada de muchos laboratorios y agencias nacionales e internacionales de control, sino que requiere un esfuerzo de investigación conjunto en distintos campos como la toxicología, la química analítica, o la epidemiología. Es esencial para la implementación de medidas destinadas a disminuir la exposición y en caso necesario establecer prioridades para posibles intervenciones de gestión del riesgo. Es un indicador de la contaminación ambiental y se puede utilizar para evaluar la efectividad de las medidas destinadas a reducir la exposición de la población a peligros químicos.

Para la evaluación del riesgo, y por ende para la protección de la salud humana, es de enorme relevancia conocer la exposición de la población en general, y de los sectores más vulnerables en particular, a los distintos contaminantes, lo que tradicionalmente se viene realizando mediante el *Monitoring Ambiental* (MA)

(Figura 2), es decir a través de una evaluación y control de los contaminantes en las diversas matrices como aire, suelo, agua, alimentos, etc. El conocimiento preciso de las concentraciones de los contaminantes prioritarios en las matrices ambientales permite evaluar la exposición de los diferentes grupos de población y por lo tanto evaluar el riesgo asociado a su presencia.

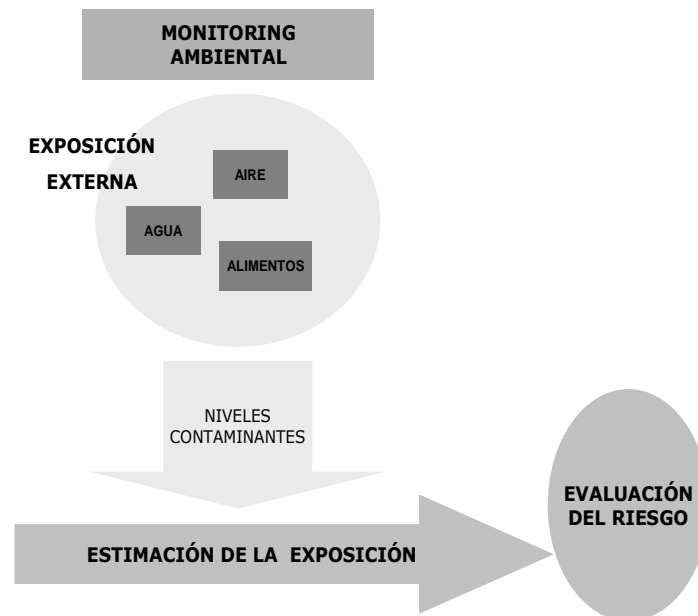


Figura 2: Fuentes de exposición de la población a contaminantes ambientales

Los alimentos constituyen la principal ruta de entrada en el cuerpo humano de gran parte de los contaminantes y otro tipo de sustancias indeseables o permitidas en cantidades superiores a los límites establecidos, que pueden entrañar graves riesgos para la salud de la población. El uso abusivo de los aditivos, sustancias añadidas intencionadamente a los alimentos con un propósito tecnológico concreto (conservantes, antioxidantes, colorantes...); la mala utilización de las sustancias farmacológicamente activas usadas en el tratamiento de enfermedades específicas de los animales productores de alimentos; el uso incontrolado de los plaguicidas en los campos de producción o en los silos de almacenamiento; la migración de sustancias a partir de los materiales de los envases en contacto con los alimentos o la formación de compuestos tóxicos tales como la acrilamida, el 3 monocloropropano- 1,2 diol (3-MCPD), ..., durante el procesado de los alimentos, son claros exponentes de ellas.

Diversas organizaciones internacionales como la OMS-FAO, la EPA y la EFSA, han incorporado el análisis del riesgo como metodología útil para reforzar los sistemas de seguridad alimentaria y reducir las enfermedades relacionadas con el

consumo de alimentos (Comisión Europea, 2000); (Parlamento y Consejo UE, 2002) y (FAO/WHO, 2009).

La estimación de la exposición es una parte esencial en la evaluación del riesgo, para cuantificarlo y finalmente determinar si una sustancia puede constituir un riesgo inaceptable para la salud. La estimación de la exposición de contaminantes a través de la dieta requiere la combinación de datos de i) consumo de alimentos con ii) niveles de contaminación. La precisión de la estimación de la exposición dependerá de la precisión en el cálculo de ambos datos. La elección del método mas apropiado para evaluar la exposición, debe tener en cuenta varios factores, incluyendo: a) el tipo de sustancia a evaluar (aditivos, pesticidas, residuos veterinarios, contaminantes o nutrientes); b) el tiempo de exposición necesario para producir efectos tóxicos; c) el tipo de estimación necesaria: estimación de un punto (media, mediana...) o caracterización de la distribución de la exposición (métodos probabilísticos). Teniendo en consideración todos estos factores, la *estimación de la exposición*, puede tratarse como una aproximación por pasos, que abarca un amplio rango de posibilidades, desde: 1) una aproximación básica o *primera estimación*, usando métodos de screening basados en asunciones conservadoras a 2) *estimaciones refinadas* con datos ad hoc de consumo de alimentos y de concentración de contaminantes en alimentos, tales como los *estudios de dieta total* (EDTs) (FAO/WHO, 2009). La Figura 3 muestra un esquema de los distintos métodos para la estimación de la exposición.

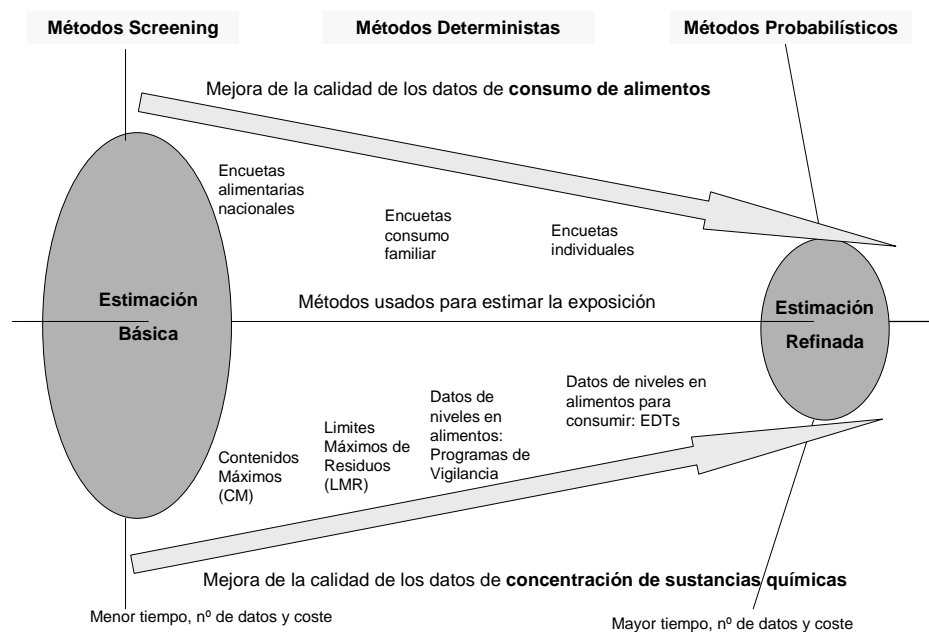


Figura 3. Distintos métodos para estimar la exposición. Fuente (FAO/WHO, 2009)

i) Fuentes de datos de consumo de alimentos

Se han desarrollado diversos métodos que permiten hacer estimaciones de la ingesta de alimentos y por tanto conocer el perfil alimentario de la población a estudio. Estos métodos, difieren básicamente en la fuente de información de la que se extraen los datos (Martín Moreno et al., 2007).

- a) *Hojas de balance alimentario*: Estos métodos ofrecen una estimación de la disponibilidad de alimentos a nivel nacional y pueden utilizarse para establecer comparaciones entre países (Kroes, et al., 2002). La mayor limitación es que son reflejo de la disponibilidad de alimentos para su consumo, más que de su *consumo* en si y los alimentos están expresados como alimentos crudos y semiprocesados. Las pérdidas debidas al cocinado o procesado, los residuos y adición de sustancias no pueden evaluarse, por lo que las hojas de balance alimentario suelen dar valores aproximadamente un 15% mas altos que los obtenidos mediante las encuestas de consumo familiar. Suelen usarse para evaluar tendencias temporales de suministro de alimentos que son potenciales fuentes de nutrientes o contaminantes. (FAO/WHO, 2009).
- b) *Encuestas de presupuestos y de consumo familiar*: Estos métodos incluyen datos de adquisición y consumo de alimentos en el hogar. Se obtienen datos útiles para comparar disponibilidad de alimentos entre diferentes comunidades, áreas geográficas y grupos socio económicos y para el seguimiento de los cambios dietéticos en la población general y en subgrupos de población. No obstante estos métodos no dan información de la distribución de las cantidades de alimentos consumidas por cada miembro del hogar. (FAO/WHO, 2009)
- c) *Encuestas individuales*: en contraste con los anteriores, los datos de consumo de alimentos obtenidos a nivel individual, dan información del promedio de alimentos y nutrientes y su distribución entre los individuos de grupos bien definidos. No obstante como los anteriores, pueden estar sujetos a sesgos. Existen varios métodos, que se pueden clasificar en métodos de *registro* y de *recuerdo*. Los métodos de *registro* recogen información de la ingesta actual de uno o más días. Los métodos de *recuerdo* reflejan el consumo en el pasado, variando entre el consumo del día previo al consumo habitual de alimentos (recordatorio de 24 horas) a ingestas usuales de alimentos (cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos y la historia dietética) (Kroes, et al., 2002)

ii) Fuentes de datos de concentración de contaminantes en los alimentos

En función del propósito de la *estimación de la exposición* (pre-regulación o post-regulación), los datos de concentración de contaminantes en los alimentos pueden derivar de:

Datos experimentales proporcionados por los fabricantes (ej. dosis recomendadas de aditivos); contenidos máximos establecidos (CM); límites máximos de residuos (LMR); datos procedentes de programas de vigilancia (PV); datos estimados de modelos matemáticos o datos procedentes de estudios de dieta total (EDT).

1) MÉTODOS DE SCREENING

La *evaluación de la exposición* por métodos de screening, la llevan a cabo organizaciones internacionales tales como el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y Reuniones conjuntas FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas (JMPR), para evaluar la exposición a aditivos, pesticidas y residuos de fármacos de uso veterinario, entre otras. Estos métodos tienden a sobreestimar la exposición de los altos consumidores, usando asunciones muy conservadoras en términos tanto de consumo de alimentos, como de concentración de contaminantes en los alimentos. No obstante, debe tenerse en cuenta que su objetivo no es evaluar la exposición verdadera o real sino identificar sustancias químicas en alimentos para los que es necesario llevar a cabo evaluaciones más realistas. Entre estos métodos se encuentran: a) método de presupuesto (Budget method); b) modelos de dieta; c) programas de vigilancia.

a) El *método de presupuesto (Budget method)* ha sido utilizado por JECFA como una primera aproximación en la evaluación de aditivos. El método se basa en las siguientes asunciones: 1) Para el nivel de consumo de alimentos y bebidas se consideran los niveles fisiológicos máximos de consumo 2) la concentración de un aditivo en los alimentos y bebidas se estima como el nivel máximo del aditivo permitido para esa categoría de alimentos y bebidas. 3) La proporción de alimentos y bebidas que pueden contenerlo. El total de exposición teórica máxima diaria se calcula sumando la exposición potencial de alimentos y bebidas. Se trata de un método simple, barato y puede ser aplicado a todas las sustancias añadidas intencionadamente a los alimentos

b) Los *modelos de dieta* se utilizan por JECFA para calcular el límite máximo de residuo (LMR) que puede establecerse en residuos de fármacos de uso veterinario en alimentos de origen animal, con objeto de que la exposición no supere el límite toxicológico establecido (IDA). Este modelo también se basa en estimaciones de ingestión crónica calculadas a partir de la mediana de los niveles de residuos y una cesta teórica de alimentos.(FAO/WHO, 2009)

c) Modelos que utilizan datos procedentes de los *programas de vigilancia de los alimentos*. Distintos organismos disponen de multitud de datos de concentración de contaminantes en alimentos procedentes de los Programas de Vigilancia que llevan a cabo para valorar la inocuidad de los alimentos producidos y/o consumidos en su ámbito geográfico. Las estimaciones de ingestas realizadas con estos datos, deben tomarse con cierta cautela, ya que el objetivo de estos programas no es valorar la exposición de la población a ciertos contaminantes a través de la dieta, sino evaluar el grado de inocuidad de los alimentos, por lo que se ha de tener presente que:

- Los alimentos que se analizan no representan necesariamente los alimentos principalmente consumidos por la población a estudio.
- Los alimentos no se analizan tal cual se consumen
- En ocasiones se incluyen en la toma de muestras "*alimentos diana*" es decir alimentos de los cuales se sospecha que sus niveles pueden ser superiores a los establecidos por la legislación vigente. (FAO/WHO, 2009)
- No necesitan detectar sustancias a niveles más bajos de los permitidos.

Desde una perspectiva de *gestión del riesgo* el focalizar el muestreo en determinadas áreas, alimentos o periodos puede ser considerado correcto por razones de los limitados presupuestos y de la relación coste/beneficio. Desde la perspectiva de la *evaluación del riesgo*, el muestreo debe ser siempre representativo para el propósito de *estimación de la exposición*. No obstante estos datos pueden ser usados cuando no hay otros disponibles siempre y cuando se reconozca que el uso de los mismos con estos fines puede sobreestimar la exposición (FAO/WHO, 2008).

2) ESTIMACIONES REFINADAS

Entre los métodos que proporcionan una estimación mas precisa de la exposición, destacan los *estudios de dieta total* (EDT). Consisten en la selección, colección y análisis de los alimentos más comúnmente consumidos por una población que vive en un área geográfica determinada, preparados para su consumo.

Como para el resto de métodos la base del cálculo de la exposición es una fórmula sencilla, aunque las formas y consideraciones para su aplicación son más complejas (Boorman, et al., 2013) :

Exposición = Σ (Consumo Alimentos x Concentración de Contaminantes en los Alimentos)

Existen, por tanto, diferentes métodos para estimar la exposición alimentaria en función del grado de refinamiento que queramos obtener, que básicamente se dividen en dos grupos: los que proveen una estimación puntual de la exposición, generalmente la media, mediana o un percentil y los que permiten caracterizar la distribución de la exposición completa. La caracterización de la distribución de la exposición completa de los consumidores, es la evaluación más avanzada, requiere datos del rango de eventos de consumo de alimentos y la gama de concentraciones de contaminantes en los alimentos que se consumen. Estos métodos necesitan modelos estadísticos apropiados. El grado de refinamiento necesario de las estimaciones de exposición alimentaria depende, en parte, de la naturaleza de la sustancia investigada y del perfil de su toxicidad. (FAO/WHO, 2009).

EFSA, con objeto de estandarizar las metodologías de estimación de la exposición en la UE, recomienda utilizar sistemáticamente la aproximación probabilística para estimaciones de exposición refinadas (EFSA, 2011b).

EVALUACIÓN DEL RIESGO ACUMULADO

Otro aspecto de gran relevancia y desarrollo reciente, es la determinación del grado de exposición a múltiples sustancias químicas, los peligros asociados con tal exposición combinada y la extensión con la que interactúan estas sustancias. Predecir el riesgo de exposición a mezclas de sustancias químicas es complejo, ya que las sustancias pueden interactuar tanto en términos de toxicocinética como de toxicodinámica. Tales interacciones pueden dar como resultado efectos tanto sinérgicos como antagónicos. La naturaleza temporal de las exposiciones puede jugar un papel muy importante en la determinación de estas interacciones (WHO, 2009). La evaluación del riesgo de la exposición combinada a múltiples sustancias químicas, se realiza desde distintas aproximaciones. La aproximación de la US-EPA conduce a identificar la clase/grupo de sustancias químicas a evaluar, la relevancia de la exposición, la población expuesta y las asunciones formuladas basadas en la relación conocimiento/incertidumbre de las sustancias químicas bajo evaluación.

La toxicidad combinada, se define como la "respuesta de un sistema biológico a varias sustancias químicas, con exposiciones tanto simultáneas como secuenciales" y puede adoptar tres posibles formas: dosis acumulativa, respuesta acumulativa o interacción (EFSA, 2013):

Dosis Acumulativa (Dose-addition): También referida como *acciones simples similares* o *acciones conjuntas similares*. Es la más simple y asume que todos los componentes de una mezcla tienen el mismo mecanismo/modo de acción para los

efectos toxicológicos y difieren solo en sus potencias. Está basada en el concepto farmacológico de unión al ligando, afinidad, potencia y ocupación del receptor. A su vez la ocupación del receptor es proporcional a la concentración del ligando y a su afinidad por el receptor; la magnitud de la respuesta biológica a la mezcla de sustancias químicas se predice sumando las dosis de los componentes después de ajustar por las diferentes potencias. (Boobis, et al., 2008). Para sustancias que tienen umbral en su relación dosis respuesta, la actividad total de la mezcla es la suma de las exposiciones de cada componente multiplicada por su potencia relativa. Es el caso de distintos aditivos relacionados estructuralmente, los pesticidas y las dioxinas y PCBs (FAO/WHO, 2009) Una aproximación que tiene en cuenta la dosis acumulativa es la aproximación FET (factor de equivalencia tóxica) (WHO, 2009).

Respuesta Acumulativa (Response-addition): También referida como *acciones simples diferentes* o *acciones conjuntas diferentes*. Es posible cuando dos o mas sustancias producen la misma respuesta o efecto por diferentes mecanismos. La combinación de los efectos puede calcularse a partir de las *respuestas* de los componentes individuales de la mezcla, usando el concepto estadístico de eventos independientes al azar. Si los modelos dosis-respuesta utilizados para estimar los efectos tienen umbral, solo las sustancias presentes en cantidades por encima de ese umbral tienen relevancia (FAO/WHO, 2009). En términos de identificación del peligro y caracterización del riesgo, la probabilidad de observar una respuesta para cada componente de la mezcla se estima primero y luego se suman los componentes para estimar el riesgo total de la mezcla asumiendo diferentes o independientes mecanismos de acción (Boobis, et al., 2008). El Hazard Index es un claro exponente de la respuesta acumulativa.

Interacciones: Cuando el efecto de una mezcla difiere del efecto acumulativo basado en la dosis-respuesta de los componentes individualmente. Las interacciones se refieren a la acción conjunta de varias sustancias químicas, diferente a la dosis acumulativa o a la respuesta acumulativa. Las interacciones se categorizan como inferiores al efecto acumulativo: *antagonismo, inhibición, y enmascaramiento* o superiores al efecto acumulativo: *sinergismo y potenciación*.

2. ESTUDIOS DE DIETA TOTAL

Para estimar la exposición de una población, a sustancias químicas a través de la dieta, la FAO/WHO recomienda llevar a cabo los denominados estudios de dieta total (EDTs) (WHO, 2005b). Estos estudios permiten a través de un conocimiento pormenorizado de la contaminación de los alimentos frente a diversos contaminantes (Dioxinas, PCBs, plaguicidas, metales,...), y de la dieta de una población concreta (cantidad de alimentos de cada tipo consumidos), estimar la ingesta de contaminantes para los distintos grupos de población. La precisión de los datos obtenidos con este tipo de estudios depende, entre otros factores, de la representatividad de los alimentos analizados respecto a los alimentos principalmente consumidos por la población y de que el diseño del muestreo sea lo suficientemente representativo.

Se diferencian de otros estudios en los que también se analizan niveles de contaminantes en los alimentos en que estos: 1) incluyen muestras de alimentos representativos de la dieta total de la población a estudio, 2) los analizan después de su preparación tal como se consumen y 3) evalúan la exposición de la población con propósitos de protección de la salud pública (EFSA, 2011a)

El EDT puede cumplir distintas finalidades tales como: ser una herramienta de screening para identificar aquellos alimentos o grupos de alimentos que requieren una vigilancia específica; permitir a los gestores del riesgo establecer prioridades para focalizar sus limitados recursos sobre estas sustancias químicas, contaminantes (en exceso) y nutrientes (por defecto) que pueden poner en riesgo la salud pública (Kroes, et al., 2002); servir de diagnóstico, para identificar posibles tendencias en la exposición a sustancias químicas en la población general y en grupos de población específica y evaluar la eficacia de las decisiones de gestión del riesgo tomadas previamente.(EFSA, 2011a)

El EDT está siendo utilizado desde 1960, por la FDA en USA. A principios del 2011 más de 30 países, incluyendo algunos de Europa, han realizado un EDT. En la mayoría de los países los EDTs han sido financiados por los Gobiernos, ofreciendo la seguridad de que pueden llevarse a cabo de manera regular. La WHO/FAO, financia algunos proyectos de EDT en países en desarrollo, en estos casos el estudio es único, a no ser que la financiación adicional de los gobiernos lo convierta en un evento regular. (EFSA, 2011a)

Tradicionalmente se han clasificado los EDTs (Congreso de Zeist, Holanda 1987), en función del tipo y modo de selección y agrupación de los alimentos en:

a) Cesta de mercado, b) Alimentos individuales y c) Dietas duplicadas (Tabla 2) (Kroes, et al., 2002)

a) CESTA DE MERCADO (CM): Los alimentos que forman parte de la dieta son adquiridos y preparados de acuerdo con los métodos culinarios más comúnmente utilizados por la población a estudio y asignados a un grupo de alimentos. Se combinan los alimentos en muestras agregadas y se analiza cada grupo. Con él se obtienen ingestas medias de la población, pero la relación coste/información es muy ventajosa al reducirse considerablemente el número de análisis necesarios. Permite evaluar tendencias en las ingestas e identificar los grupos de alimentos que más contribuyen a la ingesta de cada contaminante, pero cuando se detectan concentraciones excepcionalmente elevadas en un grupo de alimentos, es preciso un análisis posterior individualizado de los alimentos que lo componen para localizar el origen de la contaminación.

b) ALIMENTOS INDIVIDUALES (AI): Se conforma una lista de alimentos representativa de los más comúnmente consumidos por la población a estudio, basado en datos de estudios nacionales de consumo de alimentos desagregada por grupos de edad y sexo. Cada alimento individual seleccionado es adquirido y preparado de acuerdo con los métodos tradicionales y posteriormente analizados. Es evidente que con él se obtiene mucha más información que en el anterior ya que se identifica directamente el alimento o alimentos que más contribuyen a las ingestas de un contaminante o nutriente dado. No obstante los AI utilizan solo un cierto número de alimentos que representan a cientos de alimentos que componen la dieta típica de una población. El inconveniente es el elevado coste que supone su realización. Se trata de un método de evaluación de la exposición más refinado.

c) DIETA DUPLICADA (DD), es una metodología particularmente útil porque proporciona la información más precisa de la cantidad de contaminantes ingerida con los alimentos. Las participantes en el estudio preparan dos porciones idénticas, una para su consumo y otra para su análisis. Presenta algunas características muy definidas ya que están enfocados a dar información sobre ingestas de contaminantes concretos en grupos especiales de población cuya representación en un estudio de población general sería muy escaso. Tal es el caso del estudio de ingestas individuales o de grupos específicos de población, como los vegetarianos (Clarke, et al., 2003), (Wilhelm, et al., 2002), escolares (Bastías, et al., 2010), grupos étnicos específicos (Deutch, et al., 2006b) ; comparativa entre dos grupos de población ej: vegetarianos y no vegetarianos (Raghunath, et al., 2006a); valorar la exposición de un grupo de población sometido a unas condiciones determinadas, tales como vivir cerca de un área industrial (Wilhelm, et al., 2005); correlacionar el

consumo de contaminantes con los niveles de contaminantes en líquidos biológicos (Arisawa, et al., 2008) (Schothorst, et al., 2005) y (Sizoo and van Egmond, 2005) (Watanabe, et al., 2012b). Requiere un considerable esfuerzo por parte del participante por lo que no se pueden realizar durante periodos de tiempo prolongados. Durante el ensayo hay riesgo de cambio de los patrones de consumo. Algunos autores, los consideran métodos de confirmación. (Kroes, et al., 2002)(López, et al., 2003).

En la tabla 2 se resumen las principales características de estas tres variantes de los Estudios de Dieta Total.

Tabla 2. Características de los modelos de Estudios de Dieta Total

TIPO	ANÁLISIS	RESULTADOS	VENTAJAS	INCONVENIENTES	PAISES/REFERENCIAS
CESTA DE MERCADO	Grupos de alimentos	-Ingesta media poblacional- -Evaluación de tendencias -Identificación de los grupos de alimentos que contribuyen a la ingesta de un contaminante	-Relación coste/información muy ventajosa. -Se reduce considerablemente el nº de análisis	-Se puede diluir la concentración elevada aportada por algún alimento. -Requiere conocer los patrones de consumo de la población a estudio	China (Zheng, et al., 2007), Arabia Saudí (Zeid, 2010), Suecia (Becker, et al., 2011), Chile (Muñoz, et al., 2005), País Vasco (Urieta, et al., 1991; Urieta, et al., 1996), Reino Unido (Rose, et al., 2010), Canadá (Dabeka and Xu-Liang Cao, 2013)
ALIMENTOS INDIVIDUALES	Alimentos individuales seleccionados entre los más consumidos o los que más contaminación aportan	-Ingesta media población y de estratos de interés -Permite hacer estimaciones de ingesta de consumidores extremos. -Identificación de los alimentos que contribuyen a la ingesta de un contaminante	-Identifica los alimentos que más contribuyen a la ingesta.	-Elevado coste -Requiere conocer los patrones de consumo de la población a estudio	USA (Pennington and Hernández, 2002), Francia (Sirot, et al., 2009b); Australia; Nueva Zelanda
DIETA DUPLICADA	Todos los alimentos y bebidas consumidos durante un periodo de tiempo (max 7 días) por la población a estudio	Se obtiene una replica diaria de la ración consumida por los participantes. -Ingestas individuales o para grupos especiales de población (vegetarianos) -se puede usar como método de validación (ej: probabilístico)	-No requiere conocer los patrones de consumo y el nº de análisis es reducido. -Proporciona una información precisa de la ingesta de contaminantes por la población a estudio	-Se pueden cambiar los hábitos dietéticos durante el estudio. -Requiere un considerable esfuerzo del participante. -No se puede llevar a cabo durante un tiempo prolongado - Puede infraestimar la ingesta	(Clarke, et al., 2003; Raghunath, et al., 2006b; Wilhelm, et al., 2005; Wilhelm, et al., 2002), (Aung, et al., 2006), (Arisawa, et al., 2008; Bastías, et al., 2010; Deutch, et al., 2006a; Schothorst, et al., 2005; Sizoo and van Egmond, 2005)

Otro enfoque para clasificar los EDTs es el realizado recientemente por EFSA y FAO/WHO, que distingue entre los EDTs (en sentido estricto) y los estudios similares a los EDTs (EDTs-like). La diferencia entre ambos estriba en que en los segundos: i) no se investiga la dieta total de la población o los grupos de población ii) o los alimentos no son procesados para su consumo antes del análisis. (EFSA, 2011b)

Actualmente está tomando gran relevancia la clasificación basada en la metodología aplicada para el cálculo de la exposición, determinista o probabilística, la cual se verá detalladamente en el apartado correspondiente 2.3.2 estimación de la ingesta de contaminantes

El análisis comparativo de la metodología aplicada en los estudios realizados en distintos países, pone de manifiesto que las diferencias detectadas, afectan principalmente a: la lista de alimentos a considerar; la representatividad del plan de muestreo; la estrategia para la agrupación de alimentos; los requerimientos de calidad en los laboratorios que llevan a cabo las analíticas y el tratamiento de los valores de concentración menores que el LOD/LOQ. Todo ello confirma la necesidad de armonizar esta metodología a nivel internacional, con objeto de que los resultados obtenidos en los distintos estudios puedan ser comparados. (EFSA, 2011b). A fin de avanzar en esta estandarización, la EFSA y FAO/OMS han publicado una guía para armonizar la metodología de planificación de un EDT, comenzando por la colección de datos, consumo de alimentos, resultados analíticos, cálculo de la evaluación de la exposición y comunicación de los resultados y propone una aproximación general para facilitar el uso de la información de los EDTs a nivel internacional. (EFSA, 2011a).

Las etapas básicas de un estudio de dieta total se muestran en la Figura 4 y se desarrollan en los siguientes apartados.

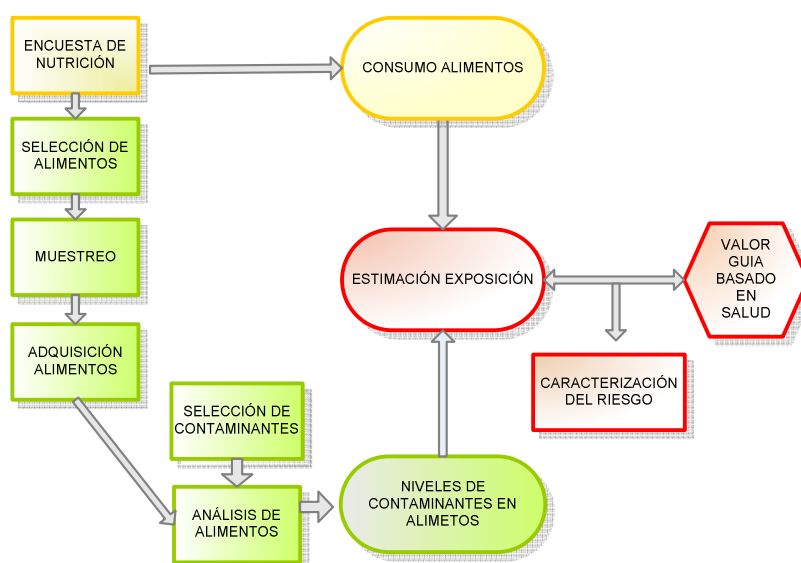


Figura 4. Etapas de un estudio de dieta total (EDT)

2.1 CONSUMO DE ALIMENTOS

Son múltiples los escenarios que se plantean a la hora de evaluar el consumo de alimentos, por eso no existe un método estándar para la cuantificación de la ingesta alimentaria. Los métodos directos de cuantificación de ingesta alimentaria mediante la recogida de datos de consumo de alimentos, por encuesta individual, van desde un rango de detalle de consumo alimentario muy preciso hasta métodos que meramente utilizan una lista de alimentos. (Serra Majem, et al., 2006). Los diferentes métodos individuales que habitualmente se utilizan en la obtención de datos de consumo de los EDTs, presentan las siguientes características:

- *Registro diario dietético:* Consiste en anotar en formularios adecuados todos y cada uno de los alimentos consumidos durante un periodo de tiempo determinado (Martín Moreno, et al., 2007). El método puede llevarse a cabo sin cuantificar de forma concisa (utilizando modelos, fotografías, medidas caseras, etc) o mediante una cuantificación precisa en la medida de la ingesta, a través del método de la pesada o doble pesada (Thompson and Subar, 2013). En este segundo caso se pesan los alimentos antes de consumir y los desperdicios tras su consumo de manera que puedan estimarse las cantidades reales consumidas (Dorne, et al., 2009). Los registros pueden realizarse durante varios días consecutivos (1 a 7 días) y

en periodos estacionales diferentes de manera que nos den una idea mas cercana de la realidad del consumo habitual del sujeto en cuestión (Willett, 2012). En la práctica no se recomienda más de 4 días consecutivos, con objeto de que la fatiga del encuestado no conduzca a una disminución de la precisión de los datos informados (EFSA, 2009a). Este método se ha utilizado tradicionalmente como método de referencia para validar otros métodos (Johnson, 2002).

- *Recordatorio de 24 horas (R24)*: En él se definen y cuantifican todas las comidas y bebidas ingeridas durante un periodo anterior a la entrevista, habitualmente 24 horas antes de la misma. Es el método de recuerdo mas comúnmente utilizado (Willett, 2012). Las cantidades de los alimentos son normalmente evaluadas por el uso de medidas caseras, modelos de alimentos o fotografías (Kroes, et al., 2002). La entrevista se realiza personalmente o por teléfono. El recordatorio se lleva a cabo usando cuestionarios abiertos, que luego necesitan tratamiento informático. (Martín Moreno, et al., 2007). Si el recordatorio se reparte entre todos los días de la semana se evita o reduce el sesgo asociado a la variabilidad de la ingesta de un individuo. Se aconseja que se haga durante un plazo de al menos tres días siendo uno de ellos festivo. Se considera el método de mayor relación coste/efectividad y el principal argumento es que puede ser implementado en cualquier ámbito y favorece el incremento en el número de sujetos y por tanto el ratio de participación (Willett, 2012).
- *Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (CFC)* Se trata de una lista estructurada de alimentos individuales o grupos de alimentos. El objetivo de este cuestionario es evaluar la frecuencia con la cual estos alimentos son consumidos durante un periodo de tiempo especificado (diaria, semanal, mensual o anualmente)(FAO/WHO, 2008). Dicho cuestionario se articula en tres ejes fundamentales: lista de alimentos, frecuencias de consumo en unidades de tiempo y porción estándar (única o con alternativas) establecida como punto de referencia. Para la elaboración de estos tres ejes, se requiere un verdadero esfuerzo preliminar de diseño, antes de proceder a su utilización en el trabajo de campo (Cade, et al., 2002). Estos cuestionarios pueden ser: *cualitativos*, generalmente obtienen solo el número de veces que cada alimento del listado es comido en el periodo de tiempo especificado; *semicuantitativos*, permiten estimar el número de veces que se consume una porción estándar, o *cuantitativos* en los que se precisa la cantidad consumida de cada alimento (Kroes, et al.,

2002). La validez de los resultados obtenidos depende de la representatividad de los alimentos utilizados en el cuestionario.

En la tabla 3, se resumen los instrumentos utilizados para obtener los datos de consumo de alimentos en algunos estudios recientes.

Tabla 3. Métodos de cuantificación de consumo de alimentos

INSTRUMENTO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	REFERENCIAS
Registro dietético	<ul style="list-style-type: none"> -No está limitado por un listado de alimentos -Promedio de varios días puede dar información sobre distintas prácticas dietéticas. -Precisión en la medida de la ingesta, sobre todo en la doble pesada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Afecta al comportamiento alimentario -La información de consumo disminuye con el tiempo debido al desgaste del encuestado que incrementa con el número de registros. -Se requiere una intensa dedicación de los participantes y que tengan un cierto grado de formación (sepan leer, escribir y contar/pesar, con rigor - Infraestimación de la ingesta 	<p>(Fattore, et al., 2006), (Arisawa, et al., 2008), (Li, et al., 2007), (Aung, et al., 2006) ; (Rasmussen, et al., 2007); (Wilhelm, et al., 2005); (Food Safety Authority of Ireland, 2011); (Leblanc, et al., 2005b); (Millour, et al., 2011); (Egan, et al., 2007)</p>
Recordatorio 24 h (R24)	<ul style="list-style-type: none"> -Proporciona un detallado consumo cuantitativo -Se puede calcular promedios y distribución de la exposición -Puede ser usado para grupos específicos de población -Fácil de llevar a cabo, poco trabajo para los encuestados, tiempo de realización corto. -No afecta al comportamiento alimentario. -Buena relación coste/efectividad 	<ul style="list-style-type: none"> -Coste de codificación y análisis alto -Encuestador adiestrado -Dificultad en la estimación de las porciones. -Se refiere a un solo día -Ingestas a menudo infracuantificadas 	<p>(Wang, et al., 2009), (Bocio and Domingo, 2005), , (Koh, et al., 2012). (Dabeka and Xu-Liang Cao, 2013); (Rubio, et al., 2005)* y ** (Wong, et al., 2013)* (Windal, et al., 2010)** (Health Canada, 2007); (Muñoz, et al., 2005)**;(Urieta, et al., 1991)**</p>
Cuestionario frecuencia Consumo de Alimentos (CFC)	<ul style="list-style-type: none"> -Rapidez y eficiencia para determinar el consumo habitual de alimentos. -Factible para estudios prospectivos con la participación de decenas o miles de sujetos -Barato -Poco carga para los participantes -No afecta el patrón de consumo habitual del encuestado -No requiere entrevistadores particularmente adiestrados. -Son particularmente viables a la hora de su tratamiento informático 	<ul style="list-style-type: none"> -Ha de establecerse la validez ` para cada nuevo cuestionario y población. -Se requiere memoria de consumo de alimentos en el pasado -Es especialmente complejo en el caso de niños y ancianos -Poco flexible porque parte de una lista de alimentos cerrada. -No da información del método de cocinado -Semicuantitativo y cualitativo: escasa precisión en la cuantificación de las porciones de alimentos -Puede infraestimar el consumo 	<p>(Bilau, et al., 2008), (Linares, et al., 2010), (Cheung Chung, et al., 2008), (Nasreddine, et al., 2006), (Coronel, et al., 2011), (Shephard, et al., 2007), (Alomirah, et al., 2009) y (Windal, et al., 2010)**; (Muñoz, et al., 2005)**; (Rubio, et al., 2005)**;(Urieta, et al., 1991)**</p>
Otros			<p>(González-Osnaya, et al., 2011) y (Gómara, et al., 2006)**; (Zeid, 2010)**;</p>

* Recordatorio de 24 h de dos días no consecutivos

**Utilizan Hojas de balance nacional del Ministerio de Agricultura

Es importante señalar que no hay un método ideal para evaluar el consumo de alimentos en una población. La elección depende de los objetivos del estudio, de la selección de alimentos, de las características de la población (edad, sexo, motivación, diversidad cultural, ...) (Kroes, et al., 2002). Además en muchos de los estudios se utilizan métodos combinados para la obtención de los datos de consumo de alimentos, como el recordatorio de 24 horas y un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (Windal, et al., 2010).

Algunas organizaciones internacionales son conscientes de la necesidad de disponer de datos de consumo de alimentos detallados y armonizados de alta calidad. A tal efecto la EFSA, desarrolló una guía en la que se establecen los principios generales para recoger información dietética que puede ser usada para estimar la ingesta de nutrientes y para valorar la exposición a determinados agentes biológicos y químicos a través de la dieta. (EFSA, 2009a). La tabla 4, muestra un resumen de las recomendaciones planteadas por EFSA para llevar a cabo un estudio dietético nacional

Tabla 4. Recomendaciones de la EFSA para llevar a cabo un estudio dietético a nivel nacional (EFSA, 2009a)

Grupos de Población	Nº Sujetos	Instrumento	Personal/ herramientas	Otros datos
Bebes (0-11 meses)	1000*	Registro dietético 2 días no consecutivos EPIC_SOFT como entrada de datos en el sistema	Entrevistadores: nutricionistas y dietistas Fotografías de los alimentos validadas adaptadas a cada país y fotografías de utensilios de medida y tamaños de porciones	-Detalle de alimentos consumidos composite foods y recetas desagregadas en sus principales ingredientes. -Medición: peso y talla -Nivel de actividad física -Análisis de datos de consumo de alimentos a posteriori, evaluar incertidumbres
Niños(1- <3 años)				
Otros niños (3-10 años)				
Adolescentes (11-17 años)	1000*	Recordatorio de 24 horas, incluyendo 2 días no-consecutivos 1ª entrevista en persona 2ª telefónica		
Adultos (18-64 años) (incluidas las mujeres embarazadas que deben ser ampliamente muestreadas)				
Personas mayores (65-74 años)				

* Mínimo ampliable en los países más poblados de los EEMM

2.2 NIVELES DE CONTAMINANTES EN LOS ALIMENTOS

2.2.1 SELECCIÓN DE CONTAMINANTES

Los EDTs comenzaron a utilizarse en USA en 1961 como consecuencia de la preocupación existente en aquel momento por la posible contaminación de los alimentos por polvo radiactivo procedente de las pruebas desarrolladas con armas nucleares, principalmente por Sr-90, debido a su larga vida media (28 años). Los pesticidas fueron otras de las sustancias que fueron objeto de control. En la década de los 70, se incrementó considerablemente la lista de sustancias químicas a estudiar y se amplió el número de países que los implementaron, incluyéndose pesticidas; metales pesados y contaminantes industriales. Las micotoxinas se incluyeron en la década de los 80. También se introdujeron los policlorobifenilos (PCBs) y policloro-dibenzo-para-dioxinas y policloro-dibenzo-furanos. A parte de los contaminantes ambientales, nuevos contaminantes formados durante el procesado de los alimentos han sido añadidos a la lista de contaminantes a investigar por muchos países, debido a los recientes hallazgos respecto a su toxicidad y carcinogenicidad. Estos incluyen acrilamida, benceno, furano, nitratos/nitritos, monocloropropano 1-3 diol (1-3 MCPD), bisfenol A, anilina y aditivos tales como: sorbatos y benzoatos, entre otros. (Dorne, J. L. C. M. and Fink-Gremmels, 2012)

La OMS, preparó un listado de sustancias prioritarias para la realización de los EDTs, en la que incluían los alimentos y sustancias químicas a considerar (WHO, 2002), que ha sido posteriormente ampliado (WHO, 2006b). Las sustancias prioritarias en un EDT, según la OMS son:

Pesticidas: Aldrín, Dieldrín, Endosulfan, Endrín, Hexaclorociclohexano (HCH), Hexaclorobenceno, Heptacloro, Diazinon, Fenitrotion, Malation, Paration, Metil paration, Ditiocarbamatos; *Metales pesados:* Cadmio, Plomo, Mercurio y Arsénico inorgánico; *Contaminantes industriales:* Policlorobifenilos PCBs marcadores, policlorodibenzodioxinas, policlorodibenzofuranos, policlorobifenilos (mono-orto PCBs, no-orto PCBs); y *Micotoxinas:* Aflatoxinas, Patulina, Fumonisin B1 y Ocratoxina A

Un aspecto importante de creciente interés en la evaluación del riesgo, es la necesidad de especiación de los metales pesados. Las concentraciones de los elementos, por si mismas, dan insuficiente información para estos estudios. Es necesario conocer las especies químicas, para entender mejor el verdadero impacto de los elementos en los humanos y en el medio ambiente. Por ejemplo la especiación puede distinguir la especie más tóxica del As, el As inorgánico (iAs), de las especies de relativamente baja toxicidad como la arsenobetaina, uno de los

mayores componentes de los compuestos del As en los productos del mar (Ruttens, et al., 2012). Dependiendo de su estado de oxidación el cromo (Cr) es esencial (+3) o nocivo (+6). Los compuestos de estaño (Sn) son liberados al medio ambiente como tributil estaño, compuesto tóxico, o como mono-butíl estaño, una especie mucho menos tóxica. (Caruso, et al., 2003)

La EFSA en su opinión científica sobre As en alimentos publicada en 2010 (EFSA, 2009c), ha señalado que es necesario llevar a cabo la especiación de As en los diferentes análisis de alimentos, con objeto de realizar una evaluación del riesgo del iAs a través de la dieta. De la misma manera y en relación al Hg, cabe destacar que aunque los límites máximos legislados se han establecido sobre el Hg total, la forma más tóxica es la del Hg orgánico y concretamente el MeHg. La ingesta semanal tolerable (IST) está establecida sobre el MeHg por lo que la bibliografía aconseja determinar la concentración de MeHg con objeto de poder llevar a cabo la evaluación de la exposición sin necesidad de inferirla utilizando factores de conversión. (EFSA, 2004)

La selección de los peligros químicos prioritarios para ser estudiados en un EDT no solo debe basarse en la información científica disponible, relativa al riesgo, si no que debe tener también en cuenta la percepción y preocupación de la sociedad. La capacidad analítica y la factibilidad de incluir los peligros químicos priorizados, son también factores clave a tener en cuenta (EFSA, 2011a). Por otra parte, la selección de los contaminantes, por medio de un proceso de comunicación abierto y transparente puede servir para hacer que los EDT sean más útiles y valiosos para todas las partes interesadas (Ruprich, 2013).

2.2.2 SELECCIÓN DE ALIMENTOS Y MUESTREO

La selección de los alimentos así como el método de muestreo son dos factores que ejercen una gran influencia en la validez de los resultados obtenidos, por lo que deben ser cuidadosamente realizados. Es necesario definir claramente cuales son los objetivos del estudio ya que ello va a permitir la elección del método de muestreo más adecuado. La FAO/OMS, señala algunas de las cuestiones que deben ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar el plan de muestreo y la selección de los alimentos (FAO/WHO, 2008):

- La lista de alimentos seleccionados ¿es representativa de los alimentos consumidos normalmente por los grupos de población edad y sexo objeto del estudio?
- ¿Se han incluido aquellos alimentos de bajo consumo, pero de alto contenido en contaminantes?

- ¿Qué número de puntos de muestreo es necesario para que sea representativo?
- ¿Se han tenido en cuenta diferencias regionales en cuanto a: composición del suelo, clima, vectores de plagas, etc, así como alimentos ampliamente distribuidos en una base de datos nacional, incluyendo los alimentos importados?
- ¿Se han considerado las posibles variaciones estacionales?
- ¿Se ha cubierto para cada alimento las principales marcas, especies etc?
- El tamaño de la muestra ¿es suficiente para determinados analitos tales como las micotoxinas?
- ¿Se han estandarizado procedimientos operativos (SOPs) para el muestreo?

La OMS en las distintas reuniones de expertos ha establecido de manera global un listado de los alimentos a tener en consideración para cada contaminante de interés (WHO, 2002).

TIPO Y NÚMERO DE ALIMENTOS

La lista de alimentos debe establecerse sobre la base de los datos de consumo de alimentos. En líneas generales los alimentos a muestrear se seleccionan en función de los siguientes criterios, entre otros:

- *Representatividad:* Es decir, representar un alto consumo para la población general. El consumo de un alimento, puede expresarse como: porcentaje de consumo para adultos y niños, respecto al consumo total; consumo en: (g/día; g/semana; Kg/año) o como porcentaje de población que los consume. En los EDTs que se vienen realizando se siguen diversos criterios en relación con la representatividad. Como ejemplos, en el 2ºEDT francés se seleccionan los alimentos mas consumidos en términos de cantidad (g/semana) y que son consumidos por al menos el 5% de los consumidores adultos y/o niños (Sirot, et al., 2009b), además los alimentos seleccionados deben cubrir el 88-89 % del total de la dieta (Millour, et al., 2011). En el EDT del Líbano y 1º EDT francés, se seleccionan los alimentos que son consumidos por la población, en cantidades superiores a 1 g/día (Nasreddine, et al., 2006) y (Leblanc, et al., 2005b), en el de Suecia los alimentos consumidos en cantidades superiores a 1,5 g/día (Darnerud, et al., 2006); en el EDT de Irlanda se han seleccionado los alimentos consumidos, al menos, por el 10% de la población y que representen aproximadamente el 70 % del total de los alimentos consumidos (Food Safety Authority of Ireland, 2011). La EFSA, recomienda que los alimentos

seleccionados deben cubrir el 90 % de la dieta típica de la población bajo consideración (EFSA, 2011a), tal es el caso del EDT de Suecia (Becker, et al., 2011).

- *Alimentos especialmente contaminados.* Alimentos que no son habitualmente consumidos pero debido a una particular preocupación por su potencial contenido en contaminantes se incluyen con objeto de tenerlos en consideración. Tal es el caso del pez espada en el caso del MeHg, los despojos en relación al Cd o los frutos secos respecto a las micotoxinas (Food Safety Authority of Ireland, 2011); (Sirot, et al., 2009b).
- *Especificidad:* Alimentos dirigidos a un grupo de población específico, por ejemplo niños, vegetarianos, alimentos étnicos, etc. Tal es el caso del EDT de Canadá en el que se incluyen los alimentos étnicos (Dabeka and Xu-Liang Cao, 2013).

Los patrones de consumo cambian con el tiempo y entre grupos de población con distintas culturas, por eso no existe una regla para confeccionar la lista de alimentos y debe revisarse cada cierto tiempo. Tampoco existe un patrón sobre cuantos alimentos debe contener la lista, no obstante se aconseja que en el primer EDT se limite a unos 50 alimentos o grupos de alimentos con objeto de simplificar la logística (Vannoort, et al., 2013).

Nueva Zelanda, con una población aproximada de 4,4 millones de habitantes en su EDT de 2009, considera 123 alimentos de los cuales 112 representan alimentos comúnmente consumidos y 11 son alimentos consumidos por grupos específicos de población tales como alimentos infantiles, aperitivos para niños, crustáceos y despojos (Vannoort and Thomson, 2011). El número total se mueve en un rango de 300 alimentos en el EDT de Canadá (Dabeka and Xu-Liang Cao, 2013) a 38 alimentos en el de Serbia (Skrbic, et al., 2013) (tabla 4)

MUESTREO

Se plantean diferentes estrategias de muestreo para el análisis de los alimentos:

- análisis de *grupos de alimentos* "food group approach" (cesta de mercado), formados por distintos tipos de alimentos que constituyen *muestras agregadas*.
- análisis de alimentos individuales "individual food approach".

En el primer caso diferentes alimentos del mismo grupo se combinan para formar una muestra agregada para análisis. Como ejemplo, leche, queso,

mantequilla, crema de leche..., se preparan y combinan formando un composite para el grupo de lácteos. Este enfoque se ha seguido en algunos estudios, como el EDT de Reino Unido (Rose, et al., 2010), Irlanda (Food Safety Authority of Ireland, 2011), Líbano (Nasreddine, et al., 2010), Finlandia (Kiviranta, et al., 2004) o País Vasco. Cuando se implementa este enfoque, se manifiesta la necesidad de establecer y definir muy bien las proporciones en que cada alimento contribuye al grupo, las cuales están generalmente basadas en datos de consumo promedio de la población (es necesario definir los criterios por los que se lleva a cabo la agrupación, teniendo en cuenta, la necesidad de separar los alimentos básicos tales como el pan, la leche o las patatas en grupos diferentes). No se deben considerar en el mismo grupo alimentos de los que se espera que la concentración de contaminantes pueda ser muy diferente. La ventaja de este enfoque es que con un reducido número de muestras agregadas se puede determinar la exposición a contaminantes de una población a partir de la dieta, lo que implica además una reducción del número de análisis y de los costes. El principal inconveniente es que el cálculo de la exposición a través de la dieta se restringe al segmento de la población en la que se basó la contribución proporcional de alimentos. Es decir, si por ejemplo está basada en la dieta de un varón adulto, esto puede representar solo una restringida aproximación para un adolescente. Otra gran desventaja es el efecto de dilución al combinar un número diferente de alimentos con concentraciones de contaminantes diferentes en una misma muestra.

En el análisis de alimentos individuales, cada alimento se prepara y analiza separadamente. Este es el método utilizado por Nueva Zelanda (Vannoort and Thomson, 2011) , Australia (FSANZ, 2011), Francia (Siro, et al., 2009b) o USA (Pennington and Hernández, 2002). La mayor ventaja de este método es la posibilidad de estimar la contribución de alimentos individuales a la exposición, así como la mayor flexibilidad para estimar la exposición de segmentos individuales de la población. El mayor inconveniente es el gran número de muestras a analizar para representar todos los alimentos consumidos por la población. Otras ventajas e inconvenientes se han comentado en la tabla 2. Con objeto de disminuir la carga analítica, a menudo, varias muestras del mismo alimento individual se combinan para configurar una única muestra agregada, muestra composite o muestra de análisis. De esta manera se intenta conseguir que sea lo mas representativo posible de la contaminación del alimento, por ejemplo combinando diferentes marcas. En este caso, es necesario definir el número de muestras por alimento individual En los estudios consultados, el rango va de 15 muestras por alimento individual, en el 2º EDT francés (Millour, et al., 2011).(Siro, et al., 2009b) a 3 muestras en el EDT de Australia (FSANZ, 2008).

Distintos autores, con objeto de simplificar el muestreo, realizan una distinción entre alimentos nacionales y regionales, (Leblanc, et al., 2005b) , (Sirot, et al., 2009b), (Vannoort and Thomson, 2011) , (Bocio, et al., 2005):

- *Alimentos nacionales:* alimentos producidos y comercializados por un limitado número de compañías, por lo que en principio se prevé que el grado de contaminación va a ser mas homogéneo, tales como: cereales para desayuno, bebidas, alimentos listos para su consumo, galletas, incluyen también los alimentos importados. Se pueden tomar en una sola región o ciudad, siendo representativas de todo el país. Los porcentajes que representan sobre el total varia del 62% en el 2ºEDT francés (Sirot, et al., 2009b) al 50% en el de Nueva Zelanda (Vannoort and Thomson, 2011)
- *Alimentos regionales:* alimentos no procesados, que pueden presentar niveles de contaminación heterogénea, debido a los métodos de producción, piensos para animales y factores medioambientales. Incluye alimentos tales como: huevos, frutas y verduras, carne y productos cárnicos y pescados y productos de la pesca. En general requieren diferentes áreas geográficas de muestreo; como ejemplo en el 2º EDT francés se tomaron en ocho regiones (Sirot, et al., 2009b) y en el de Nueva Zelanda en 4 regiones (Vannoort and Thomson, 2011) (tabla 5). La componente geográfica de la recogida de muestras cobra especial relevancia cuando el estudio abarca regiones o zonas con pautas dietéticas muy diversas (Li, et al., 2007).

Puede ser importante considerar la estacionalidad como posible causa de variación en la contaminación, para algunos alimentos, por lo que en algunos estudios se incluye esta variable (tabla 5).

Los alimentos, en la mayoría de los estudios, se agrupan en categorías de alimentos similares con objeto de simplificar la exposición de los resultados. En la tabla 5 se reflejan los distintos métodos de muestreo utilizados en diversos EDTs nacionales e internacionales.

Tabla 5. Diseño del muestreo de los alimentos para análisis de contaminantes en diferentes EDTs nacionales e internacionales

Estudio: País, año	Lista de alimentos individuales	Frecuencia muestreo	Nºr/c/ pm	Categorías de alimentos	Nº muestras agregadas	Nºmuestras/ alimento individual	Cocinado	Referencia
Francia 2000-01 1ºEDT	Alimentos nacionales 196	2 es	1 c		392	5	SI	(Leblanc, et al., 2005a)
	Alimentos regionales 104		3 r/3 pm		606			
Francia, 2007- 2009 2ºEDT	Alimentos nacionales 116	Cada 6 años 2es	1 c	Cereales y prod. (77); platos preparados y snacks (130); lácteos (145);bebidas (143);huevos y derivados (30);meal substitutes (2); grasas y aceites (20); pescado y prod. (83); frutas y vegetales (422); helados (2); carnes y despojos (213); sal, especias, sopa y salsas (34); edulcorantes, miel y confitería (18) Total: 1319	1352	15	SI	(Sirot, et al., 2009b) (Millour, et al., 2011)
	Alimentos regionales 70		8 r/4 c Total 36 c					
UK 2006	119	Cada 3 años	24c 20	*Pan, cereales y prod, carne, despojos, productos cárnicos, pollo, pescados, aceites y grasas, huevos, azúcar y conservas, vegetales verdes, patatas, otros vegetales, vegetales en lata, fruta fresca, prod de frutas, bebidas, leche, lácteos y frutos secos. 20 categorías de alimentos (CM)	T: 20	nd	SI	(Rose, et al., 2010) (Food Standards Agency, 2009)
Irlanda 2001- 2005	126	2 es	1 c	Granos(15); Lácteos(11); Huevos(1); Carne(7); Prod. Cárnicos(5); Pescado(2); pescado procesado(2); Prod de la pesca(3); Vegetales(20); Veg. Procesados(6); Frutas(8); Frutas procesadas(3); Bebidas(13); Conservas y condimentos(9); Aceites(2); Frutos secos(7); semillas(3); Otros(4); Comidas para llevar(4) Total: 126.	T:126	5	SI	(Food Safety Authority of Ireland, 2011)
Suecia 1999	116	1 es	4 c/2 pm	*Cereales y prod (11); pasteles (4); prod. cárnicos(16);pescados(13); lácteos(12); Huevos(1); grasas(6); vegetales(19), frutas(15), patatas(4); azúcar y dulces(6); bebidas refrescantes y cerveza(7); vino y beb. Espirituosas (7) y helados(2) Total 116 alimentos, en 14 grupos 4/ 8 cestas de mercado, los alimentos de cada cesta eran divididos en 14 grupos	T:46 o 112 (según el metal)	nd	NO	(Becker, et al., 2011)

Bélgica 2008	43		1 c	Lácteos (10); Carne y prod. Cárnicos (12); Huevos (3); Pescados y prod. Pesca(11) y otros (7)	43	Variable (de 30m bollería a 4 m grasa animal; carnes y pescados 10m)	nd	(Windal, et al., 2010)
Serbia 2012-2013	38		1c	Frutas (5); Vegetales (7); Aceites y grasas (2); Dulces (3); Leche, lácteos y huevos (5); Carne y prod. Cárnicos(8); Trigo y pro.(4); Pescado(2); Otros(2) Total: 38 alimentos	T: 114	3	NO	(Skrbic, et al., 2013)
Finlandia 1997-1999	228	4 es		*Productos lácteos líquidos (3); prod. Lácteos sólidos (1); pescados (5); carne y huevos (6); grasas (4); cereales y prod. (3); patatas(1); vegetales (4); frutas(4); bebidas, especias y dulces(3) 10 cestas de mercado 1 por cada grupo y 1 cesta de mercado global	nd	nd	NO	(Kiviranta, et al., 2004)
23° EDT Australia 2008	Alimentos nacionales 51	Cada 2 años	2 c	Bebidas alcohólicas(3); Bebidas no alcohólicas (8); Cereales y prod. a base de cereales (11); Condimentos (2), Lácteos (4); Huevos(1); Grasas y aceites (3); Frutas y frutos secos (17); Alimen. Infantiles (4); Carne, y prod cárnico (8);Frutos secos y legumbres (3); productos de la pesca (4); Snaks (1) Azúcar y dulces (3) ; Comidas para llevar (3)Vegetales (17) Total 92 alimentos en 16 grupos	2m/alim./c= 4 ma	3	SI	(FSANZ, 2011)
	Alimentos regionales 41	2 es	4-6 c		2m /alim/c= 8-12 ma Total: 570 total			
Canada 2007	300	Plurianual: cada año en 1c 4 es	9 c	Productos lácteos (12); , carne y cárnicos(11); pollo y derivados(2); , pescado y productos de la pesca(4).; aopas(4); cereales y prod a base de cereales(20).; vegetales y prod vegetales(24).; fruta y prod a base de fruta(19); aceites y grasas(2); miscelánea(10); bebidas(7); alimentos infantiles(9); alimentos que se cocinan en su envase(6); comida rápida. (8)	140 ma /año Total : 1260 ma en 9 años (140x9)	4	SI	(Dabeka and Xu-Liang Cao, 2013) (WHO, 2005a)
Nueva Zelanda 2009	Alimentos nacionales 61	2 es	1 c	Bebidas alcohólicas(3); Bebidas no alcohólicas(4); pollo, huevos, carne y pescado(17); lácteos(9); Frutas(17); Granos(18); Alimentos infantiles(4); Frutos secos(2); Aceites y grasas(3); Dulces (7); Comidas para llevar(8); Vegetales(26) Total 123 alimentos en 12 grupos	4 ma/alim/ es	4	SI	(Vannoort and Thomson, 2011)
	Alimentos regionales62 Total 123		4 r		4 ma/alim / es Total 982			
Hong Kong 2010-	150	4 veces al año		Cereales y prod.(19);vegetales y prod.(35);Legumbres, frutos secos y semillas (6).;Frutas(17);carne y prod (12).;huevos y prod (3).;pescados y prod(19).:lácteos(5).; grasas y	T: 600	3	SI	(Wong, et al., 2013)

2011				aceites(2);bebidas alcohólicas(2); bebidas no alcohólicas(10); platos preparados(12);Aperitivos(1); Azúcar y dulces(2); condimentos salsas y hierbas(5) Total de 150 alimentos en 15 grupos				
4°EDT China 2007			4 áreas/ 3 provincias /2 rurales y 1 urbano/30 hogares 4MB	Cereales y prod.; legumbres, frutos secos; patatas y prod.; Carne y cárnicos; Huevos u der.; alim. Acuáticos y prod.; leche y lácteos; vegetales y prod.;frutas y prod.; azúcar; bebidas alcohólicas y bebidas no alcohólicas Total12			SI	(Shang, et al., 2010)
Taiwan 2003	nd		3 c/2-3 pm	Cerdo (18); ternera (12); cordero (4);pollo (12);pato (4); ganso (2);pescado de mar (20); pescado agua dulce (4); crustáceos (4), leche (19); lácteos (12); grasas y aceites (4); huevos (6) Total 125 en 14 grupos	T:125	Variable según alim(ej: 12 m cerdo)	NO	Hsu et Al 2007
Japón EDT 1999-2004	nd	6años Cada año 20-30 alim/ grupo	1 c(Tokio)	Arroz y prod; cereales, semillas y patatas; azúcar y dulces; grasas y aceites; legumbres, frutas; vegetales verdes; otros vegetales, setas y algas; bebidas y estacionales; pescados y prod. Pesca; carne y huevos; leche y lácteos; alimentos preparados y agua de bebida. Total14 grupos	nd	nd	SI	(Sasamoto, et al., 2006)
Corea	114			Cereales y granos(13); tubérculos(2); azúcar y dulces(2); legumbres(3); Frutos secos y semillas(1); vegetales(23); setas; Frutas (12); carne y pollo(5); huevos(1); pescados y crustáceos(23); algas(2); leche y lácteos (4); aceites y grasas(3); bebidas(11); condimentos(12) Total 114 alimentos en 15 grupos	nd	3	SI	(Kwon, et al., 2009)
Libano 2004	77		1 c(Beirut) 5CM	*Pan y tostadas (3); bizcochos y croissants (3); pasteles y bollos (3); pasta y otros prod. cereales (3); pizzas y empanadas (3); arroz y proa. arroz(1); zumos de frutas (2), frutas(16); legumbres (5); verduras en lata (5);verduras cocinadas (14); vegetales crudos y ensaladas (4); patatas (2); queso (4); leche y bebidas lácteas (2);helados a base leche y pudín (2); yogur y prod.(2);carne y cárnicos(2);pollo (2); pescados (2) y agua de bebida (1) Total 77 alimentos en 21 grupos	T:105	5	SI	(Nasreddine, et al., 2006)
Libano 2009	81		1 c 3 CM	Pan y cereales(16); Patatas(2); Legumbres(5); Frutas(16); Carne y pollo(4); Vegetales(23); Zumos de frutas(2); Pescado(2); Leche(2); Lácteos(8); Agua(1) total 81 alimentos en 11 grupos	T:33	5	SI	(Nasreddine, et al., 2010)
Santiago		3es	1c/3	Bebidas alcohólicas (6); Pan (3); cereales (4); Huevos (1);	nd	nd	SI	(Muñoz, et

de Chile 2001-2002			muestreos	Grasas y aceites (5); pescados y crustáceos (7); Frutas (17); Legumbres y frutos secos (6); Carne (5); prod. Cárnicos(6); Leche(1), lácteos(5); Bebidas no alcohólicas(3); Patatas(1); especias(3); azúcar(7); vegetales (15) Total 95 alimentos en 17 grupos				al., 2005)
Pais Vasco	91	mensual	En 1 localidad distinta (>5000 hab)	*Huevos(1); carnes(7); der, cárnicos(6); pescados(13); leche(1); Der, lácteos(4); pan(2); cereales (6); legumbres y frutos secos(4); patatas(1); hortalizas y verduras(14); frutas(15); azúcares y dulces(4); aceites y grasas(6); bebidas no alcohólicas(3); bebidas alcohólicas(4) Total 91 alimentos en 16 cestas de mercado	T:16	nd	SI	Jalón
Cataluña 2000	Alim no envasados		7 c	Carnes y der(3).;pescados(5); vegetales(4); tubérculos(1); frutas(3); huevos(1); Leche(2); Lácteos(2); pan y cereales(4), legumbres(2); grasas(3) Total 30 alimentos en 11 grupos	4ma/alim	10 m/alimen	NO	(Bocio, et al., 2005)
	Alim envasados				2ma/alim	8 m/alim		
Cataluña 2008	Alim no envasados (30)		12 c/4 pm	Carnes y der(8).;Pescados(16); Vegetales(8); Tubérculos(1); Frutas(7); Huevos(1); Leche(2); Lácteos(5); Pan y cereales(4), Legumbres(4); Grasas(4); Bollería(3) Total 63 alimentos en 12 grupos	2 ma/alim	24m/alim	NO	(Castells, et al., 2012)
	Alim envasados(20)							
Valencia 2010	81	4 es	11c/ 2-3 pm	Agua envasada (1); Aceites y grasas (2); Bebidas alcohólicas (2); Bebidas no alcohólicas (3); carne y prod. Cárnicos (12); cereales, leguminosas, tubérculos y frutos secos (11); comidas preparadas (4); edulcorantes y condimentos (5); frutas y verduras (22); leche y lácteos (6); pescados y proa. pesca (12)	T:810	100	NO	Presente Estudio

n.d.: Dato no disponible

c: ciudad; r:región; pm: puntos muestreo; es: estación; m:muestra; ma: muestra agregada, muestra de análisis o composite

CM: Cesta de mercado

2.2.3 PREPARACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Distintas guías internacionales orientadas a estandarizar los estudios de dieta total, proponen que el análisis de los alimentos se realice sobre los alimentos preparados para su consumo (FAO/WHO, 2008), (EFSA, 2011a). Consecuentemente, para obtener los datos de contaminantes en alimentos a partir de un EDT, no es necesario aplicar factores de corrección sobre los alimentos crudos debido al procesado, ya que los análisis se llevan a cabo sobre la porción comestible (por ejemplo los plátanos son pelados y la piel descartada) y además incorporan el impacto del cocinado sobre los contaminantes químicos termolábiles o su posible pérdida o ganancia por efecto del cocinado.

Aunque en muchos EDTs se lleva a cabo la preparación culinaria de los alimentos en las formas habituales de consumo, en otras ocasiones se limpian y preparan (pelado, eliminación de espinas y huesos, etc) de la forma habitual en la que se hace en la cocina para su preparación culinaria y consumo (tabla 5)

Existe todavía bastante desconocimiento sobre la incidencia que los distintos tipos de preparación culinaria tienen sobre los niveles de contaminantes y residuos en los alimentos. La EFSA, indica que el Hg presente en los alimentos es estable y resistente a los efectos del procesado. La concentración de mercurio (Hg) en pescado no cambia con el cocinado. No obstante, como se pierde humedad durante el cocinado, las concentraciones de Hg pueden ser ligeramente más altas en el pescado cocinado que en el crudo. Aunque, algunos métodos de preparación, tales como una intensa fritura pueden incrementar el peso del pescado, resultando una concentración de Hg ligeramente más baja. Sin embargo, la cantidad total de Hg en pescado prácticamente no experimenta ningún cambio después del cocinado y si hay ligeros cambios según el método utilizado son insignificantes y en general no necesitan ser considerados cuando estimamos la exposición a Hg a partir de los alimentos (EFSA, 2012d).

Hay numerosos estudios que consideran tanto aumento como disminución de la concentración del As debido a los efectos del cocinado de los alimentos. El aumento de la T^a provoca una pérdida de agua, por lo que las formas solubles del As pueden perderse o concentrarse las no solubles. Algunas especies de As pueden ser convertidas en otras durante la preparación de los alimentos. En general estos cambios no son grandes pero pueden llegar a ser significativos después del cocinado a altas T^a , tales como las que pueden alcanzarse en la superficie de los alimentos durante la fritura o el asado. Devesa et al. citan tanto aumentos como pérdidas de la concentración de As después del cocinado de diferentes muestras de pescados. De hecho en muestras de bacalao y moluscos bivalvos, se llegó a

determinar aumentos de hasta un 37%, a causa de la pérdida de agua a la vez que cierta disminución en bivalvos, crustáceos y algunos pescados como consecuencia de la vaporización y solubilización del propio As (Devesa, et al., 2001). Ersoy et al., han estudiado los efectos del procesado (hervido y fritura) y almacenamiento en congelación en las concentraciones y patrón de especiación de compuestos de As en bacalao y salmón del Atlántico y mejillones y concluyen que el procesado de las muestras causa una limitada pérdida de agua, resultando un ligero incremento de la concentración de As sobre el peso fresco (Ersoy, et al., 2006). Dahl, en su estudio concluye que el procesado y almacenamiento por congelación no cambia el contenido de As total o no altera en gran medida el patrón de especiación (Dahl, et al., 2010).

En un estudio de revisión de los efectos de los tratamientos térmicos en las especies de As contenido en los alimentos, Devesa et al, concluyen, que en las zonas endémicas de As, la mayoría de los procesos de cocinado utilizados, implican un incremento en la concentración de As inorgánico y consecuentemente un incremento en los riesgos toxicológico para la población expuesta. En las zonas no endémicas de As, sin embargo el efecto puede ser el opuesto, con una considerable disminución de As inorgánico. Por lo tanto en el caso del As y sus especies aconsejan que la ingesta sea evaluada teniendo en consideración como van ser consumidos los alimentos por parte de la población (Devesa, et al., 2008).

También la EFSA (EFSA, 2009c) reconoce, que se han descrito cambios en el contenido del As y en el de sus especies en la preparación de los alimentos. Por ejemplo el lavado y secado de un alga comestible *Hizikia fusiforme* que tiene elevado contenido en As, puede reducir sus niveles por encima del 60%, sin embargo en el cocinado de ciertas algas no se produce esta disminución (Almela, et al., 2005).

El efecto del tratamiento sobre los niveles de distintos metales (As, Cd, Hg y Pb), ha sido evaluado por Perelló et al., señalando que en general los procesos de cocinado tienen una importancia muy limitada, como medio para reducir las concentraciones de estos contaminantes (Perelló, et al., 2008). Sin embargo, en otro estudio en el que se evalúa el efecto de cuatro formas de cocinado en las concentraciones de metales pesados en filetes de lubina, se concluye que los métodos de fritura y microondas aumentan las concentraciones de As y Cd. Los incrementos en la concentración de metales no eran estadísticamente significativos para los métodos de horneado y a la parrilla; no obstante las concentraciones de Pb disminuían significativamente. En otro estudio se indica que la reducción depende de las condiciones de cocinado tales como: tiempo, temperatura y método y se

concluye que, los métodos mas aconsejables para reducir su contenido son el horneado y la parrilla (Ersoy, et al., 2006).

En Cataluña, se han llevado a cabo diversos estudios para evaluar el efecto del tratamiento culinario, en los niveles de contaminantes orgánicos en los alimentos: PCDD/F, PCB y PCDE (Perelló, et al., 2010); PBDE, HCB, y HAP (Perelló, et al., 2009) y compuestos perfluorados (PFC) (Jogsten, et al., 2009) y las conclusiones que se obtienen son un tanto contradictorias y que en general los procesos de cocinado tienen una importancia muy limitada, como medio para reducir las concentraciones de estos contaminantes. Esta hipotética reducción, no se puede generalizar, ya que estos varían, no sólo en función del método de cocinado, es decir de las condiciones de cocinado (tiempo, temperatura, y medio de cocinado), sino especialmente en función del alimento que se trate. Sus resultados, en todo caso, no corroboran la hipótesis de que el cocinado de los alimentos reduce significativamente el contenido de contaminantes químicos. Si bien, hay que destacar que tampoco ninguno de los métodos de cocinado ensayados, generó de forma generalizada un incremento de los niveles de contaminantes Por otra parte los contaminantes orgánicos, están asociados a la porción grasa de los alimentos, por tanto los métodos de cocinado que liberen o eliminen la grasa del producto deberían reducir la cantidad total de los contaminantes orgánicos en los alimentos cocinados. (Domingo, 2011)

Kazerouni, estima la ingesta de Benzo- (a)- pireno (BaP) en 200 alimentos, y estudia la influencia de los distintos tipos de cocinado, concluye que en la carne la formación de BaP se incrementa con el método de la parrilla y la barbacoa y con el tiempo de cocinado. Se observan mayores niveles en la superficie que en el centro del producto. Sin embargo la incidencia de BaP en el pescado se atribuye a la contaminación en el agua mas que debida al cocinado, salvo que sean ahumados (Kazerouni, et al., 2001)

Habida cuenta de la complejidad y dificultades prácticas que genera la preparación culinaria de los alimentos en el complejo entramado de un EDT, una posibilidad es utilizar sólo las partes comestibles de los alimentos para su análisis en crudo. En este caso el efecto del cocinado solo se estudiará para refinar los datos, si se detecta una posible situación de riesgo.

2.2.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

El desarrollo de la química analítica ha aumentado la sensibilidad y especificidad de los métodos para determinar sustancias químicas en los alimentos, lo cual tiene como consecuencia el incremento de la frecuencia de detección de contaminantes en alimentos que se encuentran en concentraciones traza ($\mu\text{g/g}$, ng/g) (Kroes, et al., 2002).

El análisis de contaminantes químicos en estudios de dieta total, está sujeto a la variedad de matrices que componen la dieta de la población que deben ser analizadas para un amplio número de sustancias, junto con las bajas concentraciones a las que estos contaminantes pueden encontrarse en los distintos alimentos. (Dorne, et al., 2009). En el EDT de USA aproximadamente 280 alimentos se analizan para alrededor de 500 contaminantes a niveles de 0,1 ppb (Pennington and Hernández, 2002). Este esfuerzo analítico puede llevarse a cabo por medio de distintas estrategias que van desde las que abordan el análisis de uno o pocos contaminantes en matrices específicas hasta procedimientos generales de screening capaces de determinar cientos de analitos en un amplio espectro de matrices de un EDT. Además, con objeto de llevar a cabo una correcta identificación y cuantificación de los residuos, es necesario que se realice un exhaustivo control del sistema de calidad de los análisis (Sack, 2013).

Típicamente, la determinación de contaminantes en alimentos se desarrolla en un número de etapas (Ej. Muestreo, preparación de la muestra, separación, identificación y/o cuantificación de los compuestos objeto del estudio). Existen técnicas de separación que se utilizan habitualmente en la determinación de contaminantes orgánicos en alimentos, tales como la cromatografía de gases (GC), cromatografía líquida (LC) y la electroforesis capilar (EC).

Los sistemas de detección juegan un importante papel y deben ser suficientemente sensibles y específicos para una correcta determinación de los analitos. En particular la espectroscopia de masas (MS) acoplada a la GC, LC y EC, han llegado a ser herramientas esenciales que proveen información muy valiosa para la identificación de los compuestos orgánicos. El uso de la espectrometría de masa en tandem (MS_2) es frecuente con la introducción de diferentes analizadores de masas, los de triple cuadrupolo (QqQ) o los de trampa iónica y los sistemas híbridos [ej: cuadrupolo lineal trampa iónica (Qq-LIT) y cuadrupolo-tiempo de vuelo (Qq-TOF)]. El uso de estos sistemas no solo permite mejorar la sensibilidad sino que proporciona mayor capacidad de confirmación de la identidad de los analitos (Schuhmacher, et al., 2008). Mientras que la GC-MS está bastante bien establecida como técnica de rutina en muchos laboratorios de análisis de compuestos orgánicos

no polares, semi polares, volátiles y no volátiles, la LC-MS y la LC-MS/MS ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años con un gran número de aplicaciones en los alimentos. Es una poderosa herramienta para la detección y cuantificación de contaminantes polares y no volátiles, incluyendo: residuos de medicamentos de uso veterinario, así como metabolitos de productos de degradación de contaminantes en los alimentos (Picó and Barceló, 2008).

La espectrometría de absorción atómica (AAS) es una técnica que ha sido muy utilizada para los elementos traza, basada en la radiación absorbida por átomos para alcanzar un estado de excitación. Entre las técnicas de atomización se utiliza la de generación de hidruros (HG-AAS) para elementos tales como el As, Se y Sb y la generación de vapor en frío (CV-AAS) para la determinación de Hg en alimentos. La espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) es actualmente la técnica de elección para la determinación de elementos traza, es rápida, multielemento y muy sensible. En la cuantificación del Hg es muy utilizada la generación de vapor en frío acoplada a la espectrometría de fluorescencia atómica (CV-AFS) (Aras and Ataman, 2006)

No obstante a pesar de los avances en las técnicas instrumentales y los sistemas de detección, la complejidad de las matrices requiere, en la mayoría de los casos un gran esfuerzo en la preparación de las muestras, siendo a menudo todavía, el cuello de botella del procedimiento analítico completo (Ridgway, et al., 2007). El objetivo de esta etapa es la extracción de los compuestos de la matriz y la purificación del extracto para eliminar posibles interferencias que pueden dificultar la determinación final. La selección de los métodos de preparación de la muestra, dependen de la matriz y del analito. Actualmente los métodos de preparación de la muestra tienden a encaminarse hacia aproximaciones mas amigables con el medio ambiente, es la denominada química analítica verde (Tobiszewski, et al., 2009) (menor consumo de disolventes orgánicos), miniaturización, automatización y un acoplamiento lineal con la instrumentación final para la determinación. De esta manera se obtienen extractos con menor manipulación por parte del analista disminuyendo la probabilidad de errores experimentales. La extracción en fase sólida, por líquidos presurizados, microondas, microextracción en fase sólida son algunos de los requerimientos que ofrecen mayor rendimiento (Fidalgo-Used, et al., 2007).

La legislación en la UE establece los niveles de contaminantes máximos permitidos para diferentes alimentos (Comisión Europea, 2006b) y también fija las características de calidad de los métodos de muestreo y análisis que deben utilizarse para diferentes contaminantes (Comisión Europea, 2006c); (Comisión

Europea, 2006a); (Comisión Europea, 2007) y (Comisión Europea, 2014b). Los laboratorios que lleven a cabo análisis para estos fines, deben cumplir con los requisitos de funcionamiento, evaluación y acreditación establecidos en la norma UNE 17025 (AENOR, 2005), participar en planes apropiados de ensayos de aptitud ajustados al *Internacional Harmonised Protocol for the Proficiency Testing of Chemistry Analytical Laboratories*, elaborado bajo los auspicios de IUPAC/ISO/AOAC así como trabajar con procedimientos internos de control de calidad, tal como *Guidelines on internal Quality Control in Analytical Chemistry Laboratories*.

Es necesario respetar procedimientos específicos para la preparación de las muestras, tales como los establecidos en la norma EN 13804:2013 "Productos alimenticios. Determinación de elementos traza. Criterios de aptitud al uso, consideraciones generales y preparación de las muestras" (AENOR, 2013).

Los métodos de análisis deben estar validados, incluyendo siempre que sea posible, material de referencia certificado, para verificar que cumplen con los criterios de funcionamiento establecidos en los reglamentos comunitarios (Comisión Europea, 2006c); (Comisión Europea, 2006a); (Comisión Europea, 2007) y (Comisión Europea, 2014b)

2.3 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Estimar la exposición es una etapa clave en la evaluación del riesgo y supone la valoración cualitativa/cuantitativa de la ingestión probable de contaminantes a través de los alimentos.

2.3.1 TRATAMIENTO DE LOS VALORES <LOQ

En los estudios de evaluación del riesgo, no todos los contaminantes presentan niveles detectables en todos los alimentos. El criterio para asignar valores de concentración a los valores no detectados (ND) o no cuantificados (NQ) resulta crítico en términos de evaluación de la exposición a través de la dieta.

La proporción de valores no detectados (ND) variará según el grupo de sustancias analizadas. Por ejemplo, las micotoxinas, sustancias formadas por los hongos en los cultivos, son específicas de algunos alimentos y además en estos se distribuyen de manera muy heterogénea, por lo que normalmente muestran una gran proporción de valores ND y esporádicamente altas concentraciones. Hay casos donde es importante distinguir entre valores ND y ausencia total de contaminantes. Para contaminantes orgánicos persistentes, tales como las dioxinas,

PCBs y PBDEs sustancias ubicuas y que se encuentran sistemáticamente presentes en los alimentos, aunque algunas veces en muy bajas concentraciones, se acepta que siempre puede existir una cantidad, por pequeña que sea en los alimentos. Esto mismo sucede con los metales. Sin embargo, para contaminantes que se forman en el procesado de los alimentos, como la acrilamida, 3-monocloropropano 1,2 diol (3-MCPD) y para los pesticidas, puede que haya ausencia total de contaminantes, es decir, valores que sean verdaderos ceros, en el caso de que no se formen en el procesado o que el pesticida no se haya utilizado en el cultivo. Puede ser necesario utilizar juicios de expertos para evaluar los datos disponibles antes de llevar a cabo análisis estadísticos (Aerts, et al., 2013). Además un elevado número de valores por debajo del LOD/LOQ puede tener un gran impacto en la exactitud y precisión de las estimaciones, logrando distorsionar el valor obtenido de la media (FAO/WHO, 2008).

Existen diferentes criterios para el tratamiento de los valores ND, entre ellos, los más comúnmente utilizados son:

1.- METODO DE SUSTITUCIÓN: En función de la proporción de valores ND y del tamaño de la muestra, a los resultados ND se les asigna un valor igual a cero, al LOD/2 o al LOD, definiéndose como escenario: límite mínimo o lower-bound (LB), límite medio o middle-bound (MB) y límite máximo o upper bound (UB) respectivamente.

Este es el método que se ha utilizado más ampliamente en la evaluación de exposición. Diversos autores (Kroes, et al., 2002) y organismos internacionales (EFSA, 2010a), (FAO/WHO, 2008) han dado guías para sustituir los valores ND en la muestra, teniendo en cuenta tanto el número de datos como el número de valores ND, con objeto de obtener los estadísticos básicos mas adecuados. En la Tabla 6 se muestra el tratamiento de los datos en función de la proporción de valores no detectados que ha establecido EFSA (EFSA, 2010a)

Tabla 6. Tratamiento de los datos en función de la proporción de valores ND para el cálculo de ingestas de contaminantes (EFSA, 2010a)

PROPORCIÓN DE VALORES <LOD	ESTIMACIÓN DE LA MEDIA, MEDIANA, DS...
Ninguno, todos cuantificados	Verdadero valor
≤ 60% de No cuantificados (NC)	ND= LOD/2
>60% y ≤ 80% NC y al menos 25 resultados cuantificados	2 estimaciones ND=0 y ND=LOD
>80% NC y/o >60% y ≤ 80% NC y < 25 resultados cuantificados	No estimable

Este método tiene sesgos, que estarán en función de la verdadera variabilidad de los datos, el porcentaje de valores no detectados/cuantificados y del tamaño de la muestra. Otra desventaja es que no considera la distribución total de las muestras detectadas.

Pese a sus inconvenientes, son los mas ampliamente utilizados, por que son fáciles de implementar, son ampliamente comprensibles, en ellos se puede asumir que el upper bound (ND=LOD/LOQ) conduce a estimaciones muy conservadoras para los cálculos de evaluación de la exposición tales como una sobreestimación de la media y una infraestimación de la variabilidad.

2.- MÉTODOS ESTADÍSTICOS: Hay una amplia variedad de métodos estadísticos para el tratamiento de los valores ND. Los más comúnmente usados son: i) Paramétric maximum likelihood estimation (MLE), ii) Log-probit regression (Hewett and Ganser, 2007) y iii) Métodos no paramétricos The Kaplan-Meier method (KM) (Antweiler and Taylor, 2008).

Solo se recomienda la utilización de estos métodos, cuando se obtienen valores ND basados en un número de resultados analíticos alto. Si no es así, parece más adecuado utilizar los criterios de la EFSA expuestas en la tabla 6.

En los estudios de dieta total, se utiliza el método de sustitución, ya que frecuentemente el número de muestras de un alimento o grupo de alimentos no siempre es muy elevado. En general se siguen las recomendaciones de la EFSA y la OMS para el tratamiento de estos valores, teniendo en consideración el número de datos, el número de valores ND, con objeto de obtener los estadísticos básicos mas adecuados.

2.3.2. ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE CONTAMINANTES

La estimación de la ingesta de contaminantes o estimación de la exposición constituye una parte muy importante de los Estudios de Dieta Total ya que convierte los resultados analíticos de contaminantes en alimentos, en datos de exposición dietética que pueden ser comparados con los valores de referencia o estándares de salud establecidos (Kroes, et al., 2002). Dicha comparación es crucial para determinar si el valor estimado de exposición dietética de un determinado contaminante supone un riesgo para la salud de cualquier grupo poblacional.

Para la estimación de la exposición los datos de consumo de alimentos se combinan con datos de concentración de contaminantes (Figura 5), de acuerdo con tres tipos de enfoques:

- a) Determinista o estimaciones puntuales; b) Distribución simple y c) Análisis probabilístico

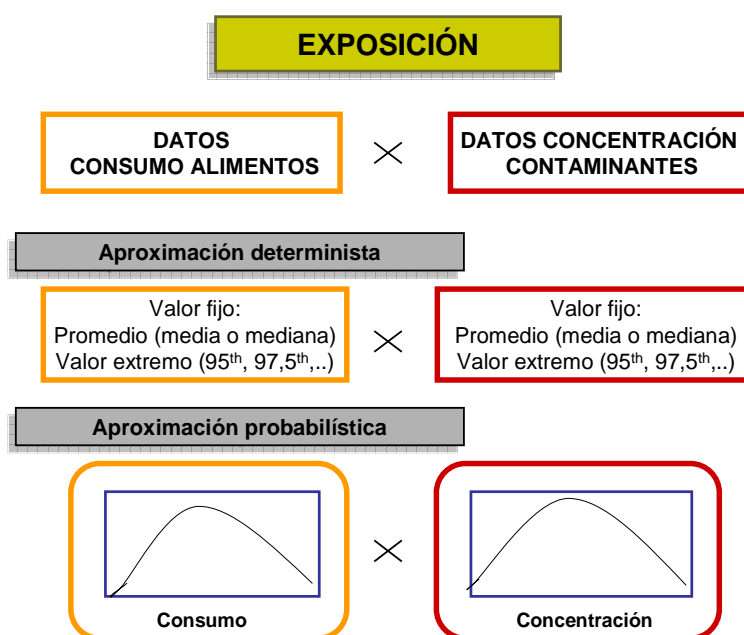


Figura 5. Enfoques para la estimación de la ingesta de contaminantes a partir de la dieta. Fuente (Dorne, 2009).

Las características básicas de los distintos enfoques son las siguientes:

- a) *Determinista o estimaciones puntuales de la exposición alimentaria:* Es un método a través del cual un valor fijo de consumo de alimentos (promedio o el valor mas alto) se multiplica por un valor fijo de concentración de contaminante en el alimento (valor promedio empírico o máximo valor tolerado o permitido por la legislación) y se suman las

ingestas provenientes de todos los grupos de alimentos (Dorne, et al., 2009) Este método es comúnmente usado como un primer paso de evaluación de la exposición, a modo de screening, ya que es relativamente simple y proporciona un adecuado nivel de información. Inherente a este modelo se encuentra la asunción de que todos los individuos consumen la misma cantidad de alimentos especificados y que los contaminantes se encuentran siempre presentes en los alimentos en las cantidades especificadas (promedio o alta concentración). Esta aproximación no tiene en cuenta el rango de posibles exposiciones que pueden suceder en una población o los principales factores que pueden influenciar los resultados de la evaluación (variabilidad e incertidumbre). Son aproximaciones muy conservadoras que normalmente tienden a sobreestimar la exposición. Si con ello se demuestra que están muy por debajo de los niveles guía basados en salud no es necesario el uso de otros métodos. Si por el contrario los valores obtenidos se aproximan a estos niveles guía, es necesario utilizar otros métodos mas refinados.

b) *Estimación por distribución empírica simple*: Es un término utilizado para describir un método que emplea distribuciones de ingestas de alimentos pero utiliza un valor fijo para la concentración de los contaminantes. Cada punto de la curva de distribución de consumo de alimentos puede ser multiplicado por el valor promedio de la concentración de contaminante en el alimento en cuestión (Kroes, et al., 2002). Inversamente, es posible tener un valor simple de consumo de alimento y una distribución empírica de concentración de contaminante en el alimento. Es un método cada vez mas utilizado debido a la capacidad de simulaciones del método Montecarlo. La combinación de consumos seleccionados al azar y valores de contaminación permite estimar distribuciones estadísticas de exposición (WHO, 2005a). Los resultados obtenidos son más informativos que los obtenidos con el determinista ya que tiene en cuenta la variabilidad de los patrones de consumo o de la concentración. No obstante mantiene asunciones conservadoras ya que asumen un valor fijo para la concentración de contaminantes o para el consumo de alimentos.(Leblanc, et al., 2005c), (FSANZ, 2003); (Food Standards Agency, 2004). La WHO (FAO/WHO, 2008) lo considera una forma de modelo probabilístico.

c) *Estimación probabilística*: Es un método mas avanzado en el proceso de la estimación de la exposición que implica describir las variables en términos de distribución caracterizando su variabilidad y/o incertidumbre, (EFSA, 2010b) y (Dorne, et al., 2009). Esta metodología utiliza

distribuciones tanto para datos de consumo de alimentos como para los datos de concentración de contaminantes en los alimentos y simula exposiciones dietéticas extrayendo valores de cada distribución de las variables de manera consistente con el modelo matemático que describe el proceso de exposición. Desde un punto de vista práctico una vez el modelo y los datos de entrada han sido seleccionados, combinados e introducidos en un software apropiado, se establece un número de simulaciones e iteraciones requeridas para determinar el rango y la probabilidad de todos los posibles resultados (Kroes, et al., 2002). Este modelo permite evaluar el porcentaje de población que puede estar en riesgo comparando la distribución de exposición, con los valores guía basados en salud establecidos para la sustancia en cuestión (Trudel, et al., 2011). Conceptualmente la exposición de una población debe concebirse como un rango de valores, más que como un valor simple ya que los individuos de una población experimentan diferentes niveles de exposición. Este enfoque requiere la previa definición de un modelo matemático para la exposición, que tenga en cuenta las distribuciones de las dos variables y el uso de softwares adecuados que realizan las iteraciones y los cálculos estadísticos y un alto nivel técnico (Kroes, et al., 2002), (Hsiao, et al., 2010).

La FAO/OMS (FAO/WHO, 2008), señala diferentes opciones para el desarrollo de un modelo probabilístico:

- *Estimación por muestreo aleatorio*: a partir del consumo de alimentos y/o distribución de las concentraciones de contaminantes (*Random sampling estimate from food consumption and/or chemical concentration distributions*). Hay dos aproximaciones para desarrollar distribuciones en la evaluación probabilística por muestreo aleatorio:
 - *Técnicas no paramétricas*: La función de distribución de la variable aleatoria se estima a partir de la distribución empírica, es decir se dispone de datos actualizados que representan la distribución. La evaluación probabilística se implementa seleccionando al azar uno de los valores del conjunto de datos de cada iteración de la simulación.
 - *Técnicas paramétricas*: Una variable de un modelo probabilístico se caracteriza por una distribución de probabilidad parametrizada (ej: una distribución Normal puede ser caracterizada por los parámetros media y DS). Por ello distinguiremos entre las variables del modelo y los parámetros de la distribución. Un modelo matemático

formulado por distribuciones de variabilidad con los parámetros de las distribuciones de incertidumbre toma la forma de modelo llamado jerárquico, porque los parámetros de estas distribuciones no son representados por números precisos sino por distribuciones de probabilidad. Los parámetros de estas distribuciones se llaman *hiperparámetros*. Para valores fijos de estos parámetros la distribución condicional de probabilidad de los resultados representan los efectos de la variabilidad en las bases de datos de los resultados. La distribución no condicional considera también la incertidumbre en los parámetros de distribución y representa los efectos combinados de la incertidumbre y la variabilidad en los resultados. (Trudel, et al., 2011)

- *Un caso concreto es el muestreo aleatorio por Simulación Monte Carlo.*

La simulación Monte Carlo implica el uso de números al azar para seleccionar valores de las distribuciones. La técnica ha sido aplicada a una gran variedad de diferentes escenarios. Se puede concluir que cuando se lleva a cabo convenientemente (con datos apropiados y cuando la simulación se realiza con suficiente número de "iteraciones"), el resultado simulará la situación actual real, porque la técnica utiliza valores a lo largo del rango de valores de la distribución. Dado que se trata de un muestreo al azar, existe la posibilidad de que la simulación Monte Carlo pueda ser inexacta en los extremos (superior e inferior) de la distribución, lo cual sucede particularmente cuando usamos una distribución paramétrica mas que con la no-paramétrica. En tal caso, cuando utilizamos una aproximación paramétrica para datos de contaminación, se puede introducir un valor de corte en la cola con respecto a un valor máximo observado "real" para determinados alimentos con objeto de evitar tener eventos de contaminación "no reales" que nunca pueden ocurrir en la vida real.(FAO/WHO, 2008). Los detalles sobre la arquitectura del software se recogen en diversos estudios (McNamara, et al., 2003) y resultados de los procesos de validación de pesticidas (López, A., Rueda, C., et al., 2003) y en trabajos sobre la visión de

conjunto de la validación de los modelos probabilísticos (Gibney and van der Voet, 2003)

- *Muestreo estratificado*: Un muestreo estratificado selecciona valores a intervalos regulares a través de cada distribución, por ejemplo se determina la media o mediana de cada cuartil de cada distribución. El primer inconveniente es que no produce estimaciones para valores extremos. Este problema puede ser mejorado, pero no enteramente resuelto, usando mas estratos (por ejemplo estimando la media de cada decíl en lugar de cada cuartil). La gran dificultad de este método estriba en que pueden llegar a requerirse un gran número de iteraciones requiriendo software adecuados.
- *Latin hipercube*: Se trata de un método estadístico que es esencialmente un híbrido del método de muestreo estratificado y al azar. Las distribuciones se dividen en estratos y entonces se dibujan muestras al azar de cada estrato con objeto de asegurar que las iteraciones son ponderadas a través del rango de los datos de cada distribución de concentración y de consumo de alimentos (Baert, et al., 2007). Trudel propone un método que es un híbrido entre el muestreo estratificado y al azar, con objeto de incrementar la calidad de los resultados en las colas de la distribución (Trudel, et al., 2011).

En la tabla 7 se muestran las características mas importantes de cada uno de los modelos de estimación de la exposición.

Tabla 7. Características de los modelos de estimación de la exposición a sustancias químicas a partir de la dieta

ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	OPCIONES DE DESARROLLO	DATOS:CONSUMO/ CONCENTRACIÓN	METODOLOGÍA	VENTAJAS/ INCONVENIENTES	REFERENCIAS
DETERMINISTA		Valor fijo (media o P95)	INGESTA (ng/Kg p.c./día) = Σ (CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL CONTAMINANTE EN EL ALIMENTO (ng/g) x CONSUMO DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día))	Es sencillo y barato Asume que toda la población consume la misma cantidad de alimentos y que todos los alimentos tienen la misma concentración de contaminantes	(Millour, et al., 2011; Rose, et al., 2010); (Muñoz, et al., 2005) ; (Dabeka and Xu-Liang Cao, 2013), (FSANZ, 2011)
DISTRIBUCIÓN SIMPLE		Valor fijo para una variable y distribución para la otra variable	Cada punto de la curva de distribución de consumo de alimentos se multiplica por el valor promedio de la concentración de contaminante en el alimento en cuestión o viceversa.	Tiene en cuenta la variabilidad de los patrones de consumo o de la concentración de contaminantes	(De Mul, et al., 2008) ; (Bilau, et al., 2008)
PROBABILÍSTICO	Muestreo al azar (MONTE CARLO) No paramétrica	-Distribución empírica	Muestreo aleatorio: Simula exposiciones dietéticas extrayendo valores al azar de cada distribución de las variables (consumo de alimentos y concentración de contaminantes en los alimentos) de manera consistente con el modelo matemático que describe	Tiene en cuenta la variabilidad de los patrones de consumo y de la concentración y la incertidumbre. Inexactitud en los valores extremos (U y L)	(Fattore, et al., 2006);(Linares, et al., 2010);(Windal, et al., 2010); (Sugita-Konishi, et al., 2010); (Roosens, et al., 2010);
	Paramétrica	-Distribución de probabilidad parametrizada (μ y DS) hiperparámetros			
	Muestreo estratificado		Muestreo estratificado: Selecciona valores a intervalos regulares de cada distribución (μ y M) de cada cuartil/decil.	No hace estimaciones para valores extremos Se necesita gran nº de iteraciones y personal muy especializado	
	Latin Hiper Cube		Híbrido de estratificado y al azar Se estratifican las distribuciones. De cada estrato se seleccionan valores al azar	Incrementa la calidad de los valores de las colas de la distribución.	

La utilidad de ambos modelos determinista y probabilístico depende de la disponibilidad y calidad de los datos y del objetivo de la evaluación.

En los últimos años cada vez son más los autores que utilizan en sus estudios el modelo probabilístico (Chien, et al., 2007), (Liang, et al., 2012). El NHANES utiliza un modelo de simulación estocástica, desarrollado por US EPA, el SHEDS-dietary Model, que utiliza un método de simulación Monte Carlo (Xue, et al., 2010)

Otros autores han utilizado ambos modelos determinista y probabilístico, estableciendo comparaciones entre ellos. Tanto Rasmussen en 2007, que estima la exposición a deoxynivalenol a través de harina de trigo en la población de Dinamarca (Rasmussen, et al., 2007)., como Coronel en 2011 que estima la exposición a Ocratoxina A por el consumo de café en la población de Cataluña (Coronel, et al., 2011) y Liu en China que compara la exposición a acefato por subgrupos de población, usando ambos enfoques (Liu, et al., 2011), obtienen valores similares para ambos modelos. Sin embargo, Hsiao, compara los dos métodos en la estimación de la ingesta promedio de Hg verificando los resultados mediante la comparación con biomarcadores de exposición (Hg en pelo) y concluye que la determinista es una estimación del peor de los casos y que sobreestima la ingesta (Hsiao, et al., 2010).

2.3.3 INCERTIDUMBRES EN LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

El requisito de aumentar la transparencia en la evaluación del riesgo ha puesto de manifiesto la necesidad de llevar a cabo estudios sobre *incertidumbres* científicas. Diversas publicaciones de la EFSA (EFSA, 2006a) y de la OMS (WHO, 2008b) han enfatizado la necesidad, para los asesores del riesgo, de caracterizar las *incertidumbres* y comunicarlas a los gestores del riesgo con objeto de que puedan determinar cuales son las mejores medidas a tomar.

En la práctica los científicos han sido conscientes de las *incertidumbres* en la evaluación del riesgo y frecuentemente incluyen alguna discusión en sus informes (Hsiao, et al., 2010). Sin embargo solo una pequeña proporción de publicaciones e informes de evaluación del riesgo ha considerado y expresado incertidumbres sistemáticamente y muy pocos han intentado cuantificarlas.

En el contexto de estimaciones de exposición a contaminantes a través de la dieta, es importante distinguir el concepto *incertidumbre* de *variabilidad*. La *variabilidad* se refiere a la variación que existe en el mundo real (heterogeneidad)

ej. variabilidad individual en el consumo de alimentos o en las concentraciones de contaminantes entre los distintos ejemplares de un mismo alimento (WHO, 2008b). Las *incertidumbres* se refieren a un parámetro que tiene un determinado valor, pero que no puede determinarse con precisión debido al error de medida o de estimación. La investigación puede reducir nuestra *incertidumbre* sobre una variable (dar una estimación más precisa de su media y varianza) pero no reduce verdaderamente su *variabilidad*, aunque puede ayudar a su comprensión. Incluso si el error de la medida es pequeño, el tamaño finito de la muestra conduce a incertidumbre en los parámetros estimados de la distribución de variabilidad (Vose, 2008). La distinción entre incertidumbre y variabilidad es importante por que la variabilidad no puede ser reducida por medidas adicionales o mejores equipos analíticos, mientras que en casos de elevada incertidumbre en evaluación de exposición, se puede mejorar aumentando el número de datos, mediante la adición de datos fiables (EFSA, 2012b).

EFSA recomienda una estrategia paso a paso en el análisis de las incertidumbres. Cada incertidumbre debe ser analizada en uno de estos tres niveles: *cualitativo, determinista o probabilístico*. La evaluación puede comenzar tratando todas las incertidumbres cualitativamente y aquellas que pueden ser críticas, pueden ser analizadas desde una perspectiva determinista o probabilística. (EFSA, 2006b)

- Cualitativo

Una vez listadas o descritas las incertidumbres que afectan a la evaluación de la exposición alimentaria es importante tener en cuenta el efecto combinado de las incertidumbres en los resultados. Por ello, es conveniente, incluso en el análisis cualitativo, dar indicaciones de:

- La *dirección*, es decir, cualquier influencia direccional de la incertidumbre en el resultado y la *magnitud*, es decir, la contribución a los resultados de cada incertidumbre individualmente (EFSA, 2006b).

- El efecto combinado de todas las incertidumbres consideradas.

- Determinista: Mediante el cálculo de diferentes puntos para explorar el rango de posibles valores de datos inciertos en la evaluación (mejor caso, peor caso), y calcular su efecto en los resultados. El objetivo, es evaluar si las incertidumbres pueden ser lo suficientemente grandes como para alterar el resultado de la evaluación (Efron and Tibshirani, 1994).

- Modelo de gestión pesimista: Trata incertidumbres mayores usando asunciones que se espera que conduzcan a una sobre-estimación de la exposición. La distribución resultante puede considerarse una estimación

muy superior a la verdadera distribución, de manera que no se considera probable que la verdadera exposición pueda ser mayor.

- Modelo de gestión optimista: Trata incertidumbres mayores usando asunciones que se espera que conduzcan a una infra-estimación de la exposición. La distribución resultante puede considerarse una estimación inferior a la verdadera distribución, de manera que no se considera probable que la verdadera exposición pueda ser inferior. (EFSA, 2012b)

El Análisis de Sensibilidad es una técnica cuantitativa que puede utilizarse para identificar aquellos aspectos de los inputs (consumo de alimentos y concentración de contaminantes en los alimentos) utilizados en la estimación de la exposición, que pueden contribuir significativamente en la generación de incertidumbre en los resultados obtenidos (EFSA, 2006b).

- Probabilístico (usando probabilidades o distribuciones de probabilidad). Dado que el muestreo de toda la población no es posible, debido al coste, tiempo y la no accesibilidad de los datos, se pueden utilizar técnicas de remuestreo, tales como el *bootstrapping* (Efron and Tibshirani, 1994) con objeto de hacer inferencias sobre la población a partir de los datos de la muestra. Se consigue una medida de la incertidumbre (intervalo de confianza) asociada con los parámetros de la distribución (media, DS,...). Cuanto mas limitados sean los datos mas amplio será el intervalo de confianza (Kroes, et al., 2002).

EFSA ha publicado una Guía para llevar a cabo evaluaciones de exposición probabilísticas a residuos de plaguicidas a través de la dieta, en la que introduce las técnicas de *bootstrapping* para cuantificar *incertidumbres* para datos de concentración de contaminantes y de consumo de alimentos tanto para modelos *optimistas* como *pesimistas*. Plantea un modelo de evaluación probabilístico de exposiciones crónicas, similar al Monte Carlo 2D, es decir la variabilidad y la incertidumbre se consideran de manera separada (EFSA, 2012b). A través de ella se hace una estimación de la distribución de la exposición obteniéndose la mediana y los intervalos de confianza, tal como se muestra en la Figura 6. Se representa las tres curvas acumulativas obtenidas; la central representa la mediana estimada de la distribución y las otras dos representan el límite inferior y superior de la distribución. Esta lectura junto a la de los distintos percentiles de la población muestra los efectos combinados de la variabilidad y la incertidumbre. (WHO, 2008b)

La Figura 6 muestra un ejemplo de distribución acumulativa de la exposición mostrando la variabilidad entre la población (curva gruesa) con un intervalo de confianza al 95% (curva fina) mostrando las incertidumbres para cada percentil

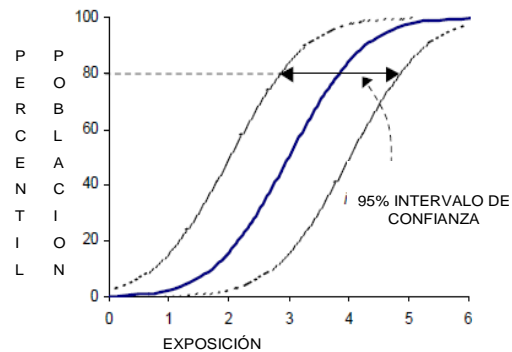


Figura 6. Ejemplo de distribución acumulativa de la exposición mostrando la variabilidad y las incertidumbres (EFSA; 2006)

Las evaluaciones cuantitativas y probabilísticas pueden caracterizar incertidumbres usando rangos, intervalos de confianza y distribuciones, pero éstas siempre necesitan acompañarse de buenos textos explicativos y de análisis cualitativos de incertidumbres que permanecen incuantificables. (EFSA, 2012e)

El Comité Científico de EFSA está potenciando la incorporación de evaluaciones sistemáticas de incertidumbres, en los paneles de evaluación de riesgo y comunicando sus conclusiones en las distintas opiniones publicadas. (EFSA, 2009b), (EFSA, 2012a)

2.4. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

La caracterización del riesgo es la fase final del proceso de evaluación del riesgo, en la cual la información de la caracterización del peligro; evaluación dosis-respuesta y evaluación de la exposición son consideradas en conjunto para determinar la actual probabilidad de riesgo de la población expuesta. La caracterización del riesgo de un peligro para el que se ha establecido un valor guía basado en salud (HBGVs) (EFSA, 2011c) se lleva a cabo por comparación de los

valores obtenidos en la estimación de la exposición con este umbral. Un valor de exposición por el consumo de alimentos por debajo del valor guía concluye en una ausencia de riesgo para la salud (Dorne et al., 2009). En la Figura 7 se muestra un esquema del proceso de evaluación del riesgo de contaminantes a partir de la dieta.

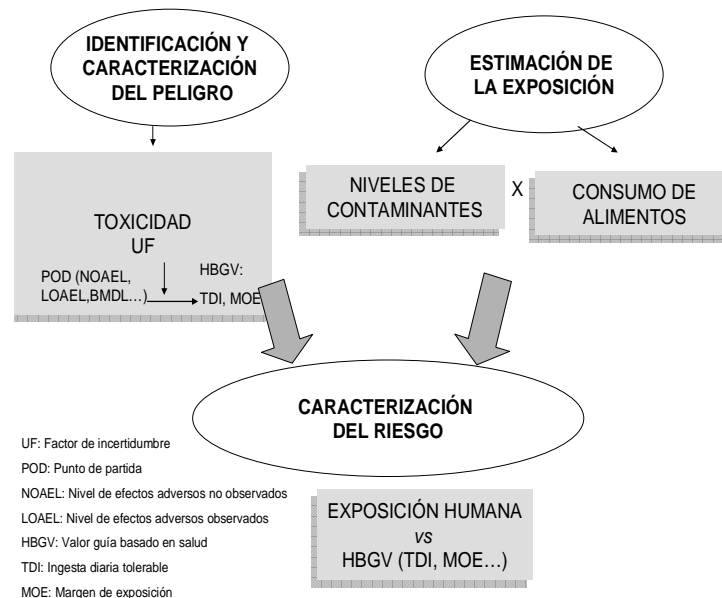


Figura 7. Evaluación del riesgo de contaminantes en los alimentos

Las características tóxicas de una sustancia se describen teniendo en consideración los órganos o sistemas a los que afecta (ej: riñón, hígado, sistema nervioso) o la enfermedad que causa (defectos al nacer, cáncer, etc). En el contexto de la evaluación del riesgo para la salud humana los tóxicos se pueden clasificar en dos categorías *carcinógenos* y *no carcinógenos o sistémicos*, basadas respectivamente en su potencial para inducir cáncer y poseer efectos tóxicos sistémicos (Asante-Duah, 2002).

Los tóxicos *no carcinógenos* se cree que operan por mecanismos de umbral, la manifestación de sus efectos requiere un nivel de umbral de exposición o dosis que cuando se excede da lugar al episodio. Se identifica un *umbral* o dosis bajo la cual, no se producen efectos adversos observables. Esto conduce a pensar que exposiciones continuas a niveles por debajo del *umbral*, no producirán efectos adversos notables para la salud. Se cree que existen mecanismos de protección en el sistema fisiológico de los mamíferos que deben ser superados antes de que los efectos tóxicos de las sustancias químicas se manifiesten. Consecuentemente existe un rango de exposición entre cero y un valor finito, llamado *nivel umbral*, que puede ser tolerado por el organismo expuesto sin probabilidad de efectos adversos.

Esta característica distingue los tóxicos no *carcinógenos* o sistémicos de los *carcinógenos* y mutagénicos, los cuales son a menudo tratados como procesos *sin umbral*. En evaluación del riesgo, se asume que, una exposición finita a tóxicos *carcinógenos* puede conducir a un estado clínico o enfermedad. Esta hipótesis es referida como *sin umbral* y se cree que no hay esencialmente ningún nivel de exposición a un producto químico que no plantee una probabilidad finita, por pequeña que sea, de generar una respuesta carcinogénica (Asante-Duah, 2002)

La relación entre el grado de exposición a una sustancia química y la magnitud de los efectos inducidos (respuesta), es típicamente descrita por una curva *dosis-respuesta*, ver Figura 8. La parte mas importante de la curva *dosis-respuesta* para una sustancia con *umbral*, es la dosis a la cual se muestran los primeros efectos significativos. La dosis mas alta que no produce un efecto adverso observable es el NOAEL (no-observed-adverse-effect-level) y la dosis mas baja que produce un efecto adverso observable es el LOAEL (lowest-observed-adverse-effect-level).

En el caso de los aditivos alimentarios y los residuos de plaguicidas y medicamentos de uso veterinario en los alimentos, el valor guía para los límites de exposición basado en criterios de salud es la Ingesta diaria admisible (IDA). JECFA y JMPR establecen la IDA que surge de aplicar factores de incertidumbre al LOAEL/NOAEL más bajo relevante en las especies más sensibles. En los contaminantes de los alimentos, que en general son inevitables, el JECFA ha usado para los valores guía el término "tolerable", que indica que la ingestión de contaminantes asociada con el consumo de alimentos, por lo demás conformes a las normas de higiene, es aceptable. Los principios para calcular los niveles de ingestión tolerable son los mismos que para la IDA. Los valores guía se pueden expresar como IDT (ingesta diaria tolerable) o como IMDTP (ingesta máxima diaria tolerable provisional), el término "provisional" indica que la evaluación es provisional. La IMDTP se utiliza para contaminantes alimentarios que se sabe no se acumulan en el organismo. En el caso de los contaminantes que si se acumulan con el tiempo, el JECFA utiliza la ISTP (ingesta semanal tolerable provisional) o IMTP (ingesta mensual tolerable provisional)(FAO/WHO, 2009).

Para contaminantes con umbral, la caracterización del riesgo compara el valor de referencia (IDA/IDT...) y la exposición estimada, con objeto de concluir si hay riesgo para la salud. Dado que la IDA/IDT se aplica a exposiciones a largo plazo e incorpora factores de incertidumbre, un nivel de exposición superior al valor de referencia, no es deseable, pero no necesariamente implica que esto puede

conducir a efectos adversos inmediatos en humanos y la interpretación tiene que ser hecha caso por caso (Dorne, J. L. C. M. and Fink-Gremmels, 2012).

El concepto de tóxicos *carcinógenos (sin umbral)* y no *carcinógenos (con umbral)* ha ido evolucionando con el tiempo. Así los *carcinógenos* se diferenciaron a su vez en *genotóxicos* y *no genotóxicos*, estos últimos también llamados *epigenéticos* o *no ADN reactivos*. En los compuestos *genotóxicos*, la mutación celular es el principal evento para iniciar el proceso de inducción de un tumor mientras que en los *no genotóxicos, epigenéticos* o *no ADN reactivos* el proceso de inducción de un tumor se puede iniciar por modos epigenéticos de acción, es decir, que no implican directamente interferencias con el ADN (interacciones entre genes y ambiente). El punto de vista de que los *carcinógenos no genotóxicos* presentaban fenómenos de umbral y además suponían menos riesgo para los humanos a bajos niveles de exposición que los *carcinógenos genotóxicos* ha sido universalmente aceptado (Barlow and Schlatter, 2009) (Figura 8).

En Europa, el SCF consideró en principio, que las exposiciones a sustancias que fueran *carcinógenas* y *genotóxicas* debían ser tan bajas como fuera razonablemente posible (ALARA). El Comité siguió revisando las aproximaciones de evaluación de riesgo para estas sustancias para finalmente en 2005 recomendar una aproximación armonizada basada en el "margen de exposición" (MOE) (EFSA, 2005). La FAO-OMS a través de JECFA finalmente también concluyó que el cálculo de un margen de exposición (MOE) definido como un ratio entre un punto de partida (PoD) elegido en el rango de dosis observadas para la carcinogenicidad (curva dosis-respuesta) y la exposición estimada era una buena opción (FAO/WHO, 2005).

CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

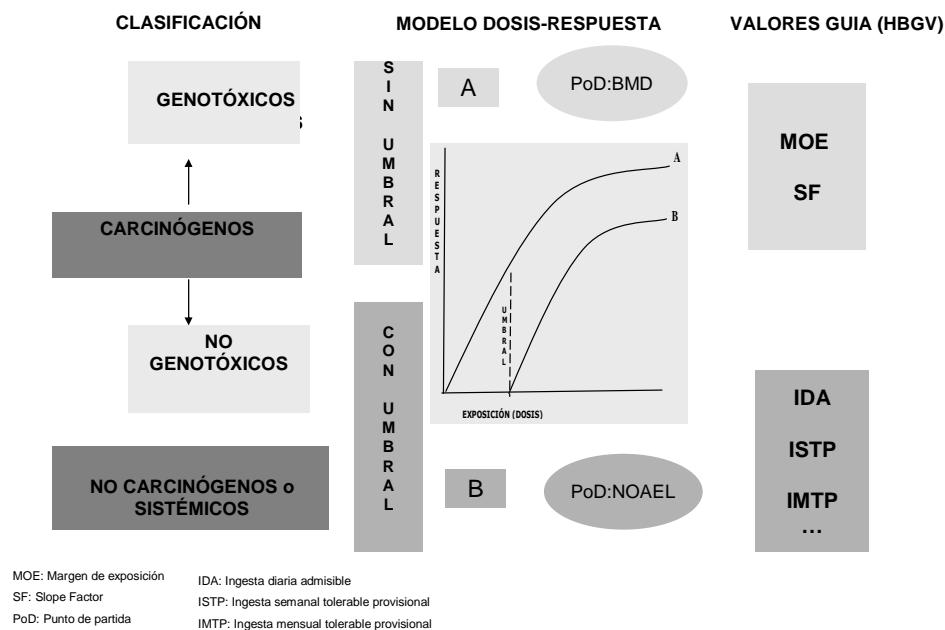


Figura 8. Mecanismo de acción de las sustancias tóxicas (modelo dosis-respuesta) y valores guía.

La caracterización del peligro (evaluación dosis-respuesta) de sustancias que son consideradas carcinógenas y genotóxicas podría estar basada en datos dosis-respuesta disponible para el cáncer. Si hay disponibilidad de datos de estudios epidemiológicos en humanos pueden utilizarse para caracterizar el peligro y podría evitarse la necesaria comparación entre especies y extrapolación sobre muchos ordenes de magnitud. En caso contrario, estos datos derivan mayoritariamente de estudios en animales de experimentación dando dosis diarias de órdenes de magnitud mucho más grandes que las ingestas estimadas en humanos. La FAO/OMS, a través del programa IPCS (Programa Internacional de Seguridad química) en 2004, recomienda el uso de BMDL, (valor mas bajo de la dosis de referencia) como punto de partida para la caracterización del peligro (FAO/WHO, 2009).

El BMD (dosis de referencia), estima la dosis que causa una respuesta baja pero medible generalmente el 5 o 10% de incremento en la respuesta. Si se dispone de datos adecuados de bioensayos de cáncer en animales o menos probable en humanos, los datos se tratan con modelos matemáticos seleccionados con criterios de aceptabilidad como la bondad de ajuste. Para cada modelo de curva dosis-respuesta aceptado se obtiene un valor de BMD tomándose el valor más bajo que por tanto representa la aproximación más conservadora. Se obtiene por tanto,

el BMDL, el valor mas bajo que da un incremento de un 5 a un 10% en la respuesta con un intervalo de confianza del 95% (Dorne, J. L. C. M., et al., 2011).

La aceptabilidad de un MOE depende de su magnitud, por ello, para evaluar el riesgo siempre se debe acompañar los resultados con información de la naturaleza y magnitud de las incertidumbres para ambos datos, toxicológicos y de exposición (FAO/WHO, 2009). Cuanto mas bajo sea el MOE mayor es el problema sanitario generado. El Scientific Committee de EFSA considera que un MOE de 10.000 o superior (cuando usamos datos sobre animales para obtener el BMD o BMDL) es de baja preocupación para la salud pública, mientras que bajos valores de MOE podrán interpretarse que se requiere estrategias de intervención para la adopción de medidas que disminuyan los niveles de exposición. (Dorne, J. L. C. M. and Fink-Gremmels, 2012). No obstante hay que tener presente que los valores de MOE varían según el contaminante considerado.

Para la caracterización del riesgo de sustancias carcinógenas genotóxicas, EPA utiliza el factor de potencia de cáncer (CPF), es decir una estimación del resultado (exceso de cáncer) por unidad de dosis (unidad de riesgo de cáncer UR o el factor de pendiente de cáncer CSF) (EPA, 2005)

En general, el CPF se utiliza en la evaluación del riesgo para la salud humana para estimar un límite superior con un intervalo de confianza del 95 %, de la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer como resultado de la exposición a un nivel dado de potencial carcinogénico durante toda la vida. Esto representa un slope factor (SF) , derivado de una función matemática usada para extrapolar la probabilidad de incidencia de cáncer procedente de bioensayos en animales usando altas dosis, con objeto de reproducir lo que se espera observar a bajas dosis, probablemente encontradas en exposiciones humanas crónicas.

El CPF o SF, es una medida de la potencia o toxicidad carcinógena de una sustancia química. Es el plausible límite superior estimado de la probabilidad de una respuesta por unidad de ingesta de una sustancia química durante toda la vida, representada por el "riesgo de cáncer" por unidad de dosis (riesgo por mg/kg/día) (Asante-Duah, 2002).

Con objeto de determinar que aproximación es la más adecuada para llevar a cabo la evaluación del riesgo de los carcinógenos, se ha alcanzado un consenso acerca de la importancia de incorporar información sobre el mecanismo de acción. Cuando no hay información disponible o no es adecuada para descartar un mecanismo de acción genotóxico, entonces los asesores utilizaran por defecto las aproximaciones más conservadoras para las sustancias que son consideradas carcinógenas y genotóxicas. A pesar de las continuas divergencias de los puntos de

vista sobre la validez y la utilidad de utilizar una extrapolación lineal para generar estimaciones de riesgo numéricas para carcinógenos genotóxicos, parece que existe un común acuerdo en las recomendaciones, sobre el hecho de utilizar la aproximación del *margen de exposición*, ya sea como un componente clave (EFSA, WHO) o como una pieza adicional de información de la caracterización del riesgo (EPA) con objeto de servir de ayuda a los gestores del riesgo en las decisiones a adoptar (Barlow and Schlatter, 2009).

3. METALES PRIORITARIOS EN SEGURIDAD ALIMENTARIA

Los alimentos constituyen una de las principales vías de exposición humana para la población general a los contaminantes químicos. La importancia de dicha vía de exposición depende de la cantidad de contaminante ingerido y de su toxicocinética. En el organismo pueden acumularse y según su potencial toxicológico, producir efectos adversos en la salud (Moffat and Whittle 1999).

Existen determinados grupos de sustancias que han adquirido el estatus de contaminantes prioritarios en seguridad alimentaria debido a su amplia presencia en el medio ambiente y por ende en la cadena alimentaria y a su toxicidad. Son objeto de programas de vigilancia y de regulaciones internacionales que tienen como fin último preservar la calidad del medio ambiente, de los alimentos y la salud de la población. En Europa quedan recogidos en el ámbito de distintos Reglamentos, entre ellos, el Reglamento (CE) N°1881/2006, que fija el contenido máximo de determinados contaminantes, entre los que se encuentran los metales pesados (Hg, Pb y Cd), en los productos alimenticios (Comisión Europea, 2006b).

Los metales pesados, se encuentran distribuidos en el medio ambiente de forma natural, ya que forman parte de la corteza terrestre, y se redistribuyen en el medio ambiente por *ciclos naturales* tanto de naturaleza *geológica* como *biológica* (UNEP, 2013). La actividad humana ha contribuido a diseminar los metales en el medio ambiente, acortando el tiempo de permanencia en los minerales y produciendo nuevos compuestos (Ahmed, 1999), lo que a su vez ha favorecido la generación de nuevas fuentes de exposición que se conocen como de origen antropogénico. En la Figura 9 se muestra el ciclo natural de los metales en el medio ambiente

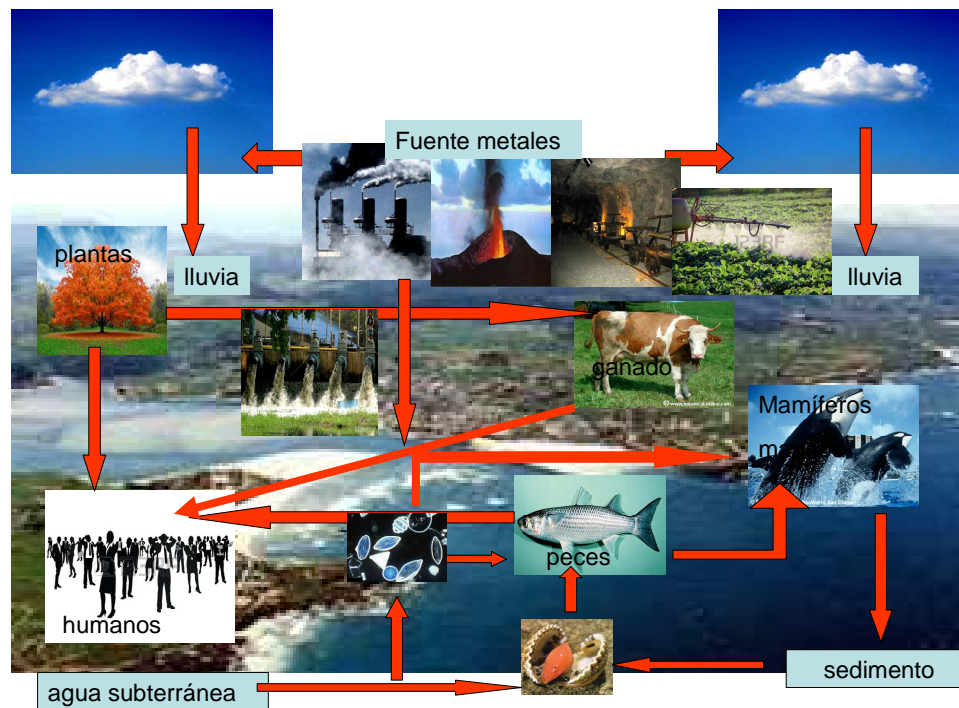


Figura 9: Ciclo natural de los metales en el medio ambiente

Los metales pesados son causa de numerosas alertas alimentarias, que se difunden y gestionan a través del sistema de alerta rápida para alimentos y piensos de la Unión Europea (RASFF). A través de esta red las autoridades sanitarias de los EEMM notifican la información relativa a un riesgo grave directo o indirecto para la salud humana derivado de un alimento o pienso (Parlamento y Consejo Europeo, 2002). Según datos de la Comisión Europea (Comisión Europea, 2013), en 2013 el número de notificaciones de alerta por peligros químicos ha supuesto el 45% del total y de ellas el 21% corresponden a metales pesados. Entre las notificaciones por metales, el Hg en pescados y el Cd en pescados y productos de la pesca son los más notificados en los últimos 5 años. Estos datos ponen de relieve que la contaminación natural y antropogénica implica la entrada de estos contaminantes en la cadena alimentaria

Por su prevalencia, relevancia toxicológica (Soghoian and Sinert, 2009) y mayor preocupación para la salud pública, son objeto de este estudio el Pb, Cd, Hg y el As.

3.1 PLOMO

El Plomo (Pb), es el metal tóxico mas ubicuo ya que está presente en prácticamente todos los compartimentos del medio ambiente inerte y en todos los sistemas biológicos. Se encuentra naturalmente presente en el suelo, aunque raramente en su estado elemental (Ahmed, 1999). Generalmente se halla mezclado con dos o mas elementos formando compuestos, tal como el PbS (galena) y el $PbCO_3$ (cerusita) y puede combinarse con otros metales (Cu, Ag, Bi...) para formar aleaciones. El Pb se extrae de las minas en más de 40 países, los mayores productores son China y Australia que suponen el 30 y 22% respectivamente, de la producción minera global (UNEP, 2010a).

La actividad antropogénica ha contribuido a su diseminación y aumento en el medio ambiente como consecuencia de su presencia en baterías, municiones, soldaduras, galvanización, tuberías, insecticidas, pigmentos en pinturas, colorantes, cerámica y vidrio y hasta hace unos años como aditivo (tetraetilo y tetrametilo de Pb) de la gasolina (US ATSDR, 2007c). Existen evidencias del aumento de las concentraciones de Pb en el medio ambiente como consecuencia de esta actividad en los últimos 300 años, así como de su descenso en las últimas décadas. Las estimaciones de emisiones antropogénicas son del orden del 20% de las emisiones naturales (UNEP, 2010a).

El Pb contenido en suelos no contaminados de áreas remotas es del orden de 10-30 mg/kg mientras que el contenido de Pb de suelos cercanos a carreteras o ciudades es del orden de varios miles de mg/kg y en los suelos cercanos a fabricas de baterías y fundiciones es del orden de 60.000 mg/Kg (UNEP, 2010a).

Desde 1970 en Europa y Estados Unidos se vienen adoptando medidas para regular el contenido de plomo en pinturas, petróleo, latas de alimentos, tuberías, suelo y polvo. En concreto ha sido significativa, la medida adoptada en la Directiva 98/70/CE que establecía la obligación de los EEMM de prohibir la comercialización de la gasolina con plomo en su territorio (Parlamento y Consejo U E, 1998). Asimismo, la OMS a través del United Nations Environment Programme (UNEP) ha establecido medidas para reducir los niveles de Pb en la pintura, mediante una Alianza mundial con un planteamiento de objetivos a cubrir en etapas 2013, 2015 y 2020 (WHO, 2012).

Según datos de la Agencia de Protección Ambiental de USA (EPA) las emisiones atmosféricas del plomo han descendido un 93% en los últimos 21 años (1982-2002) (US ATSDR, 2007c). El descenso ha sido debido a la disminución en el uso de aditivos de Pb en la gasolina, un descenso que ha continuado en los últimos

10 años (UNEP, 2010a). Otra evidencia es la significativa disminución, según datos de NHANES, de los niveles de plomo en sangre de la población de Estados Unidos de 1 a 74 años en un 78%, pasando de 12,8 µg/dl a 2,8 µg/dl (US ATSDR, 2007c)

Casi toda la exposición medio ambiental a plomo, incluyendo la alimentaria, se debe a los compuestos inorgánicos. Los compuestos orgánicos del Pb, (tri-alquíl-tetraalquíl y otros órgano compuestos de plomo) que son los mas tóxicos, pueden ser absorbidos a través de la piel, limitándose a una exposición ocupacional (Ahmed, 1999), (US ATSDR, 2007c); (UNEP, 2008) algunos compuestos orgánicos de plomo son metabolizados a plomo inorgánico tanto en humanos como en animales.

El Pb es un metal pesado que es muy tóxico a bajas dosis de exposición y tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud humana. La exposición humana al plomo puede ocurrir a través de los alimentos, el agua, el suelo, el polvo y el aire, siendo la ingestión a través del agua y los alimentos las principales vías. El Pb entra en la cadena alimentaria a través del suelo en los cultivos, como consecuencia de la deposición atmosférica, el agua y por migración a través de los materiales en contacto con los alimentos.

La absorción del Pb en el tracto gastrointestinal depende de las características de la persona y de las propiedades físico-químicas del alimento ingerido. Del Pb ingerido solo el 5-15% es absorbido en adultos, en niños la cantidad absorbida puede llegar a ser del 50% (Ahmed, 1999) y (Soghoian and Sinert, 2009). El Pb absorbido es transportado en la sangre fundamentalmente en los eritrocitos desde donde se traslada a los tejidos blandos, incluyendo riñón, hígado y tejido óseo donde se acumula con los años. Desde los huesos, se libera gradualmente de nuevo al torrente sanguíneo, particularmente durante determinados períodos fisiológicos o patológicos de desmineralización del hueso como el embarazo, la lactancia y la osteoporosis, aunque la exposición al Pb ya haya cesado. Las madres lo transfieren a través de la placenta y de la alimentación materna. La vida media del Pb inorgánico en sangre y huesos es de aproximadamente 30 días y entre 10 y 30 años respectivamente. La excreción se produce por orina y heces fundamentalmente (US ATSDR, 2007c).

Se trata de un tóxico multiorgánico, que puede causar efectos, neurológicos, cardiovasculares, renales, gastrointestinales, hematológicos y reproductivos. El tipo y gravedad de los efectos, depende del nivel, duración y tiempo de exposición (UNEP, 2010c). El sistema nervioso central es el órgano diana para la toxicidad del Pb en humanos. En adultos la neurotoxicidad asociada al Pb afecta al proceso de información central especialmente a la organización visual-espacial, a la memoria

verbal a corto plazo, causa síntomas psiquiátricos y perjudica la destreza manual. Hay evidencias que demuestran que el cerebro en desarrollo es más vulnerable al Pb que el cerebro maduro. En niños niveles elevados de Pb en sangre están asociados con una reducción del coeficiente de inteligencia (QI) y una reducción de las funciones cognitivas al menos hasta los 7 años de edad (EFSA, 2010b). Estos efectos se han utilizado históricamente como límite crítico para establecer la ISTP.

La IARC (Internacional Agency for Research of Cancer) clasificó al Pb inorgánico como probable carcinógeno para humanos (Grupo 2A) en 2006. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.

En 2010, la EFSA concluyó que la ISTP para el plomo de 25 µg/kg p.c. establecida con anterioridad por la FAO/OMS, ya no era apropiada, debido a que no había evidencia de un umbral para varias variables críticas, entre ellas los efectos cardiovasculares y nefrotoxicidad en adultos, por lo que no sería apropiado derivar una ISTP. Esta conclusión fue confirmada por el JECFA, al tiempo que expresó la preocupación por los efectos sobre el desarrollo neurológico en los niños, feto y en las mujeres embarazadas, teniendo en cuenta los niveles de exposición al plomo. El dictamen de la EFSA 2010 identificó una dosis de referencia (BMDL₀₁) de 0,50 µg/kg p.c. /día, para la neurotoxicidad del desarrollo en los niños pequeños. También tuvo en cuenta los efectos cardiovasculares y de nefrotoxicidad en los adultos como posibles potenciales efectos críticos adversos con sus respectivas BMDL₀₁ y BMDL₁₀ de 1,50 y 0,63 µg/kg p.c. /día (EFSA, 2010b).

3.2 CADMIO

El conocimiento de este metal es relativamente reciente, fue descubierto como un elemento en 1817 y su uso industrial fue minoritario hasta hace 50 años. El cadmio (Cd), es un elemento escaso en la corteza terrestre (Ahmed, 1999). El único mineral de Cd es la greenockita (CdS), cuyas minas, son difíciles de encontrar y suele hallarse en pequeñas cantidades. Se encuentra naturalmente presente en el medio ambiente como resultado de emisiones volcánicas y de la erosión de las rocas (US ATSDR, 2012).

Fuentes antropogénicas incrementan los niveles de Cd en el suelo, agua y organismos vivos. Es un subproducto de la minería y fundición del plomo, zinc y cobre, los cuales son importantes fuentes de contaminación medioambiental (Ahmed, 1999). También es liberado al medio ambiente como residuo de las incineradoras, de la producción de cemento y de los lodos de las depuradoras.

(Clemens, 2006). El mayor uso del Cd se da en la fabricación de baterías de níquel-cadmio (NiCd); en pigmentos para plásticos, cerámicas y esmaltes; en su uso como estabilizante para plásticos, en particular para el cloruro de polivinilo (PVC) y en aleaciones de Pb, Cu y Sn. Desde 1990, el consumo de Cd para pigmentos, estabilizantes y aleaciones ha disminuido significativamente (UNEP, 2010b). La OMS indica que las emisiones de fuentes antropogénicas de Cd han disminuido en un 50% de 1990 a 2003 en Europa (WHO, 2007) y en Norteamérica (UNEP, 2010b) y que las emisiones naturales superan entre 5 y 30 veces a las emisiones antropogénicas.

El cadmio liberado a la atmósfera en forma particulada se somete al transporte atmosférico y eventualmente se deposita en el medio ambiente terrestre y acuático, existiendo un flujo entre los tres compartimentos. El Cd tiene un tiempo relativamente corto de permanencia en la atmósfera (días o semanas). Sin embargo, el tiempo de permanencia del Cd en los océanos ha sido estimado en alrededor de 15000 años, por lo que el depósito oceánico del Cd es muy grande en comparación con las contribuciones antropogénicas del Cd en las aguas superficiales (UNEP, 2010b).

Aunque solo una fracción del Cd total se encuentra disponible, la absorción de Cd por las plantas es la principal ruta de entrada de este metal en la cadena alimentaria. Muchos factores tales como el pH del suelo, el contenido de materia orgánica (parte del Cd queda inmovilizado al unirse a ella), la variedad vegetal, pueden ejercer una importante influencia siendo factores determinantes de este proceso. (US ATSDR, 2012).

El contenido de Cd en suelos no contaminados es del orden de 0,1-2 ppm. Importantes fuentes de contaminación del suelo por Cd son fruto de la deposición atmosférica, de las aguas residuales así como del uso agrícola de los lodos de las depuradoras, estiércol o fertilizantes fosfatados (Clemens, 2006). La deposición atmosférica de Cd ha estado disminuyendo como resultado del descenso de las emisiones, pero era a finales de los 90 la mayor fuente de entrada de Cd en los suelos cultivados en muchos países de Europa.

Se están llevando a cabo numerosas acciones con objeto de limitar la comercialización y el uso de cadmio, por ejemplo, como agente colorante de una serie de polímeros y pinturas y como estabilizante en el PVC en una serie de aplicaciones. También se están adoptando medidas específicas comunitarias, para limitar los riesgos derivados de la utilización de barras de soldadura (Comisión Europea, 2011). Recientemente la Comisión Europea ha adoptado una Recomendación, sobre la reducción de la presencia de cadmio en los productos

alimenticios. Es consciente que la reducción de los contenidos máximos no va a ser inmediata ni fácil, pero por ello es necesario aplicar métodos de mitigación por parte de los agricultores y de los explotadores de empresas alimentarias para la reducción de su presencia (Comisión Europea, 2014a).

El cadmio es un elemento no esencial y tóxico para los humanos, afectando principalmente al riñón y al esqueleto. Se acumula en huesos, que puede servir de fuente de exposición a lo largo de la vida (UNEP, 2010b). A parte del tabaco, la población general está expuesta al Cd procedente de múltiples fuentes, constituyendo los alimentos el 90% de la exposición al Cd para la población no fumadora y no expuesta ocupacionalmente (Clemens, 2006). Menos de un 10% de la exposición en población no fumadora procede de la inhalación de niveles de Cd del medio ambiente y a través del agua de bebida (US ATSDR, 2012).

Datos obtenidos en animales de experimentación muestran que la absorción vía pulmonar es más alta que la vía del tracto gastrointestinal. Más del 50% del Cd inhalado puede ser absorbido. En cambio, únicamente el 5% de la ingesta oral es absorbida a través del tracto gastrointestinal, que está influenciada por el tipo de dieta y el estado nutricional de la persona. Numerosos factores pueden incrementar la absorción, tales como: ingesta de vitamina D, calcio y elementos traza, ej zinc y cobre (Godt, et al., 2006). Un déficit de hierro puede también influenciar la absorción de Cd, incrementándola hasta en un 6%.

La excreción es normalmente lenta y la vida media biológica es muy alta ya que el Cd es fuertemente retenido en el riñón y el hígado con una vida media de entre 10 y 30 años. El Cd es ante todo tóxico para el riñón, especialmente para las células del tubo proximal donde la acumulación, puede causar una disminución de la velocidad de filtración glomerular, un incremento de la excreción de proteínas en orina y eventualmente fallo renal (Bernhoft, 2013). El Cd puede causar también desmineralización de los huesos resultado de un efecto directo sobre los huesos o indirectamente como consecuencia de la disfunción renal. Las concentraciones de Cd en la mayoría de los tejidos incrementan con la edad. En gente expuesta con daño renal, la excreción urinaria de Cd incrementa y la vida media en el cuerpo se acorta.

Se ha observado un incremento del riesgo de cáncer de pulmón tras la exposición por inhalación ocupacional, pero no hay evidencia que el cadmio sea un carcinógeno por vía oral de exposición (UNEP, 2010b). Más recientemente la exposición humana al Cd en la población general ha sido estadísticamente asociada con un incremento de riesgo de padecer cáncer de pulmón, endometrio, vejiga y pecho (Bernhoft, 2013). El cadmio ha sido clasificado por la IARC, como

carcinógeno humano (grupo1) por inhalación, con suficiente evidencia para cáncer de pulmón y limitada evidencia para riñón, hígado y cáncer de próstata. (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>).

No existe un patrón claro sobre las tendencias temporales de los niveles de Cd en sangre de la población, aunque si se observa una disminución de los niveles de Cd en sangre en población no expuesta ocupacionalmente en los países industrializados (Bélgica, Alemania y Japón), faltan datos de países en desarrollo que pueden ser muy significativos. Sin embargo en Suecia (1990-1999) la disminución era solo evidenciada en fumadores, indicando que la exposición a cadmio procedente del tabaco disminuía, mientras que la exposición a través de otras fuentes no cambiaba significativamente. (UNEP, 2010b)

JECFA, en relación al valor de referencia basado en salud para el cadmio, expresado como ISTP, consideró que debido a la vida media excepcionalmente larga del Cd, la ingestión diaria de alimento tiene un pequeño o incluso insignificante efecto en la exposición total, por lo que un valor mensual era más apropiado. Con el fin de evaluar a largo o a corto plazo los riesgos para la salud debido a la exposición al cadmio, la ingesta media debe evaluarse durante meses y la ingesta tolerable debe evaluarse a lo largo de un periodo de al menos 1 mes. En este sentido el Comité decidió expresar la ingesta tolerable en forma de IMTP, estableciendo una de 25 µg/kg p.c., retirando la ISTP de 7 µg/kg p.c. establecida anteriormente (WHO, 2011b)

En la Unión Europea, la EFSA ha indicado en su informe científico sobre la exposición a Cd a partir de la dieta en la población europea, después de la reevaluación de su actual IST de 2,5 µg/kg p.c. establecida en 2009 (EFSA, 2009b) que ésta debe ser mantenida, con objeto de asegurar un alto nivel de protección de los consumidores, incluyendo subgrupos de población vulnerables expuestos (EFSA, 2012a).

3.3 ARSÉNICO

El arsénico (As), es un metaloide que se encuentra en el medio ambiente en diferentes formas orgánica e inorgánica, de forma natural y como consecuencia de la actividad antropogénica (Williams, et al., 2007). El As está presente en mas de 200 especies minerales, la mas común es la arsenopirita (Mandal and Suzuki, 2002). El As en el medio ambiente cambia de forma reaccionando con oxígeno u otras moléculas presentes en el aire, agua o suelos y por la acción de las bacterias que viven en el suelo o sedimentos. Pequeñas cantidades de As se liberan de

plantas de energía u otros procesos de combustión y generalmente se unen a pequeñas partículas que pueden ser arrastradas por la lluvia y se depositan en el suelo donde puede permanecer durante días o en el aire y viajar largas distancias. Muchos compuestos de As pueden disolverse en el agua, por lo que pueden permanecer en lagos, ríos o aguas subterráneas arrastrados por la lluvia o nieve o a través de la descarga de desechos industriales. Finalmente la mayoría del As acaba en el suelo o sedimentos (US ATSDR, 2007b).

En el pasado, los compuestos de As inorgánico (iAs) se usaron como pesticidas (Mandal and Suzuki, 2002) principalmente en los campos de algodón y huertos frutales (Williams, et al., 2007). El uso del As como pesticida ha sido eliminado hace aproximadamente 50 años, no obstante debido a la persistencia medio ambiental, se estima que grandes extensiones de tierras en EEUU, se encuentran todavía contaminadas con compuestos de As (Hood, 2006). La concentración de As en el suelo varía ampliamente, en general entre 1 y 40 ppm con un promedio de 3 a 4 ppm. Sin embargo los suelos cerca de depósitos geológicos ricos en arsénico; de algunas minas y fundiciones o en áreas agrícolas donde se usaron plaguicidas con arsénico en el pasado, pueden tener niveles mucho más altos. Generalmente la concentración de As en agua de superficie o subterránea es de 1 ppb, pero puede exceder los 1000 ppb en áreas de minería o donde los niveles de As en el suelo son naturalmente elevados. Generalmente, el agua subterránea contiene niveles de As más altos que el agua de superficie. Los niveles de As en el aire varían entre $<1\text{ng}$ hasta 2000 ng/m^3 , dependiendo de la localidad, las condiciones climáticas y el nivel de actividad industrial del área. Los niveles de As en aire de áreas urbanas varían entre 20 y 30 ng/m^3 (US ATSDR, 2007a).

Las intoxicaciones con As han sido ampliamente asociadas con exposiciones ocupacionales químicas y quimioterapéuticas (Soghoian and Sinert, 2009). Las principales fuentes de exposición ocupacional son las plantas químicas de elaboración de plaguicidas y herbicidas, conservantes para maderas y otros productos de la agricultura, fundición de cobre, zinc y plomo y fabricación de vidrio (Ahmed, 1999).

El As entra en la cadena alimentaria principalmente a través del agua del suelo contaminada (EFSA, 2014a). Los principales factores que influyen en la exposición oral a iAs son el suministro de agua, el tipo de alimento y los métodos de preparación de los alimentos. Esto adquiere especial relevancia en zonas endémicas de hidroarsenicismo (China, Argentina, Taiwán, Méjico, Chile, etc.), donde el agua es una de las principales fuentes de iAs (WHO, 2011a).

El As existe tanto como As inorgánico, en su forma tóxica trivalente: trióxido de As (As_2O_3) y ácido arsénico III (HAsO_3); la menos tóxica pentavalente: pentóxido de As (As_2O_5) y ácido arsénico V (H_3AsO_4) y como numerosas formas orgánicas. Los compuestos orgánicos de As, que habitualmente se encuentran formando parte de algunos alimentos, incluyen: el ácido monometil arsónico (MMA^{\vee}), ácido dimetil arsínico (DMA^{\vee}), arsenobetaina (AB), arsenocolina (AC), aresonazúcares y arsenolípidos (Hughes, et al., 2011). La arsenobetaina es la forma de As predominante en los animales marinos, no se considera tóxica para el consumo humano (EFSA, 2009c). Los arsenoazúcares son la especie predominante en las algas, junto con pequeñas cantidades de DMA, arsenolípidos y compuestos de thioarsénico. En Los animales de origen terrestre la forma de As predominante son el iAs tanto el As (III) como el As (V) y especies simples de As metiladas (metil arseniato, metilarsenito y DMA).

Las principales vías de entrada del As en el organismo son el tracto gastrointestinal (alimentos y agua) y el respiratorio. La absorción vía dérmica es baja y alcanza sólo el 2%. La absorción de las formas de iAs ingerido varía dependiendo de la solubilidad de los compuestos arsenicales, de la presencia de otros alimentos y nutrientes en el tracto gastrointestinal y de las propias matrices (alimentos). En el torrente sanguíneo se distribuye entre el plasma y los eritrocitos quedando ligado a la globina de la hemoglobina. Las cantidades relativas en cada compartimento dependen de la valencia y dosis de As administrado así como de la especie animal. En la mayoría de las especies después de la administración de arsenicales se detectan niveles de residuos en hígado, riñón, bazo y pulmón. No obstante varias semanas después el As se trasloca al pelo, uñas y piel debido a la alta concentración de sulfuro contenido en las proteínas de estos tejidos.

El As (inorgánico y metabolitos metilados) pasa fácilmente a través de la placenta en los mamíferos incluyendo el hombre, resultando unos niveles de exposición similar para ambos, la madre y el feto. La metilación metabólica del As es reconocida como principal vía de detoxificación (Mandal and Suzuki, 2002) , la cual se incrementa en las mujeres durante el embarazo. Además una eficiente metilación a dimetilarseniato es probable que incremente el ritmo de excreción en la orina materna. En contraste con la rápida transferencia de As al feto, muy poca cantidad de As se transfiere a través de la leche materna. Como las pequeñas cantidades que pasan a la leche son casi enteramente en forma de As inorgánico, parece probable que una eficiente metilación maternal de As, protege contra la excreción de As en la leche.

En la mayoría de especies de mamíferos, incluyendo humanos, el As inorgánico es extensamente biotransformado y excretado principalmente como metabolitos. El iAs es metabolizado por una consecutiva reducción de As^{V} a As^{III} y subsiguiente metilación oxidativa del As^{III} , en el hígado y es excretada vía orina (EPA, 2007). Estos procesos se consideran un mecanismo de detoxificación porque los metabolitos metilados mayoritarios DMA y MMA son fácilmente excretados y tienen menos toxicidad aguda que las especies orgánicas (Zavala, et al., 2008b). Hay diferencias considerables entre especies en la biotransformación del As. Además, muchos factores tales como la edad, el género, el status nutricional y la raza afectan a la biotransformación del As en humanos y han sido observadas marcadas variaciones intra individuales en el metabolismo del As. Aunque la arsenobetaina presente en productos del mar no se metaboliza en humanos siendo excretada sin cambios en la orina; los arseoazúcares abundantes en algas marinas y en moluscos son completamente metabolizadas. La presencia de arseoazúcares en alimentos es de interés por que estos compuestos son biotransformados en dimetilarseniato en humanos el mismo metabolito producido de la ingestión de As inorgánico (iAs) (Mandal and Suzuki, 2002).

La IARC ha clasificado los compuestos de arsénico y de arsénico inorgánico como del grupo 1 carcinógeno para humanos (2012). (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>)

El Panel CONTAM de la EFSA concluyó recientemente que la ISTP de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal para el As, establecida por JECFA ya no es apropiada porque los últimos datos demuestran que el arsénico inorgánico provoca cáncer de pulmón y de vejiga urinaria, además de en la piel, y que se han observado una serie de efectos adversos a exposiciones inferiores a las establecidas por la JECFA. El grupo de contaminantes de la EFSA, ha evaluado el riesgo a iAs a partir de estudios epidemiológicos y ha identificado un rango de la dosis de referencia (BMDL_{01}) entre 0,3 y 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal y por día, para los cánceres de pulmón, de la piel y de la vejiga de la orina, así como lesiones en la piel (EFSA, 2009c).

3.4 MERCURIO

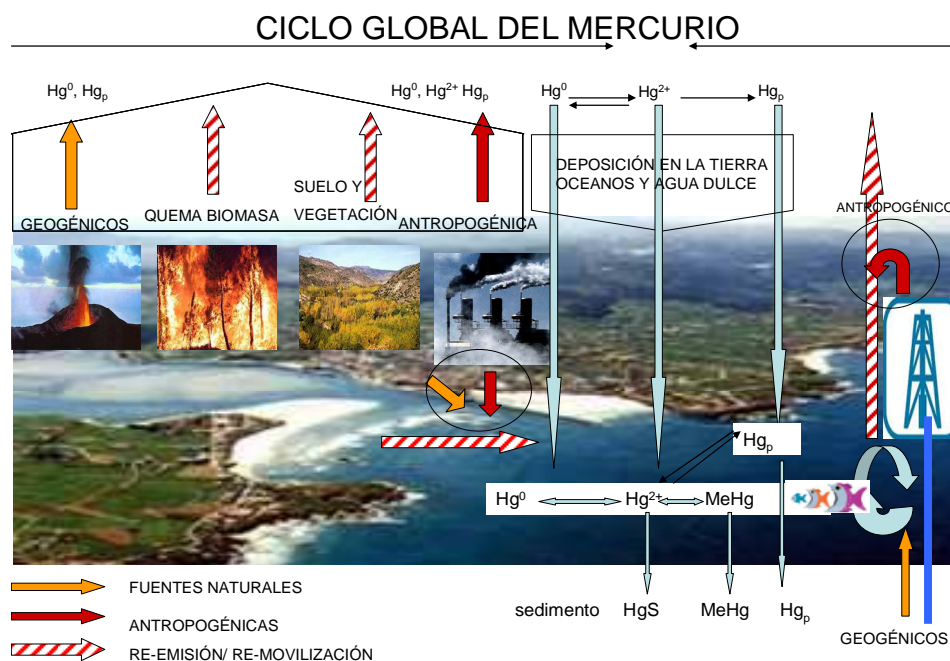
El mercurio (Hg), es un elemento que se encuentra formando parte de la corteza terrestre. Está contenido en muchos minerales, fundamentalmente en el cinabrio (HgS), hallándose en otros muchos en forma de impurezas y en combustibles fósiles (carbón). Recientes modelos sobre el flujo del Hg a través del medio ambiente sugieren que las fuentes naturales, como los volcanes, suponen tan sólo el 10% de las emisiones a la atmósfera. El incremento de las concentraciones de mercurio en el medio ambiente en las últimas décadas se debe a la actividad antropogénica que supone un 30% del total. Las reemisiones y removilizaciones del Hg constituyen la tercera categoría de fuentes, suponiendo un 60% de las emisiones de mercurio al aire (UNEP, 2013). Las emisiones de épocas anteriores han creado además un «fondo mundial» de mercurio en el medio ambiente, parte del cual se está constantemente movilizando, depositando y volviendo a movilizar. Al tratarse de un contaminante transfronterizo, puede ser transportado a cualquier parte del mundo, lejos de la fuente emisora, de hecho, la contaminación por Hg ha llegado a zonas del planeta, como el Ártico, en las que hay pocas o inexistentes fuentes emisoras (Comisión Europea, 2005). Las características que hacen del Hg un contaminante de especial interés son: su toxicidad, elevada volatilidad, capacidad de bioacumulación (metil mercurio) y persistencia en el medio ambiente.

La mayoría del Hg generado por la actividad humana es liberado al aire, a través de la quema de combustibles fósiles, principalmente carbón, (Castilhos, et al., 2006), las fundiciones y producción de hierro y metales no férreos; la combustión de residuos sólidos; el refinado del petróleo; la minería y especialmente las minas artesanales y de pequeña escala de obtención de oro, donde el Hg se utiliza como amalgama para separar el oro de otros metales (Cheng, et al., 2013); las amalgamas dentales y la industria cloro-alkalina. Otras formas de contaminación se producen directamente en el suelo o el agua, por ejemplo mediante la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales.

El Hg puede encontrarse en el medio ambiente como Hg orgánico, inorgánico y en forma particulada (Hg_p). El Hg inorgánico puede existir en dos estados de oxidación: Hg elemental (Hg⁰) y la forma divalente gaseosa (Hg²⁺). Entre las formas orgánicas de Hg, el monometil mercurio (MeHg) es la forma mas común en la cadena alimentaria y la mas tóxica para los humanos (Kim and Zoh, 2012). Las bacterias sulfito reductoras han sido identificadas como los organismos primarios responsables de la metilación del Hg en el medio ambiente acuático (Ekstrom and Morel, 2008), donde se bioacumula y se biomagnifica, poniendo en riesgo a las

personas que consumen pescados predadores de nivel alto de la cadena alimentaria y a aquellas personas cuyo principal aporte a la dieta sea el pescado (Figura 10). Para la mayoría de la población de los países desarrollados, la dieta (pescados) es la principal fuente de exposición al Hg junto a la inhalación del vapor de Hg procedente de amalgamas dentales (Syversen, et al., 2012).

El ciclo biogeoquímico natural del Hg se muestra en la Figura 10 y comprende la emisión, el transporte atmosférico, la deposición en tierra y océanos y la posterior reemisión o volatilización de cada especie de Hg.



Hg^0 : Hg elemental; Hg^{2+} (inorgánico); Hg_p : Hg particulado

Figura 10. Ciclo global del mercurio. Principales compartimentos medio ambientales. Fuentes naturales, antropogénicas y reemisiones, removilizaciones. Fuente (UNEP, 2013).

El Hg atmosférico previamente depositado en suelos, superficie del agua y vegetación procedente de pasadas emisiones, puede ser emitido de nuevo al aire. La reemisión es resultado de procesos naturales que convierten formas orgánicas e inorgánicas de Hg, en Hg elemental (Hg^0) el cual es volátil y fácilmente vuelve al aire, pudiendo permanecer en la atmósfera durante más de 1 año debido a su baja solubilidad en agua y a su inercia química (Kim, M.K. et al, 2012). El Hg depositado sobre la superficie de las plantas puede ser reemitido durante los incendios forestales o la quema de biomasa. El Hg puede ser depositado y reemitido cíclicamente en el medio ambiente. La actividad humana ha incrementado la carga

medio ambiental de Hg, lo cual conduce a niveles más altos de reemisión. Estudios recientes, sugieren, que la carga total de mercurio atmosférico se ha multiplicado por un factor de entre 2 y 5 desde el comienzo de la era industrial (UNEP, 2013). Las emisiones de Hg a la atmósfera sufrieron un incremento entre 1950 y 1970 y se ha observado una disminución a partir de entonces como consecuencia de las reducciones en Europa, Rusia, y Norte América. La tendencia temporal de las emisiones, no está clara debido a los cambios en los métodos utilizados para llevar a cabo los inventarios y las diferencias entre los sectores que han sido tenidos en cuenta en diferentes momentos. Hay, no obstante, indicios, de que se puede incrementar de nuevo, debido al aumento de emisiones del este asiático, a pesar de las reducciones de Europa y Norte América (UNEP, 2013)

Las formas orgánicas de Hg son más tóxicas que las inorgánicas debido a su mayor permeabilidad a través de las membranas biológicas, son más fácilmente absorbidas en el tracto gastrointestinal, actúan uniéndose a los grupos SH de las proteínas y tiene un mayor y permanente efecto sobre el cerebro y el sistema nervioso central (Syversen, T., et. al., 2012). El metabolismo de las especies químicas de Hg implica un ciclo de oxidación/reducción y la conjugación con el glutathione en el hígado y parece ser similar en humanos y en animales de experimentación. La principal vía de excreción del Hg (Hg^{2+}) absorbido es la orina y en menor medida a través de las heces. La vida media del mercurio (Hg^{2+}) absorbido en el cuerpo humano es de aproximadamente 40 días.

Más del 95% del MeHg ingerido a través del consumo de pescado es absorbido en el tracto gastrointestinal y liberado al torrente sanguíneo, desde donde se distribuye a los órganos. Cruza la barrera hematoencefálica y se acumula en el cerebro, donde puede dañar el sistema nervioso central. El MeHg tiene una vida media en el cuerpo humano de 70-80 días en adultos, pero puede variar con la edad, siendo más larga en neonatos. La desmetilación intestinal contribuye significativamente a incrementar la excreción fecal (Syversen, T., et. al., 2012), el 90 % será excretado por esta vía como mercurio (Hg^{2+}) (EFSA, 2012d).

Diversos estudios muestran que los niveles de mercurio en sangre de cordón umbilical están fuertemente correlacionados con el consumo de pescado de las madres (Ramón, et al., 2011). Cuando el MeHg es ingerido por mujeres embarazadas, atraviesa fácilmente la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica, se acumula en el cerebro y el sistema nervioso central del feto en desarrollo y puede dificultar el desarrollo mental antes incluso del nacimiento (EFSA, 2012d). Cantidades relativamente despreciables pueden producir serios retrasos motores y de comunicación. Los lactantes pueden exponerse a elevados

niveles de MeHg durante la lactancia. De ahí que la exposición al Hg de las mujeres en edad fértil y de los niños sea un gran motivo de preocupación (Llop, et al., 2013). Hay suficiente evidencia para afirmar que el MeHg es una neurotoxina del desarrollo y la neurotoxicidad del desarrollo fetal ha constituido la base de la evaluación del riesgo y de las políticas de salud pública. A pesar de que siguen existiendo incertidumbres en la evaluación del riesgo sobre los efectos en el neurodesarrollo, entre otros los resultados del estudio prospectivo llevado a cabo en las islas Seychelles (Davidson, et al., 2010), hay suficientes evidencias para garantizar la salud pública mediante propuestas basadas en una prudente selección de las especies de pescado en la dieta.

La IARC ha clasificado los compuestos de metil mercurio en el grupo 2B, posibles carcinógenos para humanos (1993). (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>).

El Comité Mixto de la OMS/FAO (JECFA) estableció en 2011 una ingesta semanal provisional tolerable (ISTP) basada en los efectos adversos sobre los riñones en animales de laboratorio, de 4 µg/kg de p. c. para el mercurio inorgánico, aplicable a la evaluación de la exposición a mercurio total a través del consumo de alimentos diferentes de pescado y otros productos de la pesca (WHO, 2011a). Para la evaluación de la exposición a metil mercurio a través del pescado y productos de la pesca, el Comité estableció en 2004 una ISTP de 1.6 µg/kg pc basada en la exposición estimada que se espera que no produzca efectos adversos en niños (WHO, 2004). En el contexto de la Unión Europea, el Panel de Contaminantes de la cadena alimentaria de la EFSA, ha establecido también una IST para el mercurio inorgánico de 4 µg/kg de p. c. en línea con la JECFA. En cuanto al metilmercurio, el Panel reevaluó el riesgo y estableció un IST para el metilmercurio de 1,3 µg / kg pc, expresado como mercurio (EFSA 2012d).

Recientemente EFSA ha emitido una Opinión científica sobre los beneficios para la salud del consumo de pescados y mariscos en relación con los riesgos de salud asociados con la exposición al metilmercurio. Ha establecido asociaciones entre el consumo de ciertas cantidades de pescado con mejores resultados funcionales del neurodesarrollo en los niños en comparación con la ausencia de consumo y con un menor riesgo de mortalidad por enfermedad cardiaca coronaria (CHD) en adultos. Estas asociaciones se han establecido a pesar de los obstáculos derivados de la heterogeneidad de los estudios como consecuencia de las diferentes herramientas de medida utilizadas (EFSA, 2014b).

OBJETIVOS

- 1 Revisar las distintas metodologías y enfoques utilizados para la estimación de la exposición y evaluación del riesgo, frente a los contaminantes químicos presentes en los alimentos.
- 2 Determinar los niveles de metales prioritarios (Pb, Cd, As y Hg) en los alimentos
- 3 Evaluar la exposición de la población de la Comunitat Valenciana a metales a través de la dieta.
- 4 Determinar los grupos de alimentos que contribuyen principalmente a la exposición a metales
- 5 Caracterizar el riesgo a metales asociado al consumo de alimentos.
- 6 Comparar la exposición a metales derivada de una evaluación determinista con la obtenida mediante una aproximación probabilística
- 7 Analizar la exposición a metales de la población de la Comunitat Valenciana en relación con la obtenida en otros estudios internacionales y nacionales.

METODOLOGÍA

Con objeto de evaluar el riesgo a Pb, Cd, iAs y MeHg derivado del consumo de alimentos en la población de la Comunitat Valenciana, se ha realizado un **Estudio de Dieta Total (EDT)**, a partir de datos de consumo de alimentos de la población de la Comunitat Valenciana y de la concentración de estos metales en alimentos muestreados en mercados y cadenas de alimentación de once ciudades de esta Comunitat, la estimación de la exposición se ha llevado a cabo mediante un enfoque tanto determinista como probabilístico. A continuación se describe la metodología aplicada a cada etapa del estudio.

1. CONSUMO DE ALIMENTOS

Los datos de consumo de alimentos utilizados son los obtenidos a partir de la información generada por la encuesta de nutrición de la población de la Comunitat Valenciana. El universo de la muestra fueron los ciudadanos residentes de 6 y más años de edad, con domicilio habitual en cualquier municipio de la Comunitat Valenciana.

La encuesta se realizó en tres periodos consecutivos u oleadas a fin de recoger las diferencias estacionales de consumo de alimentos. La primera oleada se realizó entre los meses de junio y julio de 2010, la segunda oleada entre septiembre y noviembre de 2010, y la tercera oleada, entre noviembre de 2010 y febrero de 2011.

Se realizó una segunda entrevista en la que se utilizó un Recordatorio de 24 horas (R24) y se llevó a cabo la medición de datos antropométricos. La participación efectiva, de esta segunda entrevista, fue de 1484 sujetos (737 hombres y 747 mujeres). En el R24, se formula una pregunta abierta que trata de recoger la alimentación y bebida realizada por el individuo en el día (24 h) anterior a la entrevista. Debido a la variación que el consumo de alimentos presenta a lo largo de la semana, un tercio de las encuestas recogidas se centraron en el fin de semana.

Los datos correspondientes a las 1484 personas encuestadas, se distribuyen en dos grupos de edad: 6 a 15 años (196 personas) y mayores de 15 años (1288 personas). La distribución de los grupos de edad y sexo mantuvo una estructura semejante a la población origen.

Se utilizó el programa informático Alimentación y Salud v2.0 para la evaluación de los R24, cuyo núcleo de análisis son las Tablas de Composición de Alimentos de la Universidad de Granada (Mataix Verdú, 2009).

Posteriormente se realizó el tratamiento de dichos datos mediante aplicación informática SPSS versión 15.0 previa agrupación de las variables en 12 categorías y la recodificación en 269 alimentos atendiendo a los criterios observados en otros EDTs consultados y en la categorización ofrecida por el FOODEX (EFSA, 2011a)

La variable peso medio resultó de la media de dos pesadas por individuo (descalzo y con ropa ligera) utilizando como instrumento una báscula clínica electrónica marca Seca, modelo 813 (precisión 100 g) para un peso mínimo de 2 Kg. y máximo de 200 kg. El peso medio obtenido ha sido de 73,17 kg para adultos (> 15 años) y de 43,53 kg para niños de 6 a 15 años.

La tabla 8 recoge los datos de consumo de alimentos de la población general (g/kg p.c. /día) para cada grupo de alimentos considerado en el estudio y el porcentaje de cada grupo respecto al total. Se han considerado dos grupos de edad (>15 años y de 6-15 años de edad), para el valor medio y el P95.

Tabla 8. Consumo de alimentos de la población de la Comunitat Valenciana por grupos de edad (g/kg p. c. /día)

GRUPOS ALIMENTOS	> 15 años (g/kg p. c. /día)				6-15 años (g/kg p. c. /día)			
	media	%	P95	%	media	%	P95	%
ACEITES Y GRASAS	0,30	0,97	0,86	0,65	0,49	0,94	1,50	0,68
AGUA ENVASADA	10,11	33,30	27,93	21,29	16,18	31,07	40,47	18,19
BEB ALCOHÓLICAS	1,28	4,22	8,49	6,47	0,01	0,01	0,01	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	2,73	8,98	15,21	11,59	4,10	7,87	25,42	11,42
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	1,99	6,56	9,49	7,23	4,50	8,64	22,45	10,09
CEREALES, LEGUMINOSAS, TUBERCULOS y FRUTOS SECOS	2,63	8,64	11,56	8,81	5,99	11,50	26,61	11,96
COMIDAS PREPARADAS	0,62	2,03	3,17	2,42	1,79	3,43	10,65	4,79
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	0,34	1,11	0,91	0,69	0,87	1,68	4,85	2,18
FRUTAS Y VERDURAS	5,58	18,36	30,85	23,51	6,96	13,37	39,26	17,65
HUEVOS	0,35	1,15	1,63	1,25	0,63	1,21	3,46	1,55
LECHE Y LÁCTEOS	3,69	12,14	18,73	14,28	9,72	18,67	44,72	20,10
PESCADOS Y PROD. PESCA	0,77	2,53	2,38	1,81	0,84	1,60	3,11	1,40
TOTAL	30,38	100,00	131,21	100,00	52,07	100,00	222,50	100,00

La metodología utilizada para estimar los datos de consumo presenta algunas limitaciones:

En las recomendaciones de EFSA para la valoración de la exposición crónica (EFSA, 2009a), se considera necesario llevar a cabo encuestas de 2-4 días, concretamente llevar a cabo recordatorios de 24 h de dos días no consecutivos ya que provee datos de consumo de cada persona en días independientes y por tanto

estima la variabilidad intra personas de la ingesta. La encuesta de la que nosotros partimos se realizó con la valoración de la ingesta en un único día, por lo que no se ha tenido en cuenta la posible variabilidad del consumo de cada persona a lo largo del tiempo.

El reducido número de individuos de 6-15 años, que participaron en el R24

2. SELECCIÓN DE METALES

De entre los elementos que presentan mayor interés en seguridad alimentaria, teniendo en consideración criterios de toxicidad, vía de exposición fundamental a través de los alimentos, legislación alimentaria etc, se seleccionaron para el presente estudio los siguientes: Pb, Cd, As (total e inorgánico), Hg (total y Metil Hg).

Se trata de contaminantes prioritarios en seguridad alimentaria, que en general tienen establecidos contenidos máximos en la legislación para distintos alimentos.

3. SELECCIÓN DE ALIMENTOS Y MUESTREO

Debido a que el análisis de todos los alimentos que forman parte de la dieta de una población es inviable, se realizó una selección de los alimentos objeto del estudio. La selección de alimentos individuales, se ha efectuado atendiendo al consumo, a su interés por la posible presencia de metales y los seleccionados en estudios relevantes con objeto de propiciar las comparaciones. Además se ha tenido en cuenta:

La encuesta de nutrición de la Comunitat Valenciana 2010; el documento "Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas" (AESAN, 2006); la encuesta de Nutrición y Salud de la Comunidad Valenciana (Vioque and Quiles, 2003); las Encuestas de Nutrición de otras CCAA: País Vasco (Aranceta, et al., 1994) y Cataluña (Serra Majem, et al., 2006).

También se han considerado las listas de alimentos prioritarios del workshops (GEMS/FOOD) total diet study (TDS) (WHO, 2006b); (WHO, 2005a); (WHO, 2002) y (WHO, 1999).

Entre los alimentos seleccionados se incluye algún alimento que aunque no sea necesariamente representativo por su consumo, lo es por la cantidad de contaminantes que pueda contener ya que esto podría afectar significativamente a los consumidores extremos (despojos, pez espada, etc).

Siguiendo los criterios de selección mencionados, se han escogido 81 alimentos individuales, distribuidos en 12 grupos. Se han clasificado usando el criterio y la agregación por categorías de la EFSA. Comprehensive European Food Consumption Database (EFSA, 2011a).

Los alimentos individuales seleccionados dentro de cada grupo se recogen en la tabla 9.

Tabla 9. Alimentos individuales seleccionados y grupos de alimentos

ALIMENTOS	
Aceites y grasas	Frutas y verduras
Aceite oliva	Naranja
Aceite semillas	Fresas
Agua envasada	Espinacas y acelgas
Bebidas alcohólicas	Lechuga, endivia y escarola
Vino	Judías verdes
Cerveza	Cebollas y cebolletas
Bebidas no alcohólicas	Ajo
Refrescos gas	Pimiento
Zumo Naranja	Berenjena, calabacín y pepino
Zumo Piña-Melocoton	Zanahorias y calabazas
Carnes y productos cárnicos	Tomate
Carne de pollo	Aceitunas y encurtidos
Carne de cerdo	Manzana y Pera
Carne de ternera	Cerezas y ciruelas
Carne de cordero	Melón y Sandía
Carne de conejo	Plátanos
Hamburguesas	Melocotón y albaricoque
Embutidos frescos	Uvas blancas y negras
Jamón curado	Coliflor, brócoli, coles, repollo
Embutidos curados	Alcachofa, puerro, cardo, apio
Jamón cocido	Setas y champiñón
Paté	Café y café soluble
Vísceras	Huevos
Cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos	Lácteos
Arroz	Leche
Bollería	Queso
Cereales desayuno	Yogur
Galletas	Natillas, flanes y batidos
Legumbres	Mantequilla
Pan Blanco	Productos de soja
Pan de molde	Pescados y productos de la pesca
Pan integral	Conservas pescado
Pasta	Bonito y atun
Patatas	Calamar y Sepia
Frutos secos	Dorada y lubina
Comidas preparadas	Pez espada
Pizzas	Crustáceos
Aperitivos y snacks	Mejillón
Comidas preparadas congeladas	Pescado blanco
Comidas preparadas envase metálico	Salmon y trucha
Edulcorantes y condimentos	Sardina y boquerón
Chocolate y cacao	Salazones de pescado
Azúcar	Pescado ahumado
Sal de mesa	
Caramelos y golosinas	
Salsas y mayonesas	

MUESTREO

Con objeto de obtener datos representativos de los niveles de metales en cada alimento se definió inicialmente el tamaño de la muestra (N=100) calculando el error muestral a partir del mismo (9,8%) para un intervalo de confianza del 95,5%. Se tomaron 100 muestras de cada uno de los 81 alimentos seleccionados.

Dada la dificultad práctica para realizar tan elevado número de análisis (8100), se formaron *muestras agregadas*, mediante mezcla homogénea de las diferentes muestras de un mismo tipo de alimento (composites).

La Tabla 10 recoge los diferentes datos del muestreo para cada grupo de alimentos

Tabla 10. Datos del muestreo por grupos de alimentos

GRUPOS ALIMENTOS	nº alimentos individuales	nº total muestras alim. individuales	nº total muestras de análisis
ACEITES Y GRASAS	2	200	20
AGUA ENVASADA	1	100	10
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	2	200	20
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	3	300	30
CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	12	1200	120
CEREALES, LEGUMINOSAS, TUBERCULOS Y FRUTOS SECOS	11	1100	110
COMIDAS PREPARADAS	4	400	40
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	5	500	50
FRUTAS Y VERDURAS	22	2200	220
HUEVOS	1	100	10
LECHE Y LÁCTEOS	6	600	60
PESCADOS Y PROD. DE LA PESCA	12	1200	120
TOTAL	81	8100	810

Nº muestras /alimento individual =100

Nº muestras /muestra agregada o de análisis=10

En el diseño del Plan de muestreo se han considerado dos criterios fundamentales: el tipo de establecimiento y su localización geográfica. Se estableció un diseño en dos etapas:

1ª.- Selección de una muestra aleatoria por conglomerados correspondientes a distintas regiones o núcleos geográficos de la CV. El tamaño muestral asignado a cada conglomerado se calculó de forma proporcional a la población que representa.

Según los datos del Instituto Valenciano de Estadística (consulta: 26/12/2008), sobre la distribución de la población de la CV por comarcas, la provincia de Valencia representa la mitad de la población de toda la Comunitat Valenciana, la población de la provincia de Castellón apenas alcanza el 12% y el 38 % restante corresponde a la provincia de Alicante. Por ello se realizó una asignación de 1, 5, y 4 conglomerados a las provincias de Castellón, Valencia y Alicante respectivamente (Tabla 11).

Tabla 11 Datos poblacionales de la Comunitat Valenciana y número de conglomerados de cada provincia

PROVINCIA	POBLACIÓN	%	Nº CONGLOMERADOS
Castellón	594.915	12	1
Valencia	2.543.209	51	5
Alicante	1.891.477	38	4
Comunitat Valenciana	5.029.601	100	10

2ª.- Una nueva selección mediante muestreo aleatorio estratificado en función del tipo de establecimiento. Para ello se han considerado cuatro categorías: 3 cadenas de alimentación de las que se abastece una parte importante de la población de la CV (30% en cada una) y mercados locales (10%), en cada uno de los conglomerados

Se han elegido 11 ciudades de la Comunidad Valenciana de más de 25.000 habitantes con sus correspondientes mercados y cadenas de alimentación. En la Figura 11 se muestra el mapa con la localización geográfica de cada ciudad y el número de muestras tomadas

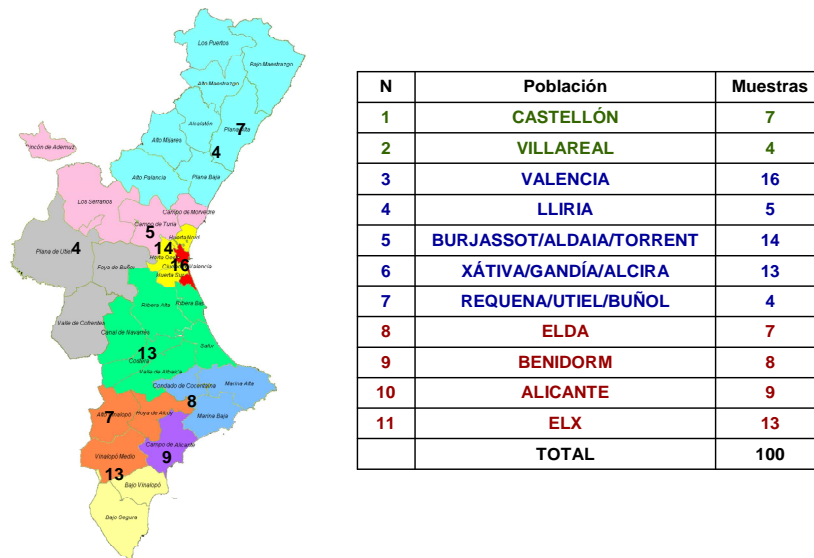


Figura11. Localización geográfica y número de muestras tomadas

Se establecieron 4 muestreos al año con objeto de poder aprovechar los alimentos estacionales.

Independientemente de la distribución geográfica de las muestras y el tipo de establecimiento para cada alimento se consideraron tanto productos de marca blanca, en caso de existir, como de marca comercial. En el caso de las marcas comerciales, se procuró tomar muestras cuya proporción de cada marca fuera similar a la estimada mediante estudios de cuota de mercado en los consumidores de la Comunitat Valenciana. Así la toma de muestras para cada alimento se diseñó específicamente para representar adecuadamente la proporción de marcas blancas y de marcas comerciales y dentro de este último grupo el peso de las distintas marcas.

La representatividad de los alimentos muestreados en relación a los consumidos es superior al 95% en todos los grupos de alimentos, excepto para edulcorantes y condimentos (86,63%); bebidas no alcohólicas (70,36%); y comidas preparadas (36,20%).

4. PREPARACIÓN DE LAS MEZCLAS AGREGADAS DE ALIMENTOS

Para la preparación de las mezclas agregadas se tomaron únicamente las partes comestibles de cada alimento, pero no se sometieron a tratamiento culinario alguno. Por ejemplo, hay alimentos como pueden ser las frutas o algunas verduras que se consumen habitualmente en crudo que únicamente requieren, el lavado y posterior secado además de la eliminación de las partes no comestibles o que habitualmente no se consumen, como pueden ser las semillas o la piel. Los alimentos tales como las carnes, pescados, etc., también se les eliminaron las partes no comestibles como huesos, espinas, piel, etc.

Para la manipulación de los alimentos se utilizaron los utensilios propios de cualquier cocina (cuchillos, tenedores, tijeras, escurridores, sartenes, cazuelas, etc.).

La homogeneización se obtuvo mediante un robot de cocina marca Thermomix, modelo TM-21 y la mezcla obtenida se dividió en alícuotas de 100 g o ml de composite que se depositaron en frascos de polietileno y se almacenaron a -18°C hasta su análisis.

Por otra parte una vez obtenido el composite, se procedió a su liofilización, mediante liofilizador marca Telstar LyoAlfa 15 ya que la técnica analítica lo requiere.

5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los análisis de Pb, Cd y As se realizaron en los laboratorios de Salud Pública de Alicante y Valencia (Dirección General de Salud Pública). Las determinaciones de Hg, MeHg y As inorgánico se realizaron en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA). Los Laboratorios de Salud Pública de Valencia y Alicante están acreditados por ENAC según la norma de calidad EN ISO/IEC 17025 (AENOR, 2005).

Las metodologías analíticas utilizadas cumplen con los criterios de calidad establecidos en el Reglamento (CE) N° 333/2007 (Comisión Europea, 2007)

Todos los análisis se realizaron siguiendo protocolos de aseguramiento de la calidad, incluyendo muestras duplicadas, blancos de reactivo y muestras fortificadas. Los resultados analíticos de materiales de referencia certificados y de los ensayos interlaboratorios realizados están de acuerdo con los valores de referencia, demostrando así la validez de los laboratorios para llevar a cabo los ensayos.

A continuación se señala una breve descripción de los procedimientos analíticos empleados:

5.1. DETERMINACIÓN DE PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO TOTAL

Para el análisis de Pb, Cd y As se ha utilizado un método multielemento en el que la muestra, previamente liofilizada, es sometida a una digestión ácida en microondas y con posterioridad los metales se detectan y cuantifican mediante espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS).

5.1.1. Material y método

En una balanza analítica marca VWR Analytical LA 124 de TFM, se pesan 0.25 g de muestra liofilizada directamente sobre los vasos de digestión del microondas. A continuación se realiza una predigestión de la muestra en vaso abierto. Para ello, en campana extractora, se añaden 5 ml de HNO₃ al 65% y se deja reaccionar durante varias horas (1 o 2 aprox.).

Una vez finalizada la generación de gases se procede a tapar y ensamblar los recipientes de digestión. La digestión de las muestras se realiza siguiendo el programa señalado en la tabla 12

Tabla 12. Programa de digestión en el microondas para la determinación de Cd, Pb y tAs

Etapa	T (minutos)	T (°C)	E (w)
1	3	95	1200
2	15	165	1200
3	5	190	1200
4	15	190	1200
5 (enfriamiento)	--	<50°C	0

5.1.2 Instrumentación

Todas las medidas se han realizado en un ICP-MS modelo ELAN DRC II – Perkin Elmer SCIEX, equipado con automuestreador con diluidor automático ADX-500, sistema FIAS – 400MS y software ELANVIEWS versión 3.0 en modo estándar. Los parámetros instrumentales se muestran en la tabla 13

Tabla 13: ICP-MS: Condiciones instrumentales de funcionamiento para la determinación de Cd, Pb y tAs

Componente/Parametro	Tipo/Valor/Modo
Nebulizador	Meinhard® glass standard (type A)
Cámara nebulización	Glass cyclonic, baffled
Conos	Platino
Flujo Gas Plasma	15 L/min
Flujo Gas Auxiliar	1.2 L/min
Flujo Gas Nebulizador	1.05-1.12 L/min
Aspiración muestra(Sample Uptake Rate)	1.00 mL/min
RF Power	1100 W
Tiempo de integración (Integration Time)	750 ms
Réplicas por muestra (Replicates per Sample)	5
Modo de funcionamiento	Standard and DRC (CH ₄ y O ₂)

5.1.3 Límites de cuantificación (LOQs)

En la Tabla 14 se muestran los LOQs obtenidos para cada alimento individual

Tabla14. Límites de cuantificación (ng/g) Pb, Cd y As para cada alimento

ALIMENTOS	LOQ Pb, Cd y As (ng/g)
Aceite de oliva	10,0
Aceite de semilla	10,0
Agua envasada	10,0
Cerveza	0,4
Vino de mesa	10,0
Refrescos gas	0,8
Zumo Naranja	1,0
Zumo Piña-Melocoton	1,0
Carne de pollo	2,5
Carne de cerdo	3,5
Carne de ternera	3,0
Carne de cordero	3,0
Carne de conejo	3,0
Hamburguesas	4,0
Embutidos frescos	4,5
Jamón curado	5,5
Embutidos curados	6,6
Jamón cocido	3,0
Paté	4,5
Visceras	3,0
Arroz	8,6
Bollería	8,4
Cereales desayuno	10,0
Galletas	10,0
Legumbres	10,0
Pan Blanco	7,5
Pan de molde	6,4
Pan integral	7,0
Pasta	10,0
Patatas	1,8
Frutos secos	10,0
Pizzas	5,8
Aperitivos y snacks	10,0
Comidas preparadas congeladas	3,5
Comidas preparadas envase metálico	3,5
Chocolate y cacao	10,0
Azúcar	10,0
Sal de mesa	10,0
Caramelos y golosinas	10,0
Salsas y mayonesas	2,0
Naranja	1,2
Fresas	0,8
Espinacas y acelgas	1,0
Lechuga, endivia y escarola	0,8
Judías verdes	1,0
Cebollas y cebolletas	1,0
Ajo	2,5
Pimiento	1,0
Berenjena, calabacín y pepino	1,5
Zanahorias y calabazas	1,3
Tomate	0,8
Aceitunas y encurtidos	2,4
Manzana y Pera	1,8
Cerezas y ciruelas	1,7
Melón y Sandía	1,5
Plátanos	3,0
Melocotón y albaricoque	1,5
Uvas blancas y negras	2,0
Coliflor, brócoli, coles, repollo	1,2
Alcachofa, puerro, cardo, apio	2,0
Setas y champiñón	1,0
Café y café soluble	10,0
Huevos gallina	2,8
Leche	1,0
Queso	5,0
Yogur	1,2
Natillas, flanes y batidos	2,0
Mantequilla	10,0
Productos de soja	2,0
Conservas pescado	4,1
Bonito y atun	4,0
Calamar y Sepia	1,6
Dorada y lubina	3,0
Pez espada	3,0
Crustáceos	2,5
Mejillón	3,0
Pescado blanco	2,2
Salmon y trucha	3,5
Sardina y boquerón	2,8
Salazones de pescado	4,8
Pescado ahumado	4,0

La metodología incluye las muestras de control de calidad (MCC). Cinco muestras diferentes de control de calidad eran elegidas para monitorizar la secuencia analítica. Verificación inicial de la calibración (IVC); calibración inicial del blanco; Análisis del blanco de reactivos; Materiales de referencia certificados (MRC) y verificación de la calibración durante el análisis (CCV) así como la vigilancia de la señal estándar interna.

El método presentó una precisión del 12,9%, 7,0% y 8,5 % y una recuperación del 101,6 %, 96,6% y 91,9% para el Pb, Cd y tAs respectivamente

5.2. DETERMINACIÓN DE MERCURIO TOTAL

Las muestras se digirieron en un horno microondas y el mercurio se cuantificó por generación de vapor en frío acoplada a espectrometría de fluorescencia atómica (CV-AFS).

5.2.1. Material y métodos

La muestra (0.2 g) se colocó en un reactor de teflón PFA de 55 ml de volumen. Posteriormente se adicionaron 4 ml de HNO₃ concentrado y 1 ml de H₂O₂. Los reactores de teflón se irradiaron en el horno microondas a 800 W de potencia (180 °C/15 min). Tras el proceso de digestión, los digeridos se llevaron a vasos de precipitados y se dejaron reposar toda la noche con el fin de eliminar los vapores nitrosos. Posteriormente la disolución se filtró a través de papel Whatman N^o 1 y se llevó a un volumen final, 10 o 25 ml en función de la muestra analizada, con adición de HCl 5% v/v.

5.2.2 Instrumentación

El mercurio total se determina mediante espectrometría de vapor frío (CV)-fluorescencia atómica (AFS), utilizando un equipo P.S.A. modelo 10.023, Orpington, UK, y se emplearon las condiciones instrumentales descritas en la tabla 15.

Tabla 15. Condiciones instrumentales empleadas en la cuantificación de tHg

Componente/parámetro	Tipo/valor/modo
Disolución reductora	SnCl ₂ 2% (m/v) en HCl al 15% (v/v). Flujo 4.5 ml/min
Blanco de reactivos	HCl al 5% (v/v). Flujo 9 ml/min
Gas transportador	Argón. Flujo 100 ml/min
Gas de secado	Argón. Flujo 0.3 l/min
Tiempo de demora	15 s
Tiempo de medida	40 s
Tiempo de retorno	60 s
Rango de amplificación	100
Filtro	32
Fuente	Lámpara de Hg

5.2.3- Límites de cuantificación, recuperación y precisión

En la Tabla 16 se detalla el LOQ utilizado para cada alimento individual

Tabla 16. Límites de cuantificación (ng/g) Hg para los producto de la pesca

ALIMENTOS	LOQ Hg (ng/g)
Bonito y atún	0,7 - 0,8
Calamar y Sepia	0,3 - 0,7
Dorada y lubina	0,7 - 0,9
Pez espada	0,7 - 0,8
Crustáceos	0,5 - 1,0
Mejillón	0,4 - 1,3
Pescado blanco	0,5 - 0,6
Salmón y trucha	0,8 - 1,0
Sardina y boquerón	0,6 - 0,9
Salazones de pescado	0,7 - 1,4
Pescado ahumado	0,9 - 1,1

Durante la validación del método presenta una precisión del 8% y una recuperación del 97%. El control de calidad del proceso de la digestión en microondas y cuantificación se realizó con distintos materiales de referencia certificados de pescados (DORM-2; TORT-2, DORM-3).

5.3. DETERMINACIÓN DE METILMERCURIO

Las muestras se sometieron a una extracción ácida asistida con ultrasonidos, y el metilmercurio se cuantificó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) con termo oxidación acoplada a CV-AFS (Torres-Escribano, et al., 2010)

5.3.1. Material y métodos

La muestra (0.2-2 g) se pesó en un tubo de centrifuga y se adicionaron 10 ml de de disolución extractante (0.10% v/v HCl + 0.05% m/v L-cisteína + 0.10% v/v 2-mercaptoetanol). La mezcla se sonicó durante 15 minutos y posteriormente se centrifugó a 10000 rpm durante 15 min.

El sobrenadante se filtró a través de una membrana de Nylon de 0.45 μm (Whatman) y se inyectaron 100 μl en una columna cromatográfica Hamilton PRP-X100. Tras la elución isocrática con la fase móvil, el eluato de la columna se termo oxidó en línea al mezclarse con una disolución de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ y discurrir por un bucle de reacción de teflón situado calentado a 120 $^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, el eluato termo oxidado se enfrió en un baño de hielo y se mezcló con un flujo continuo de SnCl_2 . Se generó así el Hg (0) que mediante un separador gas-líquido y un flujo continuo de argón, fué llevado al detector de AFS.

5.3.2 Instrumentación

Las condiciones instrumentales utilizadas se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Condiciones instrumentales empleadas en la cuantificación de MeHg mediante HPLC-termo oxidación-CV-AFS.

HPLC	
Columna	Intercambio aniónico Hamilton PRP X-100 (base polimérica; 10 μm ; 250 mm x 4,1 mm d.i.)
Precolumna	Hamilton PRP X-100 (12-20 μm ; 25 mm x 2,3 mm d.i.)
Fase móvil	L-cisteína 0.04 mol/L en ácido acético 0.1 mol/L
Volumen de inyección	100 μl
Flujo	1 ml/min
Termo oxidación	
Oxidante	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 1% (m/v) en H_2SO_4 al 0.5% (mol/L). Flujo 2 ml/min
Bucle de reacción	3 m x 0,5 mm d.i.
T ^a del baño	150 $^{\circ}\text{C}$
CV-AFS	
Disolución reductora	SnCl_2 2% (m/v) en HCl al 15% (v/v). Flujo 2 ml/min
Gas transportador	Argón. Flujo 100 ml/min

Gas de secado	Argón. Flujo 0.3 l/min
Rango de amplificación	100
Filtro	32

5.3.3. Límites de cuantificación, recuperación (exactitud) y precisión

En la Tabla 18 se detalla el rango de LOQ utilizado en la determinación de MeHg para cada pescado(s)

Tabla 18. Límites de cuantificación (ng/g) MeHg para los productos de la pesca.

ALIMENTOS	LOQ MeHg (ng/g)
Bonito y atún	0,3
Calamar y Sepia	0,1 - 0,3
Dorada y lubina	0,3
Pez espada	0,3
Crustáceos	0,2 - 0,4
Mejillón	0,2 - 0,5
Pescado blanco	0,2
Salmón y trucha	0,3 - 0,4
Sardina y boquerón	0,3
Salazones de pescado	0,3 - 0,5
Pescado ahumado	0,4

La identificación de las señales se realizó por coincidencia de los tiempos de retención entre la señal de la muestra y del patrón. El método presenta una precisión del 5% y una recuperación del 95%. El control de calidad del análisis se realizó con distintos materiales de referencia certificados de pescados (DORM-2; TORT-2; DORM-3).

5.4 DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO INORGÁNICO

Se describe a continuación la metodología utilizada por el Grupo de Elementos Traza del Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC) para la determinación de arsénico inorgánico en alimentos (Muñoz, et al., 1999) y (Torres-Escribano, et al., 2008)

Las muestras se sometieron a una digestión ácida, extracción del arsénico inorgánico con cloroformo, retroextracción en medio ácido y cuantificación mediante espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros mediante inyección en flujo (FI-HG-AAS).

5.4.1 Material y métodos

Las muestras se liofilizan y aproximadamente $1,00 \pm 0,01$ g de muestra seca previamente triturada se somete a una digestión ácida (4 ml agua y 10 ml HCl concentrado, 12 horas a temperatura ambiente), reducción con 2 ml de HBr y 1 ml de la disolución de sulfato de hidracina (1,5 % m/v) y extracción del arsénico inorgánico con cloroformo (1 ml de antiespumante (10% v/v) y 10 ml de CHCl_3 , agitando mecánicamente durante 10 min). Posteriormente, se retroextrae el arsénico contenido en la fase clorofórmica a un medio HCl 1 mol/l. La fase ácida de retroextracción debe llevar a sequedad y se mineraliza con vistas a la eliminación de los restos de cloroformo y a la conversión en As(V) de las especies arsenicales que puedan existir en la misma. Las cenizas se disuelven y reducen simultáneamente (el As(V) pasa a As(III)) con HCl y disolución reductora [5% (m/v) de ioduro potásico (10) y 5% (m/v) ácido ascórbico]. El arsénico inorgánico en las muestras se cuantifica mediante espectrometría de absorción atómica acoplada a generación de hidruros mediante inyección en flujo (FI-HG-AAS).

5.4.2. Instrumentación

La cuantificación del arsénico total mediante FI-HG-AAS, marca Perkin Elmer 1100 B FIA 400. Se llevó a cabo empleando las condiciones instrumentales descritas en la tabla 19 utilizando una curva de calibración de As (III).

Tabla 19. Condiciones instrumentales empleadas en la cuantificación de As mediante FI-HG-AAS.

Generación de hidruros	
Muestra	0.5 ml
Disolución reductora	NaBH_4 0.2% (m/v) en NaOH 0.05% (m/v). Flujo 5 mL min ⁻¹
Disolución ácida	HCl 10% (v/v). Flujo 10 mL/min
Gas transportador	Argón. Flujo 100 ml/min
Espectroscopia de absorción atómica	
T ^a de atomización	900 °C
Longitud de onda	193.7 nm
Rendija	0.7 nm
Lámpara de As	Lámpara de descarga sin electrodos; 400 mA

5.4. 3 Límites de cuantificación, recuperación (exactitud) y precisión

La tabla 20 muestra los LOQ utilizados:

Tabla 20. Límites de cuantificación (ng/g) iAs para cada alimento

ALIMENTOS	LOQ iAs (ng/g)
Aceite de oliva	1,0
Aceite de semilla	1,0
Agua envasada	0,1
Cerveza	0,1- 0,2
Vino de mesa	0,1
Refrescos gas	0,3- 0,5
Zumo Naranja	0,4-0,5
Zumo Piña-Melocoton	0,4-0,7
Carne de pollo	1,3
Carne de cerdo	0,3
Carne de ternera	1,3-1,5
Carne de cordero	0,3- 0,4
Carne de conejo	0,3
Hamburguesas	0,4- 2,0
Embutidos frescos	0,4 - 2,7
Jamón curado	0,5 - 2,8
Embutidos curados	3,2- 3,6
Jamón cocido	1,4 - 1,6
Paté	2,2 - 2,4
Visceras	0,3 - 1,6
Arroz	4,3
Bollería	3 - 4,2
Cereales desayuno	4,7 - 4,9
Galletas	1,0
Legumbres	1,0 - 4,6
Pan Blanco	2,0 - 3,7
Pan de molde	0,3
Pan integral	3,5 - 3,7
Pasta	4,4 - 4,6
Patatas	0,8 - 4,6
Frutos secos	1,0 - 4,9
Pizzas	2,9 - 3,0
Aperitivos y snacks	0,1 - 4,9
Comidas preparadas congeladas	1,6 - 1,9
Comidas preparadas envase metálico	0,3- 1,6
Chocolate y cacao	2,0
Azúcar	1,0
Sal de mesa	1,0
Caramelos y golosinas	1,0
Salsas y mayonesas	0,8 - 1,3
Naranja	0,6 - 5,0
Fresas	0,2 - 0,4
Espinacas y acelgas	0,4 - 0,7
Lechuga, endivia y escarola	0,3 - 0,4
Judías verdes	0,5 - 0,6
Cebollas y cebolletas	0,5 - 0,6
Ajo	0,6 - 2,0
Pimienta	0,4 - 0,6
Berenjena, calabacín y pepino	0,4 - 0,7
Zanahorias y calabazas	0,5 - 0,8
Tomate	0,1 - 0,4
Aceitunas y encurtidos	0,9 - 5,0
Manzana y Pera	0,8 - 0,9
Cerezas y ciruelas	0,8 - 1,0
Melón y Sandía	0,6 - 0,8
Plátanos	0,3 - 1,5
Melocotón y albaricoque	0,7 - 0,9
Uvas blancas y negras	0,3 - 1,1
Coliflor, brócoli, coles, repollo	0,6 - 0,9
Alcachofa, puerro, cardo, apio	0,5 - 0,8
Setas y champiñon	0,5 - 0,8
Café y café soluble	1,0
Huevos gallina	0,3
Leche	0,4 - 0,6
Queso	0,5 - 2,8
Yogur	0,1 - 0,7
Natillas, flanes y batidos	0,9 - 1,2
Mantequilla	1,0
Productos de soja	0,8 - 1,0
Conservas pescado	1,8 - 2,2
Bonito y atun	1,4- 1,6
Calamar y Sepia	0,6 - 1,5
Dorada y lubina	1,5 - 1,7
Pez espada	1,4 - 1,7
Crustáceos	1,1 - 2,0
Mejillón	0,9 - 2,0
Pescado blanco	1,0- 1,1
Salmon y trucha	1,6 - 1,9
Sardina y boquerón	1,3 - 1,7
Salazones de pescado	2,2 - 2,7
Pescado ahumado	1,9 - 2,1

El método presentó una precisión del 4% y una recuperación de As (III) del 99% y de As (V) del 96%. Debido a la inexistencia de muestras certificadas para arsénico inorgánico, el control de la metodología se realizó comparando los valores de arsénico inorgánico hallados en la muestra de referencia certificada para arsénico total Rice flour SRM1568a (NIST), con el intervalo de valores de arsénico inorgánico hallados previamente en dicha muestra, tanto por el laboratorio como por otros grupos de investigación.

6. CONTENIDOS MÁXIMOS ESTABLECIDOS

El Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios (Comisión Europea, 2006b), ha sufrido desde su publicación numerosas modificaciones hasta la fecha. En las tablas 21, 22 y 23 se muestran los contenidos máximos en los alimentos.

Tabla 21.- Niveles máximos de Plomo en alimentos (mg/Kg peso fresco) en la UE

Plomo			
Alimento	CM	Alimento	CM
Leche cruda, leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos	0,020	Hortalizas, excluidas las del género <i>Brassica</i> , hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las setas y las algas marinas. En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas.	0,10
Preparados para lactantes y preparados de continuación	0,020	Hortalizas del género <i>Brassica</i> , hortalizas de hoja y las siguientes setas: <i>Agaricus bisporus</i> (champiñón), <i>Pleurotus ostreatus</i> (seta de ostra) y <i>Lentinula edodes</i> (seta shiitake)	0,30
Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0,10	Frutas, excluidas las bayas y las frutas pequeñas	0,10
Despojos de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0,50	Bayas y frutas pequeñas	0,20
Carne de pescado	0,30	Grasas y aceites incluida la grasa láctea	0,10
Crustáceos: Carne de los apéndices y del abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>) la carne de los apéndices	0,50	Zumos de frutas, zumos de frutas concentrados reconstituidos y néctares de frutas	0,050
Moluscos bivalvos	1,5	Vino (incluidos los vinos espumosos y excluidos los vinos de licor), sidras, peradas y vinos de frutas.	0,20
Cefalópodos (sin vísceras)	1,0	Vinos aromatizados, bebidas aromatizadas a base de vino y cócteles aromatizados de productos vitivinícolas	0,20
Leguminosas verdes, cereales y legumbres secas	0,20	Complementos alimenticios	3,0

Tabla 22.- Niveles máximos de Cadmio en alimentos (mg/Kg peso fresco) en la UE

Cadmio			
Alimento	CM	Alimento	CM
Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0,050	Cefalópodos (sin vísceras)	1,0
Carne de caballo excluidos los despojos	0,20	Cereales excluido el salvado, el germen, el trigo y el arroz	0,10
Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos	0,50	Salvado, germen, trigo y arroz	0,20
Riñones de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos	1,0	Habas de soja	0,20
Carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en los tres puntos siguientes	0,050	Hortalizas, excluidas las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las hortalizas de hoja del género <i>Brassica</i> las setas, los tallos jóvenes, las hortalizas de raíz y tubérculo y las algas marinas	0,050
Carne de los siguientes pescados. Bonito (Sarda sarda) Mojarra (<i>Diplodus vulgaris</i>) Anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>) Lisa (<i>Mugil labrosus labrosus</i>) Jurel (<i>Trachurus species</i>) Emperador (<i>Luvarus imperialis</i>) Caballa (<i>Scomber species</i>) Sardina (<i>Sardina pilchardus</i>) Sardina (<i>Sardinops species</i>) Atún (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>) Acedía o lenguadillo (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0,10	Tallos jóvenes, hortalizas de raíz y tubérculo, excluidos los apionabos. En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas.	0,10
Carne de los siguientes pescados: Melva (<i>Auxis species</i>)	0,20	Hortalizas de hoja, hierbas frescas, hortalizas de hoja del género <i>Brassica</i> , apionabos y las siguientes setas: <i>Agaricus bisporus</i> (champiñón), <i>Pleurotus ostreatus</i> (seta de ostra) y <i>Lentinula edodes</i> (seta shiitake)	0,20
Carne de los siguientes pescados. Anchoa (<i>Engraulis species</i>) Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)	0,30	Setas, excluidas las enumeradas en el punto anterior	1,0
Crustáceos: Carne de los apéndices y del abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>) la carne de los apéndices	0,50	Complementos alimenticios excluidos los enumerados en el punto siguiente	1,0
Moluscos bivalvos	1,0	Complementos alimenticios compuestos exclusiva o principalmente de algas marinas desecadas, de productos a base de algas marinas o de moluscos bivalvos desecados	3,0

Tabla 23.- Niveles máximos de Mercurio en alimentos (mg/Kg peso fresco) en la UE

Mercurio			
Alimento	CM	Alimento	CM
Productos de la pesca y carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en el punto siguiente. El contenido máximo para los crustáceos se aplica a la carne de los apéndices y el abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>) se aplica a la carne de los apéndices	0,50	Carne de los siguientes pescados: Rape (<i>Lophius species</i>) Perro del norte (<i>Anarhichas lupus</i>) Bonito (<i>Sarda sarda</i>) Anguila (<i>Anguilla anguilla</i>) Reloj (<i>Hoplostethus species</i>) Cabezudo (<i>Coryphaenoides rupestris</i>) Fletán (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>) Rosada del Cabo (<i>Genypterus blacodes</i>) Marlín (<i>Makaira species</i>) Gallo (<i>Lepidorhombus species</i>) Salmonete (<i>Mullus species</i>) Rosada chilena (<i>Genypterus blacodes</i>) Lucio (<i>Esox lucius</i>) Tasarte (<i>Orcynopsis unicolor</i>) Capellán (<i>Trisopterus minutus</i>) Pailona (<i>Centroscymnus coelolepis</i>) Raya (<i>Raja species</i>) Gallineta nórdica (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viiiparus</i>) Pez vela (<i>Lstiophorus platypterus</i>) Pez cinto (<i>Lepidopus caudatus</i>) sable negro (<i>Aphanopus carbo</i>) Besugo o aligote (<i>Pagellus species</i>) Tiburón (todas las especies) Escolar (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>) Esturión (<i>Acipenser species</i>) Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) Atún (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>)	1,0
Complementos alimenticios	0,10		

7. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Para los datos de niveles de metales en los alimentos, la concentración promedio se calcula como la media de los valores >LOQ.

Para los cálculos de la ingesta a partir de datos de niveles de contaminantes en los alimentos se ha de tener presente el tratamiento de los datos inferiores al LOQ, para lo cual, se ha seguido el método de sustitución (EFSA, 2010a). Los valores ND se han sustituido por el valor cero para el límite inferior (LB) y el valor del LOQ para el límite superior (UB).

Para el cálculo de la ingesta se han tenido en cuenta los datos de consumo de alimentos para dos grupos de población: de *más de 15 años* y de *6-15 años*. En la aproximación determinista para los datos de concentración se ha considerado la mediana de las concentraciones de cada metal, para cada alimento teniendo en cuenta el UB y el LB. Se ha elegido la mediana, ya que la distribución de estos contaminantes en los alimentos no siguen una distribución normal, por lo que se ha considerado el estadístico más adecuado.

8. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A METALES

La estimación de la exposición a metales a partir de datos de consumo de alimentos y de concentración de contaminantes en los alimentos se ha llevado a cabo por ambas aproximaciones, determinista y probabilística. En los dos casos se han definido hasta cuatro posibles escenarios: optimista, pesimista 0, pesimista1 y pesimista2. Para ello se han tenido en cuenta los alimentos incluidos en el cálculo de la exposición y el tratamiento de las muestras con valores inferiores al LOQ, tal como se muestra en la tabla 24

Tabla 24. Características que definen los distintos escenarios planteados para la estimación de la ingesta de metales

	OPTIMISTA	PESIMISTA 0	PESIMISTA 1	PESIMISTA 2
Alimentos incluidos en el cálculo de la exposición	Alimentos analizados con al menos 20% muestras >LOQ	Alimentos analizados con al menos 20% muestras >LOQ	Alimentos analizados	Alimentos consumidos
Tratamiento de los valores < LOQ	ND= 0 (LB)	ND=LOQ (UB)	ND=LOQ (UB)	ND=LOQ (UB)

- *Aproximación determinista*, la estimación de la ingesta se ha llevado a cabo mediante la siguiente fórmula:

$$E_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^n C_{i,k} \times L_{k,j}}{BW_i}$$

$E_{i,j}$: Exposición al contaminante j por el sujeto i

$C_{i,k}$: Consumo del alimento k por el sujeto i

$L_{k,j}$: Nivel del contaminante j en el alimento k

K de 1 a n, siendo n el nº total de alimentos consumidos por el sujeto i durante un periodo de tiempo considerado.

BW_i : Peso corporal del sujeto i

Los cálculos en la aproximación determinista se han realizado mediante una hoja de cálculo (EXCEL) preparada al efecto.

En cada grupo de alimentos existen alimentos no analizados pero incluidos en la encuesta de consumo y que han sido consumidos en menor medida, estos alimentos se han agrupado en un ítem denominado "otros". A este ítem se le ha asignado la mediana de la concentración del grupo considerado, en el caso del Hg y MeHg como existen pescados con concentraciones extraordinariamente altas en relación al resto del grupo, no se han tenido en cuenta estos valores para no distorsionar el valor real.

Los cálculos se han llevado a cabo con datos medios de consumo y con datos de consumo del P95, lo cual supone que este consumidor es un consumidor extremo de todos los alimentos, por lo que la estimación de la exposición que se obtiene solo representa a un alto consumidor de todos los alimentos.

Aproximación probabilística, se ha realizado con ayuda del software CremeFood®. Este software utiliza la metodología Montecarlo para el modelado estocástico de la ingesta dietética (McNamara, et al., 2003), (McNamara, et al., 2007) y (EFSA, 2012b).

Para los alimentos, no analizados pero incluidos en la encuesta de consumo y que fueron consumidos en menor medida i) se asimiló la concentración de cada contaminante a aquellas encontradas en alimentos similares ii) se hizo una distribución con los alimentos analizados (excluyendo valores extremos, alimentos con niveles muy altos), con ayuda del software CremeFood®. Se seleccionó el tipo de distribución que mejor se ajustaba a los datos, mediante la comparación cuantitativa de las distribuciones generadas por el modelo, es decir, aquella distribución con el mayor valor "p" del test de Kolmogorov-Smirnov.

La estimación de la ingesta de manera probabilística mediante el

software CremeFood®, incluyendo bootstrapping y modelización de tipo Monte Carlo permite obtener una distribución de la ingesta diaria de cada contaminante. La variabilidad referida a la variación que existe en el mundo real como pueden ser variaciones individuales en el consumo de alimentos o la variación de la concentración de contaminantes en diferentes alimentos, se puede observar mediante comparación de la media, P50, P75, P90, P95 y P99 obtenidos. La incertidumbre se calcula aplicando bootstrap técnica de remuestreo aleatorio. Se selecciona al azar uno de los valores del conjunto de datos de cada iteración, con ello obtenemos diferentes distribuciones de las que se extrae el intervalo de confianza al 95%. Se han llevado a cabo 100 x 1484 iteraciones para estimar el intervalo de confianza.

La Figura 12 representa gráficamente la estimación de la ingesta de metales a partir de los alimentos llevada a cabo mediante la aproximación probabilística

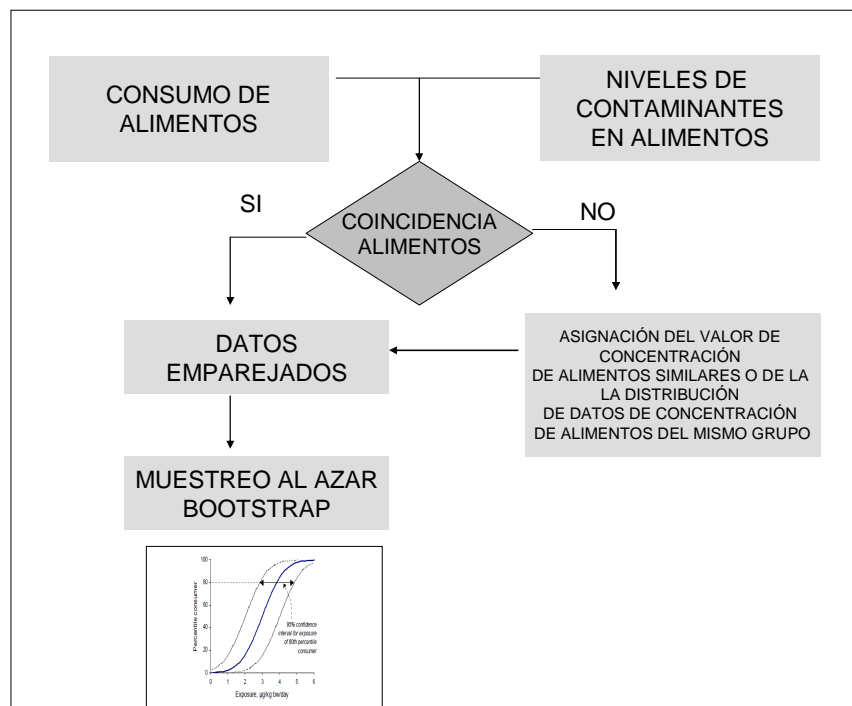


Figura 12. Estimación de la ingesta de metales llevada a cabo mediante aproximación probabilística

9. INCERTIDUMBRES EN LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Los estudios de estimación de la exposición a través de la dieta se encuentran afectados por numerosas fuentes de incertidumbre. Esta incertidumbre es debida a limitaciones de conocimiento científico incluyendo factores relativos tanto a la disponibilidad de datos como a la metodología utilizada. Cada paso dado en la estimación de la exposición se encuentra afectado por incertidumbres científicas las cuales contribuyen a proveer de una *incertidumbre global* a la evaluación del riesgo.

El desarrollo de la metodología actual no permite cuantificar la incertidumbre ligada a cada una de las etapas de la evaluación del riesgo, más allá de las debidas al método analítico y a la estimación de la ingesta cuando se lleva a cabo por el enfoque probabilístico ya que el propio software lo permite. Siguiendo las recomendaciones del Comité Científico de EFSA (EFSA, 2006), se ha llevado a cabo una evaluación de incertidumbres desde el punto de vista *cualitativo*. Aunque es deseable dotar a los gestores del riesgo de las incertidumbres asociadas a la evaluación de la exposición, esta metodología es todavía incipiente y se hace difícil en algunos aspectos expresar la magnitud y dirección de la incertidumbre. Las tablas 38, 50, 62 y 74 presentan los factores o fuentes de incertidumbre que pueden afectar a los resultados obtenidos así como una breve explicación de las mismas.

10. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

La caracterización del riesgo, último paso de la evaluación del riesgo, se lleva a cabo comparando los datos obtenidos con los valores guía basados en salud establecidos. La presentación se lleva a cabo en función del tipo de aproximación utilizada:

En la *aproximación determinista*, se calcula el porcentaje sobre la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) o el Margen de exposición en su caso (MOE) teniendo en consideración los diferentes valores críticos establecidos BMDL (nivel mas bajo con un intervalo de confianza del 95% de la dosis de referencia que origina un x% de incremento de riesgo).

La *aproximación probabilística*, calcula además el porcentaje de población o el número de habitantes que pueden estar en riesgo.

Diversos organismos, tanto internacionales como europeos, se encargan de evaluar la toxicidad de los contaminantes, ver tabla 25, los estudios que se llevan a cabo se encuentran en continua revisión, por lo que los valores guía del plomo,

cadmio, arsénico y mercurio, han sido modificados en varias ocasiones. En la tabla 25, se muestran los valores guía basados en salud establecidos por los distintos organismos para los metales: Pb, Cd As y Hg. Para el presente estudio se ha considerado el valor guía establecido por el Panel de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de EFSA

Tabla 25 .- Valores guía basados en salud para metales

Tabla 25. VALORES GUÍA BASADOS EN SALUD PARA METALES		
METAL	VALOR GUÍA	ORGANISMO
Pb	MOE = BMDL/IE BMDL₀₁ 1,50 µg/kg peso corporal efectos cardiovasculares adultos BMDL₁₀ 0,63 µg/kg p. c. nefrotoxicidad adultos BMDL_{0,1} 0,50 µg/kg peso desarrollo neurológico niños	Panel on Contaminants in the Food Chain EFSA (EFSA, 2010b).
Cd	IST 2,5 µg/Kg peso corporal	Panel on Contaminants in the Food Chain EFSA (EFSA, 2009b)
	IMTP 25 µg/Kg peso corporal	JECFA (FAO_WHO) 2010
iAs	MOE iAs = BMDL/IE BMDL₀₁ (0,3 µg/Kg peso/día – 8 µg/Kg peso /día)	Panel on Contaminants in the Food Chain EFSA (EFSA, 2009c)
	ISTP 15 µg/Kg peso corporal	JECFA (FAO_WHO)
Hg	IST(MeHg) 1,3 µg/Kg peso corporal	Panel on Contaminants in the Food Chain EFSA (EFSA, 2012d)
	ISTP(MeHg, 2003) 1,6 µg/Kg peso corporal	JECFA (FAO_WHO) (WHO, 2004)
	IST (iHg, 2010) 4 µg/Kg peso corporal	(WHO, 2011a)

IE: ingesta estimada

MOE: Margen de exposición

BMDL: Límite bajo de la dosis de referencia

ISTP: Ingesta semanal tolerable provisional

IMTP: Ingesta mensual tolerable provisional

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PLOMO

1. NIVELES DE PLOMO EN LOS ALIMENTOS

Un parámetro relevante en los EDT o estudios similares es la frecuencia de cuantificación (porcentaje promedio de muestras con valores superiores a los límites de cuantificación (LOQ)), debido a que puede influir significativamente en la variabilidad de los resultados obtenidos en los distintos estudios. Los LOQ utilizados deben ser lo mas bajos posible, ya que el objetivo de estos estudios no es verificar el cumplimiento de la legislación, sino evaluar la exposición de la población, por lo que es esencial cuantificar el aporte, por poco que sea, de cada alimento a la ingesta de un determinado contaminante.

En el presente estudio, la frecuencia global de cuantificación es del 84%. El % de muestras con valores superiores al LOQ oscila entre el 0% para el agua envasada al 100% para las bebidas no alcohólicas y comidas preparadas, en las que se obtiene un valor cuantificable en todas las muestras. Salvo para el agua envasada, la frecuencia de cuantificación del Pb en los diferentes grupos de alimentos supera el 67 % (tabla 26).

A partir de los datos de muestras de alimentos comercializados en 20 países de la Unión Europea en el periodo 2003-2011 la EFSA obtiene una frecuencia de cuantificación < 50% (EFSA, 2012c). En el 2º EDT francés la frecuencia de cuantificación fue del 45% y la frecuencia de detección del 77% (Millour, et al., 2011). Valores similares a los del presente estudio se obtienen en el EDT del Líbano (86,65%) (Nasreddine, et al., 2006). En los EDTs de la FDA (2006-2008) (FDA: U.S.) y Australia (FSANZ, 2011) la frecuencia de detección fue de 85,20 y 83,45 % respectivamente.

Los valores de LOQ del presente estudio se encuentran en un rango entre 0,4-10 ng/g, (Tabla 14) Los valores del LOQ de los estudios consultados se oscilan entre 0,40 ng/g (Kim, et al., 2012) y 15 ng/g (Food Safety Authority of Ireland, 2011). La WHO recomienda que el LOQ para el análisis de Pb en los alimentos no debe exceder de 10 ng/g (WHO, 2011b).

La concentración media de Pb y el rango de valores obtenido para cada alimento, se muestra en la Tabla 26. La concentración promedio 24,86 ng/g es muy similar a la obtenida en la UE por la EFSA (EFSA, 2012c) que ha estimado una mediana de 21,4 ng/g. En las Figuras 13 a 23 se refleja la concentración de Pb de cada muestra individual en los diferentes grupos de alimentos y los contenidos máximos (CM) establecidos por la legislación europea (Comisión Europea, 2006b).

Tabla 26. Frecuencia de cuantificación (%) y concentraciones de Pb (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.

ALIMENTOS	Frecuencia cuantificación (%)	Media	Mínimo	Máximo
Aceites y grasas (n=20)	80	19,19	10,40	48,00
Aceite oliva	60	20,37	11,90	27,00
Aceite semillas	100	18,49	10,40	48,00
Agua envasada (n=10)	0			
Bebidas alcohólicas (n=20)	70	4,76	0,70	16,20
Vino	40	12,10	10,30	16,20
Cerveza	100	1,82	0,70	5,70
Bebidas no alcohólicas (n=30)	100	6,76	0,91	25,00
Refrescos gas	100	1,29	0,91	2,38
Zumo Naranja	100	5,83	1,37	14,72
Zumo Piña-Melocoton	100	13,16	5,96	25,00
Carnes y productos cárnicos (n=120)	68	27,31	2,50	68,40
Carne de pollo	40	3,13	2,50	4,40
Carne de cerdo	30	5,20	3,70	6,20
Carne de ternera	10	3,50	3,50	3,50
Carne de cordero	20	3,75	3,50	4,00
Carne de conejo	10	3,25	3,00	3,50
Hamburguesas	100	32,79	12,90	61,70
Embutidos frescos	100	27,28	23,00	36,90
Jamón curado	90	11,94	6,90	25,30
Embutidos curados	100	60,71	47,20	68,40
Jamón cocido	100	20,23	15,40	24,60
Paté	100	28,75	20,00	41,60
Vísceras	100	33,30	20,00	66,50
Cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos (n=110)	95	43,83	2,54	392,53
Arroz	40	12,35	9,71	15,29
Bollería	100	89,31	29,52	392,53
Cereales desayuno	100	47,10	36,00	63,00
Galletas	100	50,80	29,00	96,00
Legumbres	100	52,20	38,00	69,00
Pan Blanco	100	25,33	13,28	36,15
Pan de molde	100	40,66	25,17	93,51
Pan integral	100	30,56	25,06	37,15
Pasta	100	54,00	29,00	111,00
Patatas	100	14,71	2,54	47,13
Frutos secos	100	46,24	20,80	126,00
Comidas preparadas (n=40)	100	22,46	5,67	174,00
Pizzas	100	21,41	16,53	28,65
Aperitivos y snacks	100	37,62	12,10	174,00
Comidas preparadas congeladas	100	12,83	5,67	19,96
Comidas preparadas envase metálico	100	17,99	13,77	20,47
Edulcorantes y condimentos (n=50)	94	95,79	7,92	632,00
Chocolate y cacao	100	59,70	34,00	91,00
Azúcar	80	25,95	21,10	33,00
Sal de mesa	100	331,00	127,00	632,00
Caramelos y golosinas	90	27,13	16,70	44,00
Salsas y mayonesas	100	14,32	7,92	40,42
Frutas y verduras (n=220)	77	9,07	0,97	55,14
Naranja	50	1,64	1,19	2,01
Fresas	90	3,10	1,97	7,96
Espinacas y acelgas	100	12,35	2,23	26,64
Lechuga, endivia y escarola	60	3,79	0,99	14,11
Judías verdes	80	2,83	1,22	7,91
Cebollas y cebolletas	90	2,50	0,97	6,05
Ajo	60	12,94	5,29	22,90
Pimiento	80	5,63	1,98	19,60
Berenjena, calabacín y pepino	90	4,96	1,98	8,80
Zanahorias y calabazas	100	6,71	3,40	11,81
Tomate	0			
Aceitunas y encurtidos	100	42,69	33,13	55,14
Manzana y Pera	80	3,93	2,54	6,61
Cerezas y ciruelas	100	2,91	2,07	4,27
Melón y Sandía	40	11,86	1,84	40,22
Plátanos	100	3,45	2,22	4,31
Melocotón y albaricoque	100	2,78	1,47	3,77
Uvas blancas y negras	100	3,66	2,52	6,63
Coliflor, brócoli, coles, repollo	20	2,24	1,69	2,80
Alcachofa, puerro, cardo, apio	50	3,92	2,36	6,50
Setas y champiñón	100	10,23	1,31	31,45
Café y café soluble	100	31,14	16,70	53,00
Huevos (n=10)	90	4,16	2,27	6,49
Leche y lácteos (n=60)	90	10,88	0,97	47,41
Leche	100	2,20	1,44	3,47
Queso	100	21,89	5,66	47,41
Yogur	80	2,93	1,42	7,63
Natillas, flanes y batidos	70	6,38	3,61	11,24
Mantequilla	90	20,09	11,60	35,00
Productos de soja	100	9,75	8,25	13,09
Pescados y productos de la pesca (n=120)	95	34,88	2,62	349,35
Conservas pescado	100	9,00	4,62	15,69
Bonito y atun	90	12,62	5,39	22,65
Calamar y Sepia	100	14,42	4,43	28,66
Dorada y lubina	90	9,01	4,15	13,92
Pez espada	80	10,68	3,04	31,47
Crustáceos	100	24,33	14,26	36,50
Mejillón	100	220,28	101,69	349,35
Pescado blanco	80	5,54	2,62	10,72
Salmon y trucha	100	9,01	3,74	23,67
Sardina y boquerón	100	37,96	23,58	66,67
Salazones de pescado	100	34,30	9,44	91,07
Pescado ahumado	100	15,95	12,12	22,49
Total (n=810)	84	24,86	0,70	632,00

n=n° muestras

n° muestras/alimento=10

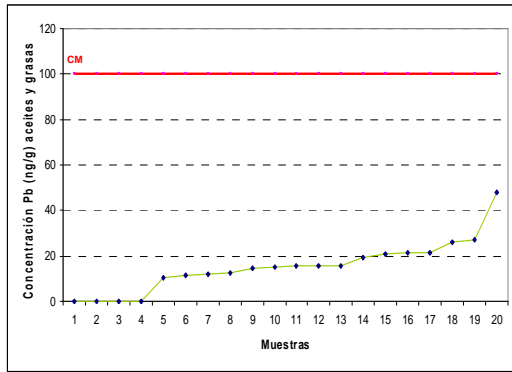


Figura 13. Niveles de Pb en las muestras de aceites y grasas analizadas (n= 20)
 CM: Contenido Máximo de Pb para aceites y grasas 100 ng/g peso fresco.

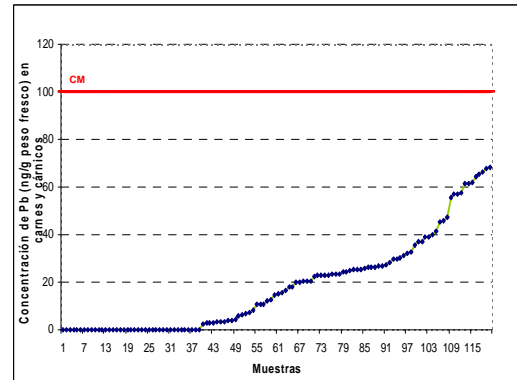


Figura 16. Niveles de Pb en las muestras de cárnicos analizadas (n=120)
 CM: Contenido máximo de Pb para carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral 100 ng/g peso fresco y despojos de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral 500 ng/g peso fresco.

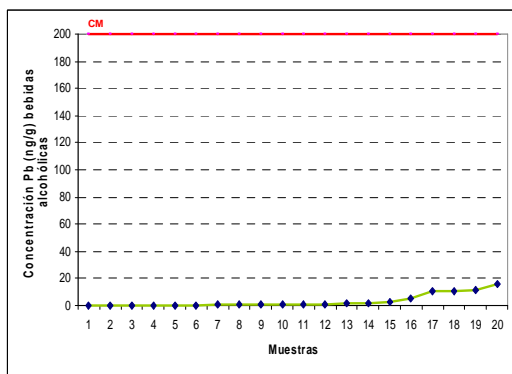


Figura 14. Niveles de Pb en las muestras de bebidas alcohólicas analizadas (n=20)
 CM: Contenido máximo de Pb para vinos 200 ng/g peso fresco.

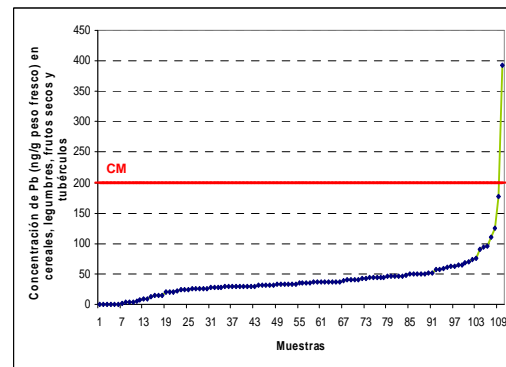


Figura 17. Niveles de Pb en las muestras de cereales, legumbres, frutos secos y tubérculos analizadas (n=110)
 CM: Contenido máximo de Pb para cereales, legumbres y legumbres secas 200 y patatas 100 ng/g peso fresco.

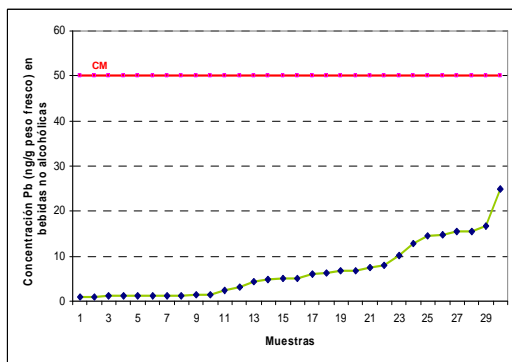


Figura 15. Niveles de Pb en las muestras de bebidas no alcohólicas analizadas (n=30)
 CM: Contenido máximo de Pb para zumos de frutas, zumos de frutas concentrados reconstituidos y néctares de frutas 50 ng/g peso fresco.

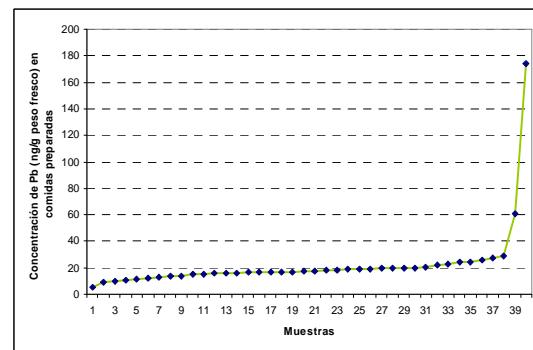


Figura 18. Niveles de Pb en las muestras de comidas preparadas analizadas (n=40)

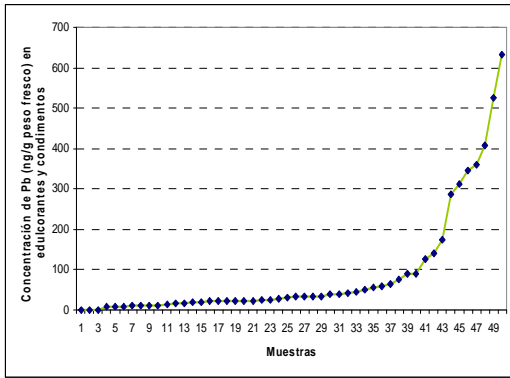


Figura 19. Niveles de Pb en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (n=50)

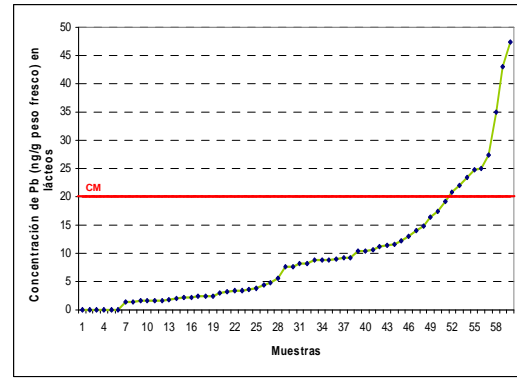


Figura 22. Niveles de Pb en las muestras de lácteos analizadas (n=60)

CM: Contenido máximo de Pb para leche cruda, leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos 20 ng/g peso fresco.

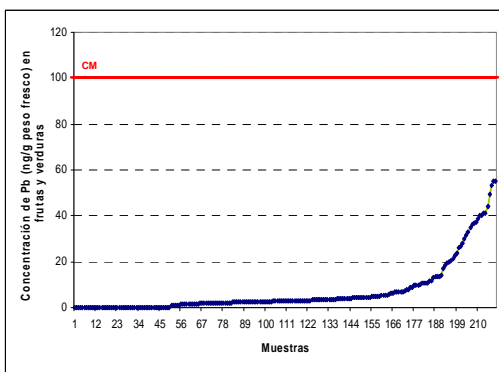


Figura 20. Niveles de Pb en las muestras de frutas y verduras analizadas (n=220)

CM: Contenido máximo de Pb para hortalizas, excluidas las del género *Brassica*, las hortalizas de hoja, las hierbas frescas y las setas 100 ng/g peso fresco.

Hortalizas del género *Brassica*, hortalizas de hoja y las siguientes setas: *Agaricus bisporus* (champiñón), *Pleurotus ostreatus* (seta de ostra), *Lentinula edodes* (seta shiitake) 300 ng/g peso fresco.

Frutas, excluidas las bayas y las frutas pequeñas 100 ng/g peso fresco.

Bayas y frutas pequeñas 200 ng/g peso fresco

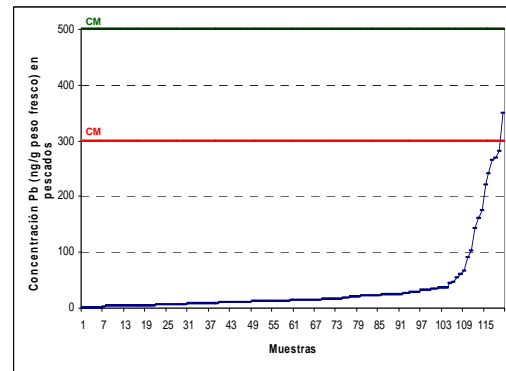


Figura 23. Niveles de Pb en las muestras de pescados analizadas (n=120)

CM: Contenido máximo de Pb, para carne de pescado 300 ng/g peso fresco.

Crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño (*Nephropidae* y *Palinuridae*) 500 ng/g peso fresco. Moluscos bivalvos 1500 ng/g peso fresco.

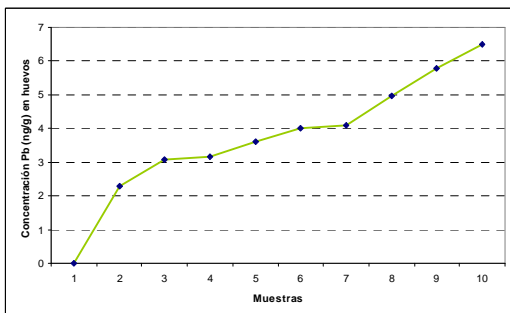


Figura 21. Niveles de Pb en las muestras de huevos analizadas (n=10)

Todas las muestras se encuentran por debajo de los límites establecidos en el Reglamento (CE) N° 1881/2006, por el que se fija el contenido máximo de contaminantes en los productos alimenticios y las modificaciones subsiguientes (Figuras 13 a 23).

En la Figura 24, se observan los rangos de concentración de Pb (ng/g) para cada grupo de alimentos detectados en estudios recientes:

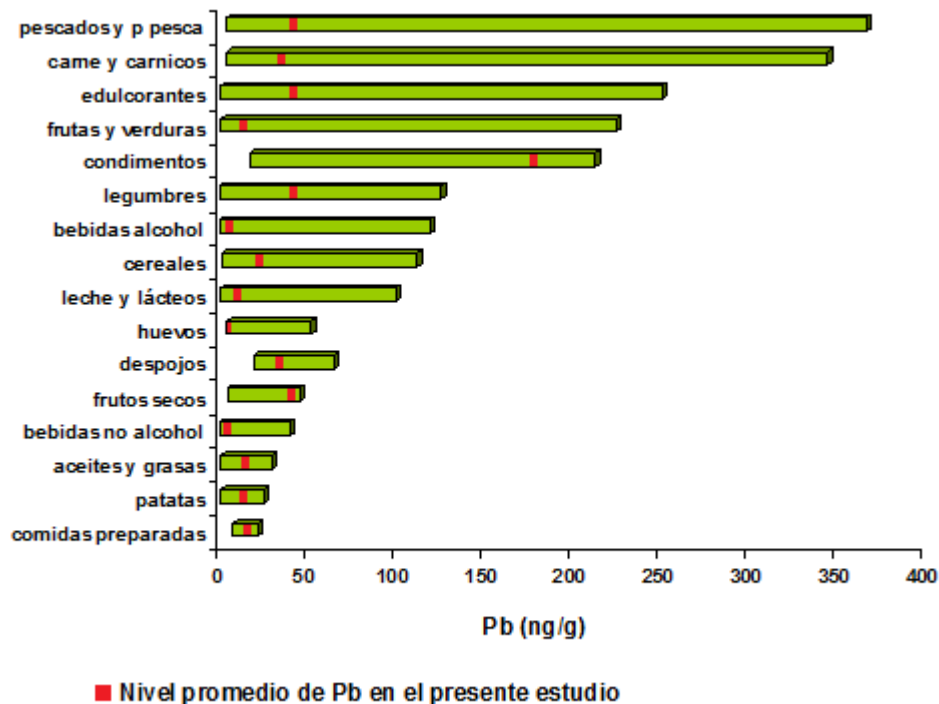


Figura 24: Rangos de concentración de Pb (ng/g) en estudios recientes

Se han tenido en cuenta los siguientes estudios: (Rubio, et al., 2005), (Muñoz, et al., 2005); (Rose, et al., 2010); (Nasreddine, et al., 2006); (Nasreddine, et al., 2010); (Millour, et al., 2011); (Arnich, et al., 2012); (Becker, et al., 2011); (Zheng, et al., 2007); (Zeid, 2010); (Kim, et al., 2012); (Bocio, et al., 2005; Storelli and Barone, 2013); (Yusà, et al., 2008); (Castells, et al., 2012); (Skrbic, et al., 2013); (Llobet, et al., 2003); (Martí-Cid, et al., 2008); (Martorell, et al., 2011).

En general los niveles detectados en el presente estudio se encuentran en el rango bajo de los valores encontrados en estudios recientes en España o en otros países.

El alimento que presenta un mayor contenido de Pb es la sal, incluido en el grupo de edulcorantes y condimentos, con niveles de Pb entre 127 y 632 ng/g peso

fresco (Tabla 26). Aunque este alimento no tiene niveles máximos en la legislación europea, la legislación española (RD 1424/1983), así como el Codex Alimentarius (CODEX, 1995), establecen como límite 2000 ng/g. Los valores obtenidos se encuentran muy por debajo de este límite. En la mayoría de estudios no se ha llevado a cabo el análisis de este alimento. En el informe de EFSA (EFSA, 2012c), también se obtienen valores altos para la sal iodada y sal marina, con valores medios de 838 ng/g y de 451 ng/g respectivamente y de 168 ng/g para la sal. Sin embargo, en el EDT de Canadá se obtiene un valor mucho más bajo de 41,5 ng/g (Health Canada, 2007). Para otros alimentos representativos del grupo de edulcorantes y condimentos, como el azúcar y el chocolate y cacao, se ha obtenido un valor promedio de 25,95 ng/g y de 59,70 ng/g respectivamente (Tabla 1). Muñoz, en el estudio llevado a cabo en Chile (Muñoz, et al., 2005), obtiene un valor promedio de Pb para el grupo de azúcares de 251 ng/g. Valores mucho más bajos son los obtenidos en el segundo EDT francés (Millour, et al., 2011), con 17 ng/g de media para los dulces miel y confitería, con el valor más alto para el chocolate 23 ng/g.

En el grupo de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos, Figura 17, el valor promedio es de 43,83 ng/g (Tabla 26), similar al obtenido en Cataluña 44 ng/g (Martorell, et al., 2011); valor intermedio entre los informados por Zeid (Zeid, 2010) de 22 ng/g y Bocio (Bocio, et al., 2005) de 24,2 ng/g y el obtenido por (Zheng, et al., 2007) de 125,7 ng/g para legumbres y cereales. Respecto al pan hemos determinado un promedio de 32,18 ng/g valor parecido al determinado por (Nasreddine, et al., 2006) de 35,4 ng/g, superior al detectado por (Sirot, et al., 2009b) de 8,02 ng/g y por (Rose, et al., 2010) de 11 ng/g en UK, y bastante inferior al determinado por (Muñoz, et al., 2005) en Chile >100 ng/g.

En pescados y productos de la pesca, prácticamente todas las muestras se encuentran por debajo del límite más restrictivo de la legislación de 300 ng/g establecido para la carne de algunos pescados, Figura 23. El valor promedio de nuestro estudio es de 34,88 ng/g en un rango de 2,62 a 349,35 ng/g (Tabla 26), muy similar al obtenido en Cataluña 33 ng/g (Martorell, et al., 2011). Los valores obtenidos para este grupo presentan una gran variabilidad entre los distintos estudios consultados, oscilando entre 4 ng/g, informado por Rose (Rose, et al., 2010) a 367 ng/g obtenido por Rubio en Canarias (Rubio, et al., 2005) (Figura 24). En el 2º EDT francés, también se obtiene el valor más alto para el grupo de pescados y productos de la pesca pero su valor promedio 48 ng/g es sensiblemente más bajo (Millour, et al., 2011). Dentro del grupo, el producto para el que se obtiene el valor más alto es el mejillón, con un promedio de 220,28 ng/g y un máximo de 349,35 ng/g (Tabla 26). Valores similares obtiene Millour con un

promedio de 268 ng/g y un máximo de 344 ng/g (Millour, et al., 2011). No obstante el valor obtenido en el presente estudio para los mejillones, similar al hallado sobre muestras tomadas en la Comunitat Valenciana en los años 2005 y 2006 (220 ng/g) (Yusà, et al., 2008), se encuentra muy por debajo del límite establecido por la legislación (1500 ng/g).

En el grupo de carnes y productos cárnicos Figura 16, obtenemos un valor promedio de 27,31 ng/g con un rango de 2,50 a 68,40 ng/g (Tabla 26). Valores parecidos detecta Zeid (Zeid, 2010) 29 ng/g y Bocio (Bocio, et al., 2005) 24,3 ng/g; Millour, informa valores mas bajos (11 ng/g) (Millour, et al., 2011); Martorell obtiene valores mas elevados 43 ng/g (Martorell, et al., 2011) y (Rose, et al., 2010), en UK detecta los mayores niveles de Pb en los despojos 65 ng/g (Figura 24).

En el grupo de aceites y grasas, el valor medio detectado 19,19 ng/g (Tabla 26) era inferior al valor detectado en Cataluña en 2008 de 80 ng/g (Martorell, et al., 2011) y superior al informado por (Millour, et al., 2011) de 4 ng/g y (Rubio, et al., 2005) en Canarias con un valor de 0,8 ng/g, Figura 24.

El grupo de lácteos, Figura 22, presenta un valor promedio de 10,88 ng/g (Tabla 26), valores similares han sido informados por Zeid de 10 ng/g (Zeid, 2010), Zheng con un valor de 11,75 ng/g para la leche (Zheng, et al., 2007); Rubio 12 ng/g (Rubio, et al., 2005) y Bocio detecta un valor de 6 ng/g para la leche y de 22,5 ng/g para los productos lácteos (Bocio, et al., 2005), sin embargo Martorell obtiene valores de 64 ng/g para la leche y de 10 para los lácteos (Martorell, et al., 2011). Rubio informa un valor para el queso de 2,3 ng/g (Rubio, et al., 2005); Nasreddine de 17,6 ng/g (Nasreddine, et al., 2006) y en nuestro estudio el valor obtenido es de 21,89 ng/g (Tabla 26)

Las frutas y verduras (Figura 20) dan un promedio de 9,07 ng/g en un rango de 0,97 a 55,14 ng/g (Tabla 26). Valores de 16,3 ng/g para las verduras y 13,6 ng/g para las frutas, obtuvo (Bocio, et al., 2005); 28 y 32 ng/g obtiene Martorell respectivamente; (Sirot, et al., 2009b) con un valor de 16,43 ng/g y (Rose, et al., 2010) de 13 ng/g; (Nasreddine, et al., 2006) da valores de 16 ng/g en vegetales cocinados y de 14,8 ng/g en vegetales en lata; (Zeid, 2010) obtiene valores promedio para los vegetales de 25 ng/g. Los mayores valores los informó (Muñoz, et al., 2005) con un valor promedio para frutas de 225 ng/g (Millour, et al., 2011) obtuvo un valor un poco mas bajo al detectado en nuestro estudio 8 ng/g y observó un descenso respecto al informado en el primer estudio francés 14 ng/g.

En las bebidas alcohólicas, se obtuvo un valor promedio del grupo de 4,76 ng/g, destacando el vino con 12,10 ng/g (Tabla 26), valores del mismo orden

fueron detectados por (Millour, et al., 2011) de 10 ng/g en muestras de Francia. Otros estudios muestran un rango de valores para las bebidas alcohólicas comprendidos entre 0,2 ng/g en Australia a 120 ng/g en Canarias (Rubio, et al., 2005).

Del mismo orden de los valores promedio detectados en las bebidas no alcohólicas 6,76 ng/g en nuestro estudio (Tabla 26) son los detectados por Rubio de 6 ng/g (Rubio, et al., 2005); en Suecia (Becker, et al., 2011) informa valores < 1 ng/g en bebidas refrescantes; (Millour, et al., 2011) obtiene valores para el grupo de bebidas refrescantes de 7 ng/g, Figura 24.

Para los huevos, se ha obtenido un valor promedio de 4,16 ng/g (Tabla 26), similar al detectado por (Millour, et al., 2011) de 6 ng/g; inferior al informado por (Rubio, et al., 2005) de 10 ng/g; Martorell obtiene valor de 42 ng/g, Figura 24.

Para el grupo de comidas preparadas, Figura 18, se ha obtenido un valor promedio de 22,46 ng/g (Tabla 26), del orden del informado por (Nasreddine, et al., 2006) para las pizzas 27,3 ng/g y superior al detectado por (Millour, et al., 2011) de 8 ng/g para este grupo, Figura 24.

2. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A Pb: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE Pb

2.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA

Para el cálculo de la ingesta estimada mediante aproximación determinista, se tienen en cuenta los cuatro posibles escenarios (optimista, pesimista0, pesimista1 y pesimista2), tal como se detalla en el apartado 8º de la metodología, planteados en función de los alimentos incluidos en el cálculo de la exposición y el tratamiento de los valores no detectados.

Los cálculos se han llevado a cabo para el consumidor medio (media de consumo) y para grandes consumidores (P95), para los dos grupos de edad: adultos (>15) y niños (6-15 años).

2.1.1 Ingesta estimada de Pb en población adulta

En las Tablas 27, 28 y 29, se muestran los valores de la ingesta de Pb (ng/kg p. c. y µg/kg p.c./día) para la población adulta de la Comunitat Valenciana tanto para consumidores medios (media) como para grandes consumidores (P95), en los distintos escenarios objeto de análisis. También se detalla el porcentaje de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la ingesta de Pb en cada situación.

Tabla 27 . Estimación de la ingesta de Pb de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB)

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Pb (ng/g) mediana		CONSUMO (g/kg p.c./día) población >15 años		INGESTA Pb (ng/kg p.c./día) población >15 años				% CONTRIBUCIÓN INGESTA			
	LB	UB	Media	P95	Consumidor medio		Gran consumidor (P95)		Consumidor medio		Gran consumidor (P95)	
					Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0
ACEITES Y GRASAS	15,25	15,25	0,29	0,86	3,99	3,99	11,91	11,91	2,80	2,56	1,97	1,75
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	1,13	7,85	1,26	8,49	0,92	5,47	6,34	36,19	0,65	3,52	1,05	5,31
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	5,06	5,06	1,74	10,79	5,35	5,35	43,08	43,08	3,75	3,44	7,12	6,32
CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	14,90	14,90	1,92	9,42	13,68	17,59	57,42	78,33	9,60	11,31	9,49	11,49
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	34,91	34,91	2,47	10,78	65,83	68,29	301,88	312,83	46,19	43,89	49,89	45,89
COMIDAS PREPARADAS	17,50	17,50	0,21	0,16	3,80	3,80	2,78	2,78	2,66	2,44	0,46	0,41
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	32,50	32,50	0,29	0,74	10,87	10,87	33,73	33,73	7,63	6,99	5,57	4,95
FRUTAS Y VERDURAS	2,89	2,89	5,02	30,29	11,63	13,78	61,69	76,56	8,16	8,86	10,19	11,23
HUEVOS	3,80	3,80	0,34	1,63	1,31	1,31	6,22	6,22	0,92	0,84	1,03	0,91
LECHE Y LÁCTEOS	7,96	8,27	2,57	13,31	10,91	10,91	57,67	57,67	7,65	7,01	9,53	8,46
PESCADOS Y PRODUCTOS PESCA	13,21	13,21	0,66	2,36	14,24	14,24	22,42	22,42	9,99	9,15	3,70	3,29
TOTAL			16,78	88,83	142,52	155,60	605,14	681,72	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)					0,14	0,16	0,61	0,68				

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 28. Estimación de la ingesta de Pb de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Pb (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población >15 años		INGESTA Pb (ng/kg p. c./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10,00	10,11	27,93	101,14	279,30	39,39	29,10
ACEITES Y GRASAS	15,25	0,29	0,85	3,99	11,91	1,55	1,24
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	7,85	1,26	8,49	5,47	36,19	2,13	4,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	5,06	1,74	10,79	5,35	43,08	2,08	4,49
CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	14,90	1,92	9,42	17,59	78,33	7,00	8,00
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	34,91	2,47	10,78	68,29	312,83	26,60	32,60
COMIDAS PREPARADAS	17,50	0,21	0,16	3,80	2,78	1,48	0,29
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	32,50	0,29	0,74	10,87	33,73	4,23	3,51
FRUTAS Y VERDURAS	2,89	5,02	30,29	13,78	76,56	5,37	7,98
HUEVOS	3,80	0,34	1,63	1,31	6,22	0,51	0,65
LECHE Y LÁCTEOS	8,27	2,57	13,31	10,91	56,32	4,25	5,87
PESCADOS Y PRODUCTOS PESCA	13,21	0,66	2,36	14,24	22,42	5,55	2,34
TOTAL		26,89	116,76	256,74	959,67	100,15	100,07
TOTAL (µg/kg p.c./día)				0,26	0,96		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 29. Estimación de la ingesta de Pb a través de la dieta de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista 2

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Pb (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población >15 años		INGESTA Pb (ng/kg p. c./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10,00	10,11	27,93	101,14	279,30	35,54	25,59
ACEITES Y GRASAS	15,25	0,30	0,86	4,06	11,99	1,43	1,10
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	7,85	1,28	8,49	5,72	36,19	2,01	3,32
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	5,06	2,73	15,21	11,87	65,47	4,17	6,00
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	14,90	1,99	9,49	18,62	79,36	6,54	7,27
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	34,91	2,63	11,56	74,51	344,38	26,18	31,55
COMIDAS PREPARADAS	17,50	0,62	3,17	12,34	55,49	4,33	5,08
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	32,50	0,34	0,91	10,90	39,27	3,83	3,60
FRUTAS Y VERDURAS	2,89	5,58	30,85	15,06	81,77	5,29	7,49
HUEVOS	3,80	0,34	1,63	1,31	6,22	0,46	0,57
LECHE Y LÁCTEOS	8,27	3,69	18,73	14,02	69,43	4,93	6,36
PESCADOS Y PROD PESCA	13,21	0,77	2,38	15,04	22,63	5,29	2,07
TOTAL		30,37	131,21	284,60	1091,51	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)				0,28	1,09		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

$INGESTA = \sum [\text{CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)}] \times \text{CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día)}$. Los cálculos se muestran en el ANEXO.

La estimación de la exposición a Pb para la población adulta y consumidor medio en los distintos escenarios planteados se encuentra en un rango entre 0,14 a 0,28 µg/kg p.c. /día. Observamos que la diferencia entre los valores de ingesta de los dos primeros escenarios (0,14 y 0,15 µg/kg p. c. /día) es mínima, ya que la FQ es alta 84%. Esta diferencia, es manifiestamente mas elevada con el escenario pesimista 1 (0,26 µg/kg peso/día), ya que al tener en cuenta todos los alimentos analizados, se tiene en consideración el agua envasada (cuyos valores son todos <LOQ) y dado que su consumo es elevado, conlleva un incremento considerable de la ingesta total. Si consideramos todos los alimentos consumidos la ingesta se sitúa en 0,28 µg/kg p.c. /día (escenario P2).

El rango de valores obtenido, es inferior a la informada por EFSA (EFSA, 2012c) con un valor de 0,50 µg/kg p.c. /día, para el MB (han considerado el MB ya

que dada la variedad del origen de los datos había bastante diferencia entre el LB y el UB.

La aproximación determinista en el P95, utiliza los valores de consumo de alimentos en el P95 para todos los alimentos de la dieta, por lo que representa a un consumidor extremo para el consumo de todos los alimentos.

Los principales contribuyentes a la ingesta de Pb en la población adulta son los cereales legumbres tubérculos y frutos secos que supone entre el 46 y el 26 % en los escenarios Optimista (tabla 27) y P2 (Tabla 29) respectivamente. Otros grupos que contribuyen en menor medida son la carne y productos cárnicos en un rango del 10 al 7% entre ambos escenarios, y los pescados y productos de la pesca y con un 9-5% de contribución. En los escenarios P1 y P2 adquiere gran importancia el agua envasada con un porcentaje entre el 39 y el 35% (Tablas 28 y 29) por las razones expuestas anteriormente.

2.1.2 Ingesta estimada de Pb en niños

En las Tablas 30, 31 y 32, se muestran los valores de la estimación de la exposición a Pb (ng/kg p. c. /día y µg/kg p.c. /día) para los niños de la Comunitat Valenciana (6-15 años) tanto para el consumidor medio (media) como para grandes consumidores (P95), en los distintos escenarios objeto de análisis. También se detalla el porcentaje de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la exposición a Pb en cada situación.

Tabla 30 . Estimación de la ingesta de Pb de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB)

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Pb (ng/g) mediana		CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA Pb (ng/kg p. c./día) población 6-15 años				% CONTRIBUCIÓN INGESTA			
	LB	UB	Media	P95	Consumidor medio		Gran consumidor (P95)		Consumidor medio		Gran consumidor (P95)	
					Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0
ACEITES Y GRASAS	15,25	15,25	0,49	1,50	6,71	6,71	21,26	21,26	2,14	2,03	1,41	1,33
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	1,13	7,85	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	5,06	5,06	2,97	19,76	15,34	15,34	115,38	115,38	4,89	4,65	7,63	7,24
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	14,90	14,90	4,30	21,79	41,10	49,39	249,41	290,28	13,10	14,97	16,48	18,20
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	34,91	34,91	5,66	24,91	156,33	161,73	705,18	730,77	49,84	49,01	46,60	45,83
COMIDAS PREPARADAS	17,50	17,50	0,34	0,51	5,61	5,61	8,88	8,88	1,79	1,70	0,59	0,56
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	32,50	32,50	0,83	4,85	33,25	33,25	163,88	163,88	10,60	10,08	10,83	10,28
FRUTAS Y VERDURAS	2,89	2,89	6,27	38,23	14,84	17,48	87,21	102,18	4,73	5,30	5,76	6,41
HUEVOS	3,80	3,80	0,63	3,46	2,39	2,39	13,15	13,15	0,76	0,72	0,87	0,82
LECHE Y LÁCTEOS	7,96	8,27	6,90	31,74	26,80	26,80	132,62	132,62	8,54	8,12	8,76	8,32
PESCADOS Y PROD PESCA	13,21	13,21	0,79	3,10	11,27	11,27	16,17	16,17	3,59	3,42	1,07	1,01
TOTAL			29,16	149,85	313,63	330,01	1513,13	1594,57	100,00	100,00	100,07	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)					0,31	0,33	1,51	1,59				

Tabla 31. Estimación de la ingesta de Pb de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Pb (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA Pb (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10,00	16,18	40,47	161,81	404,72	32,90	20,24
ACEITES Y GRASAS	15,25	0,49	1,50	6,71	21,26	1,36	1,06
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	7,85	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	5,06	2,97	19,76	15,34	115,38	3,12	5,77
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	14,90	4,30	21,79	49,39	290,28	10,04	14,52
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	34,91	5,66	24,91	161,73	730,77	32,88	36,55
COMIDAS PREPARADAS	17,50	0,34	0,51	5,61	8,88	1,14	0,44
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	32,50	0,83	4,85	33,25	163,88	6,76	8,20
FRUTAS Y VERDURAS	2,89	6,27	38,23	17,48	102,18	3,55	5,11
HUEVOS	3,80	0,63	3,46	2,39	13,15	0,49	0,66
LECHE Y LÁCTEOS	8,27	6,90	31,74	26,80	132,62	5,45	6,63
PESCADOS Y PROD PESCA	13,21	0,79	3,10	11,27	16,17	2,29	0,81
TOTAL		45,35	190,32	491,82	1999,29	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)				0,49	2,00		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 32. Estimación de la ingesta de Pb de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 2

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Pb (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA Pb (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10,00	16,18	40,47	161,81	404,72	29,17	17,16
ACEITES Y GRASAS	15,25	0,49	1,50	6,72	21,26	1,21	0,90
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	7,85	0,01	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	5,06	4,10	25,42	27,94	192,79	5,04	8,17
CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	14,90	4,50	22,45	52,39	300,10	9,44	12,72
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	34,91	5,99	26,61	174,75	796,33	31,50	33,76
COMIDAS PREPARADAS	17,50	1,79	10,65	30,53	186,34	5,50	7,90
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	32,50	0,87	4,85	34,52	164,03	6,22	6,95
FRUTAS Y VERDURAS	2,89	6,96	39,26	18,97	103,57	3,42	4,39
HUEVOS	3,80	0,63	3,46	2,39	13,15	0,43	0,56
LECHE Y LÁCTEOS	8,27	9,72	44,72	33,10	160,34	5,97	6,80
PESCADOS Y PRODUCTOS PESCA	13,21	0,84	3,11	11,62	16,18	2,09	0,69
TOTAL		52,07	222,50	554,80	2358,82	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)				0,55	2,36		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

La exposición a Pb en la población de 6-15 años se sitúa entre 0,31 (Tabla 30) a 0,55 µg/kg p.c./día (Tabla 32), es mas baja que la informada por EFSA (EFSA, 2012c) con una media para el MB de 1,03 µg/kg p.c./día para niños con un rango (LB-UB) de 0,87 a 1,18 µg/kg p.c./día y de 0,55 µg/kg p.c./día (MB) para adolescentes, con un rango de 0,46 a 0,63 µg/kg p.c./día.

La exposición en la población infantil es el doble de la estimada en la población adulta ya que la relación consumo de alimentos/peso corporal es mayor. La exposición de los grandes consumidores (P95) es considerablemente mayor que en la población adulta.

Los principales contribuyentes a la exposición a Pb en la población infantil igual que en la población adulta son los cereales legumbres tubérculos y frutos secos que supone entre el 50 y el 31 % en los escenarios Optimista (Tabla 30) y P2 (Tabla 32) respectivamente y la carne y productos cárnicos en un rango del 13 al 9% entre ambos escenarios. Otros grupos que contribuyen en menor medida a

diferencia de la población adulta son los edulcorantes y condimentos con un rango entre 10-6% y los lácteos entre el 9 y el 6% de contribución. En los escenarios P1 y P2 adquiere gran importancia el agua envasada con un porcentaje entre el 33 y el 29%.

2.2 ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

Para la estimación de la exposición mediante aproximación probabilística, se tienen en cuenta cuatro posibles escenarios (optimista, pesimista 0, pesimista 1 y pesimista 2), en función de los alimentos incluidos en el cálculo de la exposición y el tratamiento de los valores no detectados, tal como se refleja en el apartado 8º de la metodología. Los cálculos se han llevado a cabo teniendo en consideración los grupos de edad establecidos: adultos (>15 años) y niños (6-15 años).

La Tabla 33, muestra los resultados de la exposición obtenida por medio de la aproximación probabilística, la media con un intervalo de confianza al 95%, P50, P75; P90; P95 y P99, para la población de la CV, en los distintos escenarios establecidos:

Tabla 33. Estimación probabilística de la ingesta de Pb por consumo de alimentos de la población de la CV, en los distintos escenarios propuestos

Población	Escenarios	Media	P50	P75	P90	P95	P99
Adultos	Optimista	0,21 (0,20-0,21)	0,17 (0,16-0,17)	0,25 (0,24-0,26)	0,38 (0,36-0,40)	0,51 (0,48-0,55)	0,86 (0,79-0,92)
	Pesimista 0	0,22 (0,21-0,22)	0,17 (0,17-0,18)	0,26 (0,25-0,27)	0,39 (0,37-0,41)	0,52 (0,49-0,56)	0,86 (0,80-0,94)
	Pesimista 1	0,41 (0,39-0,42)	0,34 (0,33-0,35)	0,51 (0,49-0,52)	0,74 (0,71-0,76)	0,93 (0,89-0,97)	1,45 (1,38-1,51)
	Pesimista 2	0,44 (0,43-0,45)	0,37 (0,36-0,39)	0,54 (0,53-0,56)	0,78 (0,75-0,81)	0,97 (0,93-1,01)	1,40 (1,43-1,58)
Niños	Optimista	0,45 (0,41-0,50)	0,36 (0,32-0,41)	0,53 (0,48-0,58)	0,85 (0,73-0,97)	1,13 (0,97-1,30)	2,02 (1,63-2,65)
	Pesimista 0	0,47 (0,42-0,51)	0,37 (0,34-0,40)	0,55 (0,50-0,60)	0,87 (0,74-1,00)	1,16 (0,99-1,36)	1,98 (1,67-2,60)
	Pesimista 1	0,77 (0,71-0,84)	0,63 (0,59-0,68)	0,94 (0,86-1,05)	1,41 (1,28-1,59)	1,80 (1,62-2,02)	2,88 (2,33-3,48)
	Pesimista 2	0,83 (0,76-0,90)	0,68 (0,59-0,75)	1,01 (0,92-1,11)	1,48 (1,33-1,66)	1,89 (1,68-2,13)	2,98 (2,48-3,65)

En parentesis: Intervalo de confianza al 95%

P: Percentil

Los valores obtenidos en los distintos escenarios planteados para la aproximación probabilística, reflejan un resultado de exposición creciente que llega a ser el doble entre los valores de la media obtenidos en el escenario optimista (0,21 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$) y el pesimista 2 (0,44 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$) para la población adulta y de 0,45 $\mu\text{g}/\text{kg}$ a 0,83 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ para ambos escenarios en la población infantil.

De la misma manera que sucede en la aproximación determinista, se observa una gran diferencia entre los escenarios P0 y P1 la cual estriba fundamentalmente en que en el escenario P1 se tienen en cuenta todos los alimentos analizados independientemente de la frecuencia de cuantificación, esto implica la inclusión del agua envasada cuya FQ es del 0% y el LOQ de 10 ng/g.

2.3 DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICA

La comparación entre los dos enfoques probabilístico y determinista revela que la estimación de la media es muy parecida aunque ligeramente mas baja en la aproximación determinista para todos los escenarios, tal como se observa en la Figura 25, donde se muestra la comparación para los escenarios optimista y pesimista 2. No obstante cuando utilizamos el enfoque probabilístico es posible estimar la exposición a diferentes percentiles, por tanto la variabilidad en cuanto a hábitos de consumo de alimentos y de concentración de contaminantes en los alimentos se tiene en cuenta y las incertidumbres se pueden cuantificar.

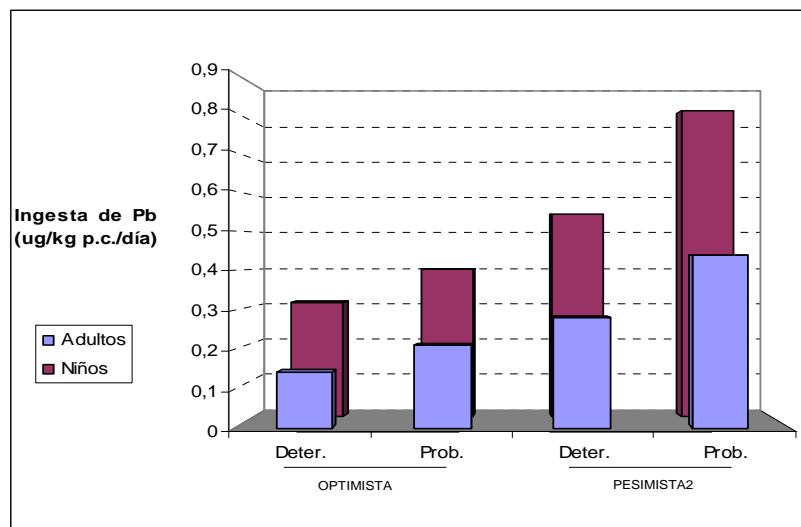


Figura 25. Comparación de la estimación de la ingesta de Pb ($\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$) en la población adulta e infantil por el método determinista y el probabilístico, para los escenarios optimista y pesimista 2.

3. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

El riesgo se ha caracterizado como margen de exposición MOE, teniendo en cuenta los BMDL para los diferentes efectos (Ver el apartado 10º de la metodología):

BMDL₀₁ y BMDL₁₀ de 1,50 y 0,63 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ respectivamente, para los efectos cardiovasculares y de nefrotoxicidad en adultos y BMDL₀₁ de 0,50 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ para la neurotoxicidad en el desarrollo para niños.

3.1. APROXIMACIÓN DETERMINISTA

Las Tablas 34 y 35 muestran la caracterización del riesgo (MOE) obtenido en población adulta e infantil respectivamente en los diferentes escenarios tanto para consumidores medios como para los grandes consumidores (P95).

Tabla 34. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de Pb en la población adulta de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.

Población >15 años				
Escenarios	MOE (BMDL ₀₁ = 1,5µg/kg p.c./día)		MOE (BMDL ₁₀ =0,63 µg/kg p.c./día)	
	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
optimista	10,71	2,27	4,50	0,95
pesimista 0	10,00	2,03	4,20	0,85
pesimista 1	5,77	1,47	2,42	0,62
pesimista 2	5,36	1,38	2,25	0,58

MOE: Margen de exposición

BMDL: Límite inferior de la dosis de referencia

Tabla 35. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de Pb en la población infantil de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.

Población 6-15 años		
Escenarios	MOE (BMDL ₀₁ =0,50µg/kg p.c./día)	
	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
optimista	1,61	0,33
pesimista 0	1,52	0,31
pesimista1	1,02	0,25
pesimista2	0,91	0,21

MOE: Margen de exposición

BMDL: Límite inferior de la dosis de referencia

Los MOEs obtenidos para los consumidores medios de la población adulta disminuyen conforme el escenario es más pesimista pero son siempre superiores a 1. Sin embargo para los grandes consumidores (P95) teniendo en consideración el (BMDL₁₀) de 0,63 µg/kg p.c./día los MOEs obtenidos son <1, es decir no hay margen de exposición, por lo que la posibilidad de efectos renales no puede ser

excluida, para cualquiera de los escenarios propuestos, si el efecto se produjera al (BMDL₁₀) de 0,63 µg/kg p.c. /día (Tabla 34). No obstante, ya hemos mencionado el hecho de que el P95 en aproximación determinista sobreestima la exposición ya que considera un consumo de P95 para todos los alimentos

En los niños, la situación se acentúa mas, ya que incluso para el consumidor medio, en el escenario pesimista 2, supera el BMDL₀₁ de 0,50 µg/kg p.c./día para la neurotoxicidad en el desarrollo de los niños y por tanto el MOE es <1 (Tabla 35).

3.2 APROXIMACIÓN PROBABILÍSTICA

La aproximación probabilística, a parte de dar una caracterización puntual del riesgo (MOE), proporciona además una distribución de la exposición (P50; P75, P90, P95, P99), que permite conocer el porcentaje de población que supera un cierto valor crítico (BMDL).

Las Tablas 36 y 37 muestran la caracterización del riesgo (MOE) de la población adulta e infantil de la Comunitat valenciana, en número y porcentaje de adultos que supera un valor crítico BMDL₀₁ para los efectos cardiovasculares y BMDL₁₀ para los efectos renales y niños que superan el BMDL₀₁ para los efectos sobre el neuro desarrollo.

Tabla 36. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Pb, en la población adulta de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.

Escenario	Caracterización del riesgo					
	MOE BMDL ₀₁	% de población con ingesta > BMDL ₀₁	Población que excede	MOE BMDL ₁₀	% de población con ingesta > BMDL ₁₀	Población que excede
Optimista	7,14	0.06	2586	3,00	2,84	122394
Pesimista 0	6,82	0.06	2586	2,86	2,92	125842
Pesimista1	3,66	0.85	36632	1,54	15,00	646449
Pesimista2	3,41	1,00	43097	1,43	17,75	764965

BMDL₀₁, efectos cardiovasculares (1,5 µg/kg peso/día)

BMDL₁₀, efectos renales (0,63 µg/kg peso/día)

Población adulta de la CV: 4309661

Tabla 37. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Pb, en la población infantil de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.

Escenario	Caracterización del riesgo		
	MOE (BMDL ₀₁)	% de niños con ingesta > BMDL ₀₁	Población que excede
Optimista	1,11	28,01	139432
Pesimista 0	1,06	29,65	147595
Pesimista1	0,65	65,65	326800
Pesimista2	0,60	72,07	358759

MOE: Margen de exposición

BMDL₀₁, efectos en el neurodesarrollo (0,5 µg/kg pc/día)

Población infantil de la CV: 497792

En la población adulta si tenemos en consideración los posibles efectos cardiovasculares y nefrotóxicos como efectos potenciales críticos adversos con respectivas BMDL₀₁ y BMDL₁₀ de 1,50 y 0,63 µg/ kg peso /día observamos que la ingesta media estimada de 0,21 a 0,44 µg/kg peso/día, no excede estos valores (Tabla 36). Los MOEs obtenidos mediante la aproximación probabilística en población adulta tanto para el BMDL₀₁ de 1,5 µg/kg peso/día (7,14 -3,41) como para el BMDL₁₀ de 0,63 µg/kg peso/día (3,00-1,43) son mas bajos (menor margen de exposición) que los obtenidos mediante la aproximación determinista (10,71-5,36) y (4,50-2,25) respectivamente ya que la ingesta obtenida es mas elevada.

Los MOEs obtenidos para la población infantil son próximos a 1 y para los escenarios pesimista 1 y 2 son <1 es decir no existe margen de exposición, si el efecto se produjera al BMDL₀₁ de 0,5 µg/kg p.c./día (Tabla 37).

4. INCERTIDUMBRES

Siguiendo las recomendaciones del el Comité Científico de EFSA (EFSA, 2006a) y (EFSA 2012d), se ha llevado a cabo una evaluación de incertidumbres desde el punto de vista *cualitativo* de cada etapa de la evaluación del riesgo. Aunque es deseable dotar a los gestores del riesgo de las incertidumbres asociadas a la evaluación de la exposición, esta metodología es todavía incipiente y se hace difícil en algunos aspectos expresar la magnitud y dirección de la incertidumbre, por lo que es necesario seguir trabajando en este ámbito con objeto de obtener datos con mayor solvencia para la gestión del riesgo.

La Tabla 38 muestra las fuentes de incertidumbre asociadas a la estimación probabilística de la exposición a Pb.

Tabla 38. Fuentes de las incertidumbres asociadas a la estimación de la exposición a Pb por consumo de alimentos

Fuente de incertidumbre	Breve descripción de la evaluación
Relacionados con los datos de consumo de alimentos	
Registro dietético utilizado	Un R24 podría no cubrir la variabilidad de los patrones de consumo de cada individuo por su corta duración, si bien parece que este hecho no afecta de manera significativa a la media de consumo de la población general (Lambe, et al 2000)
Relacionadas con los datos de concentración de contaminantes en los alimentos	
Selección de alimentos analizados	La representatividad de los alimentos muestreados en relación a los consumidos es superior al 95% en todos los grupos de alimentos, excepto para edulcorantes y condimentos (86,63%); bebidas no alcohólicas (70,36%); y comidas preparadas (36,20%)
	La no inclusión del agua de la red de abastecimiento podría infraestimar la ingesta de Pb
Muestreo de los alimentos	Con objeto de obtener datos representativos de Pb, se toman 100 muestras/alimento (error muestral 9,8 %)
Método analítico	Precisión RSD=12,9%
Tratamiento de los valores No detectados	Dada la FQ=0% y el LOQ= 10 ng/g del agua envasada, en los escenarios P1 y P2 podría haber una sobreestimación
Efecto del cocinado	No considerado
Relacionadas con la estimación de la ingesta de Pb	
Vinculación de datos de consumo de alimentos con datos de concentración (alimentos consumidos pero no analizados)	Se asimilan niveles de cada contaminante de un alimento a otro de similares características o se hace una distribución con los alimentos analizados del mismo grupo, no obstante podría afectar al escenario P2
Estimación de la ingesta	Con objeto de incrementar la reproducibilidad de la estimación de la ingesta de Pb se incrementa el tamaño de la muestra mediante bootstrap (100x1484 iteraciones) El software cuantifica la incertidumbre (intervalos de confianza)

5. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS

En la Tabla 39 se muestra la información de distintos aspectos de la metodología utilizada y resultados obtenidos, en estudios recientes, se han tomado los valores de la población adulta masculina (en el caso de que hicieran distinción de género).

Tabla 39. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición al Pb a través de la dieta

País Año muestreo	Ingesta de Pb ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/ día)	Contribución de los grupos de alimentos a la ingesta de Pb (%)	Consumo de alimentos	Tipo estudio Tratamiento o de ND	LOR ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) FD-FQ (%)	Modelo estimación exposición	Caracterización riesgo Pb (MOE)			Referencia
							BMDL ₀₁ 1,5	BMDL ₁₀ 0,63	BMDL ₀₁ 0,5	
Suecia 1999	a: 0,12 ^b	Cereales y produc. 24; fruta 18; bebidas alcohólicas 15; carne y prod. 9; azúcar, caramelos, helados 8.	<i>Hojas de balance alimentario</i>	CM LB, UB		Determinista	a:12,50 ^a	a:5,25 ^a		(Becker, et al., 2011)
Alemania (área industrial) 1998	n:0,76	Cereales y prod. panadería	<i>Registro dietético</i>	DD	LOQ=10				n:0,65 ^a	(Wilhelm, et al., 2005)
Reino Unido 1980	a:1,71 ^b	Bebidas 17; pan y vegetales 16		EDT		Determinista	a:0,88 ^a	a:0,37 ^a		(Rose, et al., 2010)
Reino Unido 2006	a:0,63-0,70 ^b ad:0,91-1,05	Bebidas 17; pan y vegetales 16; cereales 12.	British National Diet and Nutrition Survey (NDNS)	EDT LB-UB	LOD=1-6		a:2,4-2,1 ^a	a:1-0,9 ^a	ad:0,5- 0,5 ^a	(Food Standards Agency, 2009)
Irlanda 2001-2005	a:0,04-0,15-	Cereales 18,6; agua 16,8; vegetales 12; te y café 11,7.	NSIFCS <i>Registro dietético 7 días</i>	EDT UB	LOD=5 LOQ=15	Probabilístic a	a:37,5- 10 ^a	a:15,75- 4,20 ^a		(Food Safety Authority of Ireland, 2011)
Francia 2000-2004 1º EDT-F	a:0,30 ^b	Vegetales	<i>Registro dietético 7 días</i>	EDT MB	LOQ=20 FQ=34	Determinista	a:5,00 ^a	a:2,10 ^a		(Leblanc, et al., 2005b)
Francia 2007-2009 2º EDT	a:0,20 n:0,27	Bebidas alcohólicas 14; pan y pasta 13; agua 11; bebidas no alcohólicas 10	(INCA2) <i>Registro dietético 7 días</i>	EDT MB	FQ=45 LOQ=5 FD=77 LOD=2,5	Determinista	a:7,50 ^a	a:3,15 ^a	n:1,8	(Millour, et al., 2011) (Arnich, et al., 2012)
Serbia 2012-2013	a:1,20 ^b	Pan	Statistical office of the Republic of Serbia (2011)	CM MB	LOD=3 LOQ=3	Determinista	a:1,25 ^a	a:0,53 ^a		(Skrbic, et al., 2013)
EFSA 2003-2011	a:0,50	Cereales y prod. 16,3; leche y prod. lácteos 10,6; bebidas	Diferentes metodologías según países	Recopilación de datos de V de 20	FQ<50% LOQ= 0,001-5	Determinista	a:3,00 ^a	a:1,26 ^a		(EFSA, 2012c).

		no alcohólicas 10,3 ; vegetales y prod. 8,4; agua de bebida 7 y bebidas alcohólicas 6,7.	Comprehensive Database	EEMM LB, MB y UB						
Groenlandia 1976	a:0,66			MDD		Determinista	a:2,27 ^a	a:0,95 ^a		(Deutch, et al., 2006b)
2004	a:0,06						a:25,00 ^a	a:10,50 ^a		
New Zelanda 2009	a:0,13 n:0,24	Cereales 26-30; pollo,huevos,pescado y carne 8-17.	National Nutrition Surveys	EDT MB	LOD=1-10	Determinista	a:11,5 ^a	a:4,84 ^a	n: 2,1 ^a	(Vannoort and Thomson, 2011)
Australia 2008	a:0,12-0,13 ^b n: 0,17-0,18 ^b	Otros alim. 53; café 15; agua 10.	Australian National Nutrition Surveys(NNS)	EDT LB-UB	FD= 83,45 LOR= 0,1- 5		a:11,54 ^a	a:4,85 ^a	n:2,7 ^a	(FSANZ, 2011)
Canada 2007	a:0,12		Nutrition Canadá survey <i>R24</i>	EDT UB			a:12,50 ^a	a:5,25 ^a		(Health Canada, 2007)
Santiago (Chile) 2001-2002	a:3,03 ^b	Lacteos, frutas; bebidas alcohólicas;azúcares y carnes	<i>R24</i> y <i>FFQ</i>	CM UB	LOD= 50 sólidos LOD=1,6 líquidos	Determinista	a:0,44 ^a	a:0,18 ^a		(Muñoz, et al., 2005)
Libano (2004)	a:0,25 ^b	Cereales 45,3; vegetales y patatas 17,63;agua 16,22; Fruta y zumos 9,9; lácteos 6,4; carne 4,6.	Individual Dietary Survey <i>CFC</i>	EDT MB	LOD=2 µg/Kg LOQ=6 FQ= 86,65	Determinista	a:6,00 ^a	a:2,52 ^a		(Nasreddi ne, et al., 2006)
Libano 2008	a:0,11 ^b	Vegetales 48,7; pan y cereales 31,4; patatas;carne y pollo y frutas		EDT MB	LOD=0,5 LOQ=2	Determinista	a:13,64 ^a	a:5,73 ^a		(Nasreddi ne, et al., 2010)
Corea 2009	a:0,18	Algas 29,74; Pescados y p pesca 26,05; vegetales 13,85; aceites y grasas 8,66	KNHANES 2007, <i>R24</i>	EDT mapeo	-----	Determinista	a:8,33 ^a	a:3,50 ^a		(Koh, et al., 2012)
Huludao(Ch ina) zona industrial	a:1,46 ^b n:1,32 ^b	Cereales 54; vegetales 29;carnes 6.		MB (zona industrial)		Determinista	a:1,03 ^a	a:0,43 ^a	n:1,56 ^a	(Zheng, et al., 2007)
China	a:0,43	Rice, vegetables	Survey on dietary		LOD=0,22	Determinista	a:3,49 ^a	a:1,47 ^a		(Cao, et

2008			consumption			Probabilístic a				al., 2010)
Riyadh (Arabia Saudí) 2009	a:0,35 ^b	Vegetales 25,4; cereales y prod 24,2;bebidas 9,7;dulces 8,2%	<i>Hojas de balance alimentario. Cuestionario FAO</i>	EDT		Determinista	a:4,29 ^a	a:1,80 ^a		(Zeid, 2010)
Egipto 2005		Verduras, frutas y patatas	Statistical Survey (Egyptian Nutrition Institute)	CM	LOD= 1 LOQ=3	Determinista				(Radwan and Salama, 2006)
Mumbai (India) 2003-2004	a:0,54 ^b	Cereales y legumbres	Frequency distribution of daily dietary intake	DD	LOD=0,01	Determinista	a:2,78 ^a	a:1,17 ^a		(Leblanc, et al., 2005b; Raghunat h, et al., 2006a)
WHO Datos de estudios de distintos países	a:0,02-3 n: 0,03-9									(WHO,201 1b)
Canarias 2000	a:1,04 ^b	Pescados; frutas; agua;comidas frias; salchichas; bebidas alcohólicas	<i>R 24 (2 días no consecutivos) y CFC (77 alimentos)</i>	Muestreo ad hoc		Determinista	a:1,44 ^a	a:0,61 ^a		(Rubio, et al., 2005)
Cataluña 2000-2002	a:0,39 n: 0,93	pan y cereales 17;carne y der 16; pescado y der. 16; verduras 16; lácteos 13; frutas 11; tubérculos y legumbres 8; grasas 4;huevos 2.	enCat 2002-2003	EDT MB		Determinista	a:3,85 ^a	a:1,62 ^a	n: 0,53 ^a	(Bocio, et al., 2005)
Cataluña 2000	a:0,47 ^b	cereales	enCat 2002-2003	EDT MB	LOD=20- 300	Determinista	a:3,19 ^a	a:1,34 ^a		(Llobet, et al., 2003)
Cataluña 2006	a:0,64 ^b	Cereales;vegetales;C arne y carnicos; leche y frutas	enCat 2002-2003	EDT LB	LOD=25	Determinista	a:2,34 ^a	a:0,98 ^a		(Martí- Cid, et al., 2008)

Cataluña 2008	a:0,29 n:1,05 ad: 0,37		enCat 2002-2003	EDT MB		Determinista	a: 5,17	a: 2,17	n:0,47	(Castells, et al., 2012)
	a:0,43 ad:0,59					Probabilístico	a:3,48	a: 1,46		
Cataluña 2008	a:1,44 ^b	Cereales, vegetales, lácteos, frutas y carnes u carnicos	enCat 2002-2003	EDT LB -MB	LOD=25	Determinista	a:1,04 ^a	a:0,44 ^a		(Martorell, et al., 2011)
Pais Vasco	a:0,41 ^b	Bebidas alcohólicas 25; otros 16; frutas y pan 11; verduras y pescados 9; lácteos y carnicos 7 y carne 5.	Encuesta nutrición CAPV R24 y CFC	CM	MB	Determinista	a:3,66 ^a	a:1,54 ^a		(Urieta, et al., 1996)
Valencia 2005-2006	a:0,01 ^b n:0,1 ^b	Solo pescados y prod. pesca	Registro diario dietético (tres días); R24 y CFC	PV UB	LOD=7 LOQ=20	Determinista	a: 150 ^a	a:63 ^a	n:5 ^a	(Yusà, et al., 2008)
Valencia 2010	a:0,21-0,44 n:0,45-0,83 (escenarios O y P2)	Cereales, leg, tubér y frutos secos 49; bebidas no alcohólicas 9; frutas y verduras 9; leche y lácteos 8; pescados 7; carne y prod cárnicos 6. (escenario O)	Encuesta Nutrición CV 2010 R24	EDT LB-UB	FQ= 80 LOQ=0,4-10	Probabilístico	a:7,14-3,41	a:3,00-1,43	n: 1,1-0,60	Presente estudio

^a Valor propio calculado a partir de los datos de ingesta del autor. En caso de tener datos del LB-UB se ha utilizado el UB

^b Valor calculado a partir de los datos del autor. Cuando no se ha reflejado el peso medio de la población adulta, se ha tomado como referencia 60 kg de peso (EFSA, 2011a)

a: adultos; n: niños; ad: adolescentes

CM: Cesta de mercado; PV: Programa de Vigilancia de alimentos; EDT: Estudio dieta total y DD: Dieta Duplicada

FD: frecuencia de detección y FQ: Frecuencia de cuantificación

LOD: límite de detección y LOQ: Límite de cuantificación

CFC: Cuestionario frecuencia de consumo alimentos y R24: Recordatorio de 24 horas

NSIFCS : North/south Ireland Food Consumption Survey (*Registro dietético 7 días*)

enCat 2002-2003: Encuesta de Nutrición de la población catalana (2 R24 y CFC)

La Tabla 39 recoge los estudios más relevantes, principalmente aquellos estudios de dieta total que se llevan a cabo de forma sistemática en distintos países europeos y otros de ámbito internacional. En ella puede observarse los diferentes criterios metodológicos utilizados en su realización: tipo de estudio utilizado; el tratamiento de los valores por debajo del LOD/LOQ (UB; MB o LB); los valores de LOD/LOQ utilizados; modelo de estimación de la exposición, que en la mayoría de los casos a excepción de Irlanda (Food Safety Authority of Ireland, 2011); China (Cao, et al., 2010) y Cataluña (Castells, et al., 2012) ha sido determinista. Existen otras diferencias importantes que se encuentran recogidas en la Tabla 5, tales como las diferentes formas de agrupar los alimentos a la hora de expresar los resultados, las estrategias de muestreo (número de muestras, agrupación de muestras...). Estos diferentes criterios utilizados en el diseño y ejecución de los estudios, dificultan considerablemente la comparación de los resultados, no obstante y teniendo en cuenta todo ello se ha realizado una comparación de los resultados obtenidos en nuestro estudio en un marco nacional e internacional.

La exposición promedio de Pb de la Comunitat Valenciana estimada mediante aproximación probabilística en la población infantil llega a ser el doble de la estimada en la población adulta (según los distintos escenarios planteados), se sitúa en un rango de 0,45 a 0,83 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y de 0,21 a 0,44 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ respectivamente.

Aunque no existen EDTs que afecten a toda la población española, la EFSA estima la exposición para España a partir de los datos de niveles de Pb en alimentos suministrados por distintos países y los datos de consumo de alimentos nacionales (EFSA, 2012c). La exposición para la población adulta española estimada por EFSA es de 0,67 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ (UB) y de 0,53 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ (UB) en función de la procedencia de los datos de consumo (estudio de AESAN y AESAN FIAB) que se encuentran en el rango o son ligeramente superiores a los obtenidos en nuestro estudio.

La OMS estima exposiciones medias a partir de los datos de distintos países que se encuentran en un rango de 0,02 a 3 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y de 0,03 a 9 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ para la población adulta e infantil respectivamente (WHO, 2011b).

La exposición media obtenida en la Comunitat Valenciana para la población adulta (>15 años) se encuentra en el rango o es inferior a la obtenida en otras comunidades autónomas. El País Vasco obtuvo para el periodo 1992-1995 una ingesta de 0,41 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$. En Cataluña, paradójicamente, se observa un considerable incremento en la exposición a Pb que va de 0,47 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ (Llobet, et al., 2003) a 1,44 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ (Martorell, et al., 2011). Este

incremento es realmente curioso puesto que, parece suficientemente demostrado que los niveles de Pb en la atmósfera se han reducido. En Serbia, (Skrbic, et al., 2013), pese a que la prohibición de la gasolina con plomo es reciente (2010), los niveles detectados (72,30 $\mu\text{g}/\text{día}$) son del orden de 1,5 veces mas bajos a los obtenidos en Cataluña (101 $\mu\text{g}/\text{día}$) (Martorell, et al., 2011). En el estudio llevado a cabo en las Islas Canarias (2000), la exposición a Pb informada era de 72,8 $\mu\text{g}/\text{día}$, lo que supone una exposición de 1,04 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ unas 5 veces superior a la del presente estudio (Rubio, et al., 2005). En China, Zheng estima ingestas de Pb con valores de 1,46 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ para la población adulta y de 1,32 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ para los niños, muy elevadas en relación a las obtenidas en otros estudios (Zheng, et al., 2007). El estudio se llevó a cabo en un área industrial, los alimentos analizados provenían de tierras de cultivo contaminadas con metales pesados procedentes de un área de fundición. El valor mas elevado (206 $\mu\text{g}/\text{día}$), de entre los estudios recogidos en la Tabla 39, se obtuvo en el estudio de Santiago de Chile (Muñoz, et al., 2005).

Valores mas bajos que los obtenidos en este estudio se informan en los EDTs conducidos en distintos países tales como: Nueva Zelanda 0,13 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Vannoort and Thomson, 2011) ; Australia 0,13 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (FSANZ, 2011) ; Canadá 0,12 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Health Canada, 2007); Suecia 0,12 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Becker, et al., 2011); Líbano 0,11 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Nasreddine, et al., 2010) e Irlanda 0,15 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Food Safety Authority of Ireland, 2011).

En la Figura 26 se representa el margen de exposición MOE obtenido en los estudios recientes referidos en la Tabla 39, tomando como referencia, el BMDL_{01} y BMDL_{10} de 1,50 y 0,63 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ respectivamente, teniendo en consideración los posibles efectos cardiovasculares y nefrotóxicos en adultos como efectos potenciales críticos adversos. En ordenadas se indica el país donde se ha llevado a cabo el estudio y el año. Para el cálculo de los MOE en nuestro estudio se ha considerado la ingesta estimada en el escenario pesimista 0.

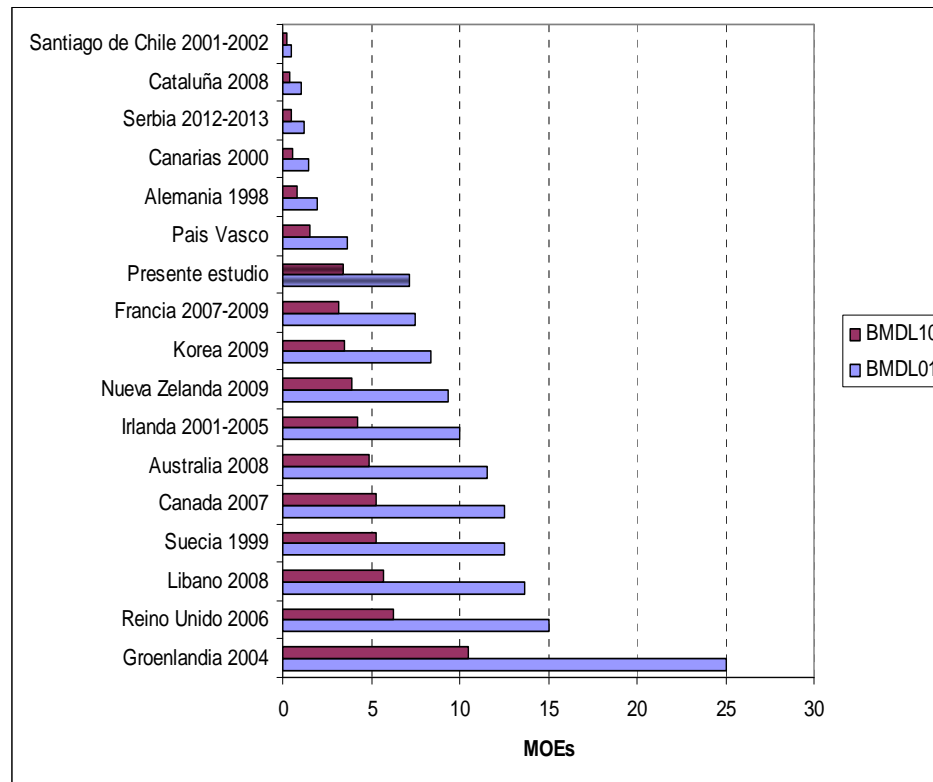


Figura 26: Valor MOE obtenido en estudios recientes teniendo en consideración los BMDL₀₁ (1,50 µg/kg p.c. /día) y BMDL₁₀ (0,63 µg/kg p.c. /día)

Los MOEs obtenidos en el presente estudio para el valor promedio de la ingesta se encuentran en un rango entre 7,14 y 3,41 para el BMDL₀₁ de 1,50 µg/ kg p.c. /día (efectos cardiovasculares), para los consumidores con alta exposición (P95 en el escenario P1) la ingesta estimada supera este límite crítico. Si tenemos en consideración el BMDL₁₀ de 0,63 µg/ kg p.c. /día (efectos renales) los MOEs obtenidos se sitúan en el rango de 3 a 1,43 (Tabla 39), en este caso en el P75 en el escenario P2 ya no hay margen de exposición.

En relación al BMDL₀₁ (1,50 µg/ kg p.c. /día), tan solo el valor de la exposición del estudio de Santiago de Chile lo supera (3,03 µg/ kg p.c. /día) y por tanto el MOE <1, es decir no existe margen de exposición. La exposición obtenida por Castells (Castells, et al., 2012) con un valor de 1,44 µg/ kg p.c. /día, se encuentra próxima al BMDL₀₁, por lo que el MOE es ligeramente superior a 1. En los restantes estudios los valores de exposición estimada son inferiores al BMDL₀₁ y por tanto el MOE obtenido es >1. Si consideramos el BMDL₁₀ de 0,63 µg/ kg p.c. /día, las ingestas obtenidas en los estudios de Cataluña, Canarias (Rubio, et al., 2005); Alemania (Wilhelm, et al., 2005) y Serbia (Skrbic, et al., 2013) superan este límite crítico, por lo que la posibilidad de efectos renales no puede ser excluida, si el efecto se produjera al BMDL₁₀ de 0,63 µg/ kg p.c. (Figura 26).

Para el límite crítico de 0,5 µg/kg p.c. /día establecido para la neurotoxicidad en el desarrollo de los niños, en el presente estudio para el escenario P2 no hay margen de exposición, por lo que efectos de neurotoxicidad en el desarrollo de los niños no pueden ser descartados si el efecto se produjera a ese límite crítico y con ese escenario de exposición. Este hecho también se pone de manifiesto en estudios tales como los de Alemania, Reino Unido y Cataluña (MOE<1).

El grupo de alimentos que más contribuye a la exposición a Pb, es el de los cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos, con un (49%) para los adultos y un (63%) en los niños en la aproximación probabilística. Se trata del grupo de alimentos que presenta las concentraciones de Pb más elevadas y presenta un gran consumo. Dentro de este grupo el mayor aporte lo proporcionan los cereales y concretamente al pan, en los escenarios optimista y pesimista 0. Cuando consideramos todos los alimentos analizados y consumidos (escenarios P1 y P2 respectivamente) el alimento que más contribuye es el agua envasada, su aporte a la ingesta supone entre un 25-35%.

Durante los últimos 10 años se han publicado numerosos estudios en diferentes países sobre la exposición a Pb en distintos grupos de población. La contribución de los grupos de alimentos, varía en función de los patrones de consumo de cada región. En general el grupo que más contribuye es el de cereales (Tabla 39), aunque en algunos países como Arabia Saudí (Zeid, 2010) o el Líbano (Nasreddine, et al., 2010) el que más contribuye es el de vegetales. De igual manera, en el EDT llevado a cabo en Reino Unido, el grupo que más contribuye es el de cereales y pan 28%, las verduras y frutas contribuyen en un 26% y 17% respectivamente y las bebidas y las carnes solo contribuyen en un 7% (Rose, et al., 2010). Similar patrón es el obtenido por Becker en Suecia, cereales 24%, frutas 18% y bebidas alcohólicas 15% (Becker, et al., 2011).

En la mayoría de países que tienen consolidada la estimación de la exposición a metales a través de un EDT, se ha observado un descenso manifiesto en la ingesta del Pb, claramente relacionado con las medidas tomadas para limitar las emisiones de Pb, tales como la prohibición del Pb en los combustibles derivados del petróleo, con la consecuente disminución del Pb medioambiental y por tanto en los alimentos. JECFA, en el informe realizado sobre tendencias temporales en cinco países, muestra la disminución de la exposición desde 1980 de 95% en el Reino Unido, del 75% en Nueva Zelanda y del 50% en Francia y Canadá; en USA se observa una clara disminución para todos los grupos de edad, en la población adolescente se estima la disminución más grande, pasando de 70 µg/día en 1976 a 3,45 µg/día en el año 2000 (WHO, 2011b).

En el estudio de Suecia (Becker, et al., 2011), la ingesta de Pb detectada fué de 7 $\mu\text{g}/\text{persona}/\text{día}$ con un rango de <1 a 39 $\mu\text{g}/\text{persona}/\text{día}$, aproximadamente el 50% del detectado en 1987. Este hecho se confirma también, en el estudio comparativo llevado a cabo en Groenlandia por medio de una dieta duplicada (Deutch, et al., 2006b), en el que la exposición se ha reducido a la decima parte, pasando de 0,66 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ en 1976 a 0,06 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ en 2004. En Reino Unido se obtiene una estimación de exposición a Pb de 0,70 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$, mucho mas baja que la obtenida para este mismo estudio en 1980 que era de 1,71 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$. Los autores apuntan que este descenso puede ser debido a la disminución del Pb en el medio ambiente pero también al menor consumo de despojos (Rose, et al., 2010). En Francia (2^oEDT), la exposición a Pb en adultos se estima en 0,20 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$, habiéndose observado una disminución general con arreglo a la observada en el primer EDT del 35% (Millour, et al., 2011). En Nueva Zelanda también se evidencia esta tendencia en la exposición al Pb. En jóvenes de 19 a 24 años, la ingesta se ha reducido en mas de 7 veces entre 1982 (26 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$) y 1990/91 (3,3 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$). Esta disminución la atribuyen por una parte a la reducción de Pb en la gasolina, pero también al aumento significativo de la FD con la introducción del ICP-MS y la disminución a la décima parte del LOD. Los valores han seguido disminuyendo hasta el actual estudio con un valor de 0,9 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$ para el MB (Vannoort and Thomson, 2011). En Australia también se observa este fenómeno, la exposición alimentaria al Pb se ha reducido en aproximadamente 7 veces, de 1,92 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ en el 19^o EDT (2001) a 0,27 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ en el estudio actual, fruto de la eficacia de las estrategias de gestión del riesgo planteadas (FSANZ, 2011).

A nivel global en la UE, se ha obtenido un valor medio de 0,57 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (EFSA, 2012c) y se ha observado una disminución de un 31% en relación con el anterior estudio llevado a cabo en 2010 (EFSA, 2010c), la cual puede ser atribuida en parte a una notable mejora en la precisión de los cálculos, así como de los datos de consumo, y por otra a una disminución real de la exposición.

En la Comunitat Valenciana hay datos de estimación de exposición a Pb procedentes del estudio efectuado en Valencia a partir de 67 alimentos de nuestra dieta en el año 1991, en la que se obtuvo un valor de 0,64 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Cuadrado, 2002). Es necesario mantener este tipo de estudios con objeto de establecer una tendencia temporal que en principio se prevé también a la baja.

En el actual estudio no se ha tenido en cuenta la exposición a Pb a partir del consumo de agua de la red de abastecimiento público. Considerando el nivel promedio de Pb de 3,61 $\mu\text{g}/\text{l}$ obtenido de los análisis realizados en la red de

distribución de las poblaciones de la Comunitat Valenciana, desde 1991 hasta 2012, por los Servicios de Sanidad Ambiental y el consumo de agua que según la OMS es de 2l/persona/día (WHO, 2011c), restando de este valor el consumo de agua envasada, el aporte del Pb a través del agua de la red podría suponer un incremento de la exposición del 14% en población adulta y del 13% en niños (escenario P2).

CADMIO

1 NIVELES DE CADMIO EN LOS ALIMENTOS

Aunque es conocido que determinados grupos de alimentos, como las bebidas alcohólicas y los zumos, presentan niveles difícilmente detectables de Cd (Leblanc, et al., 2005a); (Rose, et al., 2010) (EFSA, 2012a), en el estudio se analizaron todos los alimentos individuales que componen los 12 grupos de alimentos definidos. De los 810 análisis realizados, la cuantificación del Cd se realiza en 434, lo que representa una frecuencia de cuantificación del 53,58%.

En el presente estudio, los valores de LOQ oscilan entre 0,4 ng/g peso fresco para la cerveza a 10 ng/g para los aceites, y otros alimentos, tal como se muestra en la Tabla 14.

La frecuencia de cuantificación oscila entre el 0% para el grupo de aceites y grasas, agua envasada, bebidas alcohólicas y no alcohólicas y huevos, al 100% en comidas preparadas (Tabla 40). Las muestras de carnes de las diferentes especies, se encuentran todas por debajo del LOQ (Tabla 14). En cambio, los productos cárnicos toman valores por encima del LOQ, en especial el paté y vísceras en los que para todas las muestras se obtuvieron valores cuantificables.

En los datos agrupados de los análisis de alimentos realizados en 22 países de la Unión Europea durante el periodo 2003-2011, la frecuencia de detección fue del 50% (EFSA, 2012a). En las categorías de bebidas alcohólicas, leche y lácteos y huevos la frecuencia de detección/cuantificación era <20%, mientras que la mayor frecuencia de detección se producía en raíces amiláceas y tubérculos, cereales y productos a base de cereales, legumbres, nueces y semillas oleaginosas.

En el informe llevado a cabo por AESAN (AESAN, 2011) para evaluar el riesgo de la exposición de la población española a Cd por consumo de alimentos, el porcentaje de muestras con valores < LOD fue del 39,2%, aunque 9 de las 15 categorías de alimentos presentaron un número de muestras con concentraciones < LOD de más del 60%. En el EDT de USA 2006-2008 la FD fue de 34,18%. Valores mayores, del 65%, eran obtenidos en el EDT del Líbano (Nasreddine, et al., 2006), de Australia (FSANZ, 2011) y en el 2º EDT francés con una FQ del 79% (Millour, et al., 2011) (Tabla 55). En el estudio de Rose, en Reino Unido, la FD era del 0% para canales de carne, pollo, aceites y grasas, huevos, frutas frescas, bebidas, leche y productos lácteos, el LOD (1-5 ng/g) (Rose, et al., 2010).

La concentración media de Cd y el rango de valores obtenido para cada alimento, se muestran en la Tabla 40

Tabla 40. Frecuencia de cuantificación (%) y concentraciones de Cd (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.

ALIMENTOS	Frecuencia de cuantificación (%)	Media	Min	Max
Aceites y grasas (n=20)	0			
Aceite oliva	0			
Aceite semillas	0			
Agua envasada (n=10)	0			
Bebidas alcohólicas (n=20)	0			
Vino	0			
Cerveza	0			
Bebidas no alcohólicas (n=30)	0			
Refrescos gas	0			
Zumo Naranja	0			
Zumo Piña-Melocoton	0			
Carnes y productos cárnicos (n=120)	24	28,07	4,30	158,30
Carne de pollo	0			
Carne de cerdo	0			
Carne de ternera	0			
Carne de cordero	0			
Carne de conejo	0			
Hamburguesas	20	4,40	4,30	4,50
Embutidos frescos	50	8,50	4,60	21,20
Jamón curado	0			
Embutidos curados	20	8,20	8,20	8,20
Jamón cocido	0			
Paté	100	17,61	15,70	23,00
Vísceras	100	55,27	16,80	158,30
Cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos (n=110)	87	27,11	8,65	232,00
Arroz	10	9,10	9,13	9,13
Bollería	80	10,63	8,36	16,25
Cereales desayuno	100	23,76	17,00	34,00
Galletas	80	12,80	10,20	14,70
Legumbres	100	15,02	12,70	17,80
Pan Blanco	100	16,37	14,32	18,61
Pan de molde	100	15,91	15,04	17,49
Pan integral	100	20,79	17,31	25,13
Pasta	100	18,17	14,20	24,00
Patatas	100	23,32	12,53	33,44
Frutos secos	100	110,60	40,00	232,00
Comidas preparadas (n=40)	100	24,62	3,76	102,00
Pizzas	100	10,73	9,28	15,17
Aperitivos y snacks	100	76,90	55,00	102,00
Comidas preparadas congeladas	100	5,71	3,76	7,21
Comidas preparadas envase metálico	100	5,15	4,42	5,75
Edulcorantes y condimentos (n=50)	40	51,17	6,89	131,00
Chocolate y cacao	100	93,80	63,00	131,00
Azúcar	0			
Sal de mesa	0			
Caramelos y golosinas	0			
Salsas y mayonesas	100	8,54	6,89	9,97
Frutas y verduras (n=220)	71	9,37	0,33	70,61
Naranja	0			
Fresas	100	2,45	1,37	4,23
Espinacas y acelgas	100	38,85	4,53	60,29
Lechuga, endivia y escarola	100	9,78	3,36	56,19
Judías verdes	100	5,08	2,90	11,31
Cebollas y cebolletas	100	3,95	2,18	7,13
Ajo	90	8,84	3,79	18,13
Pimiento	100	5,83	4,17	8,73
Berenjena, calabacín y pepino	100	6,47	4,17	11,69
Zanahorias y calabazas	100	4,60	2,34	11,19
Tomate	100	5,52	1,66	8,41
Aceitunas y encurtidos	50	3,78	2,38	8,00
Manzana y Pera	0			
Cerezas y ciruelas	0			
Melón y Sandía	70	2,85	1,68	6,31
Plátanos	100	0,47	0,33	0,63
Melocotón y albaricoque	0			
Uvas blancas y negras	0			
Coliflor, brócoli, coles, repollo	100	4,86	1,35	13,57
Alcachofa, puerro, cardo, apio	100	29,32	9,18	70,61
Setas y champiñón	100	12,25	5,24	21,87
Café y café soluble	50	9,86	7,80	10,60
Huevos (n=10)	0			
Leche y lácteos (n=60)	20	8,50	2,45	13,36
Leche	10	2,97	2,97	2,97
Queso	0			
Yogur	0			
Natillas, flanes y batidos	10	2,45	2,45	2,45
Mantequilla	0			
Productos de soja	100	9,66	7,74	13,36
Pescados y productos de la pesca (n=120)	68	81,57	1,76	568,57
Conservas pescado	100	11,54	7,73	15,79
Bonito y atun	100	11,73	7,37	19,46
Calamar y Sepia	100	185,34	1,76	568,57
Dorada y lubina	0			
Pez espada	100	92,46	38,52	168,12
Crustáceos	100	66,12	18,23	131,32
Mejillón	100	196,71	140,99	387,99
Pescado blanco	0			
Salmon y trucha	0			
Sardina y boquerón	100	9,18	6,15	14,27
Salazones de pescado	100	86,96	18,29	149,96
Pescado ahumado	0			
Total (n=810)	54	28,02	0,33	568,57

n=nº muestras

nº muestras/alimento=10

La concentración promedio detectada es de 28,02 ng/g con un mínimo de 0,33 ng/g para los plátanos y un máximo de 568,57 ng/g para el alimento "calamar y sepia" (Tabla 40).

En el informe sobre contenido de Cd en alimentos comercializados en 22 países de la UE elaborado por la EFSA (2012) (EFSA, 2012a), se constata que el agua envasada es la que exhibe los niveles de Cd mas bajos mientras que los suplementos alimenticios y las algas marinas utilizadas como vegetales presentan los niveles de Cd mas altos. En cuanto a grupos de alimentos, el que muestra el nivel promedio mas alto es, como en el presente estudio, el de pescados y productos de la pesca con un valor medio de 176 ng/g para el MB, siendo los moluscos los que presentan el valor mas elevado, con un valor medio de 317 ng/g.

En las Figuras 27 a 32 se refleja la distribución de la concentración de Cd de cada muestra individual en cada grupo de alimentos y los límites establecidos por la legislación (Reglamento (CE) Nº 1881/2006 y subsiguientes modificaciones)

.

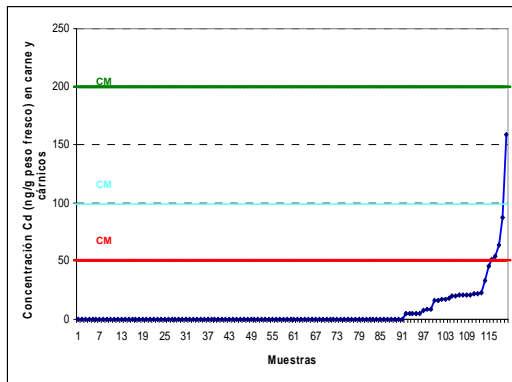


Figura 27. Niveles de Cd muestras de carnes y productos cárnicos analizadas (n= 120)

CM: Contenido máximo de Cd (ng/g peso fresco):

Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral 50

Carne de caballo, excluidos los despojos 200. Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos 500

Riñones de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos 1000.

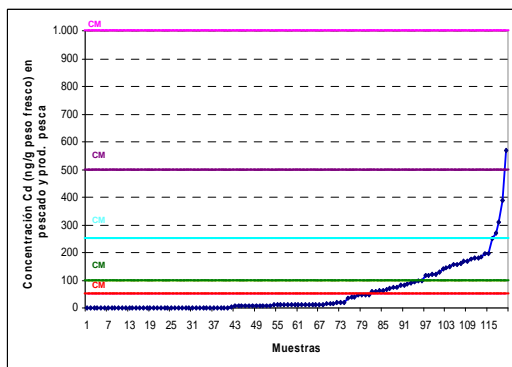


Figura 28. Niveles de Cd en las muestras de pescado y productos de la pesca analizadas (n=120)

CM: Contenido máximo de Cd (ng/g peso fresco):

Carne de pescado, excepto las enumeradas en los puntos siguientes 50.

Carne de: caballa, atún y bichique 100

Carne de: Melva 150

Carne de: anchoa, pez espada y sardina 250

Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen. En el caso del cangrejo y crustáceos similares (Brachiura y Anomura) la carne de los apéndices.500.

Moluscos bivalvos 1000 y Cefalópodos (sin vísceras) 1000.

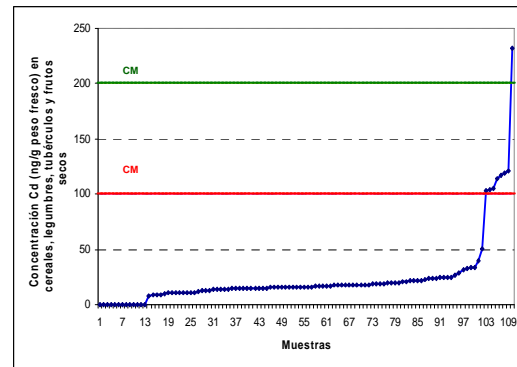


Figura 29. Niveles de Cd en muestras de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos analizadas (n= 120)

CM: Contenido máximo de Cd (ng/g peso fresco) para:

Cereales, excluido el trigo y arroz 100

Grano de trigo, grano de arroz, salvado de trigo y germen de trigo para consumo directo, habas de soja 200

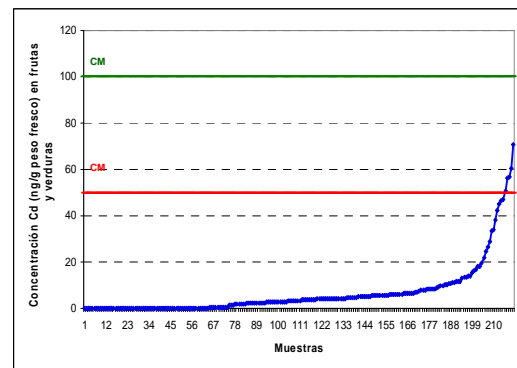


Figura 30. Niveles de Cd en las muestras de frutas y verduras analizadas (n=220)

CM: Contenido máximo de Cd (ng/g peso fresco), para:

Hortalizas y frutas, excluidas las hortalizas de raíz y tubérculos, las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las hortalizas de hoja del género *Brassica*, las setas y las algas marinas 50.

Hortalizas de raíz y tubérculos (excluidos los apionabos, las chirimías, los salsifíes, rábanos rusticanos), tallos jóvenes (excluido el apio), en el caso de las patatas se aplica a las patatas peladas 100

Hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las hortalizas de hoja del género *Brassica*, apio, apionabos, las chirimías, los salsifíes, rábanos rusticanos y las siguientes setas: *Agaricus bisporus* (champiñón), *Pleurotus ostreatus* (seta de ostra), *Lentinula edodes* (seta shiitake) 200.

Setas, excluidas las enumeradas en el punto anterior 100.

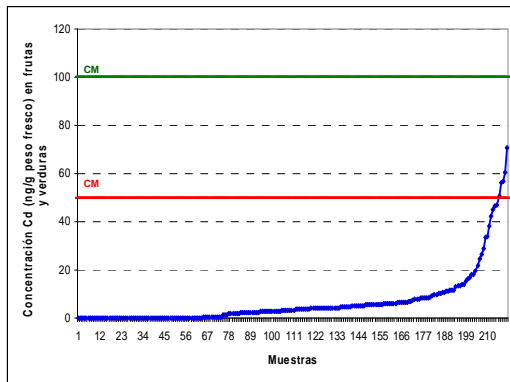


Figura 31. Niveles de Cd en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (n= 50)

CM: Contenido máximo de Cd (ng/g peso fresco), para:

Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%, 100

Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao <50%; chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao \geq 30%, 300

Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao \geq 50%, 800

Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber) 600

Estos límites son de aplicación a partir del 1 de enero de 2019

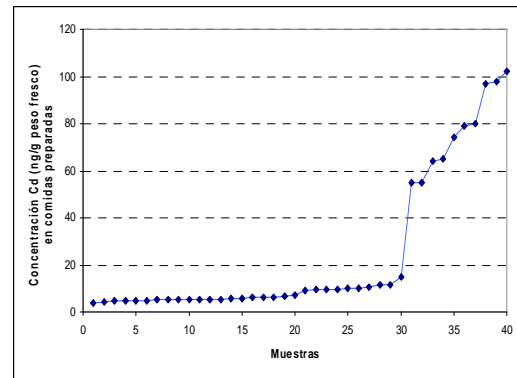


Figura 32. Niveles de Cd en las muestras de comidas preparadas analizadas (n=40)

Todas las muestras se encuentran por debajo de los límites establecidos en el Reglamento (CE) N° 1881/2006, por el que se fija el contenido máximo de contaminantes en los productos alimenticios y en las modificaciones publicadas (Figuras 27 a 32).

En la Figura 33 se observan los rangos de concentración de Cd (ng/g) para cada grupo de alimentos, teniendo en cuenta los valores de distintos estudios recientes.

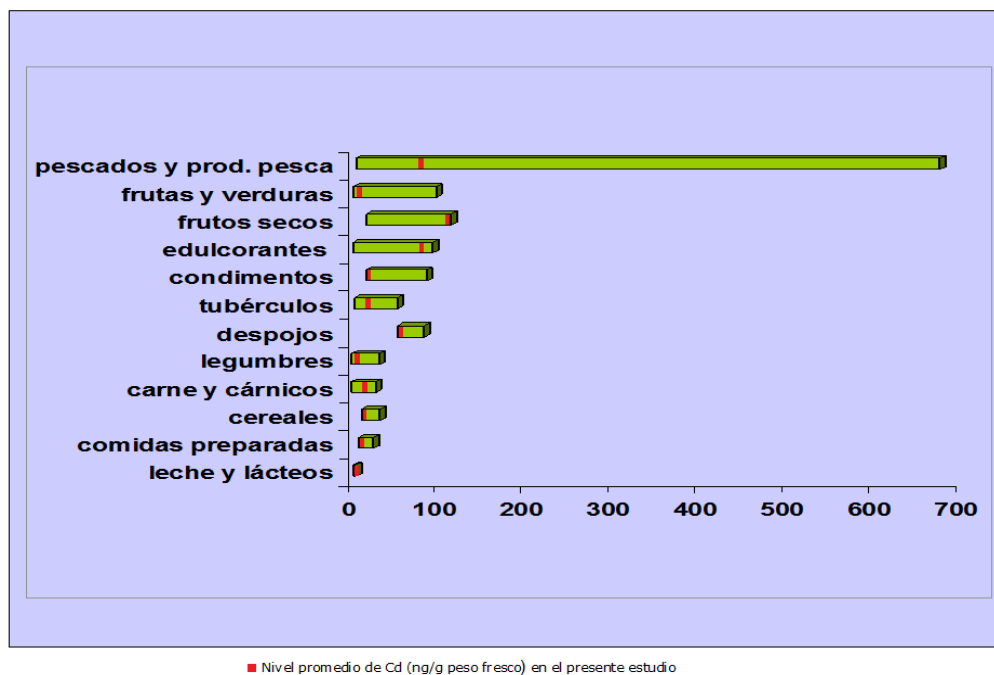


Figura 33: Rangos de concentración de Cd (ng/g) en estudios recientes

Se han tenido en cuenta los siguientes estudios: (Muñoz, et al., 2005); (Rose, et al., 2010); (Nasreddine, et al., 2006); (Nasreddine, et al., 2010);(Gonzalez-Weller, et al., 2006); (Millour, et al., 2011); (Arnich, et al., 2012); (Becker, et al., 2011); (Zheng, et al., 2007);(Kim, et al., 2012);(Bocio, et al., 2005; Storelli and Barone, 2013); (Yusà, et al., 2008); (Castells, et al., 2012);(Skrbic, et al., 2013); (Llobet, et al., 2003) ; (Martí-Cid, et al., 2008) ; (Martorell, et al., 2011)

En el presente estudio, el grupo que mayor concentración de Cd presenta es el de pescados y productos de la pesca, siendo muy superior a la que presentan el resto de grupos. El valor medio es de 81,57 ng/g y un rango entre 1,76 y 568,57 ng/g (Tabla 40). Dentro del grupo, los moluscos (mejillón) y cefalópodos son los que presentan los valores mas elevados con un promedio de 196,71 y 185,34 ng/g

respectivamente (Tabla 40). Los moluscos bivalvos y crustáceos son animales filtradores que acumulan los metales del medio ambiente acuático independientemente de la contaminación medioambiental y las aguas contaminadas pueden además aumentar el contenido de metales (Whyte, et al., 2009).

Otros estudios recientes muestran resultados similares respecto al mayor rango de valores para el grupo de pescados y productos de la pesca y concentraciones promedio y máximas (Figura 33). Los crustáceos y moluscos también muestran elevadas concentraciones de Cd en muestras tomadas en Francia donde se obtiene un promedio para los crustáceos de 117 ng/g (Millour, et al., 2011) y de 166,6 ng/g para crustáceos y moluscos (Arnich, et al., 2012); en Corea, Kim, obtiene valores de 280 ng/g para los crustáceos y 677 ng/g para los moluscos (Kim, et al., 2012). En muestras de productos de la pesca, tomadas en los mercados de la Comunitat Valenciana en los años 2005-2006 se obtuvieron valores promedio para los cefalópodos de 230 ng/g para el calamar y de 140 para la sepia;; en crustáceos se obtuvieron valores de 340 ng/g y en moluscos (mejillón) de 170 ng/g (Yusà, et al., 2008). Los valores mas bajos (6,95 ng/g) para el grupo de pescados los obtienen en Líbano (Nasreddine, et al., 2010) y en el estudio de cesta de mercado llevado a cabo en Suecia con valores de 6 ng/g (Becker, et al., 2011).

El grupo de edulcorantes y condimentos es el siguiente en cuanto a niveles de Cd fundamentalmente debido al chocolate y cacao donde se obtiene una media de 93,80 ng/g y un valor máximo de 131 ng/g. En algunas regiones de países productores de cacao, los niveles de Cd en el suelo pueden ser naturalmente elevados, este hecho unido a que la exposición a Cd puede llegar a duplicar la IST (2,5 µg/kg p.c) en algunos subgrupos de población (EFSA, 2012a), ha motivado, que recientemente en la UE se haya establecido un contenido máximo de Cd para productos de cacao y chocolate que entrará en vigor en 2019 (Comisión Europea, 2014c).

La media estimada para el grupo de carnes es de 28,07 ng/g, con un mínimo de 4,30 para las hamburguesas y un máximo de 158,30 ng/g para las vísceras (Tabla 40). En el estudio de González Weller, realizado sobre muestras de carne y productos cárnicos recogidos en Tenerife (Canarias) los valores de Cd referidos son del orden de 1,22 ng/g en carne de cordero y 5,49 ng/g para la carne de cerdo (González-Weller, et al., 2006). El elevado contenido en Cd de las vísceras se ha constatado en distintos estudios como los realizados en Tenerife con un valor máximo de 158,3 ng/g; en Reino Unido, Rose, obtiene los niveles de Cd mas elevados para los despojos (84 ng/g) (Rose, et al., 2010); en Santiago de Chile,

Muñoz obtiene un valor de 79 ng/g (Muñoz, et al., 2005). Sin embargo, en el 2º EDT francés el nivel de Cd en el grupo de carnes y despojos es bajo (7 ng/g) y además presenta una disminución respecto al detectado en el 1º EDT (11 ng/g).

Los cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos muestran un valor medio de 27, 11 ng/g. Los frutos secos presentan las concentraciones más elevadas del grupo, con un valor medio de 110,60 ng/g y un máximo de 232 ng/g (Tabla 40).

Para las frutas y verduras se ha obtenido un valor medio de 9,37 ng/g (Tabla 40). En los estudios consultados la concentración se encuentra entre <1 ng/g en las frutas de UK informado por Rose (Rose, et al., 2010) y Suecia (Becker, et al., 2011) a 97,73 ng/g en China (Zheng, et al., 2007). En el Líbano se obtienen los niveles de Cd más elevados en los vegetales, con un valor medio de 30,23 ng/g. (Figura 30).

En general, los valores obtenidos en el presente estudio, se sitúan dentro del rango de los distintos estudios internacionales y nacionales.

2 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A Cd: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE Cd

Para el cálculo de la exposición estimada mediante aproximación determinista y probabilística, se tienen en cuenta cuatro posibles escenarios (optimista, pesimista 0 y pesimista 1 y pesimista2), en función de los alimentos incluidos en el cálculo de la exposición y el tratamiento de los valores no detectados, tal como se recoge en el apartado 8º de la metodología.

Los cálculos se han llevado a cabo para la media de consumo y para los grandes consumidores (P95) y para los dos grupos de edad establecidos adultos (>15 años) y niños (6-15 años).

2.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA

2.1.1 Ingesta estimada de Cd en población adulta.

En las Tablas 41,42 y 43, se muestran los valores de la ingesta de Cd (ng/kg p.c./día y µg/kg p.c./semana) para la población adulta de la Comunitat Valenciana tanto para el consumidores medio (media) como para los grandes consumidores (P95), en los distintos escenarios objeto de análisis. También se detalla el porcentaje de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la ingesta de Cd en cada situación.

Tabla 41 . Estimación de la ingesta de Cd de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB)

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Cd (ng/g) mediana		CONSUMO (g/kg p. c./día) población >15 años		INGESTA Cd (ng/kg p. c./día) población >15 años				% CONTRIBUCIÓN INGESTA			
	LB	UB	Media	P95	Consumidor medio		Gran consumidor (P95)		Consumidor medio		Gran consumidor (P95)	
					Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	4,70	6,60	0,25	0,56	1,00	2,00	0,00	3,47	1,11	2,19	0,00	1,00
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	17,15	17,15	2,18	9,51	37,65	37,65	156,18	156,18	41,77	41,21	45,39	44,93
COMIDAS PREPARADAS	8,24	8,24	0,21	0,16	3,98	3,98	12,16	12,16	4,42	4,36	3,53	3,50
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	36,48	36,48	0,17	0,23	6,46	6,46	21,04	21,04	7,17	7,07	6,11	6,05
FRUTAS Y VERDURAS	4,50	4,89	3,26	18,04	16,63	16,86	60,12	60,12	18,45	18,45	17,47	17,30
PESCADOS Y PROD PESCA	48,90	48,90	0,37	1,52	24,42	24,42	94,60	94,60	27,09	26,72	27,49	27,22
TOTAL			6,44	30,02	90,14	91,37	344,11	347,58	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./semana)					0,63	0,64	2,41	24,33				

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 42. Estimación de la ingesta de Cd de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Cd (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población >15 años		INGESTA Cd (ng/kg p. c./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10	10,11	27,93	101,14	279,30	45,95	36,38
ACEITES Y GRASAS	10	0,29	0,85	2,91	8,51	1,32	1,11
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	5,2	1,26	8,49	4,87	32,05	2,21	4,17
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	1	1,74	10,79	1,46	9,12	0,67	1,19
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	3,75	1,92	9,42	7,14	31,72	3,24	4,13
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	16,25	2,47	10,78	40,12	167,13	18,23	21,77
COMIDAS PREPARADAS	8,24	0,21	0,16	3,98	12,16	1,81	1,58
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	10,00	0,29	0,74	7,71	26,05	3,50	3,39
FRUTAS Y VERDURAS	3,77	5,02	30,29	19,52	78,58	8,87	10,23
HUEVOS	2,80	0,34	1,63	0,97	4,58	0,44	0,60
LECHE Y LÁCTEOS	3,98	2,57	13,31	5,16	22,13	2,34	2,88
PESCADOS Y PROD PESCA	11,40	0,66	2,36	25,11	96,43	11,41	12,56
TOTAL		26,89	116,76	220,10	767,78	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./semana)				1,54	5,37		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 43. Estimación de la ingesta de Cd a través de la dieta de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista 2

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Cd (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población >15 años		INGESTA Cd (ng/kg p. c./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10	10,11	27,93	101,14	279,30	43,11	34,02
ACEITES Y GRASAS	10	0,30	0,86	2,96	8,56	1,26	1,04
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	5,2	1,28	8,49	5,09	31,98	2,17	3,90
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	1	2,73	15,21	2,45	13,54	1,04	1,04
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	3,75	1,99	9,49	7,42	32,18	3,16	3,92
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	16,25	2,63	11,56	43,49	179,31	18,54	21,84
COMIDAS PREPARADAS	8,24	0,62	3,17	7,67	37,01	3,27	4,51
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	10	0,34	0,91	8,16	27,76	3,48	3,38
FRUTAS Y VERDURAS	3,77	5,58	30,85	21,76	82,32	9,28	10,03
HUEVOS	2,8	0,34	1,63	0,97	4,58	0,41	0,56
LECHE Y LÁCTEOS	3,98	3,69	18,73	6,65	27,76	2,83	3,38
PESCADOS Y PROD PESCA	11,4	0,77	2,38	26,86	96,66	11,45	11,77
TOTAL		30,37	131,21	234,62	820,96	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./semana)				1,64	5,75		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

La exposición estimada puede adquirir los valores en el rango de 0,63 a 1,64 µg/kg p.c./semana para la población adulta de la CV según los diferentes escenarios planteados. Es inferior a la exposición promedio obtenida por EFSA con datos remitidos en el periodo de 2003 a 2011 de 22 EEMM (EFSA, 2012c) con un valor de 1,77 µg/kg p.c./semana (han considerado el MB ya que dada la variedad del origen de los datos había bastante diferencia entre el (LB y el UB)) (EFSA, 2012a)

En los escenarios P1 y P2 la exposición estimada es 2,5 veces superior a la estimada en el P0. Esto se debe a la incorporación en los escenarios más desfavorables de todos los alimentos y a la baja FD (54%).

Los principales contribuyentes a la exposición a Cd en la población adulta son los cereales legumbres tubérculos y frutos secos que supone entre el 41 y el 18% en los escenarios Optimista y P2 respectivamente. Otros grupos relevantes en la contribución a la exposición a Cd, son "pescados y productos de la pesca" con un

aporte del 27% y en menor medida las "frutas y verduras" con un 18,45% en el escenario optimista. En los escenarios P1 y P2 adquiere gran importancia el agua envasada con un porcentaje de contribución entre el 46 y el 43% respectivamente, a este hecho contribuye que la FD es del 0% y el LOQ de 10 µg/kg.

2.1.2 Ingesta estimada de Cd en niños

En las Tablas 44, 45 y 46 se muestran los valores de la exposición a Cd (ng/kg p.c./día y µg/kg p.c./semana) para la población infantil de la Comunitat Valenciana tanto para el consumidor medio (media) como para grandes consumidores (P95), en los distintos escenarios objeto de análisis. También se detalla el porcentaje de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la exposición a Cd en cada situación.

Tabla 44. Estimación de la ingesta de Cd de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB)

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Cd (ng/g) mediana		CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA Cd (ng/kg p. c./día) población 6-15 años				% CONTRIBUCIÓN INGESTA			
	LB	UB	Media	P95	Consumidor medio		Gran consumidor (P95)		Consumidor medio		Gran consumidor (P95)	
					Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	4,70	6,60	0,72	3,54	1,89	5,14	2,02	20,82	2,21	2,96	0,30	3,05
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	17,15	17,15	5,03	21,94	84,82	84,82	354,03	354,03	49,81	48,85	53,36	51,86
COMIDAS PREPARADAS	8,24	8,24	0,34	0,51	7,62	7,62	38,83	38,83	4,47	4,39	5,85	5,69
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	36,48	36,48	0,69	4,16	35,52	35,52	186,42	186,42	20,86	20,46	28,10	27,31
FRUTAS Y VERDURAS	4,50	4,89	4,39	22,26	19,29	19,38	71,55	72,00	11,33	11,16	10,78	10,55
PESCADOS Y PROD PESCA	48,90	48,90	0,40	0,94	21,15	21,15	10,60	10,60	12,42	12,18	1,60	1,55
TOTAL			11,57	53,34	170,29	173,63	663,45	682,70	101,10	100,00	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./semana)					1,19	1,22	4,64	4,78				

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día).
Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 45. Estimación de la ingesta de Cd de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 1

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Cd (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA Cd (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10	16,18	40,47	161,81	404,72	42,86	31,13
ACEITES Y GRASAS	10	0,49	1,50	4,87	15,02	1,29	1,16
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	5,2	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	1	2,97	19,76	2,61	17,61	0,69	1,35
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	3,75	4,30	21,79	15,81	76,93	4,19	5,92
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	16,25	5,66	24,91	90,22	379,63	23,90	29,20
COMIDAS PREPARADAS	8,24	0,34	0,51	7,62	38,83	2,02	2,99
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	10,00	0,83	4,85	36,95	193,31	9,79	14,87
FRUTAS Y VERDURAS	3,77	6,27	38,23	22,19	95,16	5,88	7,32
HUEVOS	2,80	0,63	3,46	1,76	9,69	0,47	0,74
LECHE Y LÁCTEOS	3,98	6,90	31,74	11,60	53,90	3,07	4,15
PESCADOS Y PROD PESCA	11,40	0,79	3,10	22,06	15,37	5,84	1,18
TOTAL		45,35	190,32	377,57	1300,16	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./semana)				2,64	9,10		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 46. Estimación de la ingesta de Cd de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 2

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES Cd (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA Cd (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	10	16,18	40,47	161,81	404,72	39,88	28,15
ACEITES Y GRASAS	10	0,49	1,50	4,88	15,02	1,20	1,05
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	5,2	0,01	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	1	4,10	25,42	3,74	23,28	0,92	1,62
CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	3,75	4,50	22,45	16,62	79,40	4,10	5,52
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	16,25	5,99	26,61	97,77	406,61	24,10	28,29
COMIDAS PREPARADAS	8,24	1,79	10,65	20,27	122,48	5,00	8,52
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	10	0,87	4,85	37,34	193,36	9,20	13,45
FRUTAS Y VERDURAS	3,77	6,96	39,26	24,55	100,23	6,05	6,97
HUEVOS	2,8	0,63	3,46	1,76	9,69	0,43	0,67
LECHE Y LÁCTEOS	3,98	9,72	44,72	14,57	67,32	3,59	4,68
PESCADOS Y PRODUCTOS PESCA	11,4	0,84	3,11	22,36	15,38	5,51	1,07
TOTAL		52,07	222,50	405,73	1437,49	99,99	99,99
TOTAL (µg/kg p.c./semana)				2,84	10,06		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = \sum [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO .

La exposición a Cd en la población infantil para el consumidor medio se estima en el rango de 1,19 a 2,84 µg/kg p.c./semana. Es mas baja que la informada por EFSA (EFSA, 2012a) con un valor promedio para el MB de 3,92 µg/kg p.c./semana para niños con un rango de 3,20 (LB) a 4,52 µg/kg p.c./semana (UB) y de 2,32 µg/kg p.c. /semana (MB) para adolescentes, con un rango de 1,95 (LB) a 2,67 µg/kg peso/semana (UB).

Para los grandes consumidores, tal como sucedía en la población adulta la exposición aumenta considerablemente entre el escenario pesimista 0 (4,78 µg/kg p.c./semana) y el pesimista 1 (9,10 µg/kg p.c./semana), como consecuencia de la baja frecuencia de cuantificación.

Los principales contribuyentes a la exposición a Cd en la población infantil igual que en la población adulta son los cereales legumbres tubérculos y frutos secos que supone entre el 50 y el 24 % en los escenarios Optimista y P2 respectivamente y los "edulcorantes y condimentos" en un rango del 21 al 9% entre ambos escenarios. A diferencia de la población adulta, en la población infantil

los "pescados y productos de la pesca" contribuyen en menor medida, en un rango del 12 al 5% de contribución. En los escenarios P1 y P2 adquiere gran importancia el agua envasada con un porcentaje entre el 43 y el 40% por las razones expuestas anteriormente.

2.2 ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

En el enfoque probabilístico es posible estimar la exposición a diferentes percentiles y por tanto la variabilidad en cuanto a hábitos de consumo de alimentos y de concentración de contaminantes en los alimentos se tiene en cuenta y las incertidumbres se pueden cuantificar.

En la Tabla 47 se presentan los resultados de la ingesta obtenida a través de la aproximación probabilística. En ella se detallan los valores promedio y los diferentes percentiles (P50; P75; P90; P95 y P99) en los distintos escenarios propuestos para ambos grupos de población.

Tabla 47. Estimación por enfoque probabilístico de la ingesta de Cd de la población de la CV en los distintos escenarios propuestos.

Población	Escenarios	Media	P50	P75	P90	P95	P99
Adultos	Optimista	0,77 (0,70-0,77)	0,48 (0,46-0,50)	0,84 (0,77-0,91)	1,47 (1,40-1,61)	2,24(2,03-2,52)	4,62 (4,2-5,11)
	Pesimista 0	0,77 (0,72-0,81)	0,51 (0,49-0,54)	0,84 (0,80-0,89)	1,53 (1,41-1,66)	2,31 (2,06-2,56)	4,64 (4,19-5,10)
	Pesimista1	1,68 (1,62-1,74)	1,42 (1,37-1,48)	2,08 (2,01-2,16)	2,99 (2,86-3,11)	3,75 (3,48-4,04)	5,97 (5,56-6,54)
	Pesimista 2	1,78 (1,72-1,84)	1,51 (1,45-1,56)	2,18 (2,11-2,27)	3,11 (2,98-3,24)	3,94 (3,65-4,17)	6,31 (5,72-6,90)
Niños	Optimista	1,26 (1,12-1,40)	0,98 (0,87-1,01)	1,47 (1,33-1,61)	2,31 (1,96-2,66)	3,01 (2,52-3,92)	5,74 (4,06-7,21)
	Pesimista 0	1,27 (1,14-1,41)	1,02 (0,92-1,13)	1,51 (1,40-1,69)	2,38 (2,02-2,69)	3,14 (2,58-3,95)	5,80 (4,21-7,07)
	Pesimista1	2,75 (2,53-3,00)	2,35 (2,18-2,54)	3,45 (3,11-3,83)	4,94 (4,41-5,62)	5,90 (5,38-6,59)	8,68 (6,67-10,43)
	Pesimista 2	2,89 (2,68-3,14)	2,49 (2,34-2,69)	3,56 (3,28-3,96)	5,20(4,58-5,74)	6,17 (5,48-6,76)	9,10 (6,8-10,50)

En paréntesis : Intervalo de confianza al 95%

P: Percentil

Los valores obtenidos en los distintos escenarios planteados para la aproximación probabilística, reflejan un resultado de exposición creciente, a medida que nos situamos en un escenario más pesimista. El valor de la media puede llegar a ser mas del doble, considerando el valor obtenido en el escenario optimista 0,77 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ y 1,26 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ y el valor del escenario P2 de 1,78 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ y de 2,89 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ para la población adulta e infantil respectivamente

2.3 DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICO

La comparación entre los dos enfoques probabilístico y determinista muestra que la estimación de la media es muy parecida aunque ligeramente mas baja en la aproximación determinista para todos los escenarios, tal como se observa en la Figura 34, donde se muestran los escenarios optimista y pesimista 2,.

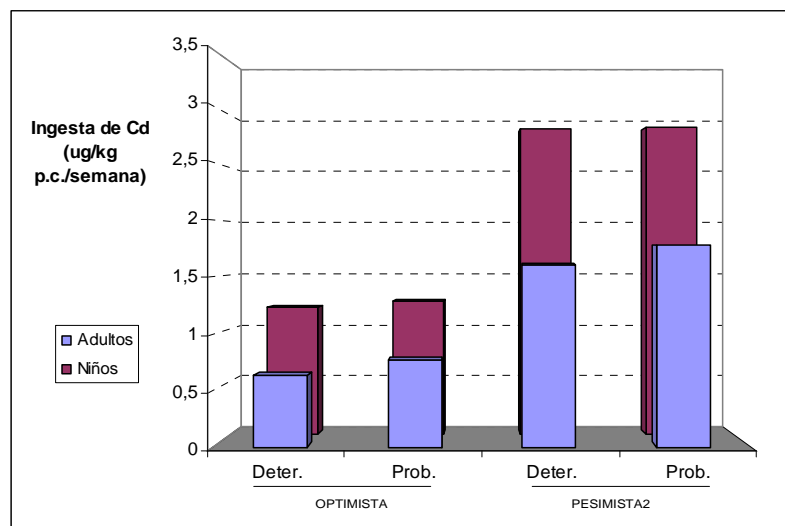


Figura 34. Comparación de la estimación de la ingesta de Cd ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) en la población adulta e infantil por el método determinista y el probabilístico, para el escenario optimista y pesimista 2.

En adultos la exposición se estima en un rango en las medias de 0,63 a 1,64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana y de 0,77 a 1,78 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana para la aproximación determinista y probabilística respectivamente y en niños de 1,19 a 2,84 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana y de 1,26 a 2,89 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana respectivamente.

3 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

La caracterización del riesgo se lleva a cabo en relación a la actual IST de 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p. c. (EFSA, 2012a).

3.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA

La Tabla 48 muestra la caracterización del riesgo (% IST) obtenido en los diferentes escenarios planteados, tanto para los consumidores promedio, como para los grandes consumidores de la población de la CV.

Tabla 48. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Cd, en la población de la CV, en los distintos escenarios planteados. Enfoque determinista.

Escenarios	%IST (2,5 ug/kg p.c./día)			
	Población > 15 años		Población 6-15 años	
	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
optimista	25,20	103,20	47,60	185,60
pesimista 0	25,60	104,40	48,40	191,20
pesimista1	61,60	222,40	105,60	364,00
pesimista2	65,60	231,20	113,60	402,40

IST: ingesta semanal tolerable

Como puede observarse aunque los valores promedio de ingesta obtenidos para la población adulta se encuentran muy por debajo de la IST establecida, cuando nos situamos en escenarios mas desfavorables el valor aumenta hasta el 65,60% (P2). Si consideramos la exposición de los grandes consumidores, en todos los escenarios estaríamos por encima del 100% de la IST. En el caso de los niños para el consumidor medio ya en el escenario pesimista 1 se supera el 100% de la IST.

3.2. ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

La aproximación probabilística permite llevar a cabo una caracterización del riesgo mucho más exhaustiva ya que no se trata de dar un valor fijo sino de analizar los porcentajes de población que pueden estar en riesgo aunque el valor promedio se encuentre por debajo de los niveles guía basados en salud establecidos.

La Tabla 49 muestra la caracterización del riesgo (% IST) obtenido en los diferentes escenarios planteados, en población de la Comunitat valenciana, en número y porcentaje de población que supera la IST establecida de 2,5 µg/kg peso.

Tabla 49 Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de Cd en la población de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.

Caracterización del riesgo				
Escenarios	Población >15 años		Población 6-15 años	
	% de población con ingesta > IST	Población que excede	% de población con ingesta > IST	Población que excede
Optimista	4.16	179282	8,08	40222
Pesimista 0	4.30	185315	8,66	43109
Pesimista 1	16.15	696010	44,74	222712
Pesimista 2	18.09	779618	49,5	246407

IST: Ingesta semanal tolerable (2,5 µg/kg p.c.)

Población adulta de la CV: 4309661

Población infantil de la CV: 497792

Esta aproximación es mucho mas realista que la determinista ya que aunque el valor promedio de la distribución se encuentre por debajo de la IST en todos los escenarios (0,74 a 1,79 µg/kg p.c./semana) existe un porcentaje de población que supera la IST. Este porcentaje varia en función de los escenarios planteados en un rango entre un 4,16 a 18,09% en adultos y de 8,08 a 49,50% en los niños.

4 INCERTIDUMBRES

Mas allá de la estimación cuantitativa de las incertidumbres asociadas al muestreo, el método analítico y la estimación de la ingesta, en la Tabla 50 se muestran las distintas fuentes de incertidumbre cualitativas asociadas a la estimación de la exposición de Cd.

Tabla 50. Fuentes de las incertidumbres asociadas a la estimación de la exposición a Cd por consumo de alimentos.

Fuente de incertidumbre	Breve descripción de la evaluación
Relacionados con los datos de consumo de alimentos	
Registro dietético utilizado	Un R24 podría no cubrir la variabilidad de los patrones de consumo de cada individuo por su corta duración, si bien parece que este hecho no afecta significativamente a la media de consumo de la población general (Lambe, et al 2000)
Relacionadas con los datos de concentración de contaminantes en los alimentos	
Selección de alimentos analizados	La representatividad de los alimentos muestreados en relación a los consumidos es superior al 95% en todos los grupos de alimentos, excepto para edulcorantes y condimentos (86,63%); bebidas no alcohólicas (70,36%); y comidas preparadas (36,20%)
Muestreo de los alimentos	Con objeto de obtener datos representativos de Cd, se toman 100 muestras/alimento (error muestral 9,8 %)
Método analítico	Precisión RSD=7,0 %
Tratamiento de los valores No detectados	Dada la FQ=0% y el LOQ= 10 ng/g del agua envasada, aceites y bebidas alcohólicas en los escenarios P1 y P2 podría haber una sobreestimación de la ingesta de Cd
Efecto del cocinado	No considerado
Relacionadas con la estimación de la ingesta de Cd	
Vinculación de datos de consumo de alimentos con datos de concentración (alimentos consumidos pero no analizados)	Se asimilan niveles de Cd de un alimento a otro de similares características o se hace una distribución con los alimentos analizados del mismo grupo, no obstante podría afectar al escenario P2
Estimación de la ingesta	Con objeto de aumentar la reproducibilidad de la estimación de la ingesta de Cd se incrementa el tamaño de la muestra mediante bootstrap (100x1484 iteraciones) El software cuantifica la incertidumbre (intervalos de confianza)

5 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS

En la Tabla 51 se recoge la información de distintos aspectos de la metodología utilizada y resultados obtenidos, en estudios recientes, se han tomado los valores de la población adulta masculina (en el caso de que hicieran distinción de género

Tabla 51. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición al Cd a través de la dieta

País Año muestreo	Ingesta de Cd ($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semana}$)	Contribución de los grupos alimentos a la ingesta (%)	Consumo de alimentos	Tipo estudio Tratamiento datos	LOR ($\mu\text{g}/\text{Kg}$) FD-FQ (%)	Modelo estimación exposición	Caracterización riesgo %IST	Referencia
Suecia 1999	a:1,16 ^b	Cereales 48; patatas 19; vegetales 11	<i>Hojas de balance alimentario</i>	CM LB-UB		Determinista	a:40,8 ^a	(Becker, et al., 2011)
Suecia 1987	a:1,4 ^b			CM			a:56 ^a	Becker and Kumpulainen
Alemania (área industrial) 1998	n:2,3	Cereales y productos de panadería	<i>Registro dietético</i>	DD	LOQ=3		n:92 ^a	(Wilhelm, et al., 2005)
Reino Unido 2000	a:0,84 ^b		British National Diet and Nutrition Survey (NDNS)			Determinista	a:33,6 ^a	(Rose, et al., 2010)
Reino Unido 2006	a:0,98-1,19 ad:1,89-2,17	Patatas 24;cereales 21; pan 19; bebidas10.		CM LB -UB	LOD= (1-5)		a:39,2-47,6 ^a ad:75,6-86,8 ^a	(Food Standards Agency, 2009)
Irlanda 2001-2005	a:2,38-3,08	Vegetales 70; cereales 23,6.	NSIFCS <i>Registro dietético 7 días</i>	EDT LB- UB	LOD=5 LOQ=15	Probabilístico	a:95,2 -123,2 ^a	(Food Safety Authority of Ireland, 2011)
Francia 2000-2004 1ºEDT	a:0,3 ^b	Raíces y prod amiláceos 27 y Vegetales 23.	<i>Registro dietético 7 días</i>	EDT MB	LOQ=6 FQ=53	Determinista	a:12 ^a	(Leblanc, et al., 2005b)
Francia 2007-2009 2ºEDT	a:1,12 n:1,68	Pan 22; productos de pan secos 13;patatas 12; derivados patatas 14%	(INCA2) <i>Registro dietético 7 días</i>	MB (ND<60%, 21%)	LOD=0,5 FD=90 LOQ=1 FQ=79	Determinista	a:44,8 ^a n.67 ^a	(Arnich, et al., 2012)
Serbia 2012-2013	a:1,15 ^b	Cereales, pan y patatas	Statistical office of the Republic of Serbia (2011)	CM MB	LOD=0,3 LOQ=0,3	Determinista	a:46 ^a	(Skrbic, et al., 2013)
EFSA 2003-2011 22 EEMM	a:1,70 ad: 2,20 n:3,96	Cereales y prod. 26,9; vegetales y prod. 16; tubérculos y raíces 13,2.	Diferentes metodologías según países Comprehensive Database	Recopilación de datos de V de 22 EEMM MB		Determinista	a:68 ^a ad: 88 ^a n: 158 ^a	(EFSA, 2012a)
Groenlandia 1976	a:5,6			DD UB		Determinista	a:224 ^a	(Deutch, et al., 2006b)
Groenlandia 2004	a:1,54						a:61,6 ^a	
Nueva	1,7	Ostras 26; patatas y prod	National	EDT	LOD=0,2-2	Determinista	68 ^a	(Vannoort and

Zelanda 2009		26; panes 10; mejillones 3 y zanahorias 3.	Nutrition Surveys	MB				Thomson, 2011)
Australia 2008	a:0,61- 0,75 ^b n: 1,34-1,52 ^b	Otros alim. 42; vegetales y tubérculos 27; cereales y prod 7.	Australian National Nutrition Surveys (NNS)	EDT LB-UB	LOR 0,1-5 FD=65,32	Diamond	a:30 ^a n:61 ^a	(FSANZ, 2011)
Estados Unidos	a:1,4			EDT LB-MB	FD= 34,18 LOD=0,8-4	Determinista	a:56 ^a	(Dougherty, et al., 2000) (FDA: U.S.)
Canadá 2007	a:1,54		Nutrition Canadá survey <i>R24</i>	EDT UB			a:61,6 ^a	(Health Canada, 2007)
Santiago de Chile 2001-2002	a:2,16 ^b	Pescados y p. pesca; especias;cereales; vegetales y carne	<i>R24 y CFC</i>	CM UB	LOD= 3 sólidos LOD=0,1 líquidos	Determinista	a:86,47 ^a	(Muñoz, et al., 2005)
Libano (2004)	a:1,18 ^b	Cereals 36; Veg y pat 28,5; agua 24,3; frutas 4,4; carne 3,6; lácteos 3,4.	Individual Dietary Survey <i>CFC</i>	EDT MB	LOD=6 LOQ=2	Determinista	a:47,2 ^a	(Nasreddine, et al., 2006)
Libano 2008	a:1,52 ^b	Vegetales, pan, frutas,carne, lácteos		EDT MB	LOD=0,5 LOQ=2	Determinista	a:60,8 ^a	(Nasreddine, et al., 2010)
Egipto 2005	a: 4,6	Verduras, frutas y patatas	Statistical Survey (Egyptian Nutrition Institute)	MB	LOD= 2 LOQ=7	Determinista	a:184 ^a	(Radwan and Salama, 2006)
Huludao (China) area industrial 2007	a:5,24 ^b n:4,32 ^b	Vegetables 56,5; cereales 18,8; productos del mar 18.		CM		Determinista	a:209,6 ^a n:172 ^a	(Zheng, et al., 2007)
China 2008	a:0,70	Arroz y vegetales	Encuesta de consumo alimentos			Probabilístico	a:28 ^a	(Cao, et al., 2010)
Mumbai (India) 2003-2004	a:0,26 ^b		Frequency distribution of daily dietary intake	DD	LOD=0,1	Determinista	a:10,4 ^a	(Raghunath, et al., 2006a)
WHO	0,55-3							(WHO, 2011b)
España 2000-2010	a:1,15 -2,85	Pescados y mariscos; cereales y productos	Encuesta nutricional	Recopilación de datos de V y		Determinista	a:46- 114 ^a n:75- 171 ^a	(AESAN, 2011)

	n: 1,87-4,29	derivados; carnes y despojos; verduras, legumbres y frutos secos.	población adulta española AESAN 2011	PNIR de 14 CCAA LB - UB				
Cataluña 2000-2002	a: 1,56 n: 3,82	Pan y cereales 44; pescado y marisco 22; tubérculos 9; carne y der. 7; frutas y verduras 8; leche y lácteos 6.	enCat 2002-2003	EDT MB		Determinista	a: 62,4 ^a n: 153 ^a	(Bocio, et al., 2005)
Cataluña 2006	a: 0,98 ^b	Legumbres 31; tubérculos 24; Cereales 22; pescados 11; carne 10.	enCat 2002-2003	EDT LB		Determinista	a: 39,2 ^a	(Martí-Cid, et al., 2008)
Cataluña 2008	a: 1,94 ^b	Cereales 30; pescados y prod pesca 21; tubérculos 20; vegetales 13.	enCat 2002-2003	EDT LB - MB		Determinista	a: 77,88 ^a	(Martorell, et al., 2011)
Cataluña 2008	a: 2,16 n: 4,80 ad: 2,66	Pan y cereales 28,1; Pescado y marisco 19,4; tuberculos 17,8; verduras 12,4; carne y derivados 5,4; lacteos 3,8.	enCat 2002-2003	EDT MB		Determinista	a: 86,4 ^a n: 192 ^a ad: 106,4 ^a	(Castells, et al., 2012)
	Probabilístico					a: 84 ^a ad: 106,4 ^a		
Pais Vasco 1990-1995	a: 1,1 ^b	Patatas 26; pescados 25; pan 18; vegetales 12; otros 10 y carnes 9.	Encuesta nutrición CAPV R24 y CFC	CM MB		Determinista	a: 44 ^a	(Urieta, et al., 1996)
Valencia Spain 2005-06	a: 0,70 ^b n: 1 ^b	Solo pescados y prod. pesca	Registro diario dietético (tres días); R24 y CFC	PV UB	LOD=1 LOQ= 3	Determinista	a: 28 ^a n: 40 ^a	(Yusà, et al., 2008)
Valencia 2010	a: 0,77-1,78 n: 1,26- 2,89 (escenarios O y P2)	Cereales, legumbres, frutos secos y tuberculos 38; pescados 29; frutas y verduras 18; leche y lácteos 4 (escenario O)	Encuesta Nutrición CV 2010 R24	EDT LB y UB	FQ= 53,58% LOQ= 0,4-10	Probabilístico	a: 31- 71 n: 50 -115	Presente estudio

^a Valor propio calculado a partir de los datos de ingesta del autor. En caso de tener datos del LB-UB se ha utilizado el UB

^b Valor calculado a partir de los datos del autor. Cuando no se ha reflejado el peso medio de la población adulta, se ha tomado como referencia 60 kg de peso (EFSA, 2011a)

a: adultos; n: niños; ad: adolescentes

CM: Cesta de mercado; PV: Programa de Vigilancia de alimentos; EDT: Estudio dieta total y DD: Dieta Duplicada

FD: frecuencia de detección y FQ: Frecuencia de cuantificación

LOD: límite de detección y LOQ: Límite de cuantificación

CFC: Cuestionario frecuencia de consumo alimentos y R24: Recordatorio de 24 horas

NSIFCS: North/south Ireland Food Consumption Survey (*Registro dietético 7 días*)

enCat 2002-2003: Encuesta de Nutrición de la población catalana (2 R24 y CFC)

La exposición media de Cd estimada en la Comunitat Valenciana mediante aproximación probabilística, se sitúa entre 0,77 y 1,78 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana en la población adulta y entre 1,26 y 2,89 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana en la infantil, teniendo en cuenta los distintos escenarios propuestos. Considerando las posibles incertidumbres del estudio, los escenarios P1 y P2 podrían sobreestimar la exposición, por lo que parece mas probable que la ingesta se sitúe en valores de 0,77 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana para adultos y de 1,26 a 1,27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana en niños.

La exposición estimada para la población adulta es más baja que las obtenidas en otras CCAA de España. En el País Vasco se obtuvo un valor promedio de 1,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana (Urieta, et al., 1996) y de 1,94 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana en Cataluña (Martorell, et al., 2011). En el informe llevado a cabo por la AESAN en 2011 sobre 5493 muestras de alimentos recogidas entre los años 2000 al 2010 en España la exposición media para los adultos se sitúa en un rango de 1,15 a 2,85 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana (LB-UB) (AESAN, 2011).

En un estudio reciente en el que incluye datos de Australia, Chile, China, Europa, Japón Líbano, Corea y USA, JECFA concluye que la media de exposición a Cd para la población adulta se encuentra en un rango de 2,2 a 12 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./mes

EFSA, informa valores para la población adulta española para el MB de 2,02 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /semana y 2,23 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana según se utilicen los datos de consumo de alimentos de AESAN o de AESAN FIAB respectivamente (EFSA, 2012a). Estos valores son del mismo orden a los informados por EFSA para la población media europea estimada en 2,04 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana y mucho mayores que los obtenidos en el presente estudio.

En relación a la exposición informada por otros países (Tabla 51), los valores mas bajos se obtienen en la India (0,26 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) (Raghunath, et al., 2006a). Valores un poco superiores al obtenido en este estudio presenta el Reino Unido (0,98-1,19 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) (LB-UB) (Rose, et al., 2010). En China, se obtienen valores diversos, así Cao informa un promedio similar al de nuestro estudio (0,70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) (Cao, et al., 2010), mientras que Zheng, obtiene un valor para adultos de 5,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana. Hay que tener en cuenta que el estudio se ha llevado a cabo en una ciudad de un área industrial (Zheng, et al., 2007).

Los valores de exposición de la población infantil obtenidos en nuestro estudio, son mas bajos que los informados en otros estudios: Australia (1,34 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) (FSANZ, 2011), Reino Unido (1,89-2,17 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) (Rose, et al., 2010), Alemania (2,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) (Wilhelm, et al., 2005), China (4,32

$\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$) (Zheng, et al., 2007), España (1,87-4,29 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$) (AESAN, 2011) y Cataluña (4,80 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$) (Castells, et al., 2012).

La Figura 35 muestra el porcentaje de la ingesta de Cd en relación a la IST ($2,5 \mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$), obtenida para la población adulta en distintos estudios.

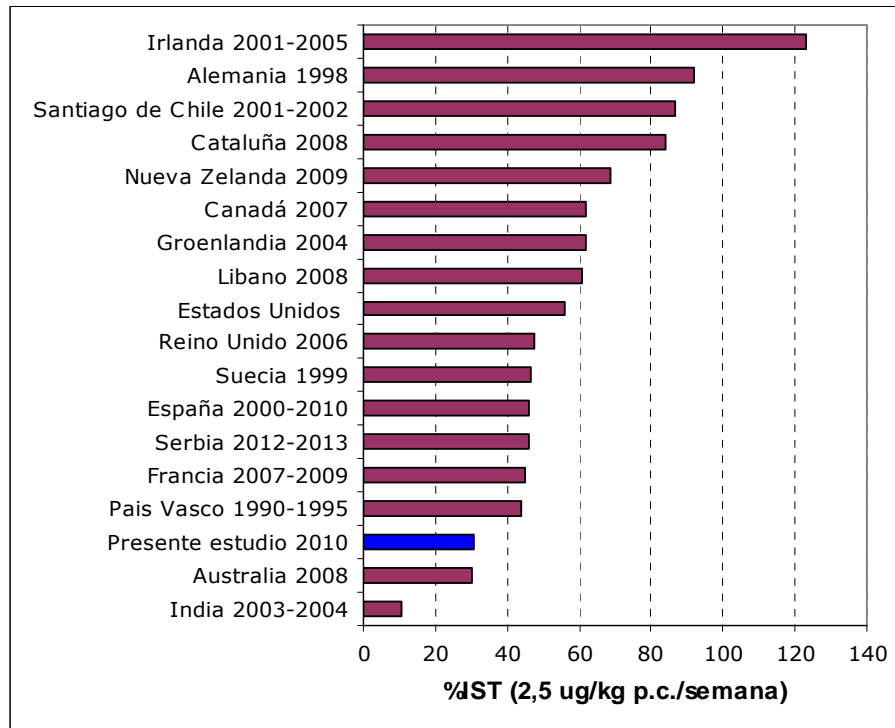


Figura 35: % sobre la IST ($2,5 \mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$) en distintos estudios recientes

El porcentaje sobre la IST de la ingesta estimada en el presente estudio ($0,77 \mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ (escenario optimista y P0)) es del 30,8%. Este valor se sitúa por debajo de los obtenidos en otros estudios nacionales e internacionales excepto los de India (<12%) y Australia (30%). Sin embargo para población de elevada exposición en el P90 escenario P1 se supera más del 100% de la IST y en el P99 el porcentaje sobre la IST es mayor del 200%.

En algunos estudios (Rose, et al., 2010); (Arnich, et al., 2012); (Urieta, et al., 1996); (Skrbic, et al., 2013); (Becker, et al., 2011) y (AESAN, 2011), obtienen valores próximos al 50% de la IST. El valor de ingesta más elevado se obtiene en Irlanda donde puede llegar a suponer el 123% de la IST. Otro estudio que obtiene un porcentaje muy elevado sobre la IST (210%) es el de China, (Zheng, et al., 2007), el estudio se centró en un área industrial.

En la población infantil la ingesta promedio estimada en distintos estudios refleja que puede llegar exceder en casi dos veces la IST establecida, tal es el caso de Cataluña (Castells, et al., 2012); China (Zheng, et al., 2007), los estudios llevados a cabo por AESAN (AESAN, 2011) y por EFSA (EFSA, 2012a) (Tabla 51).

A menudo no son los alimentos con mayores niveles de Cd los que mas contribuyen a la exposición, siendo los consumidos en mayores cantidades los que presentan mayor impacto. En el presente estudio, el grupo que mas contribuye a la ingesta de Cd es el de "cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos" con un 38% de contribución, seguido del de "pescados y productos de la pesca" con un 29% (Tabla 51). Esto se debe a su mayor consumo (2,63 g/kg p.c./ día), frente al consumo de "pescado y productos de la pesca" (0,77 g/kg p.c./ día), pese a que las concentraciones mas altas de Cd se obtienen en el grupo de "pescados y productos de la pesca" (81,57 ng/g de peso fresco). Arnich, sugiere el papel de los fertilizantes minerales y lodos de las depuradoras conteniendo altos niveles de Cd, para explicar que los cereales y productos a base de cereales sean los principales contribuyentes a la ingesta de este contaminante en el 2ºEDT de Francia, ya que los patrones de consumo de estos productos no ha variado en la población francesa, ni en niños, ni en adultos, entre los dos EDTs (Arnich, et al., 2012)

En general en los estudios recientes, los cereales y las patatas son los productos que mas contribuyen a la exposición a Cd (Tabla 51). Los valores oscilan entre 19 al 48% para los cereales y entre el 6 y el 27% para las patatas.

En algunos estudios, como el de Santiago de Chile, "los pescados y productos de la pesca" son los que mas contribuyen a la exposición debido a las altas concentraciones detectadas (277 ng/g peso fresco), a pesar de que el consumo de pescado en Santiago de Chile sea relativamente bajo (0,48 g/kg p.c./ día) (Muñoz, et al., 2005). También AESAN identifica el grupo de pescados y mariscos como el de mayor aporte a la ingesta de Cd (AESAN, 2011).

En otros estudios son los vegetales el grupo que mas contribuye (Zheng, et al., 2007); (Cao, et al., 2010); (Nasreddine, et al., 2010); (Leblanc, et al., 2005b); en nuestro estudio las "frutas y verduras" suponen un 18% de la ingesta total.

Contrariamente a lo observado en el Pb, no existe una marcada y general tendencia temporal en la exposición a Cd. Mientras en estudios realizados en algunos países como USA, Francia, Reino Unido, Líbano y Australia evidencian un incremento de la exposición, en otros estudios como en el de Suecia se observa una disminución y en los de Groenlandia y Nueva Zelanda una clara disminución de la exposición.

En USA se ha producido un aumento de la exposición a Cd entre el estudio de 1990 con una ingesta estimada de 8,81 $\mu\text{g}/\text{persona}/\text{día}$ al de 2003 con una ingesta de 11,06 $\mu\text{g}/\text{persona}/\text{día}$. Estas diferencias no se atribuyen al aumento de los niveles de Cd en los alimentos si no que reflejan por una parte el impacto de los cambios en el diseño de los dos EDT (Ej: cambios en la lista de alimentos, 1/3 de los alimentos era diferente), y por otra el cambio en los patrones de consumo con un incremento en el consumo de cereales y granos y de mezclas (alimentos que contienen mezclas de carnes, pollo o pescado) (Egan, et al., 2007). En Reino Unido, Líbano, Suecia y Australia se ha observado un ligero aumento en la ingesta de Cd. Así en Reino Unido aumenta de 0,84 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$ en el año 2000 a 1,19 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$ en 2006 (Rose, et al., 2010); en el Líbano de 1,18 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$ en 2004 (Nasreddine, et al., 2006) a 1,52 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$ en 2008 (Nasreddine, et al., 2010); en Australia en el 19º EDT se obtiene un valor de ingesta de Cd de 0,08-0,58 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (dependiendo del grupo de población estudiado) y en el actual de 0,09-0,33 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (FSANZ, 2011). Sin embargo, el incremento en la exposición a Cd entre los dos EDT de Francia es considerable, en el 2º EDT francés (2007-2009) se detectan valores de ingesta (1,12 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$) cuatro veces superiores a los que se detectaron en el primer EDT (2000-2004) (0,3 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$), debido al aumento de los niveles detectados en los alimentos (Arnich, et al., 2012).

En Suecia la exposición estimada en 1999 es mas baja (1,16 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$) (Becker, et al., 2011) que la observada en 1987 (1,4 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$) (Becker and Kumpulainen, 1991). En Groenlandia se refleja una clara disminución de la exposición a Cd entre 1976 (5,6 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$) y 2004 (1,54 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$). En el estudio se observó paralelamente un descenso en los niveles de Cd en sangre de 1,8 $\mu\text{g}/\text{l}$ en 1976 a 0,6 $\mu\text{g}/\text{l}$ en 2004, este cambio puede reflejar una ingesta alimentaria de Cd mas baja, pero también el hecho de que el número de fumadores en Groenlandia había descendido y el tabaco es la principal vía de exposición a Cd en los fumadores (Deutch, et al., 2006b). En Nueva Zelanda se ha observado una reducción de la exposición dietética al Cd en los jóvenes de 19 a 24 años entre 1987/1988 y 2009 a una quinta parte, pasando de 35, 5 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{mes}$ a 6,9 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{mes}$. En esta reducción significativa ha tenido un impacto importante la mejora de la técnica analítica con una disminución en 50 veces del LOD, el resto lo atribuyen a cambios en los hábitos de consumo en alimentos básicos clave tales como pan y patatas (Vannoort and Thomson, 2011).

La EFSA ha observado una disminución en la exposición estimada para la UE del 22% con arreglo a la obtenida en 2009 (EFSA, 2012a).

En Cataluña no parece existir una tendencia temporal clara, pasando de 1,83 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ en el año 2000 (Llobet, et al., 2003) a 1,94 en 2008 (Martorell, et al., 2011) y 1,72 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ (Castells, et al., 2012).

En la Comunitat Valenciana la única referencia de datos de exposición a Cd es la del estudio efectuado en 1991 en Valencia a partir de 67 alimentos de nuestra dieta, en la que se obtuvo un valor de ingesta de 3,17 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ (Cuadrado, 2002). Por otra parte en los años 2005 y 2006 a partir de muestras de pescado y productos de la pesca se obtiene un valor de ingesta de 0,7 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ (Yusà, et al., 2008). Estos datos evidencian la necesidad de mantener la estimación de la exposición a Cd en el tiempo.

En el actual estudio no se ha tenido en cuenta la exposición a Cd a partir del consumo de agua de la red de abastecimiento. Si tenemos en consideración el nivel promedio de Cd (0,36 $\mu\text{g}/\text{l}$) sobre análisis realizados en el agua de la red de distribución en las poblaciones de la Comunitat Valenciana (1991 - 2012) (datos aportados por los Servicios de Sanidad Ambiental) y el consumo de agua que según la OMS es de 2l/ día (WHO, 2011c), descontando de este valor el consumo de agua envasada, el aporte del Cd a través del agua de la red puede llegar a suponer un incremento de la exposición de hasta un 2% tanto en adultos como en niños (escenario P2).

ARSÉNICO

1 NIVELES DE ARSÉNICO EN LOS ALIMENTOS

Es bien conocido que la toxicidad de los compuestos de As depende de su forma química y de su estado de oxidación o valencia, siendo los compuestos inorgánicos mucho más tóxicos que los orgánicos y el As (III) más tóxico que el As (V) (Hughes, et al., 2011). Las formas orgánicas, que incluyen los metabolitos metilados (MMA, DMA, TMA) y compuestos orgánicos complejos (arsenocolina y arsenobetaina) son tóxicas a concentraciones más elevadas. La gran cantidad de compuestos y su diferente toxicidad hacen conveniente la determinación individual de las distintas especies o por lo menos de las más tóxicas a la hora de caracterizar el riesgo a As asociado a la ingesta de alimentos.

En el presente estudio se ha llevado a cabo la determinación de Arsénico total (tAs) y de Arsénico inorgánico (iAs).

1.1 ARSÉNICO TOTAL (tAs)

De los 810 análisis realizados, 701 han dado valores por encima del LOQ, lo que supone una FQ del 87 %. En los grupos de alimentos correspondientes a aceites y grasas y agua envasada no se han detectado valores por encima del LOQ en ningún alimento, mientras que en carnes y productos cárnicos; cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos; comidas preparadas; huevos y pescados y productos de la pesca, se obtiene un valor cuantificable en todas las muestras.

A partir de los datos de As en muestras de alimentos aportados por 19 países de la UE, la EFSA ha emitido una opinión científica en 2009 sobre As en alimentos, en la cual se observa que el porcentaje promedio de muestras con resultados cuantificables fue de 34. Los pescados y productos de la pesca son los que presentan valores mayores de As con una frecuencia de cuantificación del 93%, las frutas sin embargo presentan las frecuencias de cuantificación más bajas del orden del 16% (EFSA, 2009c)

En el 2º EDT francés la frecuencia de cuantificación es del 65% y la de detección del 86% (Millour, et al., 2011). La frecuencia de detección del EDT de USA es del 87,14% (FDA: U.S.) , sin embargo en el EDT de Australia se obtuvieron frecuencias de detección más bajas 49,47% (FSANZ, 2011).

El LOQ del presente estudio oscila entre 0,4 y 10 ng/g según el alimento, tal como puede apreciarse en la Tabla 14.

La concentración media de tAs y la frecuencia de cuantificación (%), para cada alimento (composite) se encuentra recogida en las Tabla 52.

La concentración promedio de tAs detectada es de 363,53 ng/g, con un mínimo de 0,96 ng/g para la leche y un máximo de 18.312,99 ng/g para los crustáceos.

En las Figuras 36 a 45, se refleja la concentración de tAs de cada muestra individual en los diferentes grupos de alimentos

Tabla 52. Frecuencia de cuantificación (%) y concentraciones de tAs (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.

ALIMENTOS	Frecuencia de cuantificación (%)	Media	Min	Max
Aceites y grasas (n=20)	0			
Aceite oliva	0			
Aceite semillas	0			
Agua envasada (n=10)	0			
Bebidas alcohólicas (n=20)	55	3,51	2,37	10,10
Vino	10	10,10	10,10	10,10
Cerveza	100	2,85	2,37	3,31
Bebidas no alcohólicas (n=30)	30	2,32	1,39	2,96
Refrescos gas	0			
Zumo Naranja	0			
Zumo Piña-Melocoton	90	2,32	1,39	2,96
Carnes y productos cárnicos (n=120)	100	23,32	3,90	58,20
Carne de pollo	100	8,59	3,90	25,50
Carne de cerdo	100	14,77	10,60	19,20
Carne de ternera	100	18,49	11,10	23,90
Carne de cordero	100	13,95	9,60	24,30
Carne de conejo	100	11,76	7,30	15,00
Hamburguesas	100	18,58	12,40	25,80
Embutidos frescos	100	26,09	22,30	30,00
Jamón curado	100	53,01	42,30	58,20
Embutidos curados	100	43,49	34,80	53,20
Jamón cocido	100	33,07	28,50	38,60
Paté	100	27,93	23,50	56,80
Vísceras	100	7,26	5,90	9,90
Cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos (n=110)	100	30,35	2,21	233,01
Arroz	100	146,84	116,02	233,01
Bollería	100	15,32	11,29	37,36
Cereales desayuno	100	30,58	15,10	58,00
Galletas	100	18,01	15,80	23,80
Legumbres	100	18,82	15,70	22,10
Pan Blanco	100	16,13	12,57	19,85
Pan de molde	100	21,69	19,59	24,98
Pan integral	100	19,06	14,04	46,96
Pasta	100	18,86	11,20	39,00
Patatas	100	3,15	2,21	4,51
Frutos secos	100	25,40	13,10	60,00
Comidas preparadas (n=40)	100	30,04	14,80	52,25
Pizzas	100	42,43	29,93	52,25
Aperitivos y snacks	100	32,09	24,90	43,00
Comidas preparadas congeladas	100	28,63	17,34	51,22
Comidas preparadas envase metálico	100	17,00	14,80	19,46
Edulcorantes y condimentos (n=50)	84	21,63	10,20	37,00
Chocolate y cacao	100	22,36	13,30	32,00
Azúcar	100	18,40	14,30	22,50
Sal de mesa	100	28,13	22,00	37,00
Caramelos y golosinas	20	12,90	10,20	15,60
Salsas y mayonesas	100	19,39	16,98	20,95
Frutas y verduras (n=220)	89	16,24	1,09	111,67
Naranja	50	1,80	1,20	2,35
Fresas	100	4,43	2,75	8,47
Espinacas y acelgas	100	38,36	10,10	84,81
Lechuga, endivia y escarola	100	10,72	3,83	32,88
Judías verdes	100	5,81	2,29	8,82
Cebollas y cebolletas	100	7,71	2,01	10,77
Ajo	100	9,86	2,90	18,46
Pimiento	90	17,89	11,20	71,10
Berenjena, calabacín y pepino	100	26,14	11,20	47,13
Zanahorias y calabazas	100	17,91	9,01	27,20
Tomate	80	5,62	1,09	10,53
Aceitunas y encurtidos	100	35,98	15,41	49,27
Manzana y Pera	80	3,23	2,08	7,12
Cerezas y ciruelas	30	2,24	1,97	2,45
Melón y Sandía	100	9,56	4,23	17,27
Plátanos	100	3,47	2,83	4,56
Melocotón y albaricoque	90	2,59	2,11	4,10
Uvas blancas y negras	80	2,63	1,88	3,39
Coliflor, brócoli, coles, repollo	90	10,12	1,47	23,01
Alcachofa, puerro, cardo, apio	100	36,16	17,04	55,96
Setas y champiñón	100	65,33	30,43	111,67
Café y café soluble	80	13,04	10,20	15,40
Huevos (n=10)	100	5,36	4,86	5,83
Leche y lácteos (n=60)	70	15,80	0,96	69,09
Leche	70	4,85	0,96	1,51
Queso	100	37,87	24,37	69,09
Yogur	80	14,64	12,83	16,73
Natillas, flanes y batidos	70	16,80	13,43	19,73
Mantequilla	0			
Productos de soja	100	4,13	3,40	4,81
Pescados y productos de la pesca (n=120)	100	2166,92	329,23	18312,99
Conservas pescado	100	462,20	329,23	635,59
Bonito y atun	100	1364,72	646,09	3126,83
Calamar y Sepia	100	2579,57	566,01	6002,53
Dorada y lubina	100	1129,34	708,25	1682,35
Pez espada	100	1250,13	944,23	1973,23
Crustáceos	100	6937,72	3171,69	18312,99
Mejillón	100	2109,15	1460,13	3028,79
Pescado blanco	100	2839,84	1657,82	4662,85
Salmon y trucha	100	1068,17	583,45	3417,38
Sardina y boquerón	100	2781,04	1893,21	3551,24
Salazones de pescado	100	2098,89	1167,60	3511,86
Pescado ahumado	100	1382,22	657,83	2707,95
Total (n=810)	87	363,53	0,96	18312,99

n=nº muestras

nº muestras/alimento=10

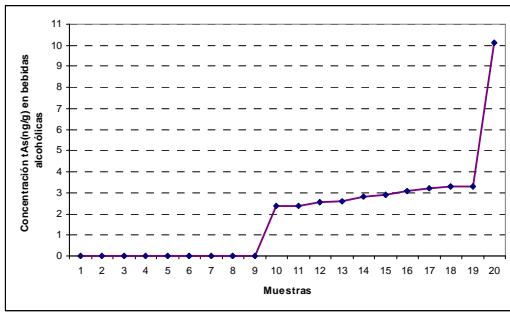


Figura 36: Niveles de tAs en las muestras de bebidas alcohólicas analizadas (n=20)

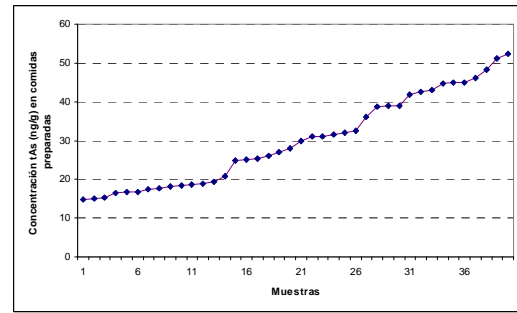


Figura 40: Niveles de tAs en las muestras de comidas preparadas analizadas (n=40)

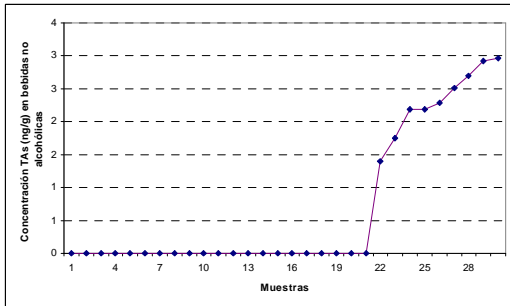


Figura 37: Niveles de tAs en las muestras de bebidas no alcohólicas analizadas (n=30)

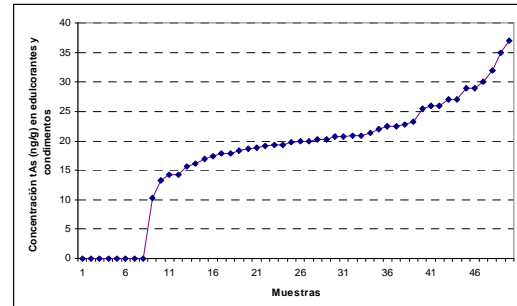


Figura 41: Niveles de tAs en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (n=50)

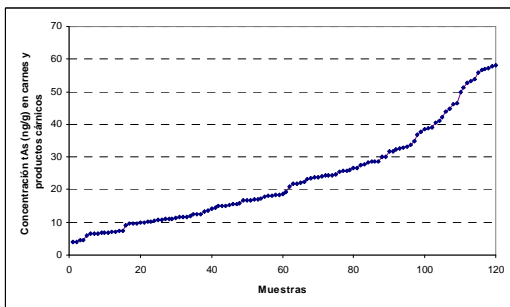


Figura 38: Niveles de tAs en las muestras de carnes y productos cárnicos analizadas (n=120)

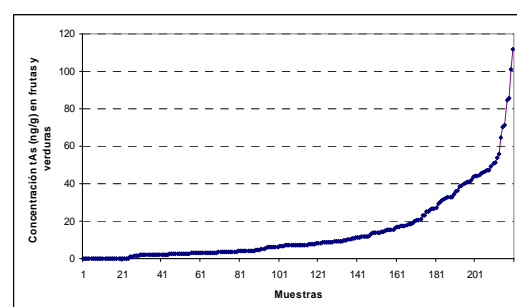


Figura 42: Niveles de tAs en las muestras de comidas frutas y verduras analizadas (n=220)

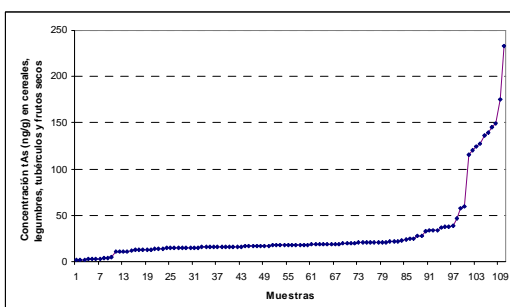


Figura 39: Niveles de tAs en las muestras de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos analizadas (n=110)

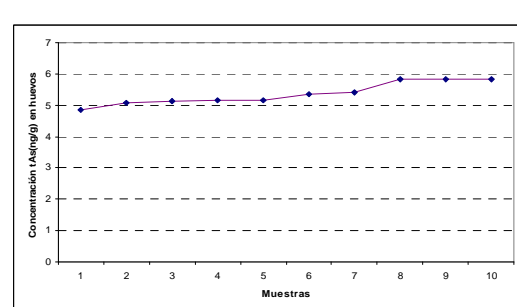


Figura 43: Niveles de tAs en las muestras de huevos analizadas (n=10)

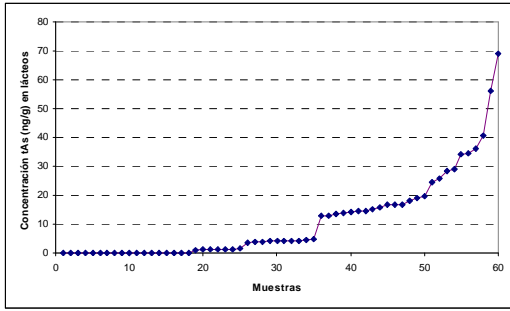


Figura 44: Niveles de tAs en las muestras de lácteos analizadas (n=60)

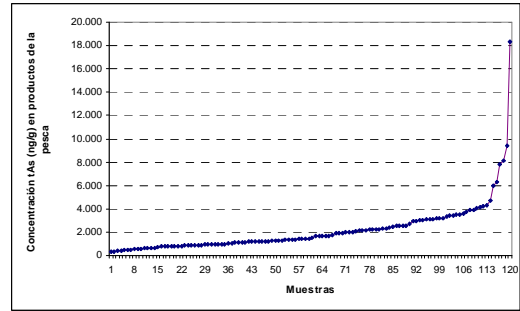


Figura 45: Niveles de tAs en las muestras de productos de la pesca analizadas (n=120)

La legislación actual europea no recoge límites para el As en los alimentos. La Directiva del Consejo 98/83/CE (Consejo Europeo, 1998) y la Directiva 2003/40/CE de la Comisión (Comisión Europea, 2003a) , establecen un valor de 10 µg/l de As (sin distinguir la especie química), como límite para el agua de consumo humano y para las aguas minerales naturales.

En la Figura 46, se observa los rangos de concentración de tAs (ng/g) para cada grupo de alimentos, teniendo en cuenta los valores de estudios recientes.

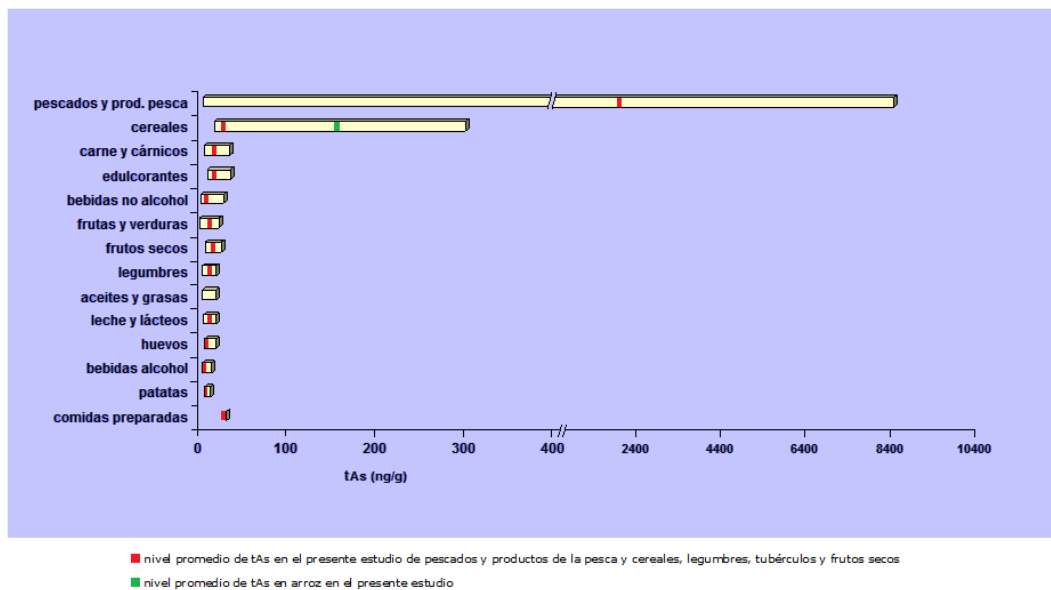


Figura 46: Rangos de concentración de tAs (ng/g) en estudios recientes

Se han tenido en cuenta los siguientes estudios: (Muñoz, et al., 2005); (Rose, et al., 2010); (Millour, et al., 2011); (Arnich, et al., 2012); (Becker, et al., 2011); (Jorhem, et al., 2008); (Williams, et al., 2007); (Bocio, et al., 2005); (Storelli and Barone, 2013); (Castells, et al., 2012); (Skrbic, et al., 2013); (Llobet, et al., 2003); (Martí-Cid, et al., 2008); (Martorell, et al., 2011); (Larsen, et al., 2002), (Sirot, et al., 2009a), (Leufroy, et al., 2011; Leufroy, et al., 2011), (Ruttens, et al., 2012); (Sommella, et al., 2013); (Meharg, et al., 2008); (Burló, et al., 2012)

En el presente estudio los alimentos que presentan los valores mas elevados de tAs, son los pescados y productos de la pesca con una media de 2166,92 ng/g y un rango de 329,23 a 18312,99 ng/g, siendo los crustáceos los que exhiben los valores mas altos con un promedio de 6037,72 ng/g (Tabla 52), este hecho se encuentra en consonancia con otros estudios publicados (Ruttens, et al.,

2012);(Martí-Cid, et al., 2008) y (EFSA, 2009c). Otros productos de la pesca con contenidos elevados de tAs son el pescado blanco y la sardina y boquerón con un valor medio de 2839 ng/g y 2781 ng/g respectivamente (Tabla 52).

Se pone de manifiesto que los pescados presentan concentraciones de As mucho mas elevadas que el resto de alimentos (Urieta, et al., 1996), (Rose, et al., 2010), (Muñoz, et al., 2005), (Millour, et al., 2011), (Vannoort and Thomson, 2011), tal como muestra la Figura 46. Los valores promedio de tAs en pescados en los distintos estudios, se encuentran en un rango de 1351 ng/g en el EDT de Santiago de Chile (Muñoz, et al., 2005) a 8450 ng/g¹ en el estudio llevado a cabo en Francia para valorar la exposición a As a partir de pescado y productos de la pesca (Leufroy, et al., 2011). Los moluscos y concretamente las ostras son los productos que presentan mayor concentración de tAs con valores medios de 20.400 ng/g seguido de mejillones y gambas con un valor medio de 11.300 ng/g. Valores mas elevados se han detectado en otro estudio llevado a cabo también en Francia en pulpo y centollo con valores de 42.300 ng/g y 37.200 ng/g respectivamente (Sirof, et al., 2009a). En el estudio desarrollado en Bélgica sobre especiación de As en productos del mar, también se obtuvieron valores muy elevados en cangrejo 12300 ng/g y langostino 11200 ng/g (Ruttens, et al., 2012)

En el agua envasada todas las muestras se encuentran por debajo del LOQ (10 ng/g) (Tabla 14), por lo que el contenido en As de todas ellas es inferior al valor límite establecido por la legislación para el aguas minerales naturales, aguas de manantial envasadas (RD 1798/2010) y aguas preparadas envasadas para consumo humano (RD 1799/2010).

En Cataluña, se han realizado diversos estudios para determinar el contenido de As en los alimentos. En el estudio llevado a cabo en 2005 se obtienen valores promedio de 3110 ng/g² (LB) y de 5540 ng/g³ (MB), con valores máximos para el salmonete (16600 ng/g), las gambas (6300ng/g) y el lenguado (6100 ng/g) (Falcó, et al., 2006). En el estudio de 2006, el valor promedio obtenido para pescados y productos de la pesca fué de 4457 ng/g, el valor mas alto se obtuvo en los crustáceos 6309 ng/g (Martí-Cid, et al., 2008). En 2008 se alcanzan valores promedio de 5483 ng/g, con valores máximos en lenguado 11614ng/g, 11517ng/g salmonete y 11102 ng/g en el cangrejo (Martorell, et al., 2011).

¹ Datos promedios obtenidos a partir de los datos individuales del autor

² Datos promedios obtenidos a partir de los datos individuales del autor

³ Datos promedios obtenidos a partir de los datos individuales del autor

De los datos de muestras de alimentos recogidos en 19 países de la UE, los valores medios para los productos de la pesca fueron de 2383,7 ng/g (UB). Los valores mayores corresponden a crustáceos 5691 ng/g, cefalópodos 3923 ng/g y moluscos 3407,8 ng/g (EFSA, 2009c).

El resto de grupos de alimentos, presentan valores mucho más bajos en relación a los productos de la pesca. En el presente estudio el rango de concentración se sitúa entre 30,35 ng/g para el grupo de "cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos" y 3,51 ng/g para las "bebidas alcohólicas" (Figura 46).

En el 2º EDT francés, el siguiente grupo en orden decreciente de concentración de tAs y con valores mucho mas bajos que los "pescados y productos del mar" es el de "edulcorantes, miel y confitería", con un valor promedio de 39 ng/g. Los valores máximos se encontraban en el chocolate 49 ng/g (Millour, et al., 2011).

La mayoría de los alimentos del EDT de Nueva Zelanda de 2009 (excepto pescados y productos de la pesca), tienen concentraciones de tAs menores a 10 ng/g (Vannoort and Thomson, 2011)

En el informe de EFSA, anteriormente mencionado, se observa que los valores mas altos de As, se detectan en un grupo miscelánea y productos destinados a alimentación especial con una media de 4980 ng/g peso fresco. Este grupo está formado, entre otros alimentos, por algas y alimentos infantiles a base de cereales. Para los cereales y sus productos se obtiene un valor promedio de 54,2 (LB) y de 73,3 (UB) ng/g, siendo el tercer grupo en contenido de As en alimentos (EFSA, 2009c)

En el presente estudio, en el grupo de "cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos", el alimento con niveles de tAs mas elevados, es el arroz, con un nivel promedio de 146,84 ng/g y un rango entre 116,02 a 233,01 ng/g (Tabla 52). Estos valores de As en arroz, son mas bajos que los detectados en otros estudios recientes, los cuales, se encuentran en un rango de 445 ng/g tAs en arroz procedente de Texas (Heitkemper, et al., 2009) a 22 ng/g para el arroz blanco detectado en el primer EDT llevado a cabo en Hong-Kong sobre muestras de arroz de sus mercados en 2010-2011 (Wong, et al., 2013). En España en muestras de arroz tomadas en Cataluña se obtiene valores promedio de tAs de 189 ng/g (Martorell, et al., 2011). En USA existen diferentes estudios sobre los contenidos de As en arroz de diversas procedencias, que evidencian que los niveles de Texas y la zona Centro Sur son mas altos 445 ng/g (Heitkemper, et al., 2009) y 300 ng/g (Williams, et al., 2007) respectivamente , que los de California donde obtiene valores de 170 ng/g (Williams, et al., 2007) y de 62 ng/g, (Heitkemper, et al.,

2009). Se sugiere que los altos niveles de As en el arroz de esa zona, pueden deberse a los pesticidas arsenicales metilados usados en los campos (Williams, et al., 2007), teoría compartida por Zavala (Zavala, et al., 2008a) y (Zavala, et al., 2008b). Los datos de niveles de As obtenidos a partir de 901 muestras de arroz blanco pulido, recogidas en 10 países diferentes, muestran niveles promedio de tAs de 150 ng/g con un rango entre 280 ng/g en las muestras procedentes de Francia a 50 ng/g en las muestras de Egipto. En este mismo estudio el valor promedio para España (N= 76 muestras) se sitúa en 200 ng/g (Meharg, et al., 2009). En muestras de alimentos infantiles a base de arroz obtenidas en tiendas y supermercados de Reino Unido durante 2006, los niveles de tAs detectados se encontraban en un rango de 440 a 160 ng/g (Meharg, et al., 2008).

En los Foros de los Grupos de Expertos de Contaminantes industriales y medioambientales de la Comisión Europea y a nivel internacional en el Codex alimentarius se baraja el establecimiento de un límite máximo para el tAs en arroz de 300 ng/g, según los datos disponibles actualmente (FAO/WHO, 2014). También se está estudiando el establecimiento de límites en las algas y en los alimentos infantiles.

En el presente estudio todas las muestras de arroz, se encuentran por debajo de este hipotético límite, tal como se observa en la Tabla 52.

1.2 ARSÉNICO INORGÁNICO (iAs)

La concentración media de iAs y el rango de valores obtenido para cada alimento, se muestra en la Tabla 53.

La frecuencia de cuantificación promedio de iAs para todos los grupos de alimentos es del 91%, oscilando entre el 42,5% en comidas preparadas al 100% en aceites y grasas; aguas envasadas; bebidas alcohólicas y huevos en las que se obtiene un valor cuantificable en todas las muestras. Estos datos de frecuencia contrastan con los obtenidos en otros estudios. EFSA obtiene una FD/FQ del 58,1% a partir de los datos aportados por 17 países de la UE, para productos tales como el arroz la FD/FQ fue del 89,5% (EFSA, 2014a). En el EDT llevado a cabo en Reino Unido los niveles de iAs se encontraban por debajo del LOQ en la mayoría de los grupos de alimentos, solo en el caso de los cereales y pescados se detectaron valores por encima del LOQ (1 ng/g) (Rose, et al., 2010). En el EDT de Hong Kong la frecuencia de detección fué del 51%, todas las muestras de "aceites y grasas" y de "leche y productos lácteos" se encontraban por debajo del LOD, así como el 95% de las muestras de bebidas no alcohólicas que incluían muestras de agua. El LOD y LOQ utilizados eran de 3 y 10 ng/g respectivamente para alimentos y de 1,5 y 5

ng/g en agua de bebida y agua envasada (Wong, et al., 2013). En un estudio de especiación de As en muestras de alimentos en Bélgica obtienen LOQ de 1 ng/g para el AsIII y de 0,002 ng/g para el AsV (Ruttens, et al., 2012).

En el presente estudio el LOQ se encuentra en un rango de 0,1 a 4,9 ng/g según el alimento analizado (Tabla 14)

La concentración promedio detectada es de 7,00 ng/g con un mínimo de 0,08 ng/g para el tomate y un máximo de 113,32 ng/g en los crustáceos (Tabla 53).

Las Figuras 47 a 57, reflejan la distribución de la concentración de iAs de cada muestra individual en cada grupo de alimentos

Tabla 53. Frecuencia de cuantificación (%) y concentraciones de iAs (ng/g peso fresco) obtenidas para cada alimento.

ALIMENTOS	Frecuencia de cuantificación (%)			
	Media	Min	Max	
Aceites y grasas (n=20)	100	2,18	1,00	4,00
Aceite oliva	100	1,54	1,00	3,30
Aceite semillas	100	2,78	1,00	4,00
Agua envasada (n=10)	100	0,23	0,10	0,50
Bebidas alcohólicas (n=20)	100	1,55	0,30	2,68
Vino	100	0,66	0,30	0,90
Cerveza	100	1,63	0,93	2,68
Bebidas no alcohólicas (n=30)	63	1,38	0,26	3,48
Refrescos gas	50	0,37	0,26	0,46
Zumo Naranja	40	0,42	0,37	0,51
Zumo Piña-Melocoton	100	2,26	1,40	3,48
Carnes y productos cárnicos (n=120)	84	1,95	0,30	12,40
Carne de pollo	100	1,83	1,30	3,70
Carne de cerdo	100	0,30	0,30	0,30
Carne de ternera	100	3,18	0,30	5,70
Carne de cordero	100	0,32	0,30	0,40
Carne de conejo	100	0,30	0,30	0,30
Hamburguesas	100	0,68	0,40	2,30
Embutidos frescos	100	3,33	0,40	6,20
Jamón curado	70	4,21	0,50	0,60
Embutidos curados	20	29,57	4,20	4,50
Jamón cocido	100	5,89	1,60	12,40
Paté	50	4,54	2,40	10,20
Visceras	80	0,83	0,30	2,90
Cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos (n=110)	92	13,27	0,21	104,81
Arroz	100	73,95	60,16	104,81
Bollería	100	5,98	3,49	10,74
Cereales desayuno	100	14,37	5,59	29,41
Galletas	100	5,60	0,98	9,65
Legumbres	80	4,95	2,79	7,45
Pan Blanco	90	6,66	2,42	10,21
Pan de molde	100	6,23	0,62	19,05
Pan integral	80	4,78	3,57	7,25
Pasta	100	10,68	7,12	14,34
Patatas	80	1,33	0,21	2,81
Frutos secos	80	3,09	0,98	6,12
Comidas preparadas (n=40)	42,5	4,10	0,32	15,90
Pizzas	80	5,89	3,05	15,90
Aperitivos y snacks	0	6,60	0,98	13,18
Comidas preparadas congeladas	0	3,56	2,51	4,56
Comidas preparadas envase metálico	90	0,34	0,32	0,36
Edulcorantes y condimentos (n=50)	98	3,40	1,00	9,10
Chocolate y cacao	90	3,42	2,10	6,00
Azúcar	100	2,13	1,00	9,10
Sal de mesa	100	3,97	1,70	6,20
Caramelos y golosinas	100	2,97	1,00	6,10
Salsas y mayonesas	100	4,53	3,42	6,53
Frutas y verduras (n=220)	97	4,22	0,08	45,68
Naranja	100	0,82	0,59	1,95
Fresas	90	2,81	0,23	5,81
Espinacas y acelgas	100	7,62	1,95	24,49
Lechuga, endivia y escarola	100	2,28	0,38	4,78
Judías verdes	100	1,39	0,60	2,48
Cebollas y cebolletas	100	2,12	0,75	3,13
Ajo	100	3,05	0,89	5,86
Pimiento	100	2,27	6,04	3,74
Berenjena, calabacín y pepino	100	20,04	6,04	45,68
Zanahorias y calabazas	100	10,02	4,77	14,94
Tomate	90	0,14	0,08	0,31
Aceitunas y encurtidos	100	4,35	1,38	7,72
Manzana y Pera	90	2,62	1,11	7,03
Cerezas y ciruelas	100	1,64	1,05	2,56
Melón y Sandía	100	8,22	3,10	16,79
Plátanos	100	0,60	0,30	2,06
Melocotón y albaricoque	100	2,16	1,54	3,07
Uvas blancas y negras	80	1,92	0,32	3,55
Coliflor, brócoli, coles, repollo	100	3,88	2,19	6,08
Alcachofa, puerro, cardo, apio	100	2,23	1,00	3,46
Setas y champiñón	100	8,33	2,80	21,92
Café y café soluble	100	2,79	1,00	7,10
Huevos (n=10)	100	0,27	0,26	0,28
Leche y lácteos (n=60)	92	2,13	0,15	8,30
Leche	100	0,63	0,44	0,95
Queso	100	3,05	0,50	6,01
Yogur	50	0,76	0,15	1,26
Natillas, flanes y batidos	70	2,05	1,16	4,37
Mantequilla	100	2,31	1,00	8,30
Productos de soja	100	3,27	1,16	8,18
Pescados y productos de la pesca (n=120)	99	17,36	0,18	113,32
Conservas pescado	100	5,04	2,04	10,84
Bonito y atun	100	13,12	4,79	32,46
Calamar y Sepia	100	3,22	0,18	8,65
Dorada y lubina	100	14,24	6,82	30,66
Pez espada	100	9,74	4,15	13,95
Crustáceos	100	50,18	8,71	113,32
Mejillón	100	27,02	16,55	42,59
Pescado blanco	90	6,56	1,88	8,95
Salmon y trucha	100	13,21	6,51	40,35
Sardina y boquerón	100	39,92	28,70	60,86
Salazones de pescado	100	17,29	11,15	21,61
Pescado ahumado	100	7,65	4,56	10,64
Total (n=810)	91	7,00	0,08	113,32

n= nº muestras

nº muestras/alimento=10

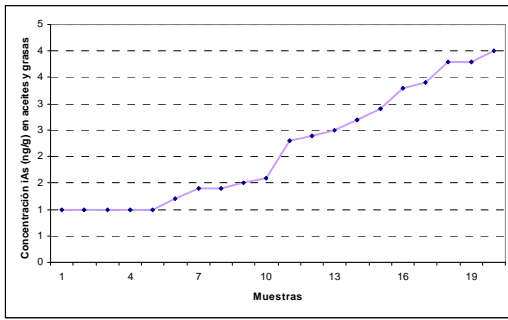


Figura 47: Niveles de iAs en las muestras de aceites y grasas analizadas (n=20)

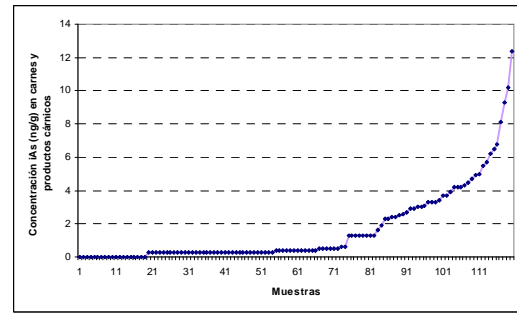


Figura 51: Niveles de iAs en las muestras de carne y productos cárnicos analizadas (n=120)

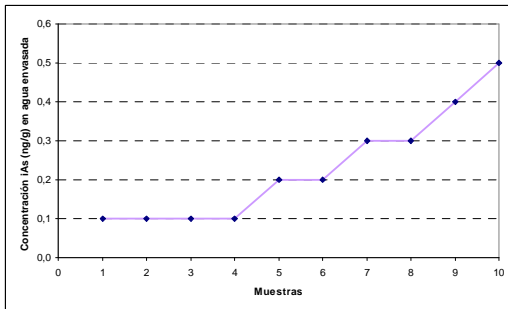


Figura 48: Niveles de iAs en las muestras de agua envasada analizadas (n=10)

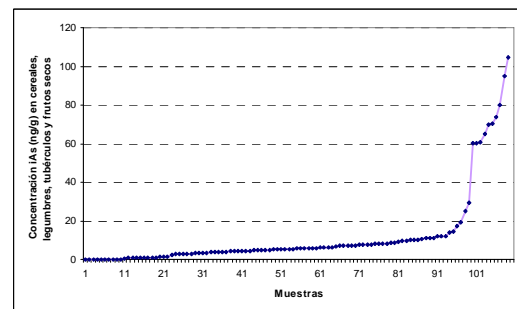


Figura 52: Niveles de iAs en las muestras de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos analizadas (n=110)

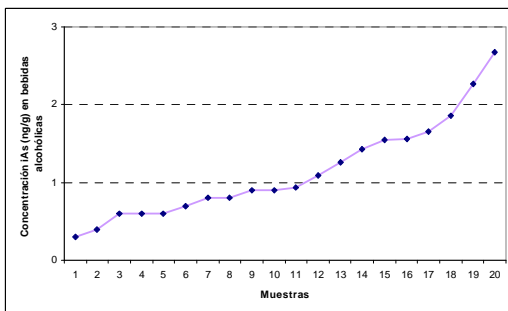


Figura 49: Niveles de iAs en las muestras de bebidas alcohólicas analizadas (n=20)

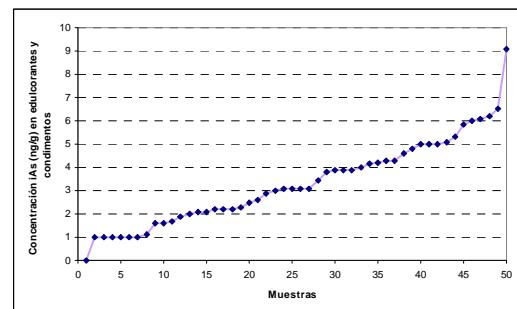


Figura 53: Niveles de iAs en las muestras de edulcorantes y condimentos analizadas (n=50)

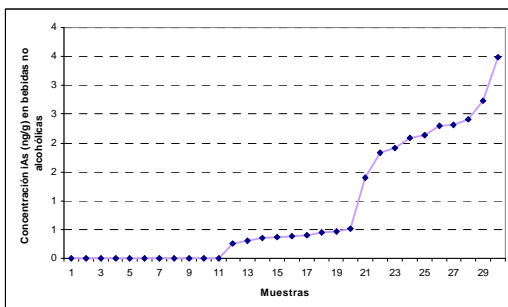


Figura 50: Niveles de iAs en las muestras de bebidas no alcohólicas analizadas (n=30)

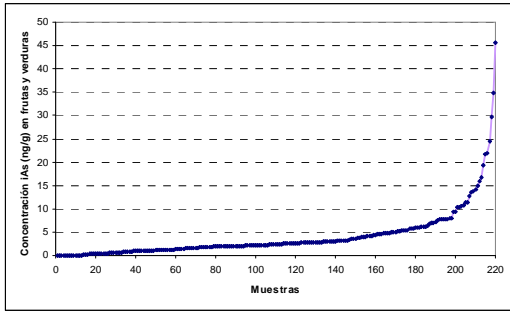


Figura 54: Niveles de iAs en las muestras de frutas y verduras analizadas (n=220)

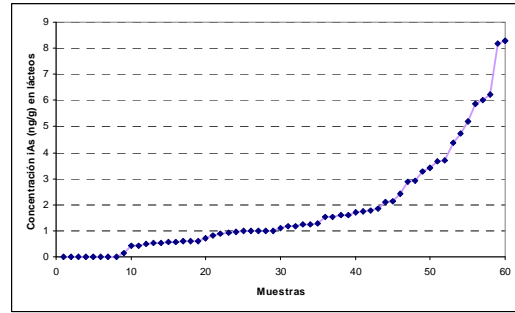


Figura 56: Niveles de iAs en las muestras de lácteos analizadas (n=60)

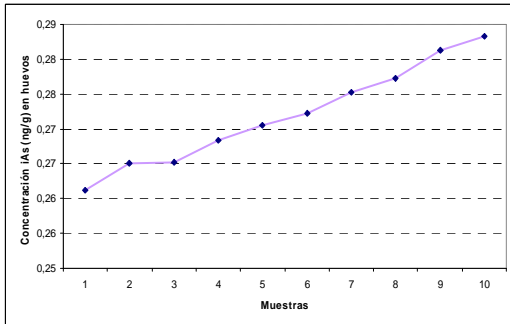


Figura 55: Niveles de iAs en las muestras de Huevos analizadas (n=10)

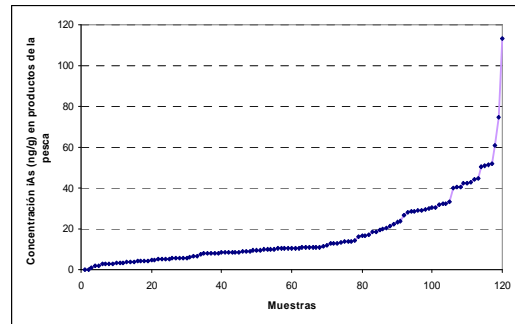


Figura 57: Niveles de iAs en las muestras de productos de la pesca analizadas (n=120)

Aunque es conocida la relevancia de la especiación del As en el contexto de la evaluación del riesgo por el consumo de alimentos, en líneas generales y en la mayoría de los estudios de dieta total, se infiere el contenido de iAs a partir de la determinación de tAs mediante el uso de factores de conversión. No obstante, existen muchos estudios de especiación de As, de productos de especial relevancia, tales como el arroz o los pescados: (Leufroy, et al., 2011); (Ruttens, et al., 2012); (Sirot, et al., 2009a); (Meharg, et al., 2008); (Meharg, et al., 2009); (Sommella, et al., 2013); (Zhao, et al., 2013); (Liang, et al., 2010); (Jorhem, et al., 2008); (Heitkemper, et al., 2009); (Zavala, et al., 2008b); (Huang, et al., 2012); (Rasmussen et al., 2013)

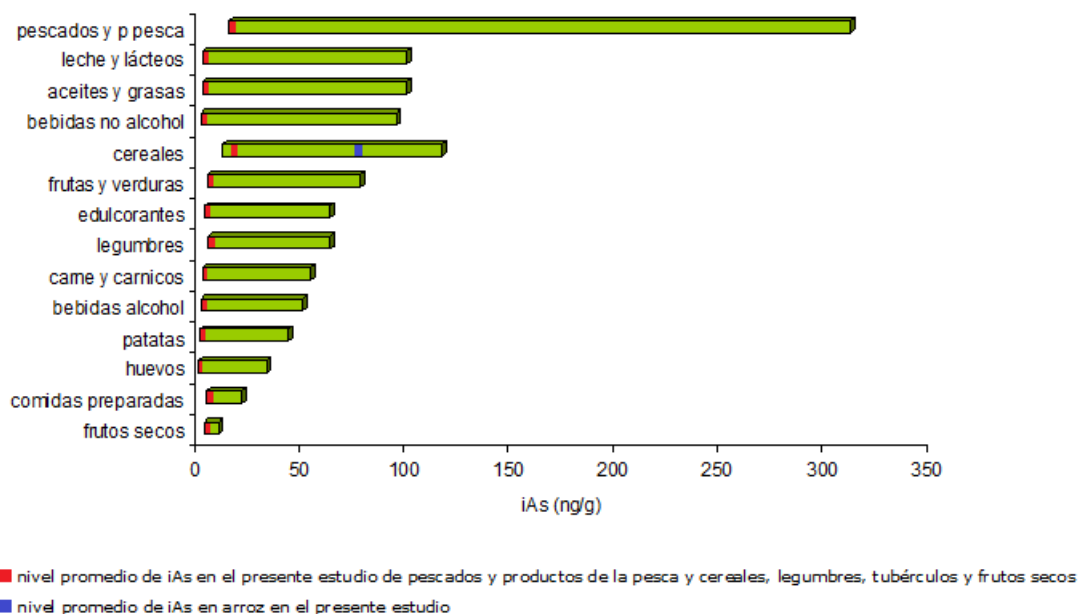


Figura 58: Rangos de concentración de iAs (ng/g) en estudios recientes

En la Figura 58, se observan los rangos de concentración de iAs para diversos grupos de alimentos, teniendo en consideración los valores de los estudios recientes citados anteriormente y otros: (Rose, et al., 2010); (Castells, et al., 2012) y (Wong, et al., 2013).

En el presente estudio, los niveles más elevados de iAs son aportados por el grupo de "pescados y productos de la pesca" con una media 17,36 ng/g (Tabla 53). Un valor ligeramente superior (25,6 ng/g) obtiene EFSA en el informe llevado a cabo en 2014 sobre exposición a iAs a partir de 1012 muestras de pescados y productos de la pesca procedentes de 21 países de la UE (EFSA, 2014a). Valores superiores se obtienen en otros estudios publicados, tal como se muestra en la Figura 58. Los crustáceos son los que mayor concentración muestran con un promedio de 50,18 ng/g, seguido por la mezcla homogénea de "sardina y

boquerón” con una concentración promedio de 39,92 ng/g. Para el mejillón se ha obtenido un valor promedio de 27,02 ng/g (Tabla 53).

En un estudio llevado a cabo sobre muestras de alimentos comprados en los mercados belgas, se analizaron 5 diferentes especies de As (iAs incluido As^{III} y As^V, ácido monometilarsónico, (MA); ácido dimetil arsénico (DMA) y arsenobetaína (AB)), el iAs solo se encontraba presente en cantidades detectables en los mejillones y gambas con valores promedio en un rango de 5 a 22 ng/g peso fresco (Ruttens, et al., 2012). Este estudio concluye que en todas las muestras de pescados y productos de la pesca la arsenobetaína es la especie de As predominante, el DMA y MMA son detectadas en concentraciones mucho mas bajas en sólo el 50% de las muestras. Concentraciones mucho mas elevadas son las obtenidas en muestras de pescado preparado para su consumo procedentes del 2º EDT francés con un valor promedio de 312 ng/g⁴ (Leufroy, et al., 2011); en cangrejo 253 ng/g y en equinodermos 218 ng/g (Sirot, et al., 2009a). En un estudio noruego se observan concentraciones anormalmente altas de hasta 5800 ng/g (Sloth and Julshamn, 2008).

En el grupo de “cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos” del presente estudio, se ha obtenido un valor promedio de 13,27 ng/g peso fresco. El valor mas alto dentro del grupo se da en el arroz con un promedio de 73,95 ng/g (Tabla 53). EFSA, a partir de los datos aportados por distintos países de la UE informa un valor medio de 101,2 ng/g para el MB (EFSA, 2014a). El arroz es particularmente susceptible a la acumulación de iAs comparado con otros cereales debido a las condiciones de su crecimiento en campos inundados con agua donde la movilidad del As es alta. Los niveles medios pueden llegar a ser unas 10 veces mas altos que los de otros cereales (Williams et al., 2007). Esto adquiere especial relevancia en países con alto contenido de iAs en el agua (Asia y algunos países de America latina).

A pesar de que la legislación actual en la UE, no incluye límites para el iAs, en los Foros de los Grupos de Expertos de contaminantes industriales y medioambientales de la Comisión Europea y a nivel internacional en el Codex Alimentarius se baraja el establecimiento de un límite máximo para el iAs en arroz de 200 ng/g (FAO/WHO, 2014). En la Comunitat Valenciana, todas las muestras de arroz, se encuentran por debajo de este hipotético límite.

El pulido del arroz reduce el contenido de As (WHO, 2011a). El nivel de iAs detectado en el arroz de Hong kong sin pulir (43 ng/g) es prácticamente el doble

⁴ Valor obtenido apartir de los valores individuales dados por el autor

que el detectado en el arroz blanco (22 ng/g) (Wong, et al., 2013), la media de concentración de iAs obtenida en un estudio de USA fue de 1,7 a 1,8 veces mas alta para el arroz integral que para el arroz blanco (Williams, et al., 2007); en un estudio en Dinamarca, el valor mas alto detectado en el arroz integral fué de 400 ng/g mientras que el valor mas alto detectado en el arroz blanco fué de 160 ng/g (Rasmussen et al., 2013). Como consecuencia de la especiación del As en muestras de arroz, en un estudio llevado a cabo en USA sobre muestras de arroz procedentes de distintos países, se categorizó los resultados del As en arroz en dos tipos: DMA y iAs. El As del arroz de Estados Unidos estaba predominantemente en forma de DMA así como las muestras de Australia y China, mientras que el As del arroz de Asia y de Europa era del tipo iAs. En este estudio se sugiere que la metilación microbiana del As ocurre en el arroz en suelos inundados y que las diferencias genéticas conducen a los dos tipos de As en el arroz. (Zavala, et al., 2008b).

1.3 ARSÉNICO TOTAL vs INORGÁNICO

El grupo con mayor contenido de As, tanto total como inorgánico, es el de pescados y productos de la pesca (Tablas 52 y 53). El contenido de tAs con un valor promedio de 2166,92 ng/g es muy elevado en comparación con el del resto de grupos de alimentos (Tabla 52).

En el grupo de "aceites y grasas" y "agua envasada" no se cuantifica tAs (Tabla 52) sin embargo si que se cuantifica iAs (Tabla 53). Este hecho se debe a los diferentes LOQ utilizados en ambas técnicas (Tablas 14 y 20), que para el tAs es de 10 ng/g para ambos grupos y para el iAs es de 1 y 0,1 ng/g respectivamente (se trata de diferentes métodos de análisis que se han llevado a cabo en laboratorios diferentes).

El porcentaje de iAs en relación al tAs oscila entre un 38,3% para "cereales , legumbres, tubérculos y frutos secos" al 1% en el grupo de "pescados y productos de la pesca". En otros estudios se obtuvieron resultados similares en relación al porcentaje de iAs sobre tAs en los productos de la pesca. Del 0,1-3,5% (Sirot, et al., 2009a); 1,2 % para muestras de pescado con un rango de 0,5 a 1,9% y de 4,6% en muestras de crustáceos en un rango de 0,4 a 15,8% (Leufroy, et al., 2011). Lynch, en un estudio de revisión informa un porcentaje de iAs sobre tAs en un rango del 0 al 28% (Lynch, et al., 2014).

En el informe de EFSA 2009, dado que la mayor parte de los datos que obtienen de los EEMM están en forma de tAs utilizan un *factor de conversión* del orden del 5 al 10%, para inferir el iAs a partir de los datos de tAs en el grupo de

“pescados y productos de la pesca”. Esta aproximación no tiene en cuenta que la proporción relativa de iAs tiende a disminuir cuando el contenido de tAs aumenta y el ratio puede variar dependiendo de la especie considerada (EFSA, 2009c). Sin embargo en el informe científico de 2014 utiliza un factor de conversión del 70% para todos los alimentos excepto para algunos alimentos clave como el grupo de “pescados y productos de la pesca” y el arroz para los que solo utiliza los datos informados como de iAs (EFSA, 2014a). Los factores de conversión para los pescados y productos de la pesca utilizados en diversos estudios, varían entre el 2 y el 10% (Martí-Cid, et al., 2008) y (Martorell, et al., 2011). La OMS, indica que la proporción de iAs no excede del 10% del tAs en “pescados y productos de la pesca” aunque en crustáceos de aguas con algún grado de contaminación, el porcentaje puede incrementarse hasta el 15% (WHO, 2011b)

Para otros grupos de alimentos tales como los vegetales la proporción de iAs sobre tAs va del 33 al 74% (WHO, 2011b). En estudios llevados a cabo en Cataluña, para el resto de alimentos distintos al pescado y productos de la pesca, se asume que este porcentaje se encuentra entre el 70 (Martorell, et al., 2011) y el 100% (Martí-Cid, et al., 2008)

En la Figura 59 se refleja el porcentaje de iAs respecto al tAs en cada uno de los alimentos del grupo de “cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos”. El arroz presenta uno de los mayores porcentajes de iAs (50,36%).

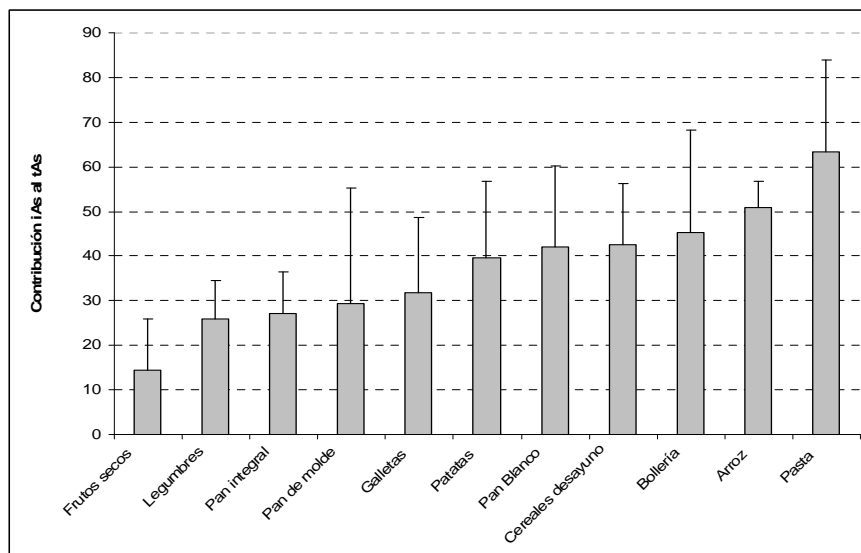


Figura 59: Contribución de iAs al tAs (media ±DS) en los alimentos del grupo de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos.

En los diversos estudios publicados el ratio iAs/tAs en arroz varía considerablemente. Se obtienen valores entre el 10 y el 100%: 64% (Jorhem, et al., 2008); en muestras de arroz procedentes de países de Europa y Asia del 27 al

93% (Torres-Escribano, et al., 2010); entre el 10 y el 86% en muestras de arroz crudo producido en Europa, Asia y Estados Unidos (Williams, et al., 2007); el 42% (Heitkemper, et al., 2009); del 33 al 68% (Meharg, et al., 2008); entre el 38 y el 58% en muestras de arroz de diferentes zonas de Italia (Sommella, et al., 2013) y entre el 17 y el 100% (WHO, 2011b); en muestras de arroz integral el % varía entre el 26% (Zavala et.al, 2008b) y el 95% (Huang et al, 2012).

2. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A iAs: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE iAs

Los alimentos y el agua, constituyen la principal fuente de As para la población no expuesta laboralmente. Los valores de la exposición a iAs a través de los diferentes grupos de alimentos seleccionados se ha estimado siguiendo dos enfoques: determinista y probabilístico.

Para la estimación de la exposición se tienen en cuenta tres posibles escenarios (optimista, pesimista0 y pesimista2), de los cuatro establecidos en el apartado 8º de la metodología, ya que en todos los alimentos analizados, la frecuencia de cuantificación era $\geq 20\%$, por lo que el escenario pesimista0 y 1 son iguales.

2.1 ESTIMACIÓN DETERMINISTA

Los cálculos se han llevado a cabo para consumidor medio y para el gran consumidor (P95), para los dos grupos de edad establecidos adultos y niños

2.1.1 Ingesta estimada de iAs en población adulta

En las Tablas 54 y 55 se obtienen los valores de la ingesta de iAs (ng/kg p.c. / día y $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /día) para la población adulta de la Comunitat Valenciana tanto para el consumidor promedio como para el gran consumidor (P95). Así como el porcentaje de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la ingesta de iAs en cada situación.

Tabla 54 . Estimación de la ingesta de iAs de la población adulta de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB)

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES iAs (ng/g) mediana		CONSUMO (g/kg p. c./día) población >15 años		INGESTA iAs (ng/kg p. c./día) población >15 años				% CONTRIBUCIÓN INGESTA			
	LB	UB	Media	P95	Consumidor medio		Gran consumidor (P95)		Consumidor medio		Gran consumidor (P95)	
					Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0
AGUA ENVASADA	0,20	0,20	10,11	27,93	2,02	2,02	5,59	5,59	3,05	3,00	1,79	1,75
ACEITES Y GRASAS	1,95	1,95	0,29	0,86	0,42	0,42	1,43	1,43	0,64	0,63	0,46	0,45
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	0,92	0,92	1,26	8,49	1,54	1,54	10,49	10,49	2,32	2,28	3,36	3,29
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	0,38	0,48	1,74	10,79	0,67	1,07	6,49	8,57	1,01	1,59	2,08	2,69
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	0,40	1,30	1,92	9,42	3,01	3,28	14,69	16,29	4,54	4,86	4,70	5,11
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	5,56	5,56	2,47	10,78	32,53	32,61	144,60	144,90	49,05	48,38	46,26	45,44
COMIDAS PREPARADAS	3,29	3,29	0,21	0,16	0,75	0,75	0,91	0,91	1,13	1,11	0,29	0,29
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	3,10	3,10	0,29	0,74	0,79	0,79	1,31	1,31	1,19	1,17	0,42	0,41
FRUTAS Y VERDURAS	2,42	2,44	5,02	30,29	15,08	15,10	93,06	93,20	22,74	22,39	29,77	29,22
HUEVOS	0,27	0,27	0,34	1,63	0,09	0,09	0,44	0,44	0,14	0,14	0,14	0,14
LECHE Y LÁCTEOS	1,13	1,18	2,57	13,31	2,18	2,51	10,36	12,59	3,28	3,73	3,31	3,95
PESCADOS Y PROD PESCA	10,56	10,56	0,66	2,36	7,23	7,23	23,18	23,18	10,90	10,72	7,42	7,27
TOTAL			26,89	116,76	66,31	67,41	312,56	318,91	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)					0,07	0,07	0,31	0,32				

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula

INGESTA = \sum [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 55. Estimación de la ingesta de iAs a través de la dieta de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista 2

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES iAs (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg peso corp./día) población >15 años		INGESTA iAs (ng/kg peso corp./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	0,20	10,11	27,93	2,02	5,59	2,77	1,65
ACEITES Y GRASAS	1,95	0,30	0,86	0,43	1,44	0,59	0,42
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	0,92	1,28	8,49	1,56	10,49	2,13	3,09
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	0,48	2,73	15,21	1,85	10,69	2,53	3,15
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	1,30	1,99	9,49	3,38	16,38	4,63	4,82
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	5,56	2,63	11,56	33,44	148,99	45,72	43,87
COMIDAS PREPARADAS	3,29	0,62	3,17	2,11	10,83	2,89	3,19
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	3,10	0,34	0,91	0,93	1,83	1,27	0,54
FRUTAS Y VERDURAS	2,44	5,58	30,85	16,08	93,65	21,98	27,58
HUEVOS	0,27	0,34	1,63	0,09	0,44	0,13	0,13
LECHE Y LÁCTEOS	1,18	3,69	18,73	3,21	15,83	4,39	4,66
PESCADOS Y PROD PESCA	10,56	0,77	2,38	8,03	23,41	10,97	6,89
TOTAL		30,37	131,21	73,14	339,58	100,00	100,00
TOTAL ($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día)				0,07	0,34		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

$$\text{INGESTA} = \sum [\text{CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)}] \times \text{CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día)}$$
. Los cálculos se muestran en el ANEXO.

La exposición media estimada de iAs, es de 0,07 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día para la población adulta de la CV en todos los escenarios planteados, siendo inferior a la informada por EFSA para la UE, con un valor medio entre 0,09 y 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (LB-UB) (EFSA, 2014a) y de un orden similar a la calculada por NHANES para la población general de USA con un valor de 0,05 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (Xue, et al., 2010)

Para los grandes consumidores, la exposición estimada se encuentra en el rango de 0,32 a 0,34 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día, que se encuentra en posición central del rango de valores estimados para la población europea de 0,14 a 0,64 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (LB-UB) (EFSA, 2014a) y superior a la obtenida por NHANES para la población general de USA con un valor de 0,19 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (Xue, et al., 2010).

2.1.2 Ingesta estimada de iAs en los niños

En las Tablas 56 y 57 se obtienen los valores de la ingesta de iAs (ng/kg p. c. /día y $\mu\text{g}/\text{kg p.c. /día}$) para los niños de la Comunitat Valenciana tanto para el consumidor medio como para el gran consumidor (P95). Así como el % de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la ingesta de iAs en cada situación.

Tabla 56 . Estimación de la ingesta de iAs de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenarios Optimista (LB) y Pesimista 0 (UB)

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES iAs (ng/g) mediana		CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA iAs (ng/kg p. c./día) población 6-15 años				% CONTRIBUCIÓN INGESTA			
	LB	UB	Media	P95	Consumidor medio		Gran consumidor (P95)		Consumidor medio		Gran consumidor (P95)	
					Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0	Optimista	Pesimista0
AGUA ENVASADA	0,20	0,20	16,18	40,47	3,24	3,24	8,09	8,09	2,63	2,58	1,43	1,39
ACEITES Y GRASAS	1,95	1,95	0,49	1,50	0,74	0,74	2,71	2,71	0,60	0,59	0,48	0,47
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	0,92	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	0,38	0,48	2,97	19,76	2,12	2,70	16,11	19,75	1,72	2,15	2,84	3,40
CARNE Y PROD. CÁRNICOS	0,40	1,30	4,30	21,79	7,02	8,00	39,89	47,81	5,69	6,37	7,04	8,22
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	5,56	5,56	5,66	24,91	74,59	74,73	338,87	339,55	60,50	59,49	59,84	58,39
COMIDAS PREPARADAS	3,29	3,29	0,34	0,51	1,37	1,37	2,91	2,91	1,11	1,09	0,51	0,50
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	3,10	3,10	0,83	4,85	2,65	2,65	15,96	15,96	2,15	2,11	2,82	2,75
FRUTAS Y VERDURAS	2,42	2,44	6,27	38,23	17,90	17,92	93,44	93,65	14,52	14,27	16,50	16,11
HUEVOS	0,27	0,27	0,63	3,46	0,17	0,17	0,94	0,94	0,14	0,14	0,17	0,16
LECHE Y LÁCTEOS	1,13	1,18	6,90	31,74	5,64	6,26	29,07	31,78	4,57	4,98	5,13	5,47
PESCADOS Y PROD PESCA	10,56	10,56	0,79	3,10	7,84	7,84	18,32	18,32	6,36	6,24	3,23	3,15
TOTAL			45,35	190,32	123,28	125,62	566,32	581,48	100,00	100,00	100,00	100,00
TOTAL (µg/kg p.c./día)					0,12	0,13	0,57	0,58				

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula

INGESTA = \sum [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día).
Los cálculos se muestran en el ANEXO.

Tabla 57. Estimación de la ingesta de iAs de la población infantil de la CV para el consumidor medio y para grandes consumidores. Modelo determinista. Escenario Pesimista 2

GRUPOS ALIMENTOS	NIVELES iAs (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA iAs (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
	UB	Media	P95	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
AGUA ENVASADA	0,20	16,18	40,47	3,24	8,09	2,35	1,25
ACEITES Y GRASAS	1,95	0,49	1,50	0,74	2,71	0,54	0,42
BEBIDAS ALCOHÓLICAS	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS	0,48	4,10	25,42	4,63	32,31	3,36	5,00
CARNE Y PRODUCTOS CÁRNICOS	1,30	4,50	22,45	8,26	48,67	5,99	7,53
CEREALES, LEGUMBRES, TUBÉRCULOS Y FRUTOS SECOS	5,56	5,99	26,61	76,46	348,65	55,47	53,97
COMIDAS PREPARADAS	3,29	1,79	10,65	6,23	36,31	4,52	5,62
EDULCORANTES y CONDIMENTOS	3,10	0,87	4,85	2,77	15,98	2,01	2,47
FRUTAS Y VERDURAS	2,44	6,96	39,26	19,11	94,33	13,87	14,60
HUEVOS	0,27	0,63	3,46	0,17	0,94	0,12	0,15
LECHE Y LÁCTEOS	1,18	9,72	44,72	7,98	39,66	5,79	6,14
PESCADOS Y PRODUCTOS PESCA	10,56	0,84	3,11	8,24	18,33	5,98	2,84
TOTAL		52,07	222,50	137,83	645,98	100,00	99,99
TOTAL (µg/kg p.c./día)				0,14	0,65		

Los valores de la mediana, se refieren a la mediana del grupo. La ingesta de cada grupo se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

INGESTA = Σ [CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL METAL (mediana de las 10 muestras del mismo alimento) (ng/g alimento)] X CONSUMO MEDIO Y P95 DEL ALIMENTO (g/kg peso corporal/día). Los cálculos se muestran en el ANEXO.

La exposición a iAs en la población infantil se sitúa entre 0,12 y 0,14 µg/kg p.c. /día, en los distintos escenarios. Es mas baja que la calculada por EFSA que presenta un valor medio de 0.30 a 0,71 µg/kg p.c. /día (LB-UB), para la población de (≥ 36 meses a 10 años) y de 0,18 a 0,42 µg/kg p.c. /día, para la población adolescente (10-18 años) (EFSA, 2014a). En cambio es mas elevada que la obtenida por NHANES para la población de 6-12 años de USA con un valor de 0,04 µg/kg p.c. /día (Xue, et al., 2010). Para los grandes consumidores (P95) también el valor es mas bajo al dado por EFSA de 0,53-1,15 µg/kg p.c. /día (LB-UB) (EFSA, 2014a) y mas elevado que el obtenido por el NHANES de 0,13 µg/kg p.c. /día (Xue, et al., 2010).

2.2. ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

Los cálculos se han llevado a cabo para la media de consumo y para los grandes consumidores (P95) y teniendo en consideración los grupos de edad establecidos: adultos (>15 años) y niños (6-15 años).

La Tabla 58 muestra los resultados de la ingesta de iAs obtenida a través de la aproximación probabilística, para la población adulta e infantil de la CV, en los distintos escenarios establecidos en la metodología

Tabla 58. Estimación probabilística de la ingesta de iAs de la población de la CV para los distintos escenarios propuestos

Población	Escenarios	Media	P50	P75	P90	P95	P99
Adultos	Optimista	0,08 (0,08-0,08)	0,06 (0,06-0,07)	0,11 (0,10-0,11)	0,15 (0,15-0,16)	0,18 (0,18-0,19)	0,29 (0,27-0,32)
	Pesimista 0	0,08 (0,08-0,09)	0,06 (0,06-0,07)	0,11 (0,10-0,11)	0,15 (0,15-0,16)	0,19 (0,18-0,20)	0,29 (0,27-0,32)
	Pesimista 2	0,09 (0,09-0,10)	0,08 (0,07-0,08)	0,12 (0,12-0,13)	0,17 (0,17-0,18)	0,21 (0,20-0,22)	0,33 (0,30-0,36)
Niños	Optimista	0,16 (0,14-0,18)	0,11 (0,10-0,12)	0,19 (0,16-0,21)	0,31 (0,26-0,36)	0,42 (0,35-0,47)	0,83 (0,64-1,19)
	Pesimista 0	0,16 (0,15-0,18)	0,11 (0,10-0,12)	0,19 (0,17-0,22)	0,31 (0,27-0,37)	0,42 (0,36-0,48)	0,83 (0,64-1,24)
	Pesimista 2	0,19 (0,17-0,21)	0,14 (0,13-0,15)	0,22 (0,19- 0,25)	0,34 (0,30-0,40)	0,47 (0,39-0,53)	0,86 (0,68-1,26)

En paréntesis: Intervalo de confianza al 95%

P: Percentil

Debido a la alta frecuencia de cuantificación (91%), los valores obtenidos de ingesta de iAs en los distintos escenarios planteados no varía prácticamente, al contrario de lo que sucede con otros metales.

2.3 DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICA

La comparación entre los dos enfoques probabilístico y determinista muestra que la estimación de la media en la población adulta e infantil es muy parecida en los dos enfoques aunque ligeramente mas baja para la aproximación determinista tal como se muestra en la Figura 60 correspondiente a los escenarios optimista y pesimista 2.

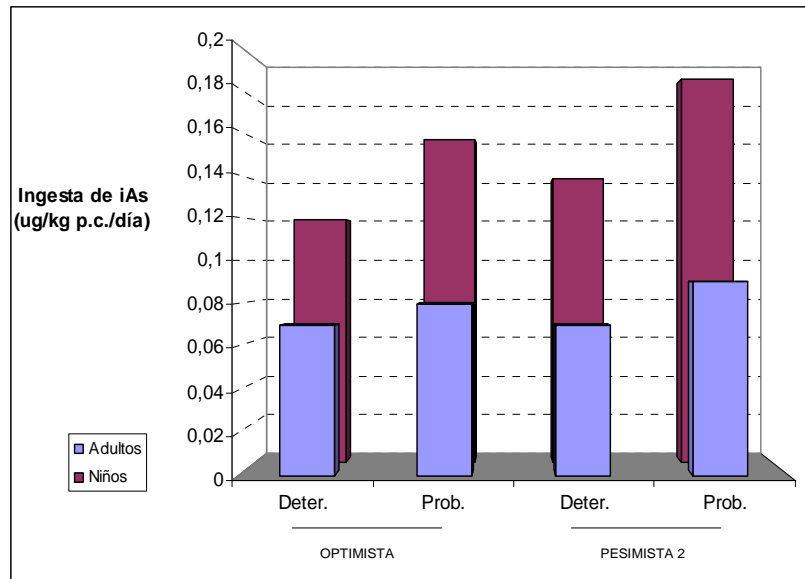


Figura 60. Comparación de la estimación de la ingesta de iAs ($\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$) en la población adulta e infantil por el método determinista y el probabilístico, para el escenario optimista y pesimista 2.

3 CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD

En el presente estudio, tal como se refleja en el apartado 10º de la metodología, la caracterización del riesgo de iAs se ha llevado a cabo mediante el cálculo del margen de exposición MOE para la (BMDL_{01}) con valores entre $0,3 \mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ y $8 \mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ para efectos sobre cáncer de pulmón, vejiga y lesiones en la piel.

3.1. APROXIMACIÓN DETERMINISTA

La Tabla 59 muestra la caracterización del riesgo (MOE) obtenidos en los diferentes escenarios para población adulta e infantil tanto para consumidores promedio como para los grandes consumidores.

Tabla 59. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de iAs en la población de la CV en los diferentes escenarios planteados. Enfoque determinista

Escenarios	Población >15 años				Población 6-15 años			
	MOE (BMDL ₀₁ =0,3µg/kg p.c./día)		MOE (BMDL ₀₁ =8 µg/kg p.c./día)		MOE (BMDL ₀₁ =0,3µg/kg p.c./día)		MOE (BMDL ₀₁ =8 µg/kg p.c./día)	
	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
optimista	4,29	0,94	114,29	25,00	2,50	0,54	66,67	14,29
pesimista 0	4,29	0,91	114,29	24,24	2,50	0,52	66,67	13,79
pesimista2	4,29	0,88	114,29	23,53	2,14	0,47	57,14	12,50

BMDL₀₁: 0,3 - 8 µg/kg p.c./día efectos sobre cáncer de pulmón, vejiga y lesiones en la piel

Los MOEs obtenidos para los consumidores promedio en población adulta son superiores a 1. Sin embargo, para los grandes consumidores (P95) la ingesta es superior al BMDL₀₁ de 0,3 µg/kg p.c. /día, por lo que la posibilidad de efectos críticos no puede ser excluida, para cualquiera de los escenarios propuestos si el efecto se produjera al (BMDL₀₁) de 0,3 µg/kg p.c. /día.

En los grandes consumidores de la población infantil para el BMDL₀₁ de 0,3 µg/kg p.c. /día, la situación se acentúa mas ya que los MOEs obtenidos son todavía mas bajos, por lo que la posibilidad de efectos críticos no puede ser excluida, para cualquiera de los escenarios propuestos si el efecto se produjera al límite bajo del P95 del BMDL₀₁ de 0,3 µg/kg p.c. /día

3.2. APROXIMACIÓN PROBABILÍSTICA

Las Tablas 60 y 61 muestran la caracterización del riesgo (MOE) de la población adulta e infantil respectivamente de la Comunitat Valenciana y el número y porcentaje de población que supera los valores críticos de BMDL₀₁

Tabla 60. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de iAs en la población adulta de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico.

ESCENARIO	Población > 15 años				
	MOE BMDL ₀₁ 0,3µg/kg/día	% de población con ingesta > BMDL ₀₁	Población que excede	MOE BMDL ₀₁ (8 µg/kg/día)	% de población con ingesta > BMDL ₀₁
Optimista	3,75	0.89	38356	100	0
Pesimista 0	3,75	0.90	38787	100	0
Pesimista2	3,33	1.32	56888	89	0

MOE: margen de exposición

BMDL₀₁: 0.3 - 8 µg/kg/día efectos cáncer de pulmón, vejiga y lesiones en la piel

Población adulta de la CV: 4309661

Tabla 61. Caracterización del riesgo, derivado de la ingesta de iAs en la población infantil de la CV en los distintos escenarios planteados. Enfoque probabilístico

Población 6-15 años						
ESCENARIO	MOE BMDL ₀₁ 0,3µg/kg/día	% de población con ingesta > BMDL ₀₁	Población que excede	MOE BMDL ₀₁ (8 µg/kg/día)	% de población con ingesta > BMDL ₀₁	Población que excede
Optimista	1,88	10.47	52119	50	0.05	249
Pesimista 0	1,88	10.71	53314	50	0.04	199
Pesimista2	1,58	13.39	66654	42	0.05	249

MOE: margen de exposición

BMDL01: 0.3 - 8 µg/kg/día efectos cáncer de pulmón, vejiga y lesiones en la piel

Población infantil de la CV: 497792

Pese a que los MOEs calculados con los valores medios de la ingesta en población adulta (Tabla 60) son superiores a 1, la curva de distribución de la ingesta refleja que existe un porcentaje de población con ingesta superior al BMDL₀₁ de 0,3 µg/kg p.c. /día que varía entre 0,89 y 1,32 según el escenario. Sin embargo no hay ninguna persona adulta de la Comunitat Valenciana, cuya ingesta supere el BMDL₀₁ de 8 µg/kg p.c. /día.

En el caso de la población infantil (Tabla 61), los MOEs calculados pese a ser superiores a 1 son mas bajos respecto a los hallados en la población adulta. El porcentaje de niños que supera el límite crítico establecido para el BMDL₀₁ varía entre 10,47 y el 13,39%. Para el BMDL₀₁ de 8 µg/kg p.c. /día, existe un pequeño porcentaje de niños (0,05) que lo supera

4 INCERTIDUMBRES

La Tabla 62 muestra las fuentes de incertidumbres, asociadas a la estimación probabilística de la exposición a iAs, basado en la recomendación de EFSA (EFSA, 2006a).

Tabla 62. Fuentes de las incertidumbres asociadas a la estimación de la exposición a iAs por consumo de alimentos.

Fuente de incertidumbre	Breve descripción de la evaluación
Relacionados con los datos de consumo de alimentos	
Registro dietético utilizado	Un R24 podría no cubrir la variabilidad de los patrones de consumo de cada individuo por su corta duración, si bien parece que este hecho no afecta significativamente a la media de consumo de la población general (Lambe, et al 2000)
Relacionadas con los datos de concentración de contaminantes en los alimentos	
Selección de alimentos analizados	La representatividad de los alimentos muestreados en relación a los consumidos es superior al 95% en todos los grupos de alimentos, excepto para edulcorantes y condimentos (86,63%); bebidas no alcohólicas (70,36%); y comidas preparadas (36,20%)
	La no inclusión del agua de la red puede infraestimar la ingesta de iAs
Muestreo de los alimentos	Con objeto de obtener datos representativos de iAs, se toman 100 muestras/alimento (error muestral 9,8 %)
Método analítico	Precisión RSD= 4,0%
Tratamiento de los valores No detectados	Dada la FQ=91, el efecto del tratamiento de estos valores se minimiza
Efecto del cocinado	No considerado
Relacionadas con la estimación de la ingesta de iAs	
Vinculación de datos de consumo de alimentos con datos de concentración (alimentos consumidos pero no analizados)	Se asimilan niveles de iAs de un alimento a otro de similares características o se hace una distribución con los valores de alimentos analizados del mismo grupo, no obstante podría afectar al escenario P2
Estimación de la ingesta	Con objeto de aumentar la reproducibilidad de la estimación de la ingesta de iAs se incrementa el tamaño de la muestra mediante bootstrap (100x1484 iteraciones). El software cuantifica la incertidumbre (intervalos de confianza)

5. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS

En la Tabla 63 se recoge la información de distintos aspectos de la metodología utilizada y resultados obtenidos, en estudios recientes. Se han tomado los valores de la población adulta masculina (en el caso de que hiciera distinción de género).

Tabla 63. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición a As a través de la dieta.

País Año muestreo	Ingesta de As($\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día)	Contribución a la ingesta de los grupos alimentos (%)	Consumo de alimentos	Tipo estudio Tratamiento de los ND	LOR ($\mu\text{g}/\text{kg}$) FD-FQ (%)	Modelo estimación exposición	Caracterización riesgo (MOE) a iAs		Referencia
							BMDL ₀₁ 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$	BMDL ₁₀ 8 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$	
Alemania (área industrial) 1998	tAs n:0,21	Pescado	<i>Registro dietético</i>	DD	tAs LOQ=1,5	-----	n:6 ^a	n:160 ^a	(Wilhelm, et al., 2005)
	iAs n:0,05			25%					
Reino Unido ^c 2006	iAs a:0,03-0,09 n:0,05-0,16 (4-18 años)	Cereales 23; bebidas 19; pan 8; patatas 8 ;azúcares y conservas 8	British National Diet and Nutrition Survey (NDNS)	CM LB-UB	LOQ= 1	Determinista	a:10-0,33 ^a n: 6- 1,87 ^a	a:266-88,89 ^a n:160-50 ^a	(Rose, et al., 2010) (Food Standards Agency, 2009)
Irlanda 2001-2005	tAs a:0,59-0,83	Pescado 93,3; bebidas alcohólicas 2,6; cereales1,4	NSIFCS <i>Registro dietético 7 días</i>	EDT LB-UB	LOD=10 LOQ=30	Probabilístic o	a:30 ^a - 5 ^a	a:800 ^a - 133 ^a	(Food Safety Authority of Ireland, 2011)
	iAs a: 0,01 - 0,06	Arroz 51,7; cereales desayuno (arroz) 41,5; moluscos 3,45; crustáceos2		Se analiza iAs en los alimentos con concentracione s>LOD					
EFSA 17 EEMM	iAs a:0,09-0,38 ad:0,18-0,42 (10-18 años)	Prod. a base de cereales(no arroz) (15%);leche y prod. lácteos (8%); arroz (8%)	Encuestas de consumo de cada país	LB-UB	tAs FQ-FD= 33,9 iAs FQ- FD=58,1	Determinista	a:3,33- 0,79 ^a ad:1,66- 0,71 ^a (10-18 años)	a:88,89- 21,05 ^a ad:44,44- 19 ^a (10-18 años)	(EFSA, 2014a)
Francia 2000-2004 1º EDT	tAs a: 0,89 ^b	Pescados 50; productos de la pesca 13 y frutas 17.	<i>Registro dietético de 7 días</i>	EDT MB	LOD 5 LOQ=10 FQ= 43	Determinista			(Leblanc, et al., 2005b)
Francia ^c 2007-2009 2ºEDT	tAs a:0,78	Pescados 30; Moluscos y crustáceos 17; agua 8.	(INCA2) <i>Registro dietético 7 días</i>	MB (ND<60%, 35%)	tAs LOD=5 LOQ=10 FD=86 FQ=65	Determinista	a:1,25-1,30	a:33,33-	(Arnich, et al., 2012)
	iAs	Agua >19;bebidas no		LB-UB					

	a:0,24-0,28 n:0,30-0,39	alcohólicas 10-15.		Análisis iAs productos de la pesca ;otros alim. factores de conversion			^a n:1-0,77 ^a	34,78 ^a n:26,66- 20,51 ^a	
Serbia 2012-2013	tAs a:0,36 ^b	Pan, patatas, leche,pescado conserva,manzana, aceite	Statistical office of the Republic of Serbia (2011)	CM MB 100%	LOD=30 LOQ=70	Determinista	a:0,83 ^a	a:22,22 ^a	(Skrbic, et al., 2013)
Nueva Zelanda ^c 2009	tAs a:1,64 ^b		National Nutrition Surveys	EDT MB Pescados 10% otros alim.100%	tAs LOD= 1-10	Determinista	a:1,1 ^a n:0,83 ^a	a:28,6 ^a n:22,2 ^a	(Vannoort and Thomson, 2011)
Australia ^c 2008 23 ^o EDT	tAs - a:0,40-0,55 ^b n: 0,69-0,9 ^b (6-12 años)	Pescado 32; productos mar 22; otros alim 20; arroz y derivados 11.	Australian National Nutrition Surveys (NNS)	EDT LB-UB Análisis iAs en productos de la pesca; otros alim.100%	tAs LOD=0,5-25 FD= 49,47 iAs LOD < 50 FD= 0	DIAMOND	a:0,75-0,54 ^a n:0,43-0,33	a:20-14,54 ^a n:11,59- 8,89 ^a	(FSANZ, 2011)
Canadá 2007 Vancouver	tAs a: 0,97		Nutrition Canadá survey R24	EDT UB 100%			a:0,30 ^a	a:26,67 ^a	(Health Canada, 2007)
Estados Unidos	tAs a:0,2	Crustáceos 44;pescados 38; arroz 11.	CSFII	EDT LB-MB 100%	FD= 87,14 LOD=4-20	Determinista	a:1,5 ^a	a:40 ^a	(Dougherty, et al., 2000) (FDA: U.S.)
Santiago de Chile 2001-2002	tAs a:1,13 ^b iAs a: 0,57 ^b	Pescado y prod; carne;especies;pan;a zúcar;vegetales y cereales	R24 y CFC	CM UB 50%	tAs LOD= 25 sólidos 0,6 líquidos	Determinista	a:0,53 ^a	a:14,04 ^a	(Muñoz, et al., 2005)
Hong Kong ^c 2010-2011	iAs a:0,22	Cereales y productos 53,5; Bebidas no alcohólicas 13; vegetales y sus productos 10,4 y pescados y prod pesca 7,9.	R24 (2 en dias no consecutivos)	EDT MB	iAs FD= 51 LOD=1,5 agua y 3 alimentos	Determinista	a:1,36 ^a	a:36,36 ^a	(Wong, et al., 2013)

WHO	iAs a:<1 n:<2								
País Vasco 1995	iAs a: 0,22 ^b	Pescados	Encuesta nutrición CAPV R24 y CFC	CM MB		Determinista	a:1,36 ^a	a:36,36 ^a	(Urieta et al.1996)
				pescados entre 0 y 16%					
Cataluña 2000-2002	iAs a: 0,60 n: 1,29	Pescados y mariscos 47; pan y cereales 21; carne y der. 9; grasas 9; leche y lácteos9; frutas y verduras2; tubérculos 2.	enCat 2002- 2003	EDT MB		Determinista	a: 0,5 ^a n: 0,23 ^a	a: 13,33 ^a n: 6,20 ^a	(Bocio, et al., 2005)
				Pescados 10% Otros alim. 100%					
Cataluña 2006	iAs a:0,5	Pescados, crustáceos y cereales	enCat 2002- 2003	EDT LB	tAs LOD= 100	Determinista	a:0,6 ^a	a:16 ^a	(Martí-Cid, et al., 2008)
				Pescados 10%					
Cataluña 2008	iAs a: 0,39 n:0,93 ad:0,45	Pan y cereales 29,7;pescado y marisco 28,6; resto alimentos 41,7	enCat 2002- 2003	EDT MB		Determinista	a:0,76 n:0,32 ad:0,66	a:20,51 n:8,6 ad:17,7	(Castells, et al., 2012)
	a: 0,38 ad:0,52								
Cataluña 2008	iAs a: 0,23 ^b	Cereales, pescados	enCat 2002- 2003	EDT LB - MB	tAs LOD= 100	Determinista	a:1,30 ^a	a:34,78 ^a	(Martorell, et al., 2011)
				Pescados 10% y otros alim. 100%					
Valencia 2010	iAs a:0,08-0,09 n: 0,16-0,19 Escenarios O y P2	Cereales, legumbres, frutos secos y tubérculos 50; frutas y verduras 23; pescado y prod. Pesca 8; leche y lácteos 5; carne y cárnicos 4;agua envasada 3; bebidas	Encuesta Nutrición CV 2010 R24	EDT LB -UB	iAs LOQ= 0,4- 10 FQ=83	Probabilístic o	a:3,75-3,33 n:1,88-1,58	a:100-89 n:50-42	Presente estudio

		no alcohólicas 2,5;bebidas alcohólicas 2;edulcorantes y condimentos1;comid as preparadas 1 (escenario O)							
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

^a Valor propio calculado a partir de los datos de ingesta del autor. En caso de tener datos del LB-UB se ha utilizado el UB

^b Valor calculado a partir de los datos del autor. Cuando no se ha reflejado el peso medio de la población adulta, se ha tomado como referencia 60 kg de peso (EFSA, 2011a)

^c Se ha considerado el agua de la red de abastecimiento

a: adultos; n: niños; ad: adolescentes

CM: Cesta de mercado; PV: Programa de Vigilancia de alimentos; EDT: Estudio dieta total; DD: Dieta Duplicada

FD: frecuencia de detección y FQ: Frecuencia de cuantificación

LOD: límite de detección y LOQ: Límite de cuantificación

CFC: Cuestionario frecuencia de consumo alimentos; R24: Recordatorio de 24 horas

NSIFCS : North/south Ireland Food Consumption Survey (*Registro dietético 7 días*).

CSFII: USDAs Continuing Survey of food Intakes by Individuals.

enCat 2002-2003: Encuesta de Nutrición de la población catalana (2 R24 y CFC)

Para los distintos escenarios el valor medio de la exposición a iAs estimada mediante aproximación probabilística en la población adulta e infantil de la Comunitat Valenciana a partir de niveles de iAs en los alimentos es de 0,08-0,09 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y de 0,16-0,19 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ respectivamente. Las exposiciones obtenidas en el presente estudio para el iAs, son muy bajas en comparación con el resto de estudios tanto nacionales como internacionales, tal como puede observarse en la Tabla 63.

En el presente estudio el valor del LOQ (0,1 -4,9 ng/g) (Tabla 20), es relativamente bajo en relación a los utilizados en otros estudios tales como el de Irlanda (30 ng/g) (Food Safety Authority of Ireland, 2011); Serbia (70 ng/g) (Skrbic, et al., 2013); Santiago de Chile (LOD=25ng/g) (Muñoz, et al., 2005) y Cataluña (LOD=100 ng/g) (Martí-Cid, et al., 2008), en los que además en todos ellos excepto Irlanda se determina tAs para posteriormente aplicar factores de conversión.

La EFSA estima una exposición a iAs a partir de los datos suministrados por diferentes países en un rango de 0,09 a 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y de 0,14 a 0,64 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ para el P95 en la población adulta y de 0,20 a 1,37 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y de 0,36 a 2,09 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ para el P95 en la población infantil, para ello asigna valores de iAs derivados de aplicar factores de conversión al tAs determinado, introduciendo factores de incertidumbre en la estimación con tendencia a sobreestimar la exposición dietética comparada con la obtenida en cada país (EFSA, 2014a).

JECFA estima una exposición media considerando los datos aportados por diferentes países $< 1 \mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y $< 1,5 \mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ en el P95 para adultos. Para la población infantil estima una media $< 2 \mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ y $< 3 \mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ para el P95 (WHO, 2011a).

La exposición a iAs a través de la dieta en todos los estudios consultados de distintos países para la población adulta y el UB es inferior a $1 \mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$. Los valores mas bajos los obtiene Irlanda (0,06 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$) (Food Safety Authority of Ireland, 2011), nuestro estudio y el del Reino Unido (0,09 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$) (Rose, et al., 2010), en todos los casos los datos se obtienen a partir de la determinación de iAs en los alimentos.

Valores superiores a los del presente estudio para la población adulta considerando el UB, se observan en el estudio de Canadá con un valor de 0,97 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ (Health Canada, 2007), hay que considerar que determinan tAs; Santiago de Chile 0,57 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./día}$ dato obtenido a partir del tAs y considerando

que el 50% es iAs (Muñoz, et al., 2005); Australia con 0,55 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día, consideran que todo el As es iAs excepto en el grupo de pescados y productos de la pesca donde lo determinan (FSANZ, 2011) y Nueva Zelanda con un valor de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día a partir de los datos de tAs y considerando que para el grupo de pescados el 10% es iAs y para el resto de alimentos es el 100% (Vannoort and Thomson, 2011).

En la Figura 61 se representa el MOE obtenido para la población adulta a partir de las ingestas estimadas, teniendo en consideración el (BMDL_{01}) con valores entre 0,3 y 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día identificados para cánceres de pulmón y vejiga así como lesiones de piel de los distintos estudios consultados

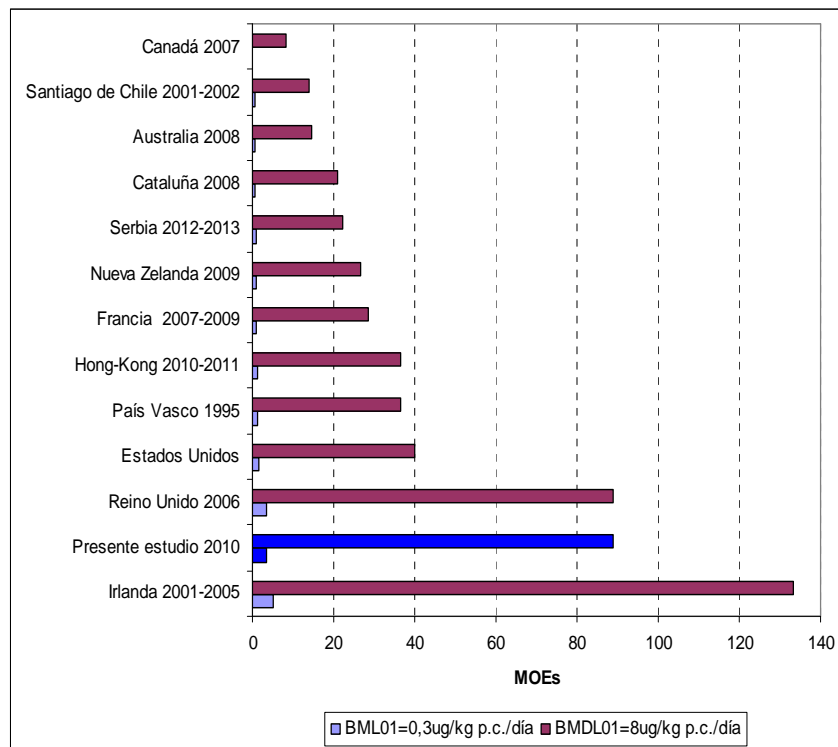


Figura 61. Valor MOE obtenido en los distintos estudios teniendo en consideración el BMDL_{01} (0,3 y 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso/día).

En Canadá, Santiago de Chile, Australia y Serbia la ingesta estimada es del orden o superior al (BMDL_{01}) de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (Figura 62)

Para la población infantil de la Comunitat Valenciana con elevada exposición y teniendo en consideración el (BMDL_{01}) de 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día, en el P90 y escenario P2 la ingesta supera este límite crítico por lo que la posibilidad de efectos críticos no puede ser excluida. Para la ingesta estimada por EFSA para la población infantil en el valor promedio ya supera este límite para el UB.

El grupo que mas contribuye a la exposición a iAs (50%) en el presente estudio es el de "cereales, legumbres tubérculos y frutos secos", debido a las concentraciones de iAs detectadas y al consumo de estos productos. Este hecho se pone también de manifiesto en otros estudios, así en el EDT llevado a cabo en Reino Unido, el grupo que mas contribuye a la ingesta de iAs es el de cereales (23%) el pan y las patatas representan el 8% cada uno (Rose, et al., 2010) y en Irlanda (Food Safety Authority of Ireland, 2011) (93%). En el estudio de Hong Kong los cereales aportan el 53,5%. Dentro del grupo de cereales el que mas contribuye es el arroz y concretamente el arroz cocinado (45,2%) (Wong, et al., 2013) y en el estudio de Serbia el pan y las patatas (Skrbic, et al., 2013).

Sin embargo en otros estudios el grupo que mas contribuye es el de "pescados y productos de la pesca" en Francia 47% (Arnich, et al., 2012); en Australia (32%) (FSANZ, 2011) y en Santiago de Chile (Muñoz, et al., 2005). En otro estudio conducido en Cataluña los principales contribuyentes son en un porcentaje muy similar los grupos de cereales (29,7%) y productos de la pesca (28,6%), (Castells, et al., 2012). En el presente estudio la contribución de los productos de la pesca es de un 8% debido a su menor consumo.

En el estudio llevado a cabo por el NHANES en USA con datos de 2003-2004, el grupo de alimentos que mas contribuye a la exposición a iAs, es el de los vegetales 24%, frutas y zumos de frutas 18%, arroz 17% y harina, maíz y trigo con un 11% (Xue, J., 2010). Heitkemper informa un valor medio de ingesta diaria de iAs de 3 μg para un consumo de arroz de 33 g/día; por lo que los grupos étnicos con un alto consumo de arroz 115 g/día podrían tener ingestas de 10,5 μg /día (Heitkemper, et al., 2009).

Otro grupo a tener en consideración en la exposición a iAs es el de las bebidas no alcohólicas fundamentalmente debido al agua de consumo, en Reino Unido (Rose, et al., 2010), Hong-kong (Wong, et al., 2013) y Francia (Arnich, et al., 2012) constituye el segundo grupo con una contribución de un 19, 13 y 8% respectivamente.

No parece que pueda establecerse una tendencia temporal clara en las exposiciones a As a través de los alimentos en los diferentes países estudiados.

En el estudio llevado a cabo en Nueva Zelanda, hacen una comparación con los valores de exposición obtenidos en estudios anteriores para el segmento de población de jóvenes de 19 a 24 años, observando que no hay una tendencia manifiesta en la exposición a tAs, ya que aunque se observa un aumento desde 1987/88 (6,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana) al estudio actual (10,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana), en estudios intermedios se obtienen distintos valores, así en 1990/91 la exposición

observada fué de 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana mientras que en 1997/98 de 8,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana. Concluyen que la exposición alimentaria a tAs en Nueva Zelanda, puede variar con los niveles de As en pescado y productos del mar y el consumo de estos productos en cada estudio, consideran que las incertidumbres del muestreo y de las técnicas analíticas no son significativas (Vannoort and Thomson, 2011). En Australia en el estudio comparativo con anteriores estudios no se evidencian diferencias importantes en la exposición a tAs. Así en el 19º EDT obtenían un valor de 0,48-1,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /día y en el actual de 0,42-1,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /día (FSANZ, 2011). En el Reino Unido los valores se mantienen y en todo caso se observa un ligero aumento. Para la población adulta se obtienen valores de 1,30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /día en 1999; de 1,5-1,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (LB-UB) en 2000; y de 1,65-1,68 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /día (LB-UB) en 2006. La exposición a través de la dieta en adultos (0,03-0,09 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día) (LB-UB) era comparable a la encontrada en 1999 (0,02-0,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día) (LB-UB) (Rose, et al., 2010). Entre los dos últimos informes publicados por EFSA se observa una disminución en el valor de la exposición entre 2009 y 2014, sin embargo este descenso se atribuye a la mejora de la metodología utilizada para su estimación (uso de una detallada codificación en la clasificación de alimentos (Foodex) y una evaluación exhaustiva de los datos de niveles de As utilizados en el informe, entre otros) (EFSA, 2014a).

En Francia, el valor medio de la exposición a tAs ha sufrido un descenso de entre un 25 y un 15% entre el primer y segundo EDT, para la población adulta y para la población infantil y grandes consumidores P95 respectivamente (Arnich, et al., 2012). Sin embargo, en Canadá, la tendencia de la exposición es creciente, con un promedio para todas las edades de 0,51 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día en 2005 (Toronto) (Health Canada, 2005); 0,77 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día, en 2006 (Halifax) (Health Canada, 2006) y 0,97 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día en 2007 (Vancouver) (Health Canada, 2007).

En Alemania Wilhem obtuvo un valor de exposición a tAs a través de los alimentos mediante un estudio de duplicación de dietas en población infantil de 1,46 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./semana (0,21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c. /día), bastante bajo comparado con el resto de países europeos. Puede influir el hecho de que este método tiende a infraestimar la exposición. Comparado con estudios previos (1988/89 y 1995) llevados a cabo por este mismo método en Alemania no pueden apreciarse notables diferencias (Wilhelm, et al., 2005).

En Cataluña se observa una tendencia temporal a la baja en la exposición a iAs, pasando de 0,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día en el estudio realizado en el año 2000-2002 (Bocio, et al., 2005) a 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c./día (Martí-Cid, et al., 2008) en el estudio

realizado en 2006 y 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{día}$ (Castells, et al., 2012) y 0,23 (Martorell, et al., 2011) en el realizado en 2008.

En la Comunitat Valenciana no se puede establecer una tendencia temporal puesto que no hay datos de exposición a As, de ahí la necesidad de continuar el estudio de dieta total que permita valorar su evolución en el tiempo.

En el actual estudio se ha considerado la exposición a iAs a partir del agua envasada, pero no se ha tenido en cuenta el consumo de agua de la red de abastecimiento público. Considerando el nivel promedio de tAs (1,02 $\mu\text{g}/\text{l}$), dato obtenido de los análisis realizados por los Servicios de Sanidad Ambiental en la red de distribución de la Comunitat Valenciana desde 1991 hasta 2012 y el consumo de agua que según la OMS es de 2l/día (WHO, 2011c). Asumiendo que el tAs se encuentra como iAs, dado que el As en el agua se encuentra principalmente en su forma inorgánica (Hughes, et al., 2011), la exposición a iAs podría verse incrementada en un 19% en población adulta y en un 17% en la infantil. Pese a que los valores detectados en el agua de la red se encuentran muy por debajo de los límites establecidos por la legislación vigente (10 $\mu\text{g}/\text{l}$) y los valores de exposición son también muy bajos, dado que en percentiles altos de población la ingesta estimada puede superar el BMDL, es necesario tener en cuenta este hecho y mantener la vigilancia.

MERCURIO

1 NIVELES DE MERCURIO en LOS ALIMENTOS

En el presente estudio se ha llevado a cabo el análisis de Hg total (tHg) y Metil Hg (MeHg) en el grupo de "pescados y productos de la pesca" que es el grupo responsable del aporte de la mayor parte del MeHg por vía alimentaria (Zahir, et al., 2005).

Los LOQ utilizados para cuantificar el tHg se encuentran en un rango entre 0,3 y 1,4 ng/g y para el MeHg entre 0,1 y 0,5 ng/g, tal como se refleja en las Tablas 10 y 12 respectivamente.

La frecuencia de cuantificación ha sido del 100% tanto para el tHg (Tabla 64) como para el MeHg (Tabla 65). Estos datos de frecuencia son similares a los obtenidos en otros estudios (Nasreddine, et al., 2006) y (Vannoort and Thomson, 2011). En el EDT Australia la FD para el MeHg en el grupo de pescados fué del 100% y del 66,02% para el tHg procedente de todos los grupos de alimentos. En el EDT USA (2006-2008) la FD para el tHg (LOD=10-20 ng/g) fué del 91,33% en todos los alimentos.

En contraste en el EDT de la Republica Checa se informó una frecuencia de cuantificación del 54,26% para el tHg (LOQ= 0,01-0,2 ng/g) (WHO, 2005a). En el 2º EDT de Francia la frecuencia de cuantificación fué del 5% para muestras de pescado y productos de la pesca, si bien el LOQ obtenido era de 10 ng/g (Millour, et al., 2011) y (Arnich, et al., 2012). En Reino Unido, se analizó tHg en todos los grupos de alimentos y solo se obtuvieron valores por encima del LOD (3-5 ng/g) para el grupo de pescados (Rose, et al., 2010).

A partir de los datos de muestras de alimentos comercializadas en 20 países de la UE en el periodo 2002-2011, (EFSA, 2012d), EFSA publica una Opinión sobre el riesgo para la salud pública relacionada con la presencia de tHg y MeHg en los alimentos en la que se muestra una FD del 88% para los pescados y productos de la pesca. Hay que considerar que los datos se obtienen de distintos países con distintos laboratorios y metodología de análisis.

La OMS en su informe técnico sobre evaluación de ciertos contaminantes en alimentos, informa una FQ del 20%, para el tHg en alimentos distintos del pescado y productos de la pesca y del 80% para tHg en muestras de crustáceos (WHO, 2011b)

En las Tablas 64 y 65 se muestran los datos de concentración media de tHg y de MeHg, frecuencia de cuantificación, valor mínimo y máximo de cada uno de los alimentos analizados en el grupo de pescados y productos de la pesca.

Tabla 64. Concentraciones de tHg (ng/g peso fresco) y rango de valores para cada producto de la pesca analizado.

Productos de la pesca (n=120)	Media	Min	Max
Conservas pescado	216,53	127,48	369,09
Bonito y atun	939,45	440,90	1615,50
Calamar y Sepia	23,99	10,32	54,98
Dorada y lubina	69,97	43,32	97,45
Pez espada	1444,84	1085,14	2287,45
Crustáceos	44,10	8,98	97,78
Mejillón	7,04	3,23	13,19
Pescado blanco	80,25	20,67	171,11
Salmon y trucha	20,35	11,67	35,36
Sardina y boquerón	33,86	10,74	59,51
Salazones de pescado	120,56	46,60	200,17
Pescado ahumado	16,47	12,35	22,49
Total	251,45	3,23	2287,45

nº muestras por alimento =10

FQ= 100% en todas las muestras

Tabla 65. Concentraciones de MeHg (ng/g peso fresco), rango de valores de cada producto de la pesca analizado.

Productos de la pesca (n=120)	Media	Min	Max
Conservas pescado	168,92	97,34	249,95
Bonito y atun	721,22	247,58	1728,49
Calamar y Sepia	8,35	1,46	25,62
Dorada y lubina	11,92	3,47	21,95
Pez espada	818,56	626,61	1079,05
Crustáceos	12,94	2,51	25,08
Mejillón	5,49	3,23	10,95
Pescado blanco	48,67	20,27	114,68
Salmon y trucha	17,63	4,09	38,57
Sardina y boquerón	27,51	3,39	55,81
Salazones de pescado	78,75	40,53	116,21
Pescado ahumado	5,17	4,36	9,06
Total	160,43	1,46	1728,49

nº muestras por alimento =10

FQ 100% en todos los alimentos

En la Figuras 62 y 63 se refleja la concentración de tHg y de MeHg de los diferentes productos de la pesca analizados y los contenidos máximos (CM) establecidos por la legislación europea (Comisión Europea, 2006b).

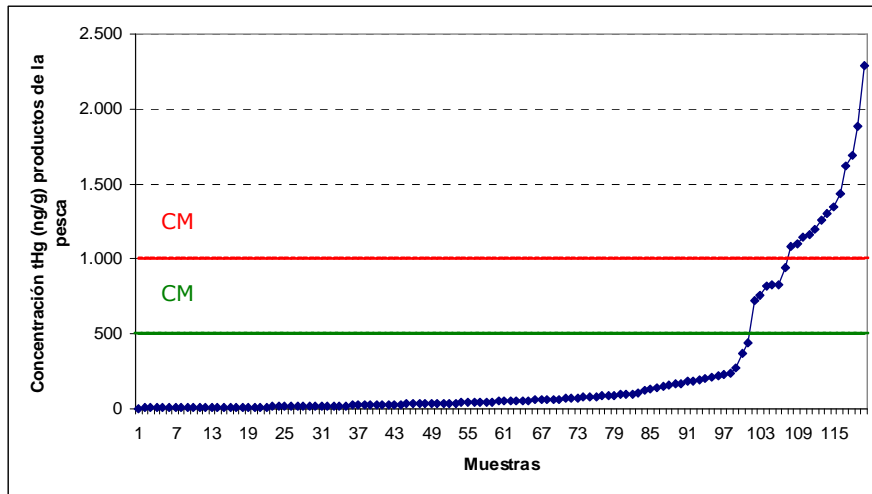


Figura 62: Niveles de tHg en las muestras de pescados y productos de la pesca analizados (n=120)

CM: Contenido máximo de tHg para productos de la pesca y carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en el punto siguiente, **500 ng/g peso fresco**. El contenido máximo se aplica a los crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño (*Nephropidae* y *Palinuridae*)

CM: Contenido máximo de Hg para carne de los siguientes pescados **1000 ng/g peso fresco**: rape (*Lophius species*); perro del norte (*Anarhichas lupus*); bonito (*Sarda sarda*); anguila (*Anguilla species*); reloj (*Hoplostethus species*); cabezudo (*Coryphaenoides rupestris*); fletán (*Hippoglossus hippoglossus*); rosada del Cabo (*Genypterus capensis*); marlín (*Makaira species*); gallo (*Lepidorhombus species*), salmonete (*Mullus species*); rosada chilena (*Genypterus blacodes*); lucio (*Esox lucius*); tasarte (*Orcynopsis unicolor*); capellán (*Trisopterus minutus*); pailona (*Centroscymnus coelolepis*); raya (*Raja species*); gallineta nórdica (*Sebastes marinus*, *S. mentella*, *S. viviparus*); pez vela (*Istiophorus platypterus*); pez cinto (*Lepidopus caudatus*), sable negro (*Aphanopus carbo*); besugo o aligote (*Pagellus species*); tiburón (todas las especies); escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*, *Ruvettus pretiosus*, *Gempylus serpens*); esturión (*Acipenser species*); pez espada (*Xiphias gladius*); atún (*Thunnus species*, *Euthynnus species*, *Katsuwonus pelamis*)

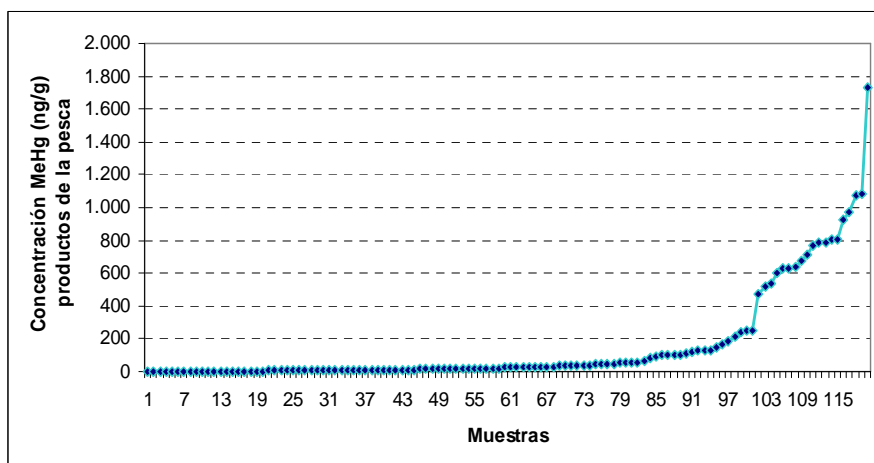


Figura 63. Niveles de MeHg en las muestras de productos de la pesca analizadas (n=120).

En la Tabla 66, se muestran los rangos de concentración para el tHg y MeHg (ng/g) en cada uno de los productos de la pesca, teniendo en cuenta los valores de distintos estudios consultados.

Tabla 66. Rangos de concentración de tHg y MeHg en estudios recientes

Rango de concentraciones de Hg en las distintas especies de pescado		
Especies pescado	tHg (ng/g peso fresco)	MeHg (ng/g peso fresco)
Bonito y atún	380-826	177-666
Calamar y sepia	7-50	6- <54
Dorada y lubina	12-140	12
Pez espada	540-2220	479-795
Crustáceos	10-255	12.229
Mejillón	7-20	5-<54
Pescado blanco	34-290	31-143
Salmón y trucha	6-50	7-<54
Sardina y boquerón	18-90	28-54
Conservas pescado	33,8-222	22,8-443
Salazones de pescado	115	87
Pescado ahumado	15	5

Se han tenido en cuenta los siguientes estudios: (Falcó, et al., 2005); (Falcó, et al., 2006); (Sahuquillo, et al., 2007); (Martí-Cid, et al., 2007a); (Herrerros, et al., 2008); (Yusà, et al., 2008); (Storelli, et al., 2008); (Zhang, et al., 2009); (Cardoso, et al., 2010); (Martorell, et al., 2011) (Castells, et al., 2012); (FSANZ, 2011); (Vannoort and Thomson, 2011), (EFSA, 2012d), (Olmedo et al., 2013) y (Ruíz de Cenzano et al., 2014)

En el presente estudio los valores promedio son de 251,45 ng/g para el tHg y de 160,43 para el MeHg (Tablas 64 y 65). Los valores mas altos de tHg y MeHg se observan en el pez espada, en el que todas las muestras superan el límite establecido por la legislación para el Hg de 1000 ng/g peso fresco (Figura 63). Se observan valores de tHg en un rango de 1.085,4 a 2.287,45 ng/g (Tabla 64). En las muestras de "bonito y atún" aunque la media se encuentra por debajo del límite establecido, 3 muestras lo superan con un valor máximo de 1.615,50 ng/g (Figura 63). El resto de productos se encuentran dentro de los contenidos máximos establecidos.

En los EDT llevados a cabo en Francia, Reino Unido, Santiago de Chile, Canadá, Corea y Camboya, los pescados y productos de la pesca son los productos en los que se determinan niveles más elevados de Hg, en relación al resto de grupos de alimentos.

Las concentraciones informadas en la mayoría de los estudios son mucho más bajas que las detectadas en el presente estudio. En el contexto europeo, en Francia y Reino Unido se obtienen valores de 45 ng/g ((Millour, et al., 2011) y de 56 ng/g respectivamente (Rose, et al., 2010). En el 2º EDT francés son los pescados los que tienen mayores concentraciones con un valor promedio de 65 ng/g, siendo el atún cocido al horno, el más contaminado con un valor promedio de 476 ng/g y un valor máximo de 702 ng/g. La media de las concentraciones es más alta que en el primer EDT sobre todo debido al mayor porcentaje de muestras de atún (Millour, et al., 2011) y (Arnich, et al., 2012)

Un valor medio de 48 ng/g se determina en el EDT de Santiago de Chile (Muñoz, et al., 2005). En el EDT de Canadá las concentraciones de tHg para el pescado de mar fresco o congelado eran de 40-58 ng/g, las de pescado de agua dulce fresco o congelado de 83-69 ng/g; las de pescado en lata de 148-63 ng/g y la de crustáceos frescos o congelados de 51-24 ng/g en las muestras recogidas en Whitehorse y Ottawa respectivamente.

En Asia los valores publicados son relativamente bajos, en el EDT de Camboya detectan un valor promedio de 11,9, 24,9 y de 158 ng/g peso fresco en tres zonas del país (Cheng, et al., 2013). En el EDT de China (Shang, et al., 2010), el contenido de Hg y MeHg de alimentos acuáticos se encontraba en un rango entre 4,77-46,04 y entre 3,29-31,60 ng/g con promedios de 18,48 ng/g y de 12,54 ng/g respectivamente. En el EDT de Hong Kong el valor medio fue de 63 ng/g (Tang, et al., 2009). Similares valores 64,4 ng/g se obtienen en otro estudio de Hong-kong siendo significativamente mayores que los obtenidos para pescado de agua dulce 40,3 ng/g (Wang, et al., 2013). En el estudio de un área industrial de China (Huludao) se obtiene un valor de Hg de 16,23 ng/g en productos del mar (Zheng, et al., 2007). En Corea, en 2006 se detectan niveles de tHg de 92,32 ng/g en pescados y crustáceos (Kwon, et al., 2009). Sin embargo en Corea en 2010, Kim obtiene los mayores valores de tHg en pescados con un valor promedio de 234 ng/g y un máximo de 2110 ng/g detectado en carne de tiburón. En Taiwán, en el estudio llevado a cabo sobre productos del mar, detectan los niveles más altos de Hg en el pez espada (770 ng/g) y en el tiburón (730 ng/g) y los niveles más bajos en el pez sol (200 ng/g). Las concentraciones de Hg decrecen en el siguiente orden: pescados > moluscos bivalvos > crustáceos. El 36% de las muestras de pez

espada, 33% de las de tiburón y cerca del 4% de las de atún tenían concentraciones de MeHg que excede el límite normativo de 1000 ng/g (USFDA) (Chien, et al., 2007)

En el EDT de Nueva Zelanda, los valores de tHg y MeHg son similares a los del presente estudio. Los valores mas altos se detectaron en la pasta de pescado (265,5 ng/g y 195 ng/g), seguido del pescado fresco (137,6 ng/g y 89,3 ng/g), según se haya utilizado el LB o el UB respectivamente (Vannoort and Thomson, 2011). En el estudio de Santiago de Cuba el promedio de tHg era de 143-484 ng/g (De La Rosa, et al., 2009).

En los países Mediterraneos se informan niveles del orden de los detectados en nuestro estudio. En Italia, detectan niveles de Hg en un rango de 430 a 1140 ng/g para las 5 especies de pescado mas consumidas en Italia (Storelli and Barone, 2013). En Cataluña, Martorell obtiene las concentraciones de Hg mas elevadas para los pescados, con un promedio de 156 ng/g (Martorell, et al., 2011), este valor ha sufrido un descenso respecto al anterior estudio en el que se obtenía un promedio de 247 ng/g (Martí-Cid, et al., 2008). En Madrid (Herreros, et al., 2008), obtiene un valor medio de 990 ng/g en luvar y de 930 ng/g para el pez espada, el 88,24% y el 35,14 % respectivamente superan los limites establecidos. En Andalucía se obtiene un valor medio de 540 ng/g para el pez espada y de 470 para el atún (Olmedo et. al, 2013) y en Valencia se obtiene un valor medio de 766,6 ng/g para el pez espada y de 666 ng/g para el atún (Ruíz de Cenzano, et. al, 2014). En un estudio llevado a cabo en Canarias se observan niveles de tHg en pescados del orden de 118,9 ng/g (Rubio, et al., 2008).

La OMS en su informe técnico de "evaluación de ciertos contaminantes en alimentos", señala que los niveles de tHg en alimentos distintos del pescado y productos de la pesca se encuentran entre 0,1 y 50 ng/g con una frecuencia de cuantificación del 20%. Los niveles de tHg en muestras de crustáceos se encuentran en el rango de 2 a 860 ng/g con una frecuencia de cuantificación del 80%. Los niveles en pescados oscilan entre 1 y 11.400 ng/g la concentración máxima se detectó en marlín (WHO, 2011b)

MERCURIO TOTAL (tHg) vs METIL MERCURIO (MeHg)

En la Figura 64 se muestra la contribución del MeHg al tHg en las distintas muestras de pescado y productos de la pesca analizados

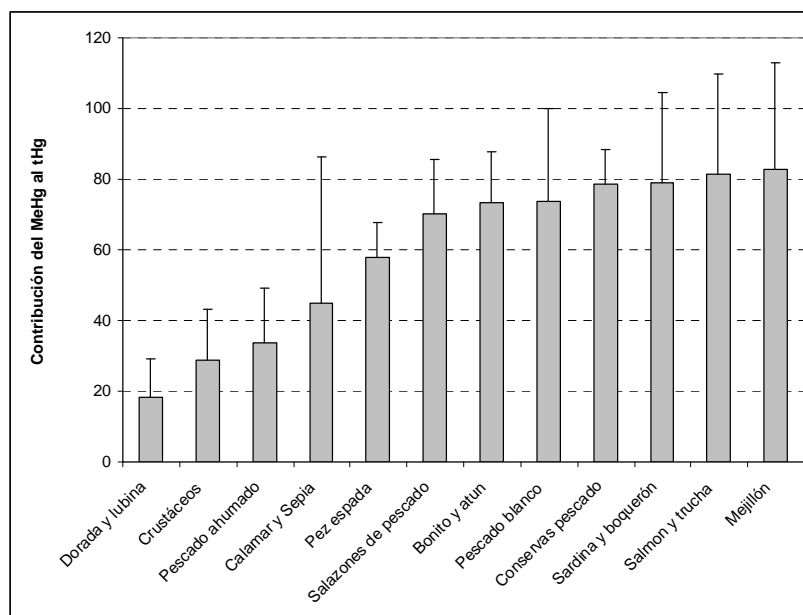


Figura 64: Ratios (media±DS) del MeHg al tHg (%) en las distintas especies de pescado y productos de la pesca

En el presente estudio el MeHg supone el $60,2 \pm 30,6\%$ del tHg, variando según especies entre el $18,1 \pm 11,1\%$ para la dorada y lubina al $82,8 \pm 30,2\%$ para el mejillón. En el pez espada la contribución del MeHg al tHg es del $58 \pm 9,6\%$ y en el atún del $73,4 \pm 14,4\%$. Resultados muy parecidos al del presente estudio se obtienen en otros estudios donde se considera la contribución del MeHg al tHg en pescados y productos de la pesca, obteniéndose valores en un rango del 50% al 100% según las especies, con valores promedio del 57,5% (Wang et al., 2013); 68% (Shang, et al., 2010); 84% (De La Rosa, et al., 2009); 89% (Shao et al., 2011); 38,16%, 74,6% y 91,2% en tres regiones de Camboya (Cheng, et al., 2013). Según el informe de la OMS, la proporción de MeHg que contribuye al tHg se encuentra entre 30-100%, dependiendo de las especies, talla, edad y dieta del pescado. En el 80% de los datos el MeHg ha supuesto el 80% del tHg (WHO, 2011b).

En el presente estudio se ha observado una alta contribución del MeHg al tHg en el mejillón, hecho que contrasta con la detectada en otros estudios donde se obtienen para el mejillón porcentajes de contribución mas bajos respecto a otras especies y a la teoría de que estos invertebrados filtrantes ingieren este

contaminante adherido a pequeñas partículas con mayor concentración de tHg respecto al MeHg (Moon et al., 2011).

Toda vez que en muchos EDTs se analiza tHg y que el riesgo deriva de la presencia de MeHg, el panel de contaminantes en la Cadena Alimentaria de EFSA, propone un *factor de conversión* de 1.0 para el MeHg y de 0,2 para el iHg, para carne de pescado, productos de pescado y despojos de pescado; de 0,8 para el MeHg y de 0,5 para el iHg, para crustáceos, moluscos y anfibios y para el resto de categorías distintas de pescado y productos del mar todo el Hg es considerado como iHg (EFSA, 2012d).

En líneas generales los *factores de conversión* que se utilizan varían entre 1 y 0,8. Algunos autores, asumen que el 80% del tHg del pescado y crustáceos, está en forma de MeHg (Koh, et al., 2012), (Cardoso, et al., 2010) y consideran un factor de conversión de 0,84. Otros asumen que el 90% de tHg está en forma de MeHg (Martorell, et al., 2011), (Sahuquillo, et al., 2007), (Martí-Cid, et al., 2007b; Nadal, et al., 2008) y otros asumen que el 100% es MeHg (Leblanc, et al., 2005b); (Muñoz, et al., 2005) y (Nasreddine, et al., 2006), entre otros. También se ha sugerido que usar un factor de conversión fijo para estimar el MeHg a partir del tHg no ofrece una estimación de la exposición muy precisa, ya que el contenido relativo de MeHg difiere ampliamente entre las diferentes especies de pescado, tal como se observa en el presente estudio (Figura 64), por lo que la medida analítica de los niveles de MeHg ofrece una estimación de la exposición mucho más realista para caracterizar el riesgo para la salud (Tang, et al., 2009).

2. ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A MeHg: CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE MeHg

Para el cálculo de la exposición estimada mediante aproximación determinista se plantean 2 escenarios (optimista y pesimista). Dado que todas las muestras presentan valores por encima del LOQ, el escenario optimista y pesimista 0 definidos en la metodología son idénticos. Tampoco existen diferencias entre el pesimista 1 y 2 ya que se han analizado los pescados y productos de la pesca de mayor consumo.

Los cálculos se han llevado a cabo para la media de consumo de alimentos y para los grandes consumidores (P95), para los grupos de edad establecidos de adultos y niños.

2.1. ESTIMACIÓN DETERMINISTA

2.1.1. Ingesta estimada de MeHg en población adulta

En la Tablas 67 y 68 se obtienen los valores de la ingesta de MeHg en los escenarios optimista y pesimista respectivamente, para la población adulta de la Comunitat Valenciana tanto para el consumidor medio como para el gran consumidor (P95), así como el porcentaje de contribución de cada grupo de alimentos al conjunto de la ingesta del MeHg por consumo de pescados y productos de la pesca.

La mediana del ítem "otros", tal como se refleja en el apartado 8º de la metodología, se ha obtenido sin tener en consideración las concentraciones del pez espada y de bonito y atún, que como es sabido, debido a fenómenos de bioacumulación y biomagnificación acumulan el MeHg presentando concentraciones muy elevadas que no tienen relación con las concentraciones detectadas en otras especies por lo que podrían distorsionar el valor real.

Tabla 67. Estimación de la ingesta de MeHg a través del consumo de pescados y productos de la pesca, de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario optimista

PESCADOS Y PRODUCTOS DE LA PESCA	NIVELES MeHg (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg peso corp./día) población >15 años		INGESTA MeHg (ng/kg p.c./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
		Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
Conservas pescado	155,67	0,14	0,72	21,83	111,45	25,00	70,00
Bonito y atun	621,12	0,01	0,00	8,80	0,00	17,00	2,00
Calamar y sepia	6,77	0,07	0,50	0,49	3,42	1,00	2,00
Dorada y lubina	11,72	0,02	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00
Pez espada	795,14	0,04	0,00	33,57	0,00	39,00	0,00
Crustáceos	11,92	0,04	0,30	0,45	3,55	0,00	2,00
Mejillón	4,84	0,04	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
Pescado blanco	45,83	0,24	0,83	11,02	38,21	16,00	24,00
Salmón y trucha	16,14	0,02	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
Sardina y boquerón	27,59	0,03	0,00	0,74	0,00	1,00	0,00
Salazones de pescado	86,58	0,00	0,00	0,24	0,21	0,00	0,00
Pescado ahumado	4,81	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Otros	16,37	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
TOTAL		0,66	2,36	77,95	156,84	100,00	100,00
TOTAL (µg Hg/kg p.c./semana)				0,51	1,02		

Tabla 68. Estimación de la ingesta de MeHg por el consumo de pescados y productos de la pesca, de la población adulta de la CV, para consumidores promedio y grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista

PESCADOS Y PRODUCTOS DE LA PESCA	NIVELES MeHg (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg peso corp./día) población >15 años		INGESTA MeHg (ng/kg p.c./día) población >15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
		Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
Conservas pescado	155,67	0,14	0,72	21,83	111,45	25,00	70,00
Bonito y atun	621,12	0,02	0,00	14,58	2,62	17,00	2,00
Calamar y sepia	6,77	0,08	0,50	0,55	3,42	1,00	2,00
Dorada y lubina	11,72	0,02	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00
Pez espada	795,14	0,04	0,00	33,57	0,00	39,00	0,00
Crustáceos	11,92	0,04	0,30	0,45	3,56	0,00	2,00
Mejillón	4,84	0,04	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
Pescado blanco	45,83	0,30	0,84	13,71	38,72	16,00	24,00
Salmón y trucha	16,14	0,02	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
Sardina y boquerón	27,59	0,03	0,00	0,74	0,00	1,00	0,00
Salazones de pescado	86,58	0,00	0,00	0,24	0,24	0,00	0,00
Pescado ahumado	4,81	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
Otros	16,37	0,03	0,01	0,45	0,11	1,00	0,00
TOTAL		0,77	2,38	86,93	160,12	100,00	100,00
TOTAL (µg Hg/kg p.c./semana)				0,57	1,04		

Dada la distribución de los valores de consumo de alimentos en el grupo de “pescados y productos de la pesca” en algunos ítems se obtiene un valor mas alto para la media que para el P95 que adquiere el valor cero.

El valor promedio obtenido para el consumidor medio es de 77,95 y de 86,93 ng/kg p.c./día para los escenarios optimista y pesimista, es decir de 0,51 y 0,57 µg Hg/kg p.c./semana. Este valor es el doble del obtenido como promedio de la población europea a partir de los datos remitidos por 20 países de la UE en el periodo 2002-2011, donde se obtiene un valor de 0,25 (µgHg/kg p.c./semana), para la población adulta y el UB (EFSA, 2012d). Los datos obtenidos en nuestro estudio son inferiores a los recopilados por EFSA de España, valor promedio de 1,08 (µgHg/kg p.c./semana) y de 2,97 µgHg/kg p.c./semana, para los grandes consumidores (P95).

2.1.2 Ingesta estimada de MeHg población infantil

En la Tablas 69 y 70 se muestran los valores de la ingesta de MeHg para la población infantil de la Comunitat Valenciana tanto para el consumidor promedio como para el gran consumidor (P95), así como el % de contribución de cada alimento al conjunto de la ingesta dietética de MeHg por consumo de pescados y productos de la pesca.

Tabla 69. Estimación de la ingesta de MeHg a través del consumo de pescados y productos de la pesca, de la población infantil de la Comunitat Valenciana, para consumidores medios y para grandes consumidores. Método determinista. Escenario optimista.

PESCADOS Y PRODUCTOS DE LA PESCA	NIVELES MeHg (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA MeHg (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
		Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
Conservas pescado	155,67	0,17	0,94	26,34	145,73	18,00	59,00
Bonito y atun	621,12	0,02	0,00	14,54	0,00	17,00	0,00
Calamar y sepia	6,77	0,03	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
Dorada y lubina	11,72	0,06	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00
Pez espada	795,14	0,10	0,00	81,90	0,00	55,00	0,00
Crustaceos	11,92	0,03	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00
Mejillón	4,84	0,02	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
Pescado blanco	45,83	0,31	2,17	14,20	99,36	10,00	41,00
Salmón y trucha	16,14	0,02	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00
Sardina y boquerón	27,59	0,02	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Salazones de pescado	86,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pescado ahumado	4,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros	16,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		0,79	3,10	139,15	245,09	100,00	100,00
TAL (µg Hg/kg p.c./semana)				0,91	1,60		

Tabla 70. Estimación de la ingesta de MeHg a través del consumo de pescados y productos de la pesca, de la población infantil de la Comunitat Valenciana, para consumidores medios y para grandes consumidores. Método determinista. Escenario pesimista.

PESCADOS Y PRODUCTOS DE LA PESCA	NIVELES MeHg (ng/g) mediana	CONSUMO (g/kg p. c./día) población 6-15 años		INGESTA MeHg (ng/kg p. c./día) población 6-15 años		% CONTRIBUCIÓN INGESTA	
		Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
Conservas pescado	155,67	0,17	0,94	26,34	145,73	18,00	59,00
Bonito y atun	621,12	0,04	0,00	26,48	0,00	17,00	0,00
Calamar y sepia	6,77	0,03	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
Dorada y lubina	11,72	0,06	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00
Pez espada	795,14	0,10	0,00	81,90	0,00	55,00	0,00
Crustáceos	11,92	0,03	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00
Mejillón	4,84	0,02	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00
Pescado blanco	45,83	0,34	2,17	15,54	99,36	10,00	41,00
Salmón y trucha	16,14	0,02	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00
Sardina y boquerón	27,59	0,02	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
Salazones de pescado	86,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pescado ahumado	4,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros	16,37	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
TOTAL		0,84	3,11	152,45	245,10	100,00	100,00
TAL (µg Hg/kg p.c./semana)				0,99	1,60		

El valor promedio obtenido es de 0,91 y 0,99 $\mu\text{g Hg/kg p.c./semana}$, respectivamente. Este valor es superior al informado por EFSA de 0,32 $\mu\text{g Hg/kg p. c. /semana}$ para el UB en el grupo de *otros niños y adolescentes* (EFSA, 2012d). El valor del presente estudio para el P95 de 1,60 $\mu\text{g Hg/kg p. c./semana}$, es igual para ambos escenarios e igual al obtenido por EFSA de 1,62 $\mu\text{gHg/kg p. c./semana}$. Los datos obtenidos en el presente estudio sin embargo, son bastante mas bajos que los recopilados por EFSA de España, valor promedio de 1,23 ($\mu\text{gHg/kg p. c. /semana}$) y de 4,24 ($\mu\text{gHg/kg p. c./semana}$) para el P95 para *otros niños* y de 0,99 y 3,56 ($\mu\text{gHg/kg p. c. /semana}$) para *adolescentes* (EFSA, 2012d).

2.2. ESTIMACIÓN PROBABILÍSTICA

Para las especies de pescado, no analizadas pero incluidas en la encuesta de consumo y que fueron consumidas en menor medida, se asimió la concentración de MeHg a aquellas encontradas en especies similares, o bien se hizo una distribución con las especies de pescado analizadas (excluyendo productos de la pesca y pescados con niveles muy altos como son el pez espada y el atún), con ayuda del software CremeFood®.

La Tabla 71 presenta los resultados de la ingesta obtenida a través de la aproximación probabilística, la media con un intervalo de confianza al 95%, P50, P75; P90; P95 y P99, para la población de la CV, en los distintos escenarios establecidos, expresada en $\mu\text{g Hg/kg p.c./semana}$

Tabla 71. Estimación por enfoque probabilístico de la ingesta de MeHg por consumo de pescado de la población de la CV.

Población	Escenarios	Media	P50	P75	P90	P95	P99
Adultos	Optimista	0,54 (0,45-0,66)	0(0,0)	0,38 (0,32-0,49)	1,09 (0,99-1,23)	1,87 (1,63-2,20)	12,74 (8,82-15,12)
	Pesimista	0,60 (0,50-0,72)	0(0,0)	0,44 (0,36-0,52)	1,21 (1,09-1,37)	2,00 (1,77-2,42)	13,02 (8,75-15,47)
Niños	Optimista	0,96 (0,48-1,56)	0(0,0)	0,44 (0,40-0,74)	1,54 (1,12-2,17)	3,07 (1,85-10,01)	23,80 (13,86-34,65)
	Pesimista	0,99 (0,50-1,59)	0(0,0)	0,45 (0,11-0,76)	1,59 (1,13-2,31)	3,30 (1,93-10,36)	23,94 (9,10-33,95)

En paréntesis: Intervalo de confianza al 95%

P: Percentil

El valor obtenido para ambos escenarios tanto en la población adulta como en la infantil es muy similar dada la FQ (100%)

2.3. DETERMINISTA vs PROBABILÍSTICO

La comparación entre los dos enfoques probabilístico y determinista muestra que el valor de la media es muy similar en ambas aproximaciones, aunque ligeramente mas alta en la aproximación probabilística (Figura 65), ya que considera la incertidumbre asociada a los valores de la concentración de MeHg y de consumo de alimentos.

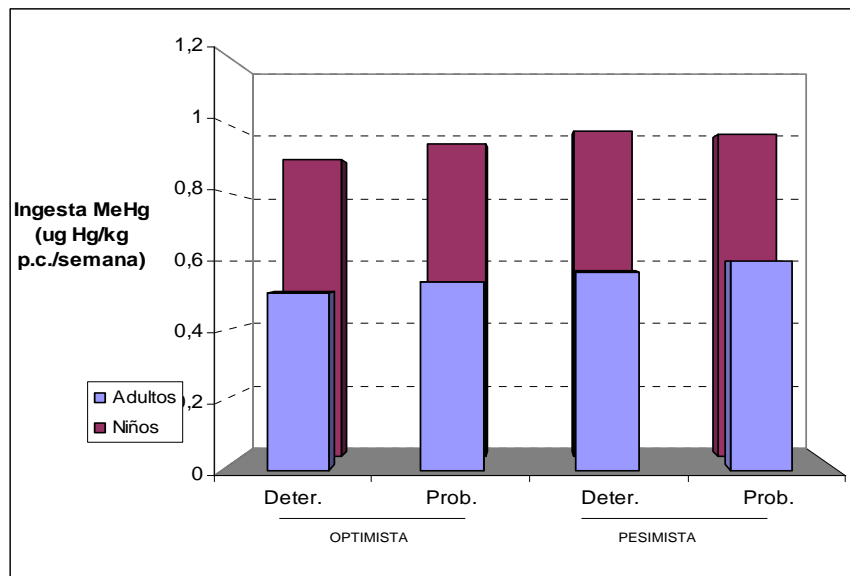


Figura 65. Comparación de la estimación de la ingesta de MeHg en la población adulta e infantil por el metodo determinista y probabilístico, para el escenario optimista y pesimista

3. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

Para la caracterización del riesgo se ha considerado la IST establecida por EFSA de 1,3 μg Hg/kg p.c. para el MeHg

3.1 APROXIMACIÓN DETERMINISTA

La Tabla 72 muestra la caracterización del riesgo (%IST), obtenida en los dos escenarios, en población adulta e infantil de la Comunitat Valenciana, expresada como número y porcentaje de población que excede la IST establecida de 1,3 μg Hg/kg p.c.

Tabla 72. Caracterización del riesgo derivado de la ingesta de MeHg en la población de la Comunitat Valenciana. Enfoque determinista

%IST (1,3 µg Hg/kg p.c./semana)				
Escenarios	Población > 15 años		Población 6-15 años	
	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)	Consumidor medio	Gran consumidor (P95)
Optimista	39,23	79,23	79,23	115,92
Pesimista	43,65	80,14	80,77	115,92

IST: Ingesta Semanal Tolerable

Para la población adulta, la aproximación determinista sitúa la ingesta de MeHg a través del consumo de pescado en un 39-44% sobre la IST (1,3 µgHg/kg p. c.), teniendo en consideración que la mayor parte de la ingesta de MeHg es aportada por el pescado todavía hay un margen importante hasta llegar al 100% de la IST; para el P95 el porcentaje asciende al 86,15, este dato es relevante porque los consumidores extremos de determinadas especies de pescado podrían estar en riesgo.

En la población infantil, la ingesta media de MeHg a través de los productos de la pesca se sitúa entre un 79 y 81% y en el P95 supone un 116%, es decir hay que prestar especial atención a este segmento de población y sobre todo a los consumidores extremos de determinadas especies de pescado que se pueden encontrar claramente en riesgo.

3.2. APROXIMACIÓN PROBABILÍSTICA

La aproximación probabilística permite llevar a cabo una estimación cuantitativa del porcentaje de población y número de personas que pueden superar la IST.

La Tabla 73 muestra la caracterización del riesgo (%IST) obtenida en los dos escenarios planteados, en población adulta e infantil de la CV, en número y porcentaje de población que supera la IST establecida de 1,3/ µgHg/kg p.c.

Tabla 73 . Caracterización del riesgo (%IST) por la ingesta de MeHg de la población de la Comunitat Valenciana en el enfoque probabilístico

Escenarios	Población >15 años		Población 6-15 años	
	% de población con ingesta > IST	Población que excede la IST	% población con ingesta >IST	Población que excede la IST
Optimista	8	344773	12,09	60183
Pesimista	8,47	365028	12,32	61328

IST. Ingesta Semanal Tolerable (1,3 µg/kg p.c.expresado como Hg)

Población adulta CV: 4309661

Población infantil CV: 497792

El porcentaje de población con ingesta superior a la IST en la población adulta es del 8%. Para la población infantil el porcentaje de población de la CV que puede exceder la IST es del 12,09%.

4 INCERTIDUMBRES

La Tabla 74 muestra las fuentes de incertidumbres, asociadas a la estimación probabilística de la exposición a MeHg, basado en la recomendación de EFSA (EFSA, 2006a)

Tabla 74. Fuentes de incertidumbre asociadas a la estimación de la exposición a MeHg por el consumo de pescados.

Fuente de incertidumbre	Breve descripción de la evaluación
Relacionados con los datos de consumo de alimentos	
Registro dietético utilizado	Un R24 podría no cubrir la variabilidad de los patrones de consumo de cada individuo por su corta duración, si bien parece que este hecho no afecta a la media de consumo de la población general (Lambe, et al 2000)
Relacionadas con los datos de concentración de contaminantes en los alimentos	
Selección de alimentos analizados	La representatividad de los alimentos muestreados en relación a los consumidos es superior al 95% en todos alimentos.
Muestreo de los alimentos	Con objeto de obtener datos representativos de MeHg, se toman 100 muestras/alimento (error muestral 9,8 %)
Método analítico	Precisión RSD= 5,0 %
Tratamiento de los valores No detectados	Dada la FQ=100% este aspecto no genera incertidumbre
Efecto del cocinado	No considerado Los ligeros cambios, según el método de cocinado utilizado, que puedan producirse, son insignificantes y en general no necesitan ser considerados en la estimación de la exposición a MeHg (EFSA, 2012d)
Relacionadas con la estimación de la ingesta de MeHg	
Vinculación de datos de consumo de alimentos con datos de concentración (alimentos consumidos pero no analizados)	Se asimilan niveles de MeHg de un pescado a otro de similares características o se hace una distribución con los pescados analizados despreciando los valores extremos. Mínima afectación al escenario P2 ya que se han analizado los pescados mas consumidos.
Estimación de la ingesta	Con objeto de aumentar la reproducibilidad de la estimación de la ingesta de MeHg se incrementa el tamaño de la muestra mediante bootstrap (100x1484 iteraciones) El software cuantifica la incertidumbre (intervalos de confianza)

5 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS

En la Tabla 75 se recoge la información de distintos aspectos de la metodología utilizada y resultados obtenidos, en estudios recientes, se han tomado los valores de la población adulta masculina (en el caso de que hicieran distinción de género).

Tabla 75. Aspectos metodológicos y resultados obtenidos en distintos estudios nacionales e internacionales de evaluación de la exposición al MeHg a través de la dieta

País Año muestreo	Ingesta de Hg adultos (µg/kg p.c./semana)		Contribución de los grupos de alimentos a la ingesta de Hg (%)	Datos consumo alimentos	Tipo estudio	LOR (µg/kg) FD-FQ (%)	Modelo estimación exposición	% IST (1,3 µg Hg/kg p.c./seman a)	Referencias
	tHg	MeHg			Tratamient o datos				
Alemania (área industrial) 1998	n:0,15			<i>Registro dietético</i>	DD 100%	tHg LOQ=0,1		n:12 ^a	(Wilhelm, et al., 2005)
Reino Unido 2006	a:0,14- 0,35 n:0,21- 0,56 (4- 18 años)		Pescado 25; bebidas 20; cereales 12; pan 10; leche y lácteos 9.	British National Diet and Nutrition Survey (NDNS)	EDT LB/UB 100%	LOD=3-5	Determinista	a:11-27 ^a n: 16-43 ^a	(Food Standards Agency, 2009) (Rose, et al., 2010)
Irlanda 2001- 2005	a:0,14 - 1,96		Bacalao 30; otro pescados 25; salmón 17,8	NSIFCS <i>Registro dietético</i> 7 días	EDT LB/UB 100 pescados	LOD=10 LOQ=30 6%>LOD pescados	Probabilístico	a:11 -151 ^a	(Food Safety Authority of Ireland, 2011)
Francia 2000-2004 1º EDT		a: 0,1 n:0,2	Pescado	<i>Registro dietético</i> 7 días	EDT MB 100% en pescados	LOQ=11 FQ=20 LOD=6 FD=32,5	Determinista	a:50 ^a n:76 ^a	(Leblanc, et al., 2005b)
Francia 2007-2009 2ºEDT		a:0,12 n:0,15	Pescado	(INCA2) <i>Registro dietético</i> 7 días	EDT LB-UB	LOD=5 LOQ=10 pescados FD=9 FQ=5	Determinista	a:8 ^a n: 11 ^a	(Arnich, et al., 2012)
EFSA 2004-2011		a:0,25 n:0,32	81-100 carne pescado;0-13 prod pescado; 0- 7,2moluscos; 0-6,4 crustáceos;	Encuestas de Nutrición de cada país	UB	FD=88 pescados y prod. de la pesca	Determinista	a: 18 ^a n. 23 ^a	(EFSA, 2012d)
Nueva Zelanda 2009	a:0,69 n: 1,7	a:0,33 n: 0,46 (5-6 años) pescado	pescados	National Nutrition Surveys	EDT MB	MeHg FD=100 LOD=4 pescados	Determinista	a:24 ^a n:122 ^a	(Vannoort and Thomson, 2011)

Australia 2008 23º EDT	a: 0,20- o,33 ^b n:0,4-0,6	a:0,43 ^b n:0,21 ^b (6-12 años) pescados	pescados	Australian National Nutrition Survey	EDT LB-UB Análisis de MeHg en pescados	tHg LOR= 25 FD 66,02	DIAMOND	a:30 ^a n:15 ^a	(FSANZ, 2011)
Canadá 2007	a:0,15		Pescados y prod pesca 57,8; carne y prod cárnicos 11,1; cereales y prod 6,6; lácteos 5,9; aves y prod.5,5	Nutrition Canadá survey R24	EDT UB	LOD=0,026- 0,506 FD=54%	Determinista	a:11,5	(Dabeka, et al., 2003)
Santiago de Chile (Chile) 2001-2002	a:0,51 ^b		Pescados y productos de la pesca; pan; cereales; especies; azúcares	R24y CFC	CM UB 100%	LOD= 3 sólidos LOD=0,1 líquidos	Determinista	a:39,23	(Muñoz, et al., 2005)
Cuba Sagua la Grande River, Villa Clara 2005	a:2,52 n:2,91 (6- 14 años)	a:2,11 n:2,44 (6- 14 años)	Solo Pescado	CFC	V	tHg LOD=2 LOQ=6 MeHg LOD=1 LOQ=3	Determinista	a:151 n:174	(De La Rosa, et al., 2009)
Groenlandia 1976	a:7,49				DD				(Deutch, et al., 2006b)
2004	a:3,43							a:263 ^a	
Libano (2004)	a:0,28 ^b	a:0,28 ^b	Solo pescado	Individual Dietary Survey (CFC)	EDT MB 100%	LOD=0,5 LOQ=1 FQ=86,65	Determinista	a:20 ^a	(Nasreddine, et al., 2006)
China 2007 4º EDT	a:0,068	a:0,041	Productos de la pesca		EDT composites	tHg LOD= 0,1 LOQ=0,3 MeHg LOD= 1 LOQ=3	Determinista	a:3 ^a	(Shang, et al., 2010)
Huludao (China) Area industrial	a:0,27 ^b n:0,21 ^b		a:prod. mar 41,6;cereales 47,6 n: cereales(maiz) 53,3;productos del mar 29,1		CM 100		Determinista	a:21 n:16	(Zheng, et al., 2007)
Taiwan 2003-2004			Solo pescados y prod pesca			LOD= 40	Determinista	1,3-2,1% exceden	(Chien, et al., 2007)

								(0,5 ug/kg/dia US ATSDR)	
Hong-Kong 2007		a:0,4-0,5	Solo pescados	CFC <i>semicuantitativo</i>	CM	MeHg LOD=2 LOQ=10	Determinista	a:29-36 ^a	(Tang, et al., 2009)
Japón		a: 0,98 n:1,26	Solo pescados	HNIID (R24)	Vigilancia		Probabilístico	a: 75 ^a n: 97 ^a	(Zhang, et al., 2009)
Corea 2006	a:0,3 ^b		Pescados y prod. pesca 76; vegetales 8,5; granos y cereales 6,5	National Health and Nutrition Survey 2005 R24	EDT 100%		Determinista	a:23 ^a	(Kwon, et al., 2009)
Corea (2005-2008)	a:0,5	a:0,27	Pescados	National Health and Nutrition Survey 2001	PV	tHg LOD =3 MeHg LOD =5	Determinista	a:17 ^a	(Moon, et al., 2011)
Corea 2009	a:0,382	a:0,24	Pescados y p.pesca 73,93; cereales y prod.12,04; frutas 2,61; carne y cárnicos1,22	2007 KNHANES R24	EDT mapeo 80% en pescados	-----	Determinista	a:17 ^a	(Koh, et al., 2012)
Corea 2010	a:2,07		Pescados (carne tiburón y atún);semillas y nueces; moluscos; Crustáceos.	National nutrition survey 2005	EDT	LOD=0,19 LOQ=0,38	Determinista	a:159 ^a	(Kim, et al., 2012)
Camboya	1a:1,68 ^b	a:0,77 ^b	Cereales 46,8; vegetales23,8; frutas 13,5; pescado 10,2;carne 3,1; visceras1,7.	CFC	CM MB	tHg LOQ= 0,3 MeHg LOQ=0,005	Determinista	55 ^a	(Cheng, et al., 2013)
	2a:9,66 ^b	a:3,15 ^b						225 ^a	
	3a:1,54 ^b	a:0,44 ^b						31 ^a	
WHO 1997-2009 A partir de EDTs de distintos países	a:0,07-5,81 alimentos a:0,07-1,75 pescado					LOD= 1-40			(WHO, 2011b)
Cataluña 2006	a:0,47 ^b		Solo pescado delta Ebro		100%	LOD=100	Determinista	a:34 ^a	(Nadal, et al., 2008)

Cataluña 2000-2002	a:2,12 n: 4,85	0,80 n:1,31	Pescado y marisco 41; pan y cereales 29; carne y der.11; leche y lacteos9; grasas 6; huevos 2; frutas y verduras 2.	enCat 2002- 2003	EDT MB 90% pescado		Determinista	a:57 ^a n: 101 ^a	(Bocio, et al., 2005)
Cataluña 2006	a:1,26 ^b	1,13 ^b	Pescados	enCat 2002- 2003	EDT LB 90% pescado	LOD=100	Determinista	a:81 ^a	(Martí-Cid, et al., 2008)
Cataluña 2008	a:1,14 ^b	1,02 ^b	Pescado y prod. Pesca, carne y derivados; cereales, tuberculos y legumbres y Frutas y verduras.	enCat 2002- 2003	EDT LB 90%	LOD=100	Determinista	a:73 ^a	(Martorell, et al., 2011)
Cataluña 2008	a:1,54 ad:1,78 n: 3,89	a:0,49 ad:0,40 n: 1,31 pescado	Pescado y marisco 35; carne y derivados 15,5; pan y cereales 12,9;verduras y hortalizas 10,4; frutas 8,9, tubérculos 4,8; leche 4,5; lácteos 3,1 (tHg)	enCat 2002- 2003	TDS MB		Determinista	a:38 ^a ad:32 ^a n:101 ^a	(Castells, et al., 2012)
	a:1,47 ad:1,82	a: 0,50 ad: 0,49	Pescado azul 58; pescado blanco35; crustáceos y marisco 7%. MeHg		90 %		Probabilístico	a: 38,46 ^a n: 40 ^a	
Pais Vasco 1990-1995	a:1,85 ^b	a:0,9 ^b	Pescados y prod pesca	Encuesta nutrición CAPV 1988-1990	CM 75%			a:64 ^a	(Jalón, et al.)
Islas canarias 2000	a:0,57 ^b		Productos de la pesca 96; otros ` productos 4	R24 (dos dias no consecutivos)y CFC	EDT 100%	tHg LOD=0,5	Determinista	a:44 ^a	(Rubio, et al., 2008)
Comunitat Valenciana	a:0,64 ^b		Atún, Luvar; merluza	Registro diario dietético (tres	PV UB	LOD=7 LOQ=20	Determinista	a:49 ^a	(Yusà, et al., 2008)

2005-06	n:0,94 ^b			días); R24 y CFC	100 %			n: 72 ^a	
Comunitat Valenciana 2010		a:0,54-0,60 ^c n:0,96-0,99 ^c	Pez espada 43; conservas pescado 28; pescado blanco 14 y bonito y atún 12	Encuesta de nutrición CV 2010 R24	TDS LB-UB	tHg FQ=100% LOQ=0,4-1,1 MeHg 0,2-0,4	Probabilístico	a:41-46 n:73-76	Presente studio

^a Valor propio calculado a partir de los datos de ingesta del autor. En caso de tener datos del LB-UB se ha utilizado el UB

^b Valor calculado a partir de los datos del autor. Cuando no se ha reflejado el peso medio de la población adulta, se ha tomado como referencia 60 kg de peso (EFSA, 2011a)

^c expresado como (µg Hg/kg p.c./semana

a: adultos; n: niños; ad: adolescentes

1: (Kompong Chan); 2: Kratie y3: Kandal

CM: Cesta de mercado; PV: Programa de Vigilancia de alimentos; EDT: Estudio dieta total y DD: Dieta Duplicada

FD: frecuencia de detección y FQ: Frecuencia de cuantificación

LOD: límite de detección y LOQ: Límite de cuantificación

CFC: Cuestionario frecuencia de consumo alimentos; R24: Recordatorio de 24 horas

NSIFCS: North/south Ireland Food Consumption Survey (*Registro dietético 7 días*)

enCat 2002-2003: Encuesta de Nutrición de Cataluña (*2 R24 y CFC*)

HNIID: Health and Nutrition Information Infrastructure Database System, 1995. (*R24*).

La estimación de la exposición a MeHg en los diferentes estudios consultados se lleva a cabo utilizando diferentes factores de conversión a partir de los datos de niveles de tHg en alimentos y en algunos casos determinando directamente los niveles de MeHg. En algunos estudios se estima la exposición a partir de todos los alimentos de la dieta y en otros solo a partir de los pescados y productos de la pesca como principales contribuyentes a la exposición a MeHg a través de los alimentos (Tabla 75).

En el presente estudio mediante aproximación probabilística se estima una exposición promedio de MeHg para los dos escenarios (optimista y pesimista) de 0,54 a 0,60 $\mu\text{g Hg/kg p.c./semana}$ y de 0,96 a 0,99 $\mu\text{g Hg/kg p.c./semana}$, en la población adulta e infantil respectivamente, basada en el consumo de pescado y productos de la pesca.

A nivel mundial y a partir de los datos obtenidos en los EDTs de diferentes países entre los que incluye Australia, Canadá, Chile, China, Japón, Corea, USA, Francia, Reino Unido y España, JECFA estima una media de exposición para el tHg en un rango entre 0,07 y 5,81 $\mu\text{g /kg p.c./semana}$. La contribución del pescado y productos de la pesca a la exposición total se encuentra en un rango del 40 al 100% cuando se asigna el valor cero a las muestras con concentraciones no detectables (WHO, 2011b). En el contexto de la UE, EFSA a partir de los datos de niveles aportados por 20 países de la UE en el periodo 2004-2011, estima una ingesta de MeHg basada en el consumo de pescado y productos de la pesca y aplicando factores de conversión a partir de los datos de tHg, en un rango de 0,06 a 1,57 $\mu\text{g /kg p.c./semana}$ para la población anciana y los niños (1-3 años) respectivamente (EFSA, 2012d).

Los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran en el rango de los obtenidos en otras zonas de España. Sauquillo estima una exposición de 46,2 $\mu\text{g/semana}$ para la población española (0,77 $\mu\text{g/kg p.c./semana}$, para un p.c. de 60 kg) (Sauquillo et al, 2007). En las islas Canarias se obtuvo un valor similar al del presente estudio (0,57 $\mu\text{g/kg p.c./semana}$) para la población adulta, considerando distintos alimentos de la dieta y suponiendo que el 100% del tHg era MeHg; el porcentaje de contribución del pescado y productos de la pesca a la ingesta fue del 96% (Rubio, et al., 2008). En Cataluña en el estudio de 2008 se estima una exposición de 0,49 $\mu\text{g/kg p.c./semana}$ y 1,31 $\mu\text{g/kg p.c./semana}$ (Castells, et al., 2012) para la población adulta e infantil respectivamente. Sin embargo Martorell obtiene un valor de 1,02 $\mu\text{g/kg p.c./semana}$ con los datos de 2008, para la población adulta. El País Vasco es su estudio de 1995, estima una exposición para la población adulta a partir del consumo de pescado de 0,9 $\mu\text{g/kg p.c./semana}$ para

el MeHg considerando que es el 75% del tHg determinado. En el estudio llevado a cabo sobre un total de 485 muestras de pescados y productos de la pesca en Andalucía se estima una exposición de 63,63 $\mu\text{g}/\text{semana}$ (1,06 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ para un peso corporal de 60 kg) (Olmedo et al, 2013).

Tomando como referencia estudios llevados a cabo a nivel internacional, en general se estiman exposiciones del mismo orden o inferiores a las detectadas en el presente estudio. Los valores más elevados se obtienen en el EDT de Camboya, para estimar la exposición dietética a MeHg en tres áreas del país, a partir de distintos alimentos. Se observa una gran diferencia en los valores de la ingesta obtenida para la población general en el área de Krati de 3,15 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$, respecto al resto de regiones (0,44 y 0,77 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$). Esto es debido a que se trata de una de las zonas productoras de oro de Camboya, en la que no se toman medidas para la recuperación del Hg utilizado en su extracción, con su consiguiente liberación al medio ambiente (Cheng, et al., 2013).

En Corea se han realizado diversos estudios, en el EDT de 2010 se estima una exposición a tHg de 2,07 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ a partir de distintos tipos de alimentos (Kim, et al., 2012). Esta exposición es mucho más elevada que la estimada en anteriores estudios, con valores de 0,38 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ en 2009 (Koh, et al., 2012), y de 0,3 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ en 2006 (Kwon, et al., 2009). Sin embargo en el 4º EDT de China, se estiman los valores más bajos de exposición, con valores de 0,041 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ para MeHg, aunque se observaron grandes diferencias en los resultados obtenidos entre provincias, como consecuencia de diferentes condiciones geográficas, hábitos alimenticios, cultura y nivel socio-económico. (Shang, et al., 2010). En Huludao, área industrial de China, que ha sido seriamente contaminada con metales pesados procedentes de fundiciones petroquímicas, parten de datos de tHg de todos los alimentos y lo asimilan a MeHg por lo que se obtienen valores más altos correspondiendo a 0,22 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ para la población adulta y 0,21 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ para los niños (Zheng, et al., 2007). En Japón se obtienen niveles de exposición elevados de 0,98 y 1,26 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.}/\text{semana}$ para la población adulta e infantil respectivamente, debido al elevado consumo de pescado.

En Nueva Zelanda y Australia se estima la exposición a MeHg a partir de datos de consumo de pescado y se obtiene un valor de 0,33 y de 0,43 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.} / \text{semana}$, respectivamente.

El estudio de Irlanda pone de manifiesto la importancia del tratamiento de los valores ND. La elevada exposición obtenida utilizando el UB (1,96 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c.} / \text{semana}$), lo que supone un 150% de la IST, se debe al hecho de la baja FQ (se

analizaron todos los alimentos y solo se detectó Hg en 7 especies de pescado) y el LOQ utilizado (30 µg/Kg). Si consideramos el LB el % sobre la IST desciende a un 11%.

En las Figuras 66 y 67 se representa el porcentaje de la ingesta obtenida para la población adulta y la población infantil respectivamente, sobre la IST establecida para el MeHg de 1,3 µg Hg/Kg peso/semana, en los distintos estudios.

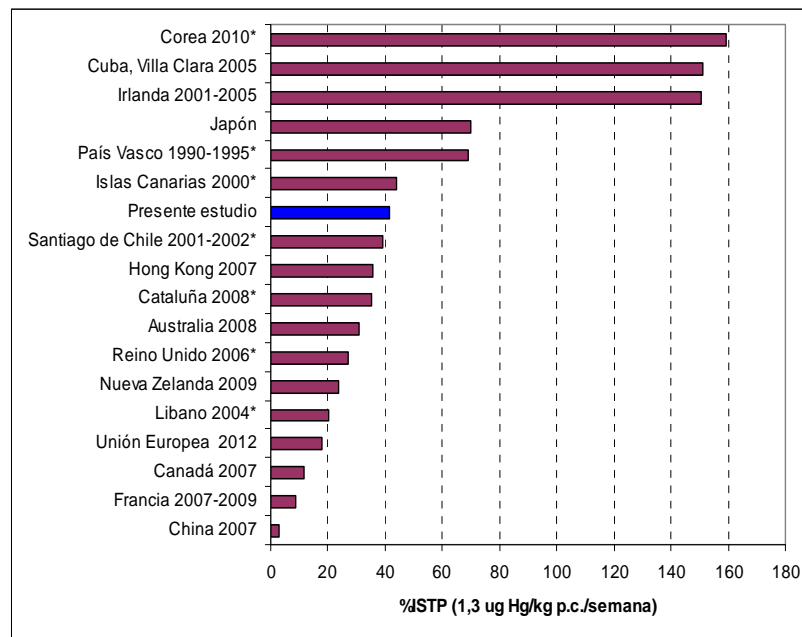


Figura 66: Porcentaje sobre la IST establecida para el MeHg de (1,3µg Hg/Kg peso/semana) de la ingesta estimada en la población adulta
*Dato de la ingesta de MeHg obtenido a partir de tHg aplicando diferentes factores de conversión.

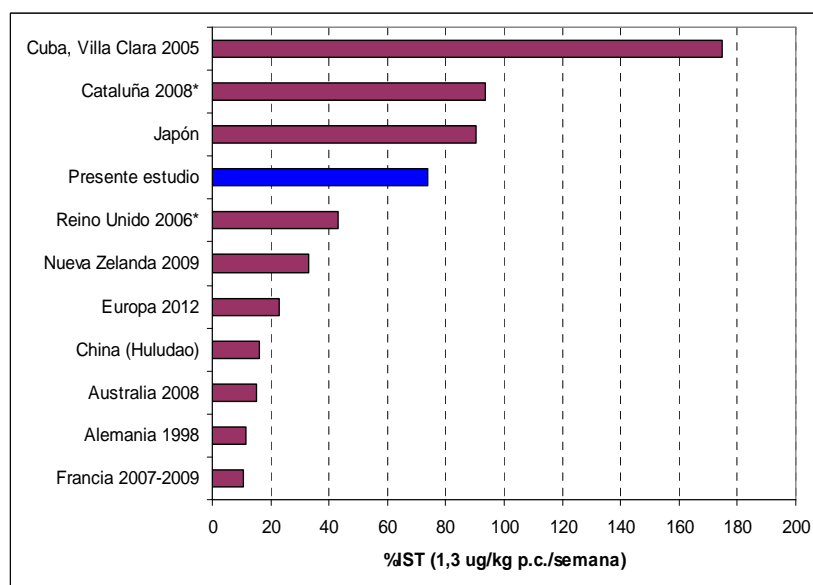


Figura 67: Porcentaje sobre la IST establecida para el MeHg de (1,3µg Hg/Kg peso/semana) de la ingesta estimada en la población infantil
*Dato de la ingesta de MeHg obtenido a partir de tHg aplicando diferentes factores de conversión.

El porcentaje sobre la IST obtenido en el presente estudio a partir de la ingesta de 0,54 µg Hg/Kg p.c./semana en la población adulta y escenario optimista es del 41% y se sitúa en el rango de otros estudios internacionales y por debajo de los obtenidos en otras CCAA de España (País Vasco y Canarias). En los estudios de Líbano, Canadá, Francia y China los valores se encuentran por debajo del 20 % de la IST. Para la población adulta de la Comunitat Valenciana con elevada exposición, en el P95 se supera ampliamente el 100% de la IST

Sin embargo para la población infantil la ingesta obtenida en el presente estudio, se sitúa en el 74% de la IST, inferior a la de Cataluña, Cuba y Japón, pero superior al resto de estudios. En el P90 se supera el 100% de la exposición por lo que es necesario vigilar el consumo de determinadas especies de pescado en nuestra población infantil con objeto de disminuir la ingesta. A partir de los datos suministrados por JECFA (WHO, 2011b) y por la EFSA (EFSA, 2012d) se desprende que la población con elevada exposición puede llegar a exceder la IST en 5 veces.

En el grupo de pescados y productos de la pesca, la carne de pescado es la que mas contribuye a la exposición a MeHg, que según el informe de EFSA para la población adulta es del 81%. Se observa que los principales contribuyentes a la exposición a MeHg en población adulta son: el atún, el pez espada, bacalao, pescadilla y lucio. Las mismas especies y la merluza son las contribuyentes más importantes en los niños. (EFSA, 2012d).

Existen muchos estudios que relacionan, la exposición a Hg con el consumo de pescados (Cardoso, et al., 2010) (Falcó, et al., 2005), (Falcó, et al., 2006), (Martí-Cid et al., 2007), (Sahuquillo, et al., 2007), (Chien, et al., 2007), (Nadal, et al., 2008), (Yusà, et al., 2008) (Herreros, et al., 2008), (Linares, et al., 2010), (Zheng, et al., 2007), (Castro-González and Méndez- Armenta, 2008), (Storelli, et al., 2005), (Storelli, et al., 2007), (Storelli, 2008), (Tang, et al., 2009), (De La Rosa, et al., 2009), (Katner, et al., 2010) ,(Ruelas-Inzunza, et al., 2011), (Watanabe, et al., 2012a), (Storelli and Barone, 2013), entre otros. No obstante existe una gran variabilidad de la concentración detectada entre las distintas especies debido, entre otros factores, a la edad, la talla (Storelli, et al., 2007), el nivel trófico en la cadena alimentaria, el habitat, el tipo de alimentación (Zhang, et al. 2007) y el contenido en lípidos en los tejidos (Balshaw, S., et al. 2008). En la ingesta de MeHg, mas importante que el consumo en si de pescado de una

población, es el tipo de pescado que esa población consume. El consumo total de pescado sin diferenciar especies no es necesariamente un indicador fiable para estimar la exposición a MeHg. Puede ser útil para tales propósitos, obtener datos de la concentración de MeHg en cada especie, así como la frecuencia y la cantidad consumida. (Mergler, et al., 2007). Por tanto, los consumidores pueden reducir sustancialmente su exposición a MeHg seleccionando las especies de pescado y el tamaño del mismo.

En Cataluña a pesar de que las concentraciones mas altas de Hg se detectan en pez espada (782 ng/g) y en segundo lugar en atún (449 ng/g), dado el mayor consumo de atún frente al consumo de pez espada (1,62 g/día y 0,06 g/día respectivamente), la contribución a la ingesta es mayor en el atún (0,8 µg /día) y menor en el pez espada (0,05 µg/día). El atún en lata es el principal contribuyente a la ingesta 1,12 µg/día, debido a su elevado consumo (8,51 g/día) aunque la concentración detectada es baja (132 ng/g) (Castells, et al., 2012)

En la Comunitat Valenciana el consumo de pez espada es de 3,65 g/día, superior al consumo de atún de 0,73 g/día. Esto unido a los niveles elevados detectados, ha favorecido que el pez espada sea el que mas contribuya con diferencia a la ingesta de MeHg, ya que supone el 43% en adultos y el 59% de la ingesta total en niños. Las conservas de pescado y el bonito y atún son los siguientes contribuyentes a la ingesta total, con un 28 y 12% en adultos y el 19 y 11 %, respectivamente en niños.

No parece existir una clara tendencia temporal en la exposición a Hg aunque existen estudios como los de Nueva Zelanda, Groenlandia, y Cataluña en los que puede apreciarse una ligera disminución.

En Nueva Zelanda se ha hecho un estudio de tendencia temporal en la exposición a tHg y MeHg en un segmento de población compuesto por jóvenes de 19 a 24 años, observándose una ligera disminución, pasando de 0,91 µg/Kg p.c./ semana en 1987/88 a 0,73 µg/Kg p.c./ semana en el estudio actual. En el MeHg procedente del consumo de pescados y productos de la pesca, la tendencia va de 0,46 µg/Kg p.c. / semana en 1987/88 a 0,37 µg/Kg p.c. / semana en el estudio actual (Vannoort and Thomson, 2011).

En Groenlandia, un estudio comparativo entre 1976 y 2004 por el método de duplicación de dietas muestra una disminución de la exposición a Hg que ha ido paralela a una disminución del consumo de productos locales. Sin embargo hay una cierta contradicción entre una disminución en la íngesta de Hg y el mantenimiento de altos niveles en sangre humana. Además los estudios de niveles de Hg en animales no muestran una tendencia decreciente. Una posible explicación puede ser

que, a parte de la dieta existen otras fuentes de exposición (amalgamas dentales, aunque su contribución es muy baja; aumento de la liberación de residuos a la atmósfera, como consecuencia de la industrialización; incineradoras de residuos....) (Deutch, et al., 2006b)

En Cataluña la exposición a MeHg a partir de la dieta ha disminuido entre el año 2000 y el 2008 pasando de 0,80 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ y 1,31 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ (Bocio, et al., 2005) a 0,49 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ y 1,31 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ (Castells, et al., 2012) para la población adulta e infantil respectivamente. Sin embargo Martorell obtiene un valor de 1,02 $\mu\text{g}/\text{kg p.c./semana}$ con los datos de 2008, para la población adulta. La razón de estos cambios la atribuye principalmente a las variaciones en las concentraciones de estos elementos en los alimentos analizados, junto con ciertos cambios en los hábitos dietéticos de la población de Cataluña entre el 2000 y el 2008, además de haber cambiado el tratamiento de los valores ND (en el año 2000 se asimilaban a LOD/2 (MB) y en 2008 a cero (LB))(Martorell, et al., 2011)

Sin embargo, en los EDT llevados a cabo en Francia se observa que la exposición a MeHg permanece invariable 0,1 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$ en el 1º EDT y 0,12 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$ en el 2º EDT en adultos y 0,2 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$ y 0,15 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$ respectivamente, en niños. Esto se debe fundamentalmente al hecho de que el consumo de pescado y productos del mar, principal contribuyente a la exposición, ha permanecido constante tanto en adultos como en niños (Arnich, et al., 2012).

En la Comunitat Valenciana en el estudio llevado a cabo en 1991 a partir de los datos de distintos alimentos adquiridos en diversos puntos de venta de Valencia se obtuvo una exposición de 0.43 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$ (Cuadrado, 2002) ; en 2005-2006 a partir de datos de muestras de pescados y productos de la pesca tomadas en distintos puntos de la geografía de la Comunitat Valenciana se obtiene una ingesta de 0,64 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$ (Yusà, et al., 2008); en el presente estudio se obtiene un valor de 0,60 $\mu\text{g Hg}/\text{Kg p.c./semana}$. Sin embargo recientemente se ha publicado un estudio sobre muestras de 19 especies de pescado y productos de la pesca de nuestros mercados en el que se estima una exposición superior con un valor de 96,4 $\mu\text{g}/\text{semana}$ (1,38 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$, considerando un peso corporal de 70 Kg) (Ruíz de Cenzano et al., 2014). En la población infantil la ingesta obtenida en nuestro estudio 0,99 $\mu\text{g Hg}/\text{Kg p.c./semana}$ es muy similar a la obtenida en 2005-2006 de 0,94 $\mu\text{g}/\text{Kg p.c./semana}$.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente tesis han dado lugar a las siguientes conclusiones:

1. Si bien existen distintos procedimientos para la evaluación de la exposición y el riesgo alimentario de la población general, el Estudio de Dieta Total (EDT) es el más ampliamente utilizado y recomendado por organismos internacionales. Sin embargo, en su aplicación en distintas áreas y países subsisten amplias y sustanciales variaciones metodológicas que dificultan la comparación de resultados entre estudios, por lo que parece conveniente un mayor esfuerzo de armonización de los EDTs.
2. Aunque con las lógicas diferencias entre metales y sus especies, la frecuencia de detección en los alimentos se sitúa entre alrededor del 50 % para el Cd y el 100% para el Hg en pescados. Los niveles determinados varían desde los pocos ng/kg a los cientos µg/Kg. Sin embargo, sus concentraciones se encuentran por debajo de los límites establecidos por la legislación vigente, excepto para el mercurio en el pez espada, en el que todas las muestras superan este límite y para el atún en que el 30% de las muestras lo superan.
3. Teniendo en cuenta la exposición a los distintos metales estimada mediante un enfoque probabilístico en un escenario optimista, la exposición de los niños es aproximadamente el doble de la de los adultos (entre 1,6 y 2,1 veces) y el porcentaje de población en riesgo para la población infantil varía entre el 8% para el Cd y el 28 % para el Pb.
4. El grupo de alimentos que más contribuye a la ingesta de plomo, cadmio y arsénico inorgánico es el de "cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos", por su proporción en la dieta. En el caso de la población infantil esa contribución es mayor, llegando al 64% para el iAs. El principal contribuyente a la ingesta de MeHg es el pez espada, con un 59% para los niños.
5. Aunque los niveles obtenidos se encuentran por debajo de los límites establecidos por la legislación vigente (excepto para el MeHg en pez espada y atún), se obtienen porcentajes relevantes de población en riesgo, sobre todo infantil. Esto pone de manifiesto las dificultades inherentes al establecimiento de contenidos máximos de metales en el ámbito europeo, teniendo en cuenta los distintos patrones dietéticos de los diversos países, y los aspectos tecnológicos y de mercado implicados.

6. El porcentaje de población infantil en riesgo (alrededor del 10%), respecto a la exposición a arsénico inorgánico, pone de manifiesto que es necesario establecer límites máximos para determinados alimentos, principalmente aquellos que más contribuyen a la exposición, tales como los alimentos del grupo de cereales y sobre todo el arroz, con objeto de reducir la exposición.
7. La ingesta estimada mediante aproximación determinista es ligeramente inferior a la obtenida mediante la aproximación probabilística en todos los escenarios para el valor de la media. Dado que la aproximación determinista solo permite estimar la exposición del valor medio y que la información obtenida con la aproximación probabilística es mucho más amplia, y permite tener en cuenta tanto la variabilidad como la incertidumbre, el uso de la metodología probabilística parece más conveniente, salvo para situaciones en las que no se dispongan de datos individuales de consumo de alimentos y niveles de contaminantes.
8. En un contexto internacional, la exposición a Pb estimada en el presente estudio ocupa un lugar intermedio respecto a los resultados obtenidos en otros países. La exposición a Cd y a iAs es muy baja en relación a otros estudios nacionales e internacionales. Sin embargo la exposición a MeHg es más alta que la detectada en muchos estudios recientes realizados en otros países.
9. El Estudio de Dieta Total realizado y sus resultados, evidencian la necesidad de utilizar esta metodología para evaluar de forma sistemática y sostenida en el tiempo la exposición a metales y otros contaminantes vehiculizados por los alimentos, con el doble objetivo de conocer la evolución temporal de la exposición, y además evaluar la eficacia de las medidas de gestión del riesgo orientadas a minimizar el impacto de la exposición a contaminantes en la población.

BIBLIOGRAFIA

- AENOR, 2013. Productos alimenticios. Determinación de elementos y sus especies químicas. Consideraciones generales y requisitos específicos. UNE-EN 13804:2013.
- AENOR, 2005. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. UNE-EN ISO/IEC 17025.
- Aerts, M., Bakker, M.I., Ferrari, P., Fuerst, P., Tressou, J., Verger, P., 2013. Reporting and Modeling of Results Bellow the Limit of Detection. In: Moy, G.G., Vannoort, R.W. (Eds.). Total Diet Studies. Springer, New York, pp. 169.
- AESAN, 2011. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, en relación a la evaluación del riesgo de la exposición de la población española a cadmio por consumo de alimentos. Revista del Comité Científico. nº15.
- AESAN, 2006. Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas. .
- Ahmed, F.E., 1999. Trace metal contaminants in food. In: Moffat, C.F., Whittle, K.J. (Eds.). Environmental Contaminants in Food. Sheffield Academic Press, England, pp. 146-203.
- Almela, C., Laparra, J.M., Barberá, R., Farré, R., Montoro, R., J. Agric. Food Chem. Arsenosugars in raw and cooked edible seaweed: characterization and bioaccessibility. 2005. 53, 7344-7351.
- Alomirah, H., Al-Zenki, S., Husain, A., Ahmed, N., Al-Rashdan, A., Gevao, B., Sawaya, W., 2009. Dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons from commercially important seafood of the Arabian Gulf. Journal of Food, Agriculture & Environment. 7, 9-15.
- Antweiler, R.C., Taylor, H.E., 2008. Evaluation of statistical treatments of left-censored environmental data using coincident uncensored data sets: I. Summary statistics. Environmental Science and Technology. 42, 3732-3738.
- Aranceta, J., Pérez, C., Marzana, I., Eguileor, I., Gonzalez de Galdeano, L., Saenz de Buruaga, J., 1994. Encuesta de Nutrición de la Comunidad Autónoma Vasca. Tendencias del consumo alimentario, indicadores bioquímicos y estado nutricional de la población adulta de la Comunidad Autónoma Vasca. Gobierno Vasco.
- Aras, N.A., Ataman, O.Y., 2006. Trace Element Analysis od Food and Diet. RSC (The Royal Society of Chemistry), Cambridge (UK).
- Arisawa, K., Uemura, H., Hiyoshi, M., Satoh, H., Sumiyoshi, Y., Morinaga, K., Kodama, K., Suzuki, T., Nagai, M., Suzuki, T., 2008. Dietary intake of PCDDs/PCDFs and coplanar PCBs among the Japanese population estimated by duplicate portion analysis: A low proportion of adults exceed the tolerable daily intake. Environmental Research. 108, 252-259.

- Arnich, N., Sirot, V., Rivière, G., Jean, J., Noël, L., Guérin, T., Leblanc, J., 2012. Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology*. 50, 2432-2449.
- Asante-Duah, K., 2002. *Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Aung, N.N., Yoshinaga, J., Takahashi, J.I., 2006. Dietary intake of toxic and essential trace elements by the children and parents living in Tokyo Metropolitan Area, Japan. *Food Additives and Contaminants*. 23, 883-894.
- Baert, K., De Meulenaer, B., Verdonck, F., Huybrechts, I., De Henauw, S., Vanrolleghem, P.A., Debevere, J., Devlieghere, F., 2007. Variability and uncertainty assessment of patulin exposure for preschool children in Flanders. *Food and Chemical Toxicology*. 45, 1745-1751.
- Balshaw, S., Edwards, J.W., Ross, K.E., Daughtry, B.J. 2008. Mercury distribution in the muscular tissue of farmed southern bluefin tuna (*Thunnus Maccoyii*) is inversely related to the lipid content of tissues. *Food Chemistry* 111:616-621.
- Barlow, S., Schlatter, J., 2009. Risk assessment of carcinogens in food. *Toxicology and applied pharmacology*. 243, 180-190.
- Bastías, J.M., Bermúdez, M., Carrasco, J., Espinoza, O., Muñoz, M., Galotto, M.J., Muñoz, O., 2010. Determination of dietary intake of total arsenic, inorganic arsenic and total mercury in the Chilean school meal program. *Food Science and Technology International*. 16(5), 443-450.
- Becker, W., Kumpulainen, J., 1991. Contents of essential and toxic mineral elements in Swedish market-basket diets in 1987. *British Journal of Nutrition*. 66, 151-160.
- Becker, W., Jorhem, L., Sundstrom, B., Peterson Grawé, K., 2011. Contents of mineral elements in Swedish market basket diets. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24, 279-287.
- Bernes, C., 1998. *Persistent Organic Pollutants: a Swedish view of an international problem*. Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency
- Bernhoft, R.A., 2013. Cadmium toxicity and treatment. *The Scientific World Journal*. , <http://dx.doi.org/10.1155/2013/394652>.
- Bilau, M., Matthys, C., Baeyens, W., Bruckers, L., Backer, G.D., Hond, E.D., Keune, H., Koppen, G., Nelen, V., Schoeters, G., Van Larebeke, N., Willems, J.L., De Henauw, S., 2008. Dietary exposure to dioxin-like compounds in three age groups: Results from the Flemish environment and health study. *Chemosphere*. 70, 584-592.
- Bocio, A., Castell, V., Falcó, G., Gosálbez, P., Ramos, A.J., 2005. Contaminants químics, estudi dieta total a Catalunya.
- Bocio, A., Domingo, J.L., 2005. Daily intake of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans (PCDD/PCDFs) in foodstuffs consumed in Tarragona, Spain: a review of recent studies (2001–2003) on human PCDD/PCDF exposure through the diet. *Environmental Research*. 97, 1-9.

- Boobis, A.R., Ossendorp, B.C., Banasiak, U., Hamey, P.Y., Sebestyen, I., Moretto, A., 2008. Cumulative risk assessment of pesticide residues in food. *Toxicology Letters*. 180, 137-150.
- Boorman, J.L., Baines, J., Hambridge, T.L., Abbey, J.L., 2013. Dietary Exposure Assessment in a Total Diet Study. In: Moy, G.G., Vannoort, R.W. (Eds.). *Total Diet Studies*. Springer, pp. 179-199.
- Burló, F., Ramírez-Gandolfo, A., Signes-Pastor, A.J., Haris, P.I., Carbonell-Barrachina, A.A., 2012. Arsenic contents in Spanish infant rice, pureed infant foods, and rice. *Journal of Food Science*. 71 N°1, 15-19.
- Cade, J., Thompson, R., Burley, V., Warm, D., 2002. Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires—a review. *Public Health Nutrition*. 5, 567-587.
- Cao, H., Chen, J., Zhang, J., Zhang, H., Qiao, L., Men, Y., 2010. Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China. *Journal of Environmental Sciences*. 22, 1792-1799.
- Cardoso, C., Bandarra, N., Lourenço, H., Afonso, C., Nunes, M., 2010. Methylmercury risks and EPA + DHA benefits associated with seafood consumption in Europe. *Risk Analysis*. 30, 827-840.
- Caruso, J.A., Klaue, B., Michalke, B., Rocke, D.M., 2003. Group assessment: elemental speciation. *Ecotoxicology and environmental safety*. 56, 32-44.
- Castells, V., Vicente, E., Gómez, J., Llobet, J., Perelló, G., Domingo, J.L., 2012. Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2008. , 98-<http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/es/dir1593/edt2008es.pdf>.
- Castilhos, Z.C., Rodrigues-Filho, S., Rodrigues, A.P.C., Villas-Bôas, R.C., Siegel, S., Veiga, M.M., Beinhoff, C., 2006. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. *Science of the Total Environment*. 368, 320-325.
- Castro-González, M.I., Méndez- Armenta, M., 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 26, 263-271.
- Cheng, Z., Wang, H.S., Du, J., Sthiannopkao, S., Xing, G.H., Kim, K.W., Yasin, M., Hashim, J.H., Wong, M.H., 2013. Dietary exposure and risk assessment of mercury via total diet study in Cambodia. *Chemosphere*. 92, 143-149.
- Cheung Chung, S.W., Kwong, K.P., Yau, J.C.W., Wong, W.W.K., 2008. Dietary exposure to antimony, lead and mercury of secondary school students in Hong Kong. *Food Additives and Contaminants Part A*. 25, 831-840.
- Chien, L., Yeh, C., Jiang, C., Hsu, C., Han, B., 2007. Estimation of acceptable mercury intake from fish in Taiwan. *Chemosphere*. 67, 29-35.
- Clarke, D.B., Barnes, K.A., Castle, L., Rose, M., Wilson, L.A., Baxter, M.J., Price, K.R., Dupont, M.S., 2003. Levels of phytoestrogens, inorganic trace-elements,

- natural toxicants and nitrate in vegetarian duplicate diets. Food Chemistry. 81(2), 287-300.
- Clemens, S., 2006. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. Biochimie. 88 (11), 1707-1719.
- CODEX, 1995. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN-193-1995.
- Comisión Europea, 2014a. Recomendación de 4 de abril de 2014 sobre Reducción de la presencia de cadmio en los productos alimenticios. DOUE. L 104/80
- Comisión Europea, 2014b. Reglamento (UE) N° 589/2014 por el que se establecen métodos de muestreo y de análisis para el control de los niveles de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en determinados productos alimenticios. DOUE L 164/18
- Comisión Europea, 2014c. Reglamento (UE) N° 488/2014 que modifica el Reglamento (CE)n° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de Cd en los productos alimenticios. DOUE. L 138/75
- Comisión Europea, 2013. Preliminary Annual Report RASFF. , 15-
http://ec.europa.eu/food/food/rapidalert/docs/preliminary_report_2013_en.pdf.
- Comisión Europea, 2011. Reglamento (UE) N° 494/2011, por el que se modifica el Reglamento (CE) N° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), en lo que respecta a su anexo XVII (cadmio). DOUE. L134.
- Comisión Europea, 2007. Reglamento (CE) N° 333/2007, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios. DOUE. L 88, 29-38.
- Comisión Europea, 2006a. Reglamento (CE) 401/2006, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles del contenido de micotoxinas en ciertos productos alimenticios. DOUE .L 70/12
- Comisión Europea, 2006b. Reglamento (CE) N° 1881/2006, de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DOUE. L 364/5.
- Comisión Europea, 2006c. Reglamento (CE) N° 1882/2006, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles del contenido de nitratos en los productos alimenticios. DOUE. L364/25.
- Comisión Europea, 2005. Estrategia comunitaria sobre el mercurio. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo. [SEC (2005) 101].
- Comisión Europea, 2003a. Directiva 2003/40/CE , por la que se fija la lista, los límites de concentración y las indicaciones de etiquetado para los

componentes de las aguas minerales naturales, así como las condiciones de utilización del aire enriquecido con ozono para el tratamiento de las aguas minerales naturales y de las aguas de manantial.

- Comisión Europea, 2003b. Comunicación de la Comisión Estrategia europea de medio ambiente y salud. Com (2003) 338
- Comisión Europea, 2000. Libro Blanco sobre Seguridad Alimentaria. COM (1999) 719 final.
- Consejo Europeo, 1998. Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. DOUE.L330.
- Coronel, M.B., Marin, S., Cano, G., Ramos, A.J., Sanchis, V., 2011. Ochratoxin A in Spanish retail ground roasted coffee: Occurrence and assessment of the exposure in Catalonia. *Food Control*. 22, 414-419.
- Cuadrado, M.C., 2002. Ingesta de contaminantes -metales pesados- y nutrientes potencialmente tóxicos vía dieta total en Andalucía, Galicia, Madrid y Valencia.
- Dabeka, R., Xu-Liang Cao, 2013. The Canadian total diet study design:1992-1999. *Food Additives and Contaminants Part A*. 30 N°3, 477-490.
- Dabeka, R.W., McKenzie, A.D., Bradley, P., 2003. Survey of total mercury in total diet food composites and an estimation of the dietary intake of mercury by adults and children from two Canadian cities, 1998-2000. *Food Additives and Contaminants*. 20, 629-638.
- Dahl, L., Molin, M., Amlund, H., Meltzer, H.M., Julshamn, K., Alexander, J., Sloth, J., 2010. Stability of arsenic compounds in seafood samples during processing and storage by freezing. *Food Chemistry*. 123, 720-727.
- Darnerud, P.O., Atuma, S., Aune, M., Bjerselius, R., Glynn, A., Grawé, K.P., Becker, W., 2006. Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, PCB, PBDE and chlorinated pesticides, e.g. DDT) based on Swedish market basket data. *Food and Chemical Toxicology*. 44, 1597-1606.
- Davidson, P.W., Leste, A., Benstrong, E., 2010. Fish consumption, mercury exposure and their associations with scholastic achievement in the Seychelles Child Development Study. *Neurotoxicology*. 31, 439-447.
- De La Rosa, D., Olivares, S., Lima, L., Moyano, S., Bastías, J.M., Muñoz, O., 2009. Estimate of mercury and methyl mercury intake associated with fish consumption from Sagua la Grande River, Cuba. *Food Additives & Contaminants Part B*. 2 N°1, 1-7.
- De Mul, A., Bakker, M.I., Zeilmaker, M.J., Traag, W.A., Leeuwen, S.P.J.v., Hoogenboom, R.L.A.P., Boon, P.E., Klaveren, J.D.v., 2008. Dietary exposure to dioxins and dioxin-like PCBs in The Netherlands anno 2004. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 51, 278-287.
- Deutch, B., Dyerberg, J., Pedersen, H.S., Asmund, G., Møller, P., Hansen, J.C., 2006a. Dietary composition and contaminants in north Greenland, in the 1970s and 2004. *Science of The Total Environment*. 370, 372-381.

- Devesa, V., Macho, M.L., Jalón, M., Urieta, i., Muñoz, O., Súnier, M.A., López, F., Vélez, D., Montoro, R., 2001. Arsenic in cooked seafood products: study on the effect of cooking on total and inorganic arsenic contents. *J. Agric. Food Chem.* 49, 4132-4140.
- Devesa, V., Vélez, D., Montoro, R., 2008. Effect of thermal treatments on arsenic species contents in food. *Food and Chemical Toxicology.* 46(1), 1-8.
- Domingo, J.L., 2011. Influence of cooking processes on the concentrations of toxic metals and various organic environmental pollutants in food: A review of the published literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 51, 29-37.
- Dorne, J. L. C. M., Fink-Gremmels, J., 2012. Human and animal health risk assessments of chemicals in the food chain: Comparative aspects and future perspectives. *Toxicology and Applied Pharmacology.* , doi:10.1016/j.taap.2012.03.013.
- Dorne, J. L. C. M., Kass, G.E.N., Bordajandi, L.R., Amzal, B., Bertelsen, U., Castoldi, A.,F., Heppner, C., Eskola, M., Fabiansson, S., Ferrari, P., Scaravelli, E., Dogliotti, E., Fuerst, p., Boobis, A.R., Verger, P., 2011. Human Risk assessment of Heavy Metals. Principles and applications. In: Sigel, A., Sigel H., Sigel, R.K.O. (Eds.). *Metal Ions in Life Science.* RSC Publishing, UK, pp. 27-70.
- Dorne, J.L.C.M., Bordajandi, L.R., Amzal, B., Ferrari, P., Verger, P., 2009. Combining analytical techniques, exposure assessment and biological effects for risk assessment of chemicals in food. *Trends in Analytical Chemistry.* 28, 695-707.
- Dougherty, C.P., Holtz, S.H., Reinert, J.C., Panyacosit, L., Axelrad, D.A., Woodruff, T.J., 2000. Dietary Exposures to Food Contaminants across the United States. *Environmental Research Seccion A.* 84, 170-185.
- Efron, B., Tibshirani, R.J., 1994. *An introduction to the bootstrap.* Chapman and Hall /CRC.
- EFSA, 2014a. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal.* 12(3), 3597.
- EFSA, 2014b. Scientific opinion on health benefits of seafood (fish and shellfish) consumption in relation to health risks associated with exposure to methylmercury. *EFSA Journal.* 12(7).
- EFSA, 2013. Human Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals Scientific Report of EFSA. *EFSA Journal.* 11(7).
- EFSA, 2012a. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal.* 10(1), 2551.
- EFSA, 2012b. Guidance on the Use of Probabilistic Methodology for Modelling Dietary Exposure to Pesticide Residues: Scientific Opinion. *EFSA Journal.* 10(10), 2839.
- EFSA, 2012c. Lead dietary exposure in tne european population. *EFSA Journal.* 10(7), 2831.

-
- EFSA, 2012d. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal*. 10(1), 2551.
- EFSA, 2012e. Scientific Opinion on Risk Assessment Terminology. *EFSA Journal*. 10(5), 2664.
- EFSA, 2011a. Evaluation of the Foodex, the classification system applied to the development of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database. *EFSA Journal*. 9(3):1970.
- EFSA, 2011b. Overview of the procedures currently used at EFSA for the assessment of dietary exposure to different chemical substances. *EFSA Journal*. 9(12) 2490.
- EFSA, 2011c. Statement on tolerable weekly intake for Cd. *EFSA Journal*, 9(2):1975
- EFSA, 2010a. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA Journal*. 8(3), 1557.
- EFSA, 2010b. Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal*. 8(4), 1570.
- EFSA, 2009a. General principles for the collection of national food consumption data in the view of a pan-European dietary survey. *EFSA Journal*. 7(12):1435.
- EFSA, 2009b. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain : Cadmium in food. Question No EFSA-Q-2007-138. *EFSA Journal*. 980, 1-139.
- EFSA, 2009c. Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*. 7(10):1351.
- EFSA, 2006. Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. *EFSA Journal*. 438, 1-54.
- EFSA, 2005. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonized approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. *EFSA Journal*. 282, 1-31.
- EFSA, 2004. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to mercury and methylmercury in food . *EFSA Journal*. 34, 1-14.
- EFSA, FAO, WHO. 2011a. Towards a harmonised Total Diet Study approach: a guidance document. Joint Guidance of EFSA, FAO and WHO. *EFSA Journal* 9(11), 2450.
- EFSA, FAO, WHO. 2011b. State of the art on Total Diet Studies based on the replies to the EFSA/FAO/WHO questionnaire on national total diet study approaches. Technical Report of EFSA, FAO and WHO. Supporting Publications: 206.
- Egan, S.K., Bolger, P.M., Carrington, C.D., 2007. Update of US FDA's Total Diet Study food list and diets. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 17, 573-582.
- Ekstrom, E.B., Morel, F.M., 2008. Cobalt limitation of growth and mercury methylation in sulfate-reducing bacteria. *Environmental Science & Technology*. 42, 93-99.

- EPA, 2007. Letter to S. Johnson (U.S. EPA) re: Advisory on EPA's Assessments of Carcinogenic Effects of Organic and Inorganic Arsenic: A Report of the US EPA Science Advisory Board. EPA Science Advisory Board. EPA-SAB-07-008, Available at: <http://epa.gov/sab/pdf/sab-07-008.pdf>.
- EPA, 2005. Guidelines for carcinogen risk assessment. Risk Assessment Forum. 630/P-03/001B.
- Ersoy, B., Yanar, Y., Kucukgulmez, A., Celik, M., 2006. Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass filets (*Dicentrarchus labrax* Linne,1785). Food Chemistry. 99(4), 748-751.
- Falcó, G., Bocio, A., Llobet, J.M., Domingo, J.L., 2005. Health risks of dietary intake of environmental pollutants by elite sportsmen and sportswomen. Food and Chemical Toxicology. 43, 1713-1721.
- Falcó, G., Llobet, J.M., Bocio, A., Domingo, J.L., 2006. Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54, 6106-6112.
- FAO/WHO, 2014. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comisión del Codex Alimentarius. 37º período de sesiones Ginebra (Suiza), 14-18 de julio.
- FAO/WHO, 2009. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. Environmental Health Criteria. 240. IPCS (International Program on Chemical Safety). Chapter 6. Dietary exposure assessment of chemicals in food
- FAO/WHO, 2008. Dietary exposure assessment of chemicals in food. Report of a Joint FAO/WHO consultation. annapolis, Maryland, USA. 2-6 may 2005. .
- FAO/WHO. Food Safety Risk Analysis A Guide for National Food Safety Authorities. 2006 FAO Food and Nutrition Paper 87 <http://www.fao.org/docrep/012/a0822e/a0822e00.htm>
- FAO/WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives. Sixty-fourth meeting. Rome, 8-17 February. 2005. Summary and conclusions
- FAO-WHO, 1995. Aplicación del análisis de riesgos a cuestiones de normas alimentarias. Informe de la consulta mixta FAO/WHO de expertos.
- Fattore, E., Fanelli, R., Turrini, A., Domenico, A.d., 2006. Current dietary exposure to polychlorodibenzo-p-dioxins, polychlorodibenzofurans, and dioxin-like polychlorobiphenyls in Italy. Molecular Nutrition & Food Research. 50, 915-921.
- FDA: U.S., Total Diet Study. Food and Drug Administration. , <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodScienceResearch/TotalDietStudy/UCM184301.pdf>.
- Fidalgo-Used, N., Blanco-González, E., Sanz-Medel, A., 2007. Sample handling strategies for the determination of persistent trace organic contaminants from biota samples. Analytica Chimica Acta. 590, 1-16.

- Food Safety Authority of Ireland, 2011. Report on a Total Diet Study carried out by the Food Safety Authority of Ireland in the period 2001-2005. Monitoring and Surveillance Series. , www.fsai.ie.
- Food Standards Agency, 2009. Measurement of the concentrations of metals and other elements from the 2006 UK Total Diet Study. 01/09.
- Food Standards Agency, 2004. 2000 Total Diet Study of 12 elements – aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, manganese, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. 48/04.
- FSANZ, 2011. The 23rd Australian. Total Diet Study. Food Standards Australia New Zealand. http://www.foodstandards.gov.au/publications/documents/FSANZ%2023rd%20ATDS_v8.pdf.
- FSANZ, 2008. The 22nd Australian total diet study. Food Standards Australia New Zealand. , 64.
- FSANZ, 2003. The 20th Australian total diet survey. Food Standards Australia New Zealand. , 62.
- Gibney, M.J., van der Voet, H., 2003. Introduction to the Monte Carlo project and the approach to the validation of probabilistic models of dietary exposure to selected food chemicals. Food Additives and Contaminants. 20(1), S1-S7.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., Groneberg, D., 2006. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. Journal of Occupational Medicine and Toxicology. 1:22, doi:10.1186/1745-6673-1-22.
- Gómara, B., Herrero, L., Gonzalez, M.J., 2006. Survey of Polybrominated Diphenyl Ether Levels in Spanish Commercial Foodstuffs. Environmental Science & Technology. 40, 7541-7547.
- González-Osnaya, L., Cortés, C., Soriano, J.M., Moltó, J.C., Mañes, J., 2011. Occurrence of deoxynivalenol and T-2 toxin in bread and pasta commercialised in Spain. Food Chemistry. 124, 156-161.
- Gonzalez-Weller, D., Karlsson, L., Caballero, A., Hernandez, F., Gutierrez, A., Gonzalez-Iglesias, T., Marino, M., Hardisson, A., 2006. Lead and cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain. Food Additives and Contaminants. 23, 757-763.
- Health Canada, 2007. Canadian Total Diet Study . Dietary Intakes of Contaminants and Other Chemicals for Different Age-Sex Groups of Canadians. Vancouver. , http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/total-diet/intake-apport/chem_age-sex_chim_2007-eng.php.
- Health Canada, 2006. Canadian Total Diet Study. Dietary Intakes of Contaminants and Other Chemicals for Different Age-Sex Groups of Canadians. Halifax. , http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/total-diet/intake-apport/chem_age-sex_chim_2006-eng.php.

- Health Canada, 2005. Canadian Total Diet Study. Dietary Intakes of Contaminants and Other Chemicals for Different Age-Sex Groups of Canadians. Toronto. , http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/surveill/total-diet/intake-apport/chem_age-sex_chim_2005-eng.php.
- Heitkemper, D.T., Kubachka, K.M., Halpin, P.R., Allen, M.N., Shockey, N.V., 2009. Survey of total arsenic and arsenic speciation in US-produced rice as a reference point for evaluating change and future trends. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*. 2, 112-120.
- Herreros, M.A., Iñigo-Nuñez, S., Sanchez-Perez, E., Encinas, T., Gonzalez-Bulnes, A., 2008. Contribution of fish consumption to heavy metals exposure in women of childbearing age from a Mediterranean country (Spain). *Food and Chemical Toxicology*. 46, 1591-1595.
- Hewett, P., Ganser, G.H., 2007. A comparison of several methods for analyzing censored data. *Ann. Occup. Hyg.* 51, 611-632.
- Hood, E., 2006. The apple bites back: claiming old orchards for residential development. *Environmental Health Perspectives*. 114 (8), A470-A476.
- Hsiao, H.-., Ullrich, S.M., Tanton, T.W., 2010. Burdens of mercury in residents of Temirtau, Kazakhstan. II: Verification of methodologies for estimating human exposure to high levels of Hg pollution in the environment. *Science on the Total Environment*. 408, 4033-4044.
- Huang, J.H., Fecher, p., Ilgen, G., Hu, K.N., Yang, J. 2012. Speciation of arsenite and arsenate in rice grain- verification of nitric acid based extraction method and mass sample survey. *Food Chem*. 130(2):305-32.
- Hughes, M.F., Beck, B.D., Chen, Y., Lewis, A.S., Thomas, D.J., 2011. Arsenic Exposure and Toxicology: A Historical Perspective. *Toxicological Sciences*. 123(2), 305-332 doi: 10.1093/toxsci/kfr184.
- Jalón, M., Urieta, I., Macho, M.L., Azpiri, M., *Vigilancia de la Contaminación Química de los Alimentos en la Comunidad Autónoma del País Vasco: 1990-1995*. 2010.
- Jogsten, I.E., Perelló, G., Llebaria, X., Bigas, E., Marti-Cid, R., Karrman, A., Domingo, J.L., 2009. Exposure to perfluorinated compounds in Catalonia, Spain, through consumption of various raw and cooked foodstuffs, including packaged food. *Food and Chemical Toxicology*. 47(7), 1577-1583.
- Johnson, R.K., 2002. Dietary intake—how do we measure what people are really eating? *Obesity Research*. 10, 63S-68S.
- Jorhem, L., Astrand, C., Sundstrom, B., Baxter, M., Stokes, P., Lewis, J., Grawe, K.P., 2008. Elements in rice from the Swedish market: 1. Cadmium, lead and arsenic (total and inorganic). *Food Additives and Contaminants Part A*. 25, 284-292.
- Katner, A., Sun, M., Suffet, M., 2010. An evaluation of mercury levels in Louisiana fish: Trends and public health issues. *Science of The Total Environment*. 408, 5707-5714.

- Kazerouni, N., Sinha, R., Hsu, C., Greenberg, A., Rothman, N., 2001. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food and Chemical Toxicology*. 39, 423-436.
- Kim, M.K., Zoh, K.D., 2012. Fate and Transport of Mercury in Environmental Media and Human Exposure. *Journal of Preventive Medicine & Public Health*. 45, 335-343.
- Kim, J.H., Lee, J.Y., Seo, J.E., Jeong, J.Y., Jung, K.K., yoo, H.J., Park, K.S., 2012. Lead, cadmium and mercury levels in the 2010 Korean diet. *Food Additives & Contaminants Part B-Surveillance*. 5, 260-264.
- Kiviranta, H., Ovaskainen, M., Vartiainen, T., 2004. Market basket study on dietary intake of PCDD/Fs, PCBs, and PBDEs in Finland. *Environment International*. 30, 923-932.
- Koh, E., Shin, H., Yon, M., Nam, J.W., Lee, Y., Kim, D., Lee, J., Kim, M., Park, S., Choi, H., Kim, C., 2012. Measures for a closer-to-real estimate of dietary exposure to total mercury and lead in total diet study for Koreans. *Nutrition Research and Practice*. 6(5), 436-443.
- Kroes, R., Müller, D., Lambe, J., Löwik, M.R.H., van Klaveren, J., Kleiner, J., Massey, R., Mayer, S., Urieta, I., Verger, P., Visconti, A., 2002. Assessment of intake from the diet. *Food and Chemical Toxicology*. 40, 327-385.
- Kwon, Y.M., Lee, H.S., Yoo, D.C., Kim, C.H., Kim, G.S., Kim, J.A., Lee, Y.N., Kim, Y.S., Kang, K.M., No, K.M., Paek, O.J., Seo, J.H., Choi, H., Park, S.K., Choi, D.M., Kim, D.S., Choi, D.W., 2009. Dietary exposure and risk assessment of mercury from the Korean total diet study. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*. 72, 1484-1492.
- Lambe, J., Kearney, J., Leclercq, C., Zunft, HFJ., Henauw, s. De, Lamberg-Allardt, CJE., Dunne, a., Gibney. MJ., 2000. The influence of survey duration on estimates of food intakes and its relevance for public health nutrition and food safety issues. *European Journal of Clinical Nutrition*. 54, 166-173
- Larsen, E.H., Andersen, N.L., Moller, A., Petersen, A., Mortensen, G.K., Petersen, J., 2002. Monitoring the content and intake of trace elements from food in Denmark. *Food Additives and Contaminants*. 19, 33-46.
- Leblanc, J.C., Guerin, T., Noël, L., Calamassi-Tran, G., Volatier, J., Verger, P., 2005a. Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*. 22(7), 624-641.
- Leblanc, J.C., Tard, A., Volatier, J.L., Verger, P., 2005c. Estimated dietary exposure to principal food mycotoxins from the first French Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*. 22, 652-672.
- Leufroy, A., Noël, L., Dufailly, V., Beauchemin, D., Guérin, T., 2011. Determination of seven arsenic species in seafood by ion exchange chromatography coupled to inductively coupled plasma-mass spectrometry following microwave assisted extraction: Method validation and occurrence data. *Talanta*. 83, 770-779.

- Li, J.G., Wu, Y.N., Zhang, L., Zhao, Y.F., 2007. Dietary intake of polychlorinated dioxins, furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls from foods of animal origin in China. *Food Addit. Contam.* 24, 186-193.
- Liang, C.P., Jang, C.S., Chen, J.S., Wang, S.W., Lee, J.J., Liu, C.W., 2012. Probabilistic health risk assessment for ingestion of seafood farmed in arsenic contaminated groundwater in Taiwan. *Environmental Geochemistry and Health.* , doi 10.1007/s10653-012-9507-6.
- Liang, F., Li, Y., Zhang, G., Tan, M., Lin, J., Liu, W., Li, Y., Lu, W., 2010. Total and speciated arsenic levels in rice from China. *Food Additives & Contaminants: Part A.* 27, 810-816.
- Linares, V., Perello, G., Nadal, M., Gomez-Catalan, J., Llobet, J.M., Domingo, J.L., 2010. Environmental versus dietary exposure to POPs and metals: a probabilistic assessment of human health risks. *Journal of Environmental Monitoring.* 12, 681-688.
- Liu, P., Li, C.Y., Wang, C.N., Sun, J.F., Min, J., Hu, D., Wu, Y.,N., 2011. Calculation of the dietary exposure of Chinese consumers to acephate residues using deterministic and probabilistic approaches. *Food Additives & Contaminants: Part A.* 28 N°5, 649-658.
- Llobet, J.M., Falcó, G., Casas, C., Teixidó, A., Domingo, J.L., 2003. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 142, 309-322.
- Llop, S., Ibarlucea, J., Sunyer, J., Ballester, F., 2013. Estado actual sobre la exposición alimentaria al mercurio durante el embarazo y la infancia y recomendaciones en salud pública. *Gaceta Sanitaria.* 27(3), 273-278.
- López,A.,Rueda, C., Armentia, A., Rodríguez, M., Cuervo, L., Ocio, J.A., 2003. Validation and sensitivity analysis of a probabilistic model for dietary exposure assessment to pesticide residues with a Basque Country duplicate diet study. *Food Additives and Contaminants - Part A.* 20 Supplement1, S87-S101.
- Lynch, H.N., Greenberg, G.I., Pollock, M.C., Lewis, A.S. 2014. A comprehensive evaluation of inorganic arsenic in food and considerations for dietary intake analyses. *Science of the total environment* 496: 299-313.
- Mandal, K.B., Suzuki, K.T., 2002. Arsenic round the world: a review. *Talanta.* 58, 201-235.
- Martí-Cid, R., Llobet, J.M., Castell, V., Domingo, J.L., 2008. Dietary intake of Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead by the Population of Catalonia, Spain. *Biol. Trace Elem. Res.* 125, 120-132.
- Martí-Cid, R., Bocio, A., Llobet, J.M., Domingo, J.L., 2007a. Intake of chemical contaminants through fish and seafood consumption by children of Catalonia, Spain: Health risks. *Food and Chemical Toxicology.* 45, 1968-1974.
- Martín Moreno, J.M., Gorgojo, L., 2007. Valoración de la ingesta dietética a nivel poblacional mediante cuestionarios individuales: sombras y luces metodológicas. *Revista Española de Salud Pública.* 81, 507-518.

- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J.M., Castell, V., Domingo, J.L., 2011. Human Exposure to Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead from Foods in Catalonia, Spain: Temporal Trend. *Biological Trace Element Research*. 142, 309-322.
- Mataix Verdú, J., 2009. Tabla de composición de alimentos. Universidad de Granada.
- McNamara, C., Naddy, B., Rohan, D., Sexton, J., 2003. Design, development and validation of software for modelling dietary exposure to food chemicals and nutrients. *Food Additives & Contaminants*. 20, S8-S26.
- McNamara, C., Rohan, D., Golden, D., Gibney, M., Hall, B., Tozer, S., Safford, B., Coroama, M., Leneveu-Duchemin, M.C., Steiling, W., 2007. Probabilistic modelling of european consumer exposure to cosmetic products: Review. *Food and Chemical Toxicology*. 45, 2086-2096.
- Meharg, A.A., Sun, G., Williams, P.N., Adomako, E., Deacon, C., Zhu, Y.G., Feldmann, J., Raab, A., 2008. Inorganic Arsenic levels in baby rice are of concern. *Environmental Pollution*. 152, 746-749.
- Meharg, A.A., Williams, P.N., Adomako, E., Lawgali, Y.Y., Deacon, C., Villada, A., Cambell, R.C.J., Sun, G., Zhu, Y.G., Felldmann, J., Raab, A., Zhao, F.J., Isman, R., Hossain, S., Yanai, J., 2009. Geographical variation in total and inorganic Arsenic content of polished (white) rice. *Environmental Science and Technology*. 43, 1612-1617.
- Mergler, D., Anderson, H.A., Chan, L.H.M., Mahaffey, K.R., Murray, M., Sakamoto, M., Stern, A.H., 2007. Methylmercury exposure and health effects in humans: a worldwide concern. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 36, 3-11.
- Millour, S., Noël, L., Kadar, A., Chekri, R., Vastel, C., Sirot, V., Leblanc, J., Guérrin, T., 2011. Pb, Hg, Cd, As, Sb and Al levels in foodstuffs from the 2nd French total diet study. *Food Chemistry*. 126, 1787-1799.
- Moffat, C.F., Whittle, K.J. 1999. Introduction. Moffat, C.F., Whittle, K.J. (Eds.). *Environmental Contaminants in Food*. Sheffield Academic Press, England, pp. 146-203.
- Moon, H.B., Kim, S.J., Park, H., Jung, Y.S., Lee, S., Kim, Y.H., Choi, M., 2011. Exposure assessment for methyl and total mercury from seafood consumption in Korea, 2005 to 2008 *Journal of Environmental monitoring : JEM*. 13, 2400-2405.
- Muñoz, O., Vélez, D., Montoro, R., 1999. Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic (As^{III}+As^V) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. *Analyst*. 124, 601-607.
- Muñoz, O., Bastias, J.M., Araya, M., Morales, A., Orellana, C., Rebolledo, R., Velez, D., 2005. Estimation of the dietary intake of cadmium, lead, mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology*. 43, 1647-1655.

- Nadal, M., Ferré-Huguet, N., Martí-Cid, R., Schuhmacher, M., Domingo, J.L., 2008. Exposure to metals through the consumption of fish and seafood by the population living near the Ebro river in Catalonia, Spain: Health risks. *Human and Ecological Risk Assessment*. 14, 780-795.
- Nasreddine, L., Nashalian, O., Naja, F., Itani, L., Parent-Massin, D., Nabhani-Zeidan, M., Awalla, N., 2010. Dietary exposure to essential and toxic trace elements from a Total Diet study in an adult Lebanese urban population. *Food and Chemical Toxicology*. 48, 1262-1269.
- Nasreddine, L., Hwalla, N., El Samad, O., LeBlanc, J.C., Hamze, M., Sibiril, Y., Parent-Massin, D., 2006. Dietary exposure to lead, cadmium, mercury and radionuclides of an adult urban population in Lebanon: a total diet study approach. *Food Additives and Contaminants Part A*. 23, 579-590.
- Olmedo, P.; Pla, A.; Hernández, A.F.; Barbier, F.; Ayouni, L.; Gil, F. 2013. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environmental International*. 59,63-72.
- Parlamento y Consejo UE, 1998. Directiva 98/70/CE, relativa a la calidad de la gasolina y el gasóleo y por la que se modifica la Directiva 93/12/CEE. DOUE. L350.
- Parlamento y Consejo UE, 2002. Reglamento (CE) Nº 178/2002 ,de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. DOUE. L31:1-24.
- Parlamento y Consejo UE, 2004. Reglamento (CE) Nº 850/2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes y por el que se modifica la Directiva 79/117/CEE. DOUE. L158, 7-49.
- Parlamento y Consejo UE, 2006. Reglamento (CE) nº 1907/2006, de 18 de diciembre sobre el registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión. DOUE. L396, 1-852.
- Parlamento y Consejo UE, 2008. Directiva 2008/50/CE, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera mas límpia en Europa. DOUE. L152.
- Pennington, J.A., Hernandez, T.B., 2002. Core foods of the US food supply. *Food Addit. Contam.* 19, 246-271.
- Perelló, G., Martí-Cid, R., Castell, V., Llobet, J.M., Domingo, J.L., 2009. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, hexachlorobenzene and polycyclic aromatic hydrocarbons in various foodstuffs before and after cooking. *Food and Chemical Toxicology*. 47(4), 709-715.

- Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J.M., Domingo, J.L., 2008. Effects of various cooking processes on the concentrations of Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead in Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56, 11262-11269.
- Perelló, G., Martí-Cid, R., Castell, V., Llobet, J.M., Domingo, J.L., 2010. Influence of various cooking processes on the concentrations of PCDD/PCDFs, PCBs and PCDEs in foods. *Food Control*. 21, 178-185.
- Picó, Y., Barceló, D., 2008. The expanding role of LC-MS in analyzing metabolites and degradation products of food contaminants. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 27, 821-835.
- Radwan, M.A., Salama, A.K., 2006. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*. 44, 1273-1278.
- Raghunath, R., Tripathi, R.M., Suseela, B., Bhalke, S., Shukla, V.K., Puranik, V.D., 2006a. Dietary intake of metals by Mumbai adult population. *Science of The Total Environment*. 356, 62-68.
- Ramon, R., Murcia, M., Aguinagalde, X., Amurrio, A., Llop, S., Ibarluzea, J., Lertxundi, A., Alvarez-Pedrerol, M., Casas, M., Vioque, J., Sunyer, J., Tardon, A., Martinez-Arguelles, B., Ballester, F., 2011. Prenatal mercury exposure in a multicenter cohort study in Spain. *Environ. Int.* 37, 597-604.
- Rasmussen, R.R., Quian, Y., Sloth, J.J., 2013. SPE HG-AAS method for the determination of inorganic arsenic in rice- results from method validation studies and a survey on rice products. *Anal. Bioanal. Chem.* 405(24):7851-7.
- Rasmussen, P.H., Petersen, A., Ghorbani, F., 2007. Annual variation of deoxynivalenol in Danish wheat flour 1998-2003 and estimated daily intake by the Danish population. *Food Additives and Contaminants*. 24, 315-325.
- RD 1424/1983, de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la obtención, circulación y venta de la sal y salmueras comestibles. BOE. 130.
- RD 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. BOE. 16.
- RD 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. BOE. 17.
- Ridgway, K., Lalljie, S.P., Smith, R.M., 2007. Sample preparation techniques for the determination of trace residues and contaminants in foods. *Journal of Chromatography A*. 1153, 36-53.
- Roosens, L., Cornelis, C., D'Hollander, W., Bervoets, L., Reynders, H., Van Campenhout, K., Van Den Heuvel, R., Neels, H., Covaci, A., 2010. Exposure of the Flemish population to brominated flame retardants: Model and risk assessment. *Environment international*. 36, 368-376.

- Rose, M., Baxter, M., Brereton, N., Baskaran, C., 2010. Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK total diet study and some trends over the last 30 years. *Food Additives and Contaminants Part A*. 27, 1380-1404.
- Rubio, C., González-Iglesias, T., Revert, C., Reguera, J.I., Gutiérrez, A.J., Hardisson, A., 2005. Lead dietary intake in a Spanish population (Canary Islands). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53, 6543-6549.
- Rubio, C., Gutierrez, A., Burgos, A., Hardisson, A., 2008. Total dietary intake of mercury in the Canary Islands, Spain. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 25, 946-952.
- Ruelas-Inzunza, J., Páez-Osuna, F., Ruiz-Fernández, A.C., Zamora-Arellano, N., 2011. Health risk associated to dietary intake of mercury in selected coastal areas of Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 86, 180-188.
- Ruprich, J., 2013. Selecting Chemicals for a Total Diet Study. In: Moy, G.G., Vannoort, R.W. (Eds.). *Total Diet Studies*. Springer, New York, pp. 63.
- Ruttens, A., Blanpain, A.C., Temmerman, L.D., Waegeneers, N., 2012. Arsenic speciation in food in Belgium. Part 1: Fish, molluscs and crustaceans. *Journal and Geochemical Exploration*. 121, 55-61.
- Ruíz de Cenzano, M.; Rochina-Marco, A.; Cervera, M.L.; de la Guardia, M., 2014. Speciation of methylmercury in market seafood by thermal degradation, amalgamation and atomic absorption spectroscopy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 107, 90-96
- Sack, C.A., 2013. Analyzing Food Samples- Organic Chemicals. In: Moy, G.G., Vannoort, R.W. (Eds.). *Total Diet Studies*. Springer, New York, pp. 103-125.
- Sahuquillo, I., Lagarda, M.J., Silvestre, M.D., Farre, R., 2007. Methylmercury determination in fish and seafood products and estimated daily intake for the Spanish population. *Food Additives and Contaminants*. 24, 869-876.
- Sasamoto, T., Ushio, F., Kikutani, N., Saitoh, Y., Yamaki, Y., Hashimoto, T., Horii, S., Nakagawa, J., Ibe, A., 2006. Estimation of 1999–2004 dietary daily intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs by a total diet study in metropolitan Tokyo, Japan. *Chemosphere*. 64, 634-641.
- Schothorst, R.C., Jekel, A.A., Van Egmond, H.P., De Mul, A., Boon, P.E., Van Klaveren, J.D., 2005. Determination of trichothecenes in duplicate diets of young children by capillary gas chromatography with mass spectrometric detection. *Food Additives and Contaminants*. 22, 48-55.
- Schuhmacher, R., Sulyok, M., Krska, R., 2008. Recent developments in the application of liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the determination of organic residues and contaminants. *Analytical and bioanalytical chemistry*. 390, 253-256.
- Serra Majem, L., Aranceta Bartrina, J., 2006. *Nutrición y salud pública*. Elsevier, Barcelona.

- Serra Majem, L., Ribas Barba, L., Salvador Castell, G., Castell Abat, C., Román Viñas, B., Serra Farró, J., 2006. Avaluació de l'estat nutricional de la població catalana 200-2003. Evolució dels hàbits alimentaris i del consum d'aliments i nutrients a Catalunya (1992-2003). Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya.
- Shang, X.H., Li, X.W., Zhang, L., Zhao, Y.F., Wu, Y.N., 2010. Estimation of methylmercury intake from the 2007 Chinese total diet study. *Food Additives and Contaminants Part B Surveillance*. 3, 236-245.
- Shephard, G.S., Marasas, W.F., Burger, H.M., Somdyala, N.I., Rheeder, J.P., Van der Westhuizen, L., Gatyeni, P., Van Schalkwyk, D.J., 2007. Exposure assessment for fumonisins in the former Transkei region of South Africa. *Food Additives and Contaminants*. 24, 621-629.
- Sirot, V., Guérin, T., Leblanc, J.-., 2009a. Dietary exposure and biomarkers of arsenic in consumers of fish and shellfish from France. *Science of The Total Environment*. 407, 1875-1885.
- Sirot, V., Volatier, J.L., Calamassi-Tran, G., Dubuisson, C., Ménard, C., Dufour, A., Leblanc, J.C., 2009b. Core food of the French food supply: Second Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 26, 623-639.
- Syversen, T., Kaur, P. 2012. The toxicology of mercury and its compounds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 26, 215-226
- Sizoo, E.A., van Egmond, H.P., 2005. Analysis of duplicate 24-hour diet samples for aflatoxin B₁, aflatoxin M₁ and ochratoxin A. *Food Additives and Contaminants*. 22, 163-172.
- Skrbic, B., Zivancev, J., Mrmos, N., 2013. Concentrations of arsenic, cadmium and lead in selected foodstuffs from Serbian market basket: Estimated intake by the population from the Serbia. *Food and Chemical Toxicology*. 58, 440-448.
- Sloth, J.J., Julshamn, K., 2008. Survey of total and inorganic arsenic content in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) from Norwegian fiords: revelation of unusual high levels of inorganic arsenic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(4), 1269-1273.
- Soghoian, S., Sinert, R., 2009. Toxicity, heavy metals. *Medical Toxicology*. , 11.
- Sommella, A., Deacon, C., Norton, G., Pigna, M., Violante, A., Meharg, A.A., 2013. Total Arsenic, inorganic arsenic, and other elements concentrations in Italian rice grain varies with origin and type. *Environmental Pollution*. 181, 38-43.
- Storelli, M.M., Barone, G., 2013. Toxic Metals (Hg, Pb, and Cd) in Commercially Important Demersal Fish from Mediterranean Sea: Contamination Levels and Dietary Exposure Assessment. *Journal of Food Science*. 78, 362-366.
- Storelli, M.M., 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*. 46, 2782-2788.

- Storelli, M.M., Barone, G., Piscitelli, G., Marcotrigiano, G.O., 2007. Mercury in fish: concentration vs. fish size and estimates of mercury intake. *Food Additives and Contaminants*. 24, 1353-1357.
- Storelli, M.M., Storelli, A., Giacomini-Stuffler, R., Marcotrigiano, G.O., 2005. Mercury speciation in the muscle of two commercially important fish, hake (*Merluccius merluccius*) and striped mullet (*Mullus barbatus*) from the Mediterranean sea: estimated weekly intake. *Food Chemistry*. 89, 295-300.
- Sugita-Konishi, Y., Sato, T., Saito, S., Nakajima, M., Tabata, S., Tanaka, T., Norizuki, H., Itoh, Y., Kai, S., Sugiyama, K., Kamata, Y., Yoshiike, N., Kumagai, S., 2010. Exposure to aflatoxins in Japan: risk assessment for aflatoxin B1. *Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*. 27, 365-372.
- Tang, A.S.P., Kwong, K.P., Chung, S., W.C., Ho, Y.Y., Xiao, Y., 2009. Dietary exposure of Hong Kong secondary school students to total mercury and methylmercury from fish intake. *Food Additives & Contaminants Part B*. 2 N°1, 8-14.
- Tard, A., Gallotti, S., Leblanc, J.C., Volatier, J.L., 2007. Dioxins, furans and dioxin-like PCBs: occurrence in food and dietary intake in France. *Food Additives and Contaminants*. 24, 1007-1017.
- Thompson, F.E., Subar, A.F., 2013. Dietary Assessment Methodology. In: Coulston, A.M., Boushey, C.J., Ferruzzi, M.G. (Eds.). *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. Elsevier, pp. 3-38.
- Tobiszewski, M., Mechlinska, A., Zygmunt, B., Namiesnik, J., 2009. Green analytical chemistry in sample preparation for determination of trace organic pollutants. *Trends in Analytical Chemistry*. 28 n°8, 943-951.
- Torres-Escribano, S., Leal, M., Vélez, D., Montoro, R., 2008. Total and inorganic arsenic concentrations in rice sold in Spain, effect of cooking, and risk assessments. *Environmental Science and Technology*. 42, 3867-3872.
- Torres-Escribano, S., Vélez, D., Montoro, R., 2010. Mercury and methylmercury bioaccessibility in swordfish. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*. 27, 327-337.
- Trudel, D., Tlustos, C., von Goetz, N., Scheringer, M., Reicher, P., Hungerbühler, K., 2011. Exposure of the Irish population to PBDEs in food: consideration of parameter uncertainty and variability for risk assessment. *Food Additives and Contaminants Part A*. 28(7), 943-955.
- UNEP, 2013. *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. UNEP. Chemicals Branch, Geneva, Switzerland.
- UNEP, 2010a. *Final review of scientific information of lead*. UNEP. Chemicals Branch, DTIE. versión Diciembre 2010, 215.
- UNEP, 2010b. *Final review of scientific information on cadmium*. UNEP. Chemical Branch, DTIE.
- UNEP, 2010c. *Final review of scientific information on lead*. Chemical branch, DTIE.

- Urieta, I., Jalon, M., Eguilero, I., 1996. Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M1, iron and zinc through the Total Diet Study, 1990/91. *Food Additives and Contaminants*. 13, 29-52.
- Urieta, I., Jalon, M., Garcia, J., Gonzalez de Galdeano, L., 1991. Food surveillance in the Basque country (Spain) I. The design of a total diet study. *Food Additives and Contaminants*. 8, 371-380.
- US ATSDR, 2012. Toxicological profile for cadmium. , 425.
- US ATSDR, 2007a. Resumen de Salud pública Arsénico. CAS#:7440-38-2.
- US ATSDR, 2007b. Toxicological profile for Arsenic. , 493.
- US ATSDR, 2007c. Toxicological Profile for lead. , 523.
- Vannoort, R.W., Abbey, J.L., Leemhuis, C., Mooney, C., 2013. Food Sampling and Preparation in a Total Diet Study. In: Moy, G.G., Vannoort, R.W. (Eds.). *Total Diet Studies*. Springer, pp. 83-101.
- Vannoort, R.W., Thomson, B.M., 2011. 2009 New Zealand Total Diet Study Agricultural compound residues, selected contaminant and nutrient elements. Ministry of Agriculture and Forestry.
- Vioque, J., Quiles, J., 2003. Encuesta de Nutrición y Salud de la Comunitat Valenciana.
- Vose, D., 2008. Risk analysis: a quantitative guide. John Wiley & Sons.
- Wang, H.S., Xu, W.F., Chen, Z.J., Cheng, Z., Ge, L.C., Man, Y.B., Giespy, J.P., Du, J., Wong, c., Wong, M.H., 2013. In vitro estimation of exposure of Hong Kong residents to mercury and methylmercury via consumption of market fishes. *Journal of hazardous materials*. 248-249, 387-393.
- Wang, I., Wu, Y., Lin, L., Chang-Chien, G., 2009. Human dietary exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in Taiwan. *J. Hazard. Mater.* 164, 621-626.
- Watanabe, N., Tayama, M., Inouye, M., Yasutake, A., 2012a. Distribution and chemical form of mercury in commercial fish tissues. *The Journal of Toxicological Sciences*. 37, 853-861.
- Watanabe, T., Nakatsuka, H., Shimbo, S., Yaginuma-Sakurai, K., Ikeda, M., 2012b. High cadmium and low lead exposure of children in Japan. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. , DOI 10.1007/s00420-012-0821-1.
- WHO, 2012. Alianza mundial para eliminar el uso de plomo en la pintura. PNUMA. 2014, http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Info/business_plan_es.pdf.

-
- WHO, 2011a. Evaluation of certain contaminants in food. Seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series. 959.
- WHO, 2011b. Evaluation of certain food additives and contaminants seventy-third report Joint FAO/WHO Expert Committee Technical Report Series . WHO Technical Report Series. 960.
- WHO, 2011c. Guidelines for drinking water quality. 4^a Edición.
- WHO, 2010. Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemicals Hazards. IPCS(International Program on Chemical Safety). , 86.
- WHO, 2009. Assessment of Combined Exposures to Multiple Chemicals: Report of a WHO/IPCS International Workshop. IPCS (International Program on Chemical Safety).
- WHO, 2008a. Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food Environmental Health criteria 240. IPCS (International Program on Chemical Safety). Chapter 7: Risk Characterisation.
- WHO, 2008b. Uncertainty and data quality in exposure assessment. IPCS(International Program on Chemical Safety). , 158.
- WHO, 2007. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. Joint WHO/Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution WHO Regional Office for Europe.
- WHO, 2006a. Evaluation of Certain Food Contaminants. Sixty-fourth report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series. 930.
- WHO, 2006b. GEMS/Food Total Diet Studies. Report of the 4th International Workshop on Total Diet Studies. Beijing China; 23-27 October 2006.
- WHO, 2005a. Third International Workshop on Total Diet Studies. Paris France; 4-21 May 2004.
- WHO, 2005b. Total Diet Studies. A recipe for safe food. GEMS/Food.
- WHO, 2004. Evaluation of certain food additives and contaminants. Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series. 922.
- WHO, 2003. Health risks of persistent organic pollutants from long-range transboundary air pollution. Copenhagen
- WHO, 2002. Second International Workshop on Total Diet Studies. Brisbane Australia; 4-15 February 2002.
- WHO, 1999. GEMS/Food Total Diet Study. Report of a Joint USFDA/WHO International Workshop on Total Diet Studies in cooperation with the Pan American Health Organization. Kansas City. Missouri, USA. 26 July-6 August 1999. Third International Workshop on Total Diet Studies.

- Whyte, A., Raumati Hook, G., Greening, G.E., GibbsSmith, E., Gardner, J.P., 2009. Human dietary exposure to heavy metals via the consumption of greenshell mussels (*Perna canaliculus* Gmelin 1791) from de Bay of Islands, northern New Zealand. *Science of the Total Environmental*. 407(14), 4348-4355.
- Wilhelm, M., Wittsiepe, J., Schrey, P., Hilbig, A., Kersting, M., 2005. Consumption of homegrown products does not increase dietary intake of arsenic, cadmium, lead, and mercury by young children living in an industrialized area of Germany. *Science of The Total Environment*. 343, 61-70.
- Wilhelm, M., Schrey, P., Wittsiepe, J., Heinzow, B., 2002. Dietary intake of persistent organic pollutants (POPs) by German children using duplicate portion sampling. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 204, 359-362.
- Willett, W., 2012. *Nutritional epidemiology*. Oxford University Press.
- Williams, P.N., Raab, A., Feldmann, J., Meharg, A.A., 2007. Market basket survey shows elevated levels of as in South Central U.S. processed rice compared to California: Consequences for human dietary exposure. *Environmental Science and Technology*. 41, 2178-2183.
- Windal, I., Vandevijvere, S., Maleki, M., Gosciny, S., Vinkx, C., Focant, J.F., Eppe, G., Hanot, V., Van Looco, J., 2010. Dietary intake of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs of the Belgian population. *Chemosphere*. 79, 334-340.
- Wong, W.W.K., Chung, S., W.C., Chan, B., T.P., Ho, Y.Y., Xiao, Y., 2013. Dietary exposure to inorganic arsenic of the Hong Kong population: Results of the first Hong Kong Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology*. 51, 379-385.
- Xue, J., Zartarian, V., Wang, S.W., Liu, S.V., Georgopoulos, P., 2010. Probabilistic Modeling of Dietary Arsenic Exposure and Dose And Evaluation with 2003-2004 NHANES Data. *Environmental Health Perspectives*. 118(3), 345.
- Yusà, V., Suelves, T., Ruiz-Atienza, L., Cervera, M.L., Benedito, V., Pastor, A., 2008. Monitoring programme on cadmium, lead and mercury in fish and seafood from Valencia, Spain: levels and estimated weekly intake. *Food Additives and Contaminants: Part B: Surveillance*. 1, 22.
- Zahir, F., Rizwi, S.J., Haq, S.K., Khan, R.H., 2005. Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 20, 351-360.
- Zavala, Y.J., Gerads, R., Gürleyük, H., Duxbury, J.M., 2008a. Arsenic in rice: I. Estimating normal levels of total arsenic in rice grain. *Environmental Science & Technology*. 42 N°10, 3856-3860.
- Zavala, Y.J., Gerads, R., Gürleyük, H., Duxbury, J.M., 2008b. Arsenic in rice: II. arsenic Speciation in USA grain and implications for human health. *Environmental Science & Technology*. 42, 3861-3866.
- Zeid, A.A.O., 2010. Lead contamination in selected foods from Riyadh city market and estimation of the daily intake. *Molecules*. 15, 7482-7497.

-
- Zhang, Y., Nakai, S., Masunaga, S., 2009. An Exposure Assessment of Methyl Mercury via Fish Consumption for the Japanese Population. *Risk Analysis*. 29 (9), 1281-1291.
- Zhang, L., Wong, M.H., 2007. Environmental mercury contamination in China: Sources and impacts. *Environmental International* 33:108-121.
- Zhao, F.J., Zhu, Y.G., Meharg, A.A., 2013. Methylated Arsenic species in rice: Geographical variation, origin, and uptake mechanisms. *Environmental Science & Technology*. 47, 3957-3966.
- Zheng, N., Wang, Q., Zhang, X., Zheng, D., Zhang, Z., Zhang, S., 2007. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. *Science of The Total Environment*. 387, 96-104.

ANEXO

Cálculo determinista de la ingesta de Pb para la población adulta para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA1

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Pb (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Pb adultos (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Pb adultos (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,26	0,64	13,50	3,54	8,59
Aceite de semillas	0,03	0,22	15,45	0,45	3,33
OTROS	0,00	0,00	15,25	0,00	0,00
Carne de pollo	0,73	3,04	2,50	1,83	7,61
Carne de cerdo	0,24	1,89	3,50	0,85	6,62
Carne de ternera	0,31	1,92	3,00	0,92	5,76
Carne de cordero	0,06	0,00	3,00	0,18	0,00
Carne de conejo	0,05	0,31	3,00	0,14	0,92
Hamburguesas	0,09	0,09	25,65	2,31	2,31
Embutidos frescos	0,06	0,00	26,30	1,60	0,00
Jamón curado	0,14	0,90	10,75	1,55	9,63
Embutidos curados	0,08	0,47	61,80	4,71	29,13
Jamón cocido	0,14	0,81	20,30	2,91	16,36
Paté	0,01	0,00	30,85	0,19	0,00
Visceras	0,02	0,00	26,65	0,40	0,00
Otros	0,00	0,00	14,90	0,00	0,00
Conservas pescado	0,14	0,72	8,05	1,13	5,76
Bonito y atun	0,01	0,00	11,33	0,16	0,00
Calamar y sepia	0,07	0,50	11,74	0,85	5,93
Dorada y lubina	0,02	0,00	7,84	0,16	0,00
Pez espada	0,04	0,00	4,46	0,19	0,00
Crustaceos	0,04	0,30	24,63	0,94	7,34
Mejillón	0,04	0,00	230,22	8,56	0,00
Pescado blanco	0,24	0,83	3,98	0,96	3,32
Salmón y trucha	0,02	0,00	7,74	0,17	0,00
Sardina y boquerón	0,03	0,00	35,20	0,95	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	27,65	0,08	0,07
Pescado ahumado	0,01	0,00	15,48	0,11	0,00
Otros	0,00	0,00	13,21	0,00	0,00
Huevos de gallina	0,34	1,63	3,80	1,31	6,22
Leche	1,45	7,62	2,17	3,16	16,56
Queso	0,24	1,70	18,27	4,45	31,00
Yogur	0,58	3,85	1,95	1,13	7,50
Natillas , flanes y batidos	0,13	0,00	4,12	0,54	0,00
Mantequilla	0,02	0,14	18,65	0,28	2,60
Productos soja	0,15	0,00	9,01	1,36	0,00
Otros	0,00	0,00	8,27	0,00	0,00
Bollería	0,15	0,85	35,49	5,22	30,29
Cereales de desayuno	0,04	0,36	46,50	2,06	16,63
Galletas	0,14	0,82	40,50	5,87	33,35
Pan blanco	1,08	3,11	24,22	26,13	75,20
Pan de molde	0,16	0,93	33,14	5,24	30,84
Pan integral	0,07	0,47	30,05	2,16	14,23
Pasta	0,22	1,23	47,00	10,17	57,62
Arroz	0,29	1,27	8,60	2,46	10,95
Patatas	0,16	1,01	6,94	1,10	7,01
Legumbres	0,14	0,73	50,50	6,96	36,71
Frutos secos	0,02	0,00	38,50	0,92	0,00
Otros	0,00	0,00	34,91	0,00	0,00
Espinacas y acelgas	0,07	0,00	10,69	0,70	0,00
Lechuga, endivia y escarola	0,17	0,95	1,15	0,20	1,09
Judías verdes	0,11	0,59	2,02	0,23	1,19
Cebollas y cebolletas	0,28	1,30	1,74	0,49	2,26
Ajo	0,01	0,06	6,30	0,07	0,37
Pimiento	0,13	0,80	2,58	0,33	2,08
Berenjena, calabacín y pepino	0,23	1,13	4,84	1,12	5,46
Zanahorias y calabazas	0,21	1,14	5,94	1,28	6,79
Tomate	0,87	3,55	0,80	0,69	2,84
Setas y champiñón	0,03	0,00	4,46	0,15	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollt	0,05	0,00	1,20	0,06	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y ápi	0,06	0,00	2,18	0,14	0,00
Naranja	0,68	5,26	1,20	0,82	6,31
Fresas, fresones y frambuesas	0,00	0,00	2,33	0,01	0,00
Manzana y pera	0,59	4,48	3,14	1,86	14,09
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	2,99	0,25	0,00
Melocotón y albaricoque	0,35	2,51	2,76	0,97	6,95
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	3,10	0,18	0,00
Melón y sandía	0,61	5,90	1,50	0,92	8,86
Plátanos	0,34	2,35	3,43	1,17	8,07
Aceitunas y encurtidos	0,03	0,26	40,00	1,25	10,21
Café y café soluble	0,03	0,00	29,00	0,90	0,00
Otros	0,00	0,00	2,89	0,00	0,00
Refrescos gas	1,38	8,35	1,17	1,61	9,75
Zumos naranja	0,14	0,00	5,06	0,70	0,00
Zumos piña y melocotón	0,22	2,44	13,67	3,04	33,33
Otros	0,00	0,00	5,06	0,00	0,00
agua envasada	10,11	27,93	10,00	101,14	279,30
Cerveza	0,80	5,50	1,15	0,92	6,34
Vino de mesa	0,46	2,99	10,00	4,55	29,85
Otros	0,00	0,00	7,85	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,06	0,23	58,00	3,59	13,56
Azúcar	0,11	0,47	23,20	2,60	10,98
Sal de mesa	0,01	0,03	328,50	3,43	9,19
Caramelos y golosinas	0,00	0,00	21,95	0,05	0,00
Salsa mayonesa	0,11	0,00	11,38	1,20	0,00
Otros	0,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Pizzas	0,12	0,00	20,74	2,39	0,00
Comidas preparadas congelad	0,04	0,00	12,21	0,47	0,00
Aperitivos y snacks	0,03	0,16	17,50	0,57	2,78
Comidas preparadas envase metálico	0,02	0,00	18,59	0,36	0,00
Otros	0,00	0,00	17,50	0,00	0,00
TOTAL	26,89	116,76		256,74	961,02

Cálculo determinista de la ingesta de Pb para la población adulta para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA 2

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Pb (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Pb adultos (ng/kg pc/día) UB	Ingesta P95 Pb adultos (ng/kg pc/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,26	0,64	13,50	3,54	8,59
Aceite de semillas	0,03	0,22	15,45	0,45	3,34
OTROS	0,00	0,00	15,25	0,07	0,07
Carne de pollo	0,73	3,04	2,50	1,83	7,61
Carne de cerdo	0,24	1,89	3,50	0,85	6,62
Carne de ternera	0,31	1,92	3,00	0,94	5,76
Carne de cordero	0,06	0,00	3,00	0,18	0,00
Carne de conejo	0,05	0,31	3,00	0,14	0,92
Hamburguesas	0,09	0,09	25,65	2,31	2,31
Embutidos frescos	0,07	0,00	26,30	1,74	0,00
Jamón curado	0,15	0,90	10,75	1,63	9,63
Embutidos curados	0,08	0,47	61,80	4,71	29,13
Jamón cocido	0,14	0,81	20,30	2,91	16,36
Paté	0,01	0,00	30,85	0,19	0,00
Visceras	0,02	0,00	26,65	0,40	0,00
Otros	0,05	0,07	14,90	0,79	1,03
Conservas pescado	0,14	0,72	8,05	1,13	5,76
Bonito y atun	0,02	0,00	11,33	0,27	0,05
Calamar y sepia	0,08	0,50	11,74	0,95	5,93
Dorada y lubina	0,02	0,00	7,84	0,16	0,00
Pez espada	0,04	0,00	4,46	0,19	0,00
Crustaceos	0,04	0,30	24,63	0,94	7,36
Mejillón	0,04	0,00	230,22	8,56	0,00
Pescado blanco	0,30	0,84	3,98	1,19	3,37
Salmón y trucha	0,02	0,00	7,74	0,17	0,00
Sardina y boquerón	0,03	0,00	35,20	0,95	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	27,65	0,08	0,08
Pescado ahumado	0,01	0,00	15,48	0,11	0,00
Otros	0,03	0,01	13,21	0,36	0,09
Huevos de gallina	0,34	1,63	3,80	1,31	6,22
Leche	2,48	13,04	2,17	5,39	28,33
Queso	0,25	1,70	18,27	4,50	31,00
Yogur	0,62	3,85	1,95	1,20	7,50
Natillas , flanes y batidos	0,13	0,00	4,12	0,54	0,00
Mantequilla	0,05	0,14	18,65	0,91	2,60
Productos soja	0,15	0,00	9,01	1,36	0,00
Otros	0,02	0,00	8,27	0,13	0,00
Bollería	0,15	0,85	35,49	5,22	30,29
Cereales de desayuno	0,04	0,36	46,50	2,06	16,63
Galletas	0,14	0,82	40,50	5,87	33,35
Pan blanco	1,08	3,11	24,22	26,13	75,20
Pan de molde	0,16	0,93	33,14	5,24	30,84
Pan integral	0,07	0,47	30,05	2,16	14,23
Pasta	0,22	1,23	47,00	10,17	57,62
Arroz	0,29	1,27	8,60	2,46	10,95
Patatas	0,16	1,01	6,94	1,10	7,01
Legumbres	0,18	1,01	50,50	9,16	51,07
Frutos secos	0,03	0,00	38,50	1,28	0,00
Otros	0,10	0,49	34,91	3,66	17,19
Espinacas y acelgas	0,07	0,00	10,69	0,70	0,00
Lechuga, endivia y escarola	0,17	0,95	1,15	0,20	1,09
Judías verdes	0,11	0,59	2,02	0,23	1,19
Cebollas y cebolletas	0,28	1,30	1,74	0,49	2,26
Ajo	0,01	0,06	6,30	0,07	0,37
Pimiento	0,13	0,80	2,58	0,33	2,08
Berenjena, calabacín y pepino	0,23	1,13	4,84	1,12	5,46
Zanahorias y calabazas	0,23	1,14	5,94	1,39	6,79
Tomate	0,93	3,92	0,80	0,74	3,14
Setas y champiñón	0,03	0,00	4,46	0,15	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repolli	0,05	0,00	1,20	0,06	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y ápi	0,09	0,00	2,18	0,19	0,00
Naranja	0,89	5,27	1,20	1,07	6,33
Fresas, fresones y frambuesas	0,00	0,00	2,33	0,01	0,00
Manzana y pera	0,59	4,48	3,14	1,86	14,09
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	2,99	0,25	0,00
Melocotón y albaricoque	0,35	2,51	2,76	0,97	6,95
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	3,10	0,18	0,00
Melón y sandía	0,61	5,90	1,50	0,92	8,86
Plátanos	0,34	2,35	3,43	1,17	8,07
Aceitunas y encurtidos	0,03	0,26	40,00	1,25	10,21
Café y café soluble	0,04	0,17	29,00	1,03	4,89
Otros	0,24	0,00	2,89	0,68	0,00
Refrescos gas	1,38	8,35	1,17	1,61	9,75
Zumos naranja	0,14	0,00	5,06	0,70	0,00
Zumos piña y melocotón	0,40	2,44	13,67	5,47	33,33
Otros	0,81	4,42	5,06	4,09	22,38
agua envasada	10,11	27,93	10,00	101,14	279,30
Cerveza	0,80	5,50	1,15	0,92	6,34
Vino de mesa	0,47	2,99	10,00	4,72	29,85
Otros	0,01	0,00	7,85	0,07	0,00
Chocolate y cacao	0,06	0,23	58,00	3,59	13,56
Azúcar	0,11	0,47	23,20	2,60	10,98
Sal de mesa	0,01	0,03	328,50	3,43	9,19
Caramelos y golosinas	0,00	0,00	21,95	0,05	0,00
Salsa mayonesa	0,11	0,00	11,38	1,20	0,00
Otros	0,05	0,17	32,50	1,47	5,54
Pizzas	0,12	0,00	20,74	2,39	0,00
Comidas preparadas congelad	0,05	0,00	12,21	0,62	0,00
Aperitivos y snacks	0,04	0,16	17,50	0,66	2,78
Comidas preparadas envase n	0,02	0,00	18,59	0,36	0,00
Otros	0,39	3,01	17,50	6,88	52,71
TOTAL	30,37	131,21		284,60	1091,51

Cálculo determinista de la ingesta de Pb para la población infantil para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA1

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) infantil		Nivel Pb (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Pb infantil (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Pb infantil (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,42	1,00	13,50	5,63	13,46
Aceite de semillas	0,07	0,51	15,45	1,08	7,80
OTROS	0,00	0,00	15,25	0,00	0,00
Carne de pollo	1,48	6,76	2,50	3,70	16,89
Carne de cerdo	0,60	3,58	3,50	2,12	12,54
Carne de ternera	0,53	3,81	3,00	1,60	11,44
Carne de cordero	0,21	0,00	3,00	0,62	0,00
Carne de conejo	0,09	0,00	3,00	0,26	0,00
Hamburguesas	0,28	0,28	25,65	7,11	7,11
Embutidos frescos	0,11	0,88	26,30	3,01	23,07
Jamón curado	0,15	1,17	10,75	1,65	12,63
Embutidos curados	0,29	2,38	61,80	17,71	147,22
Jamón cocido	0,51	2,92	20,30	10,35	59,37
Paté	0,02	0,00	30,85	0,59	0,00
Visceras	0,03	0,00	26,65	0,68	0,00
Otros	0,00	0,00	14,90	0,00	0,00
Conservas pescado	0,17	0,94	8,05	1,36	7,53
Bonito y atun	0,02	0,00	11,33	0,27	0,00
Calamar y sepia	0,03	0,00	11,74	0,36	0,00
Dorada y lubina	0,06	0,00	7,84	0,45	0,00
Pez espada	0,10	0,00	4,46	0,46	0,00
Crustaceos	0,03	0,00	24,63	0,85	0,00
Mejillón	0,02	0,00	230,22	5,53	0,00
Pescado blanco	0,31	2,17	3,98	1,23	8,64
Salmón y trucha	0,02	0,00	7,74	0,13	0,00
Sardina y boquerón	0,02	0,00	35,20	0,64	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	27,65	0,00	0,00
Pescado ahumado	0,00	0,00	15,48	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	13,21	0,00	0,00
Huevos de gallina	0,63	3,46	3,80	2,39	13,15
Leche	4,41	17,62	2,17	9,57	38,27
Queso	0,53	2,97	18,27	9,68	54,24
Yogur	1,07	4,66	1,95	2,08	9,09
Natillas , flanes y batidos	0,69	6,11	4,12	2,86	25,20
Mantequilla	0,09	0,26	18,65	1,61	4,83
Productos soja	0,11	0,11	9,01	1,00	1,00
Otros	0,00	0,00	8,27	0,00	0,00
Bollería	0,54	3,19	35,49	19,17	113,17
Cereales de desayuno	0,25	1,41	46,50	11,53	65,72
Galletas	0,39	2,06	40,50	15,91	83,33
Pan blanco	1,96	5,96	24,22	47,47	144,26
Pan de molde	0,49	2,54	33,14	16,10	84,22
Pan integral	0,03	0,00	30,05	1,00	0,00
Pasta	0,70	2,68	47,00	32,91	126,17
Arroz	0,63	2,98	8,60	5,40	25,60
Patatas	0,49	2,72	6,94	3,37	18,85
Legumbres	0,15	1,38	50,50	7,65	69,44
Frutos secos	0,03	0,00	38,50	1,21	0,00
Otros	0,00	0,00	34,91	0,00	0,00
Espinacas y acelgas	0,08	0,01	10,69	0,90	0,15
Lechuga, endivia y escarola	0,19	1,07	1,15	0,22	1,23
Judías verdes	0,13	1,02	2,02	0,26	2,05
Cebollas y cebolletas	0,30	1,35	1,74	0,53	2,34
Ajo	0,01	0,08	6,30	0,06	0,47
Pimiento	0,07	0,82	2,58	0,17	2,12
Berenjena, calabacín y pepino	0,25	0,94	4,84	1,23	4,57
Zanahorias y calabazas	0,34	2,03	5,94	2,00	12,09
Tomate	1,09	5,00	0,80	0,87	4,00
Setas y champiñón	0,02	0,00	4,46	0,09	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,07	0,00	1,20	0,08	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y apio	0,05	0,00	2,18	0,12	0,00
Naranja	0,83	8,34	1,20	0,99	10,01
Fresas, fresas y frambuesas	0,02	0,02	2,33	0,04	0,04
Manzana y pera	0,65	5,67	3,14	2,04	17,81
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	2,99	0,25	0,00
Melocotón y albaricoque	0,26	1,96	2,76	0,72	5,42
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	3,10	0,19	0,00
Melón y sandía	0,76	3,96	1,50	1,14	5,93
Plátanos	0,95	5,60	3,43	3,26	19,19
Aceitunas y encurtidos	0,06	0,37	40,00	2,22	14,72
Café y café soluble	0,00	0,00	29,00	0,11	0,04
Otros	0,00	0,00	2,89	0,00	0,00
Refrescos gas	1,80	10,72	1,17	2,10	12,51
Zumos naranja	0,32	2,40	5,06	1,62	12,16
Zumos piña y melocotón	0,85	6,63	13,67	11,61	90,71
Otros	0,00	0,00	5,06	0,00	0,00
agua envasada	16,18	40,47	10,00	161,81	404,72
Cerveza	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00
Vino de mesa	0,00	0,00	10,00	0,04	0,00
Otros	0,00	0,00	7,85	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,36	1,86	58,00	21,13	107,67
Azúcar	0,12	0,64	23,20	2,70	14,93
Sal de mesa	0,02	0,05	328,50	5,49	15,07
Caramelos y golosinas	0,01	0,00	21,95	0,23	0,00
Salsa mayonesa	0,33	2,30	11,38	3,71	26,20
Otros	0,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Pizzas	0,13	0,00	20,74	2,74	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,13	0,00	12,21	1,60	0,00
Aperitivos y snacks	0,07	0,51	17,50	1,26	8,88
Comidas preparadas envase metá	0,00	0,00	18,59	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	17,50	0,00	0,00
TOTAL	45,35	190,32		491,82	1999,29

Cálculo determinista de la ingesta de Pb para la población infantil para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA 2

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Pb (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Pb infantil (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Pb infantil (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,42	1,00	13,50	5,63	13,46
Aceite de semillas	0,07	0,51	15,45	1,08	7,80
OTROS	0,00	0,00	15,25	0,02	0,00
Carne de pollo	1,48	6,76	2,50	3,70	16,89
Carne de cerdo	0,60	3,58	3,50	2,12	12,54
Carne de ternera	0,53	3,81	3,00	1,60	11,44
Carne de cordero	0,21	0,00	3,00	0,62	0,00
Carne de conejo	0,09	0,00	3,00	0,26	0,00
Hamburguesas	0,28	0,28	25,65	7,11	7,11
Embutidos frescos	0,12	0,88	26,30	3,14	23,07
Jamón curado	0,17	1,17	10,75	1,88	12,63
Embutidos curados	0,29	2,38	61,80	17,71	147,22
Jamón cocido	0,51	2,92	20,30	10,35	59,37
Paté	0,02	0,00	30,85	0,59	0,00
Visceras	0,03	0,00	26,65	0,68	0,00
Otros	0,18	0,66	14,90	2,64	9,82
Conservas pescado	0,17	0,94	8,05	1,36	7,53
Bonito y atun	0,04	0,00	11,33	0,48	0,00
Calamar y sepia	0,03	0,00	11,74	0,36	0,00
Dorada y lubina	0,06	0,00	7,84	0,45	0,00
Pez espada	0,10	0,00	4,46	0,46	0,00
Crustaceos	0,03	0,00	24,63	0,85	0,00
Mejillón	0,02	0,00	230,22	5,53	0,00
Pescado blanco	0,34	2,17	3,98	1,35	8,64
Salmón y trucha	0,02	0,00	7,74	0,13	0,00
Sardina y boquerón	0,02	0,00	35,20	0,64	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	27,65	0,00	0,00
Pescado ahumado	0,00	0,00	15,48	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	13,21	0,01	0,01
Huevos de gallina	0,63	3,46	3,80	2,39	13,15
Leche	6,99	28,40	2,17	15,19	61,69
Queso	0,53	2,97	18,27	9,68	54,24
Yogur	1,27	6,87	1,95	2,48	13,38
Natillas , flanes y batidos	0,69	6,11	4,12	2,86	25,20
Mantequilla	0,09	0,26	18,65	1,61	4,83
Productos soja	0,11	0,11	9,01	1,00	1,00
Otros	0,03	0,00	8,27	0,29	0,00
Bollería	0,54	3,19	35,49	19,17	113,17
Cereales de desayuno	0,25	1,41	46,50	11,53	65,72
Galletas	0,39	2,06	40,50	15,91	83,33
Pan blanco	1,96	5,96	24,22	47,47	144,26
Pan de molde	0,49	2,54	33,14	16,10	84,22
Pan integral	0,03	0,00	30,05	1,00	0,00
Pasta	0,70	2,68	47,00	32,91	126,17
Arroz	0,63	2,98	8,60	5,40	25,60
Patatas	0,49	2,72	6,94	3,37	18,85
Legumbres	0,24	1,78	50,50	11,98	90,03
Frutos secos	0,06	0,00	38,50	2,15	0,02
Otros	0,22	1,29	34,91	7,75	44,95
Espinacas y acelgas	0,08	0,01	10,69	0,90	0,15
Lechuga, endivia y escarola	0,19	1,07	1,15	0,22	1,23
Judías verdes	0,13	1,02	2,02	0,26	2,05
Cebollas y cebolletas	0,30	1,35	1,74	0,53	2,34
Ajo	0,01	0,08	6,30	0,06	0,47
Pimiento	0,07	0,82	2,58	0,17	2,12
Berenjena, calabacín y pepino	0,25	0,94	4,84	1,23	4,57
Zanahorias y calabazas	0,35	2,04	5,94	2,08	12,11
Tomate	1,21	5,76	0,80	0,97	4,61
Setas y champiñón	0,02	0,00	4,46	0,09	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,07	0,00	1,20	0,08	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y ápio	0,05	0,00	2,18	0,12	0,00
Naranja	1,01	8,38	1,20	1,21	10,06
Fresas, fresas y frambuesas	0,02	0,02	2,33	0,04	0,04
Manzana y pera	0,65	5,67	3,14	2,04	17,81
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	2,99	0,25	0,00
Melocotón y albaricoque	0,26	1,96	2,76	0,72	5,42
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	3,10	0,19	0,00
Melón y sandía	0,76	3,96	1,50	1,14	5,93
Plátanos	0,95	5,60	3,43	3,26	19,19
Aceitunas y encurtidos	0,06	0,37	40,00	2,22	14,72
Café y café soluble	0,00	0,00	29,00	0,11	0,11
Otros	0,38	0,22	2,89	1,09	0,64
Refrescos gas	1,80	10,72	1,17	2,10	12,51
Zumos naranja	0,32	2,40	5,06	1,62	12,16
Zumos piña y melocotón	1,65	12,29	13,67	22,57	168,10
Otros	0,32	0,00	5,06	1,64	0,02
agua envasada	16,18	40,47	10,00	161,81	404,72
Cerveza	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00
Vino de mesa	0,00	0,00	10,00	0,04	0,00
Otros	0,00	0,00	7,85	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,36	1,86	58,00	21,13	107,67
Azúcar	0,12	0,64	23,20	2,70	14,93
Sal de mesa	0,02	0,05	328,50	5,49	15,07
Caramelos y golosinas	0,01	0,00	21,95	0,23	0,00
Salsa mayonesa	0,33	2,30	11,38	3,71	26,20
Otros	0,04	0,00	32,50	1,27	0,16
Pizzas	0,13	0,00	20,74	2,74	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,22	0,00	12,21	2,75	0,00
Aperitivos y snacks	0,09	0,51	17,50	1,49	8,88
Comidas preparadas envase metálico	0,00	0,00	18,59	0,00	0,00
Otros	1,35	10,14	17,50	23,55	177,45
TOTAL	52,07	222,50		554,80	2358,82

Cálculo determinista de la ingesta de Cd para la población adulta para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB y LB). Escenarios optimista y pesimista 0

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Cd (ng/g) (mediana)		Ingesta media Cd adultos (ng/kg p c/día)		Ingesta P95 Cd adultos (ng/kg p c/día)	
	media	P95	UB	LB	UB	LB	UB	LB
Aceite de oliva								
Aceite de semillas								
OTROS								
Carne de pollo								
Carne de cerdo								
Carne de ternera								
Carne de cordero								
Carne de conejo								
Hamburguesas	0,09	0,09	4,00	0,00	0,36	0,00	0,36	0,00
Embutidos frescos	0,06	0,00	4,55	2,30	0,28	0,14	0,00	0,00
Jamón curado								
Embutidos curados	0,08	0,47	6,60	0,00	0,50	0,00	3,11	0,00
Jamón cocido								
Paté	0,01	0,00	19,80	19,80	0,12	0,12	0,00	0,00
Visceras	0,02	0,00	48,90	48,90	0,74	0,74	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	6,60	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Conservas pescado	0,14	0,72	11,32	11,32	1,59	1,59	8,10	8,10
Bonito y atun	0,01	0,00	11,50	11,50	0,16	0,16	0,00	0,00
Calamar y sepia	0,07	0,50	139,38	139,38	10,05	10,05	70,36	70,36
Dorada y lubina								
Pez espada	0,04	0,00	81,68	81,68	3,45	3,45	0,00	0,00
Crustaceos	0,04	0,30	53,49	53,49	2,03	2,03	15,94	15,94
Mejillón	0,04	0,00	179,96	179,96	6,69	6,69	0,00	0,00
Pescado blanco								
Salmón y trucha								
Sardina y boquerón	0,03	0,00	7,93	7,93	0,21	0,21	0,00	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	83,08	83,08	0,23	0,23	0,20	0,20
Pescado ahumado								
Otros	0,00	0,00	48,91	48,91	0,00	0,00	0,00	0,00
Huevos de gallina								
Leche								
Queso								
Yogur								
Natillas , flanes y batidos								
Mantequilla								
Productos soja								
Otros								
Bollería	0,15	0,85	9,84	9,84	1,45	1,45	8,39	8,39
Cereales de desayuno	0,04	0,36	23,76	23,76	1,05	1,05	8,50	8,50
Galletas	0,14	0,82	11,00	11,00	1,59	1,59	9,06	9,06
Pan blanco	1,08	3,11	16,22	16,22	17,50	17,50	50,38	50,38
Pan de molde	0,16	0,93	15,57	15,57	2,46	2,46	14,49	14,49
Pan integral	0,07	0,47	20,54	20,54	1,48	1,48	9,73	9,73
Pasta	0,22	1,23	17,75	17,75	3,84	3,84	21,76	21,76
Arroz								
Patatas	0,16	1,01	22,95	22,95	3,63	3,63	23,18	23,18
Legumbres	0,14	0,73	14,70	14,70	2,03	2,03	10,69	10,69
Frutos secos	0,02	0,00	109,50	109,50	2,62	2,62	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	17,15	17,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Espinacas y acelgas	0,07	0,00	43,62	43,62	2,87	2,87	0,00	0,00
Lechuga, endivia y escarola	0,17	0,95	4,78	4,78	0,83	0,83	4,53	4,53
Judías verdes	0,11	0,59	4,66	4,66	0,52	0,52	2,75	2,75
Cebollas y cebolletas	0,28	1,30	3,60	3,60	1,01	1,01	4,68	4,68
Ajo	0,01	0,06	6,11	6,11	0,06	0,06	0,36	0,36
Pimiento	0,13	0,80	5,46	5,46	0,70	0,70	4,39	4,39
Berenjena, calabacín y pepino	0,23	1,13	5,80	5,80	1,35	1,35	6,53	6,53
Zanahorias y calabazas	0,21	1,14	3,70	3,70	0,80	0,80	4,23	4,23
Tomate	0,87	3,55	5,45	5,45	4,73	4,73	19,35	19,35
Setas y champiñón	0,03	0,00	11,99	11,99	0,41	0,41	0,00	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,05	0,00	3,96	3,96	0,21	0,21	0,00	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y apio	0,06	0,00	25,51	25,51	1,58	1,58	0,00	0,00
Naranja								
Fresas, fresones y frambuesas	0,00	0,00	2,20	2,20	0,01	0,01	0,00	0,00
Manzana y pera								
Cerezas y ciruelas								
Melocotón y albaricoque								
Uvas blancas y negras								
Melón y sandía	0,61	5,90	2,02	2,02	1,24	1,24	11,92	11,92
Plátanos	0,34	2,35	0,46	0,46	0,16	0,16	1,08	1,08
Aceitunas y encurtidos	0,03	0,26	2,40	1,19	0,08	0,04	0,61	0,30
Café y café soluble	0,03	0,00	10,00	3,90	0,31	0,12	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	4,89	4,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Refrescos gas								
Zumos naranja								
Zumos piña y melocotón								
Otros								
agua envasada								
Cerveza								
Vino de mesa								
Otros								
Chocolate y cacao	0,06	0,23	90,00	90,00	5,57	5,57	21,04	21,04
Azúcar								
Sal de mesa								
Caramelos y golosinas								
Salsa mayonesa	0,11	0,00	8,40	8,40	0,89	0,89	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	36,49	36,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Pizzas	0,12	0,00	10,13	10,13	1,17	1,17	0,00	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,04	0,00	5,78	5,78	0,22	0,22	0,00	0,00
Aperitivos y snacks	0,03	0,16	76,50	76,50	2,49	2,49	12,16	12,16
Comidas preparadas envase metálico	0,02	0,00	5,14	5,14	0,10	0,10	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	8,25	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	6,43	30,02			91,37	90,14	347,89	344,11

Cálculo determinista de la ingesta de Cd para la población adulta para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA1

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Cd (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Cd adultos (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Cd adultos (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,26	0,64	10,00	2,63	6,36
Aceite de semillas	0,03	0,22	10,00	0,29	2,15
OTROS	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
Carne de pollo	0,73	3,04	2,50	1,83	7,61
Carne de cerdo	0,24	1,89	3,50	0,85	6,62
Carne de ternera	0,31	1,92	3,00	0,92	5,76
Carne de cordero	0,06	0,00	3,00	0,18	0,00
Carne de conejo	0,05	0,31	3,00	0,14	0,92
Hamburguesas	0,09	0,09	4,00	0,36	0,36
Embutidos frescos	0,06	0,00	4,55	0,28	0,00
Jamón curado	0,14	0,90	5,50	0,79	4,93
Embutidos curados	0,08	0,47	6,60	0,50	3,11
Jamón cocido	0,14	0,81	3,00	0,43	2,42
Paté	0,01	0,00	19,80	0,12	0,00
Visceras	0,02	0,00	48,90	0,74	0,00
Otros	0,00	0,00	3,75	0,00	0,00
Conservas pescado	0,14	0,72	11,32	1,59	8,10
Bonito y atun	0,01	0,00	11,50	0,16	0,00
Calamar y sepia	0,07	0,50	139,38	10,05	70,36
Dorada y lubina	0,02	0,00	3,00	0,06	0,00
Pez espada	0,04	0,00	81,68	3,45	0,00
Crustaceos	0,04	0,30	53,49	2,03	15,94
Mejillón	0,04	0,00	179,96	6,69	0,00
Pescado blanco	0,24	0,83	2,20	0,53	1,83
Salmón y trucha	0,02	0,00	3,50	0,08	0,00
Sardina y boquerón	0,03	0,00	7,93	0,21	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	83,08	0,23	0,20
Pescado ahumado	0,01	0,00	4,00	0,03	0,00
Otros	0,00	0,00	11,40	0,00	0,00
Huevos de gallina	0,34	1,63	2,80	0,97	4,58
Leche	1,45	7,62	1,00	1,45	7,62
Queso	0,24	1,70	5,00	1,22	8,49
Yogur	0,58	3,85	1,20	0,69	4,62
Natillas , flanes y batidos	0,13	0,00	2,00	0,26	0,00
Mantequilla	0,02	0,14	10,00	0,15	1,40
Productos soja	0,15	0,00	9,18	1,39	0,00
Otros	0,00	0,00	3,99	0,00	0,00
Bollería	0,15	0,85	9,84	1,45	8,39
Cereales de desayuno	0,04	0,36	23,76	1,05	8,50
Galletas	0,14	0,82	11,00	1,59	9,06
Pan blanco	1,08	3,11	16,22	17,50	50,38
Pan de molde	0,16	0,93	15,57	2,46	14,49
Pan integral	0,07	0,47	20,54	1,48	9,73
Pasta	0,22	1,23	17,75	3,84	21,76
Arroz	0,29	1,27	8,60	2,46	10,95
Patatas	0,16	1,01	22,95	3,63	23,18
Legumbres	0,14	0,73	14,70	2,03	10,69
Frutos secos	0,02	0,00	109,50	2,62	0,00
Otros	0,00	0,00	16,25	0,00	0,00
Espinacas y acelgas	0,07	0,00	43,62	2,87	0,00
Lechuga, endivia y escarola	0,17	0,95	4,78	0,83	4,53
Judías verdes	0,11	0,59	4,66	0,52	2,75
Cebollas y cebolletas	0,28	1,30	3,60	1,01	4,68
Ajo	0,01	0,06	6,11	0,06	0,36
Pimiento	0,13	0,80	5,46	0,70	4,39
Berenjena, calabacín y pepino	0,23	1,13	5,80	1,35	6,53
Zanahorias y calabazas	0,21	1,14	3,70	0,80	4,23
Tomate	0,87	3,55	5,45	4,73	19,35
Setas y champiñón	0,03	0,00	11,99	0,41	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,05	0,00	3,96	0,21	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y apio	0,06	0,00	25,51	1,58	0,00
Naranja	0,68	5,26	1,20	0,82	6,31
Fresas, fresas y frambuesas	0,00	0,00	2,20	0,01	0,00
Manzana y pera	0,59	4,48	1,80	1,06	8,07
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	1,70	0,14	0,00
Melocotón y albaricoque	0,35	2,51	1,50	0,53	3,77
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	2,00	0,12	0,00
Melón y sandía	0,61	5,90	2,02	1,24	11,92
Plátanos	0,34	2,35	0,46	0,16	1,08
Aceitunas y encurtidos	0,03	0,26	2,40	0,08	0,61
Café y café soluble	0,03	0,00	10,00	0,31	0,00
Otros	0,00	0,00	3,77	0,00	0,00
Refrescos gas	1,38	8,35	0,80	1,10	6,68
Zumos naranja	0,14	0,00	1,00	0,14	0,00
Zumos piña y melocotón	0,22	2,44	1,00	0,22	2,44
Otros	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
agua envasada	10,11	27,93	10,00	101,14	279,30
Cerveza	0,80	5,50	0,40	0,32	2,20
Vino de mesa	0,46	2,99	10,00	4,55	29,85
Otros	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,06	0,23	90,00	5,57	21,04
Azúcar	0,11	0,47	10,00	1,12	4,73
Sal de mesa	0,01	0,03	10,00	0,10	0,28
Caramelos y golosinas	0,00	0,00	10,00	0,02	0,00
Salsa mayonesa	0,11	0,00	8,40	0,89	0,00
Otros	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
Pizzas	0,12	0,00	10,13	1,17	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,04	0,00	5,78	0,22	0,00
Aperitivos y snacks	0,03	0,16	76,50	2,49	12,16
Comidas preparadas envase metálico	0,02	0,00	5,14	0,10	0,00
Otros	0,00	0,00	8,25	0,00	0,00
TOTAL	26,89	116,76		220,10	767,78

Cálculo determinista de la ingesta de Cd para la población adulta para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA 2

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Cd (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Cd adultos (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Cd adultos (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,26	0,64	10,00	2,63	6,36
Aceite de semillas	0,03	0,22	10,00	0,29	2,16
OTROS	0,00	0,00	10,00	0,04	0,04
Carne de pollo	0,73	3,04	2,50	1,83	7,61
Carne de cerdo	0,24	1,89	3,50	0,85	6,62
Carne de ternera	0,31	1,92	3,00	0,94	5,76
Carne de cordero	0,06	0,00	3,00	0,18	0,00
Carne de conejo	0,05	0,31	3,00	0,14	0,92
Hamburguesas	0,09	0,09	4,00	0,36	0,36
Embutidos frescos	0,07	0,00	4,55	0,30	0,00
Jamón curado	0,15	0,90	5,50	0,83	4,93
Embutidos curados	0,08	0,47	6,60	0,50	3,11
Jamón cocido	0,14	0,81	3,00	0,43	2,42
Paté	0,01	0,00	19,80	0,12	0,00
Visceras	0,02	0,00	48,90	0,74	0,00
Otros	0,05	0,07	3,75	0,20	0,26
Conservas pescado	0,14	0,72	11,32	1,59	8,10
Bonito y atun	0,02	0,00	11,50	0,27	0,05
Calamar y sepia	0,08	0,50	139,38	11,25	70,36
Dorada y lubina	0,02	0,00	3,00	0,06	0,00
Pez espada	0,04	0,00	81,68	3,45	0,00
Crustaceos	0,04	0,30	53,49	2,03	15,98
Mejillón	0,04	0,00	179,96	6,69	0,00
Pescado blanco	0,30	0,84	2,20	0,66	1,86
Salmón y trucha	0,02	0,00	3,50	0,08	0,00
Sardina y boquerón	0,03	0,00	7,93	0,21	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	83,08	0,23	0,23
Pescado ahumado	0,01	0,00	4,00	0,03	0,00
Otros	0,03	0,01	11,40	0,31	0,08
Huevos de gallina	0,34	1,63	2,80	0,97	4,58
Leche	2,48	13,04	1,00	2,48	13,04
Queso	0,25	1,70	5,00	1,23	8,49
Yogur	0,62	3,85	1,20	0,74	4,62
Natillas , flanes y batidos	0,13	0,00	2,00	0,26	0,00
Mantequilla	0,05	0,14	10,00	0,49	1,40
Productos soja	0,15	0,00	9,18	1,39	0,00
Otros	0,02	0,00	3,99	0,06	0,00
Bollería	0,15	0,85	9,84	1,45	8,39
Cereales de desayuno	0,04	0,36	23,76	1,05	8,50
Galletas	0,14	0,82	11,00	1,59	9,06
Pan blanco	1,08	3,11	16,22	17,50	50,38
Pan de molde	0,16	0,93	15,57	2,46	14,49
Pan integral	0,07	0,47	20,54	1,48	9,73
Pasta	0,22	1,23	17,75	3,84	21,76
Arroz	0,29	1,27	8,60	2,46	10,95
Patatas	0,16	1,01	22,95	3,63	23,18
Legumbres	0,18	1,01	14,70	2,67	14,87
Frutos secos	0,03	0,00	109,50	3,65	0,00
Otros	0,10	0,49	16,25	1,71	8,00
Espinacas y acelgas	0,07	0,00	43,62	2,87	0,00
Lechuga, endivia y escarola	0,17	0,95	4,78	0,83	4,53
Judías verdes	0,11	0,59	4,66	0,52	2,75
Cebollas y cebolletas	0,28	1,30	3,60	1,01	4,68
Ajo	0,01	0,06	6,11	0,06	0,36
Pimiento	0,13	0,80	5,46	0,70	4,39
Berenjena, calabacín y pepino	0,23	1,13	5,80	1,35	6,53
Zanahorias y calabazas	0,23	1,14	3,70	0,86	4,23
Tomate	0,93	3,92	5,45	5,05	21,37
Setas y champiñon	0,03	0,00	11,99	0,41	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,05	0,00	3,96	0,21	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y ápio	0,09	0,00	25,51	2,24	0,00
Naranja	0,89	5,27	1,20	1,07	6,33
Fresas, fresas y frambuesas	0,00	0,00	2,20	0,01	0,00
Manzana y pera	0,59	4,48	1,80	1,06	8,07
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	1,70	0,14	0,00
Melocotón y albaricocque	0,35	2,51	1,50	0,53	3,77
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	2,00	0,12	0,00
Melón y sandía	0,61	5,90	2,02	1,24	11,92
Plátanos	0,34	2,35	0,46	0,16	1,08
Aceitunas y encurtidos	0,03	0,26	2,40	0,08	0,61
Café y café soluble	0,04	0,17	10,00	0,35	1,69
Otros	0,24	0,00	3,77	0,89	0,00
Refrescos gas	1,38	8,35	0,80	1,10	6,68
Zumos naranja	0,14	0,00	1,00	0,14	0,00
Zumos piña y melocotón	0,40	2,44	1,00	0,40	2,44
Otros	0,81	4,42	1,00	0,81	4,42
agua envasada	10,11	27,93	10,00	101,14	279,30
Cerveza	0,80	5,50	0,40	0,32	2,20
Vino de mesa	0,47	2,99	10,00	4,72	29,85
Otros	0,01	0,00	5,20	0,05	0,00
Chocolate y cacao	0,06	0,23	90,00	5,57	21,04
Azúcar	0,11	0,47	10,00	1,12	4,73
Sal de mesa	0,01	0,03	10,00	0,10	0,28
Caramelos y golosinas	0,00	0,00	10,00	0,02	0,00
Salsa mayonesa	0,11	0,00	8,40	0,89	0,00
Otros	0,05	0,17	10,00	0,45	1,71
Pizzas	0,12	0,00	10,13	1,17	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,05	0,00	5,78	0,29	0,00
Aperitivos y snacks	0,04	0,16	76,50	2,87	12,16
Comidas preparadas envase metálico	0,02	0,00	5,14	0,10	0,00
Otros	0,39	3,01	8,25	3,24	24,85
TOTAL	30,37	131,21		234,62	820,62

Cálculo determinista de la ingesta de Cd para la población infantil para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB y LB). Escenarios optimista y pesimista 0

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) niños		Nivel Cd (ng/g) (mediana)		Ingesta media Cd niños (ng/kg p c/día)		Ingesta P95 Cd niños (ng/kg p c/día)	
	media	P95	UB	LB	UB	LB	UB	LB
Aceite de oliva								
Aceite de semillas								
OTROS								
Carne de pollo								
Carne de cerdo								
Carne de ternera								
Carne de cordero								
Carne de conejo								
Hamburguesas	0,28	0,28	4,00	0,00	1,11	0,00	1,11	0,00
Embutidos frescos	0,11	0,88	4,55	2,30	0,52	0,26	3,99	2,02
Jamón curado							0,00	0,00
Embutidos curados	0,29	2,38	6,60	0,00	1,89	0,00	15,72	0,00
Jamón cocido								
Paté	0,02	0,00	19,80	19,80	0,38	0,38	0,00	0,00
Visceras	0,03	0,00	48,90	48,90	1,25	1,25	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	6,60	4,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Conservas pescado	0,17	0,94	11,32	11,32	1,92	1,92	10,60	10,60
Bonito y atun	0,02	0,00	11,50	11,50	0,27	0,27	0,00	0,00
Calamar y sepia	0,03	0,00	139,38	139,38	4,25	4,25	0,00	0,00
Dorada y lubina								
Pez espada	0,10	0,00	81,68	81,68	8,41	8,41	0,00	0,00
Crustaceos	0,03	0,00	53,49	53,49	1,84	1,84	0,00	0,00
Mejillón	0,02	0,00	179,96	179,96	4,32	4,32	0,00	0,00
Pescado blanco								
Salmón y trucha								
Sardina y boquerón	0,02	0,00	7,93	7,93	0,14	0,14	0,00	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	83,08	83,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Pescado ahumado								
Otros	0,00	0,00	48,91	48,91	0,00	0,00	0,00	0,00
Huevos de gallina								
Leche								
Queso								
Yogur								
Natillas , flanes y batidos								
Mantequilla								
Productos soja								
Otros								
Bollería	0,54	3,19	9,84	9,84	5,31	5,31	31,36	31,36
Cereales de desayuno	0,25	1,41	23,76	23,76	5,89	5,89	33,58	33,58
Galletas	0,39	2,06	11,00	11,00	4,32	4,32	22,63	22,63
Pan blanco	1,96	5,96	16,22	16,22	31,80	31,80	96,65	96,65
Pan de molde	0,49	2,54	15,57	15,57	7,56	7,56	39,56	39,56
Pan integral	0,03	0,00	20,54	20,54	0,68	0,68	0,00	0,00
Pasta	0,70	2,68	17,75	17,75	12,43	12,43	47,65	47,65
Arroz								
Patatas	0,49	2,72	22,95	22,95	11,15	11,15	62,37	62,37
Legumbres	0,15	1,38	14,70	14,70	2,23	2,23	20,21	20,21
Frutos secos	0,03	0,00	109,50	109,50	3,43	3,43	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	17,15	17,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Espinacas y acelgas	0,08	0,01	43,62	43,62	3,67	3,67	0,62	0,62
Lechuga, endivia y escarola	0,19	1,07	4,78	4,78	0,91	0,91	5,11	5,11
Judías verdes	0,13	1,02	4,66	4,66	0,59	0,59	4,75	4,75
Cebollas y cebolletas	0,30	1,35	3,60	3,60	1,10	1,10	4,85	4,85
Ajo	0,01	0,08	6,11	6,11	0,05	0,05	0,46	0,46
Pimiento	0,07	0,82	5,46	5,46	0,36	0,36	4,48	4,48
Berenjena, calabacín y pepino	0,25	0,94	5,80	5,80	1,48	1,48	5,48	5,48
Zanahorias y calabazas	0,34	2,03	3,70	3,70	1,25	1,25	7,52	7,52
Tomate	1,09	5,00	5,45	5,45	5,93	5,93	27,24	27,24
Setas y champiñón	0,02	0,00	11,99	11,99	0,25	0,25	0,00	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,07	0,00	3,96	3,96	0,26	0,26	0,00	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y apio	0,05	0,00	25,51	25,51	1,36	1,36	0,00	0,00
Naranja								
Fresas, fresones y frambuesas	0,02	0,02	2,20	2,20	0,04	0,04	0,04	0,04
Manzana y pera								
Cerezas y ciruelas								
Melocotón y albaricoque								
Uvas blancas y negras								
Melón y sandía	0,76	3,96	2,02	2,02	1,53	1,53	7,99	7,99
Plátanos	0,95	5,60	0,46	0,46	0,44	0,44	2,58	2,58
Aceitunas y encurtidos	0,06	0,37	2,40	1,19	0,13	0,07	0,88	0,44
Café y café soluble	0,00	0,00	10,00	3,90	0,04	0,01	0,01	0,00
Otros	0,00	0,00	4,89	4,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Refrescos gas								
Zumos naranja								
Zumos piña y melocotón								
Otros								
agua envasada								
Cerveza								
Vino de mesa								
Otros								
Chocolate y cacao	0,36	1,86	90,00	90,00	32,78	32,78	167,08	167,08
Azúcar								
Sal de mesa								
Caramelos y golosinas								
Salsa mayonesa	0,33	2,30	8,40	8,40	2,74	2,74	19,34	19,34
Otros	0,00	0,00	36,49	36,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Pizzas	0,13	0,00	10,13	10,13	1,34	1,34	0,00	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,13	0,00	5,78	5,78	0,76	0,76	0,00	0,00
Aperitivos y snacks	0,07	0,51	76,50	76,50	5,52	5,52	38,83	38,83
Comidas preparadas envase metálico	0,00	0,00	5,14	5,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	8,25	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	11,57	53,34			173,63	170,29	682,70	663,45

Cálculo determinista de la ingesta de Cd para la población infantil para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA1

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) infantil		Nivel Cd (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Cd infantil (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Cd infantil (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,42	1,00	10,00	4,17	9,97
Aceite de semillas	0,07	0,51	10,00	0,70	5,05
OTROS	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
Carne de pollo	1,48	6,76	2,50	3,70	16,89
Carne de cerdo	0,60	3,58	3,50	2,12	12,54
Carne de ternera	0,53	3,81	3,00	1,60	11,44
Carne de cordero	0,21	0,00	3,00	0,62	0,00
Carne de conejo	0,09	0,00	3,00	0,26	0,00
Hamburguesas	0,28	0,28	4,00	1,11	1,11
Embutidos frescos	0,11	0,88	4,55	0,52	3,99
Jamón curado	0,15	1,17	5,50	0,85	6,46
Embutidos curados	0,29	2,38	6,60	1,89	15,72
Jamón cocido	0,51	2,92	3,00	1,53	8,77
Paté	0,02	0,00	19,80	0,38	0,00
Visceras	0,03	0,00	48,90	1,25	0,00
Otros	0,00	0,00	3,75	0,00	0,00
Conservas pescado	0,17	0,94	11,32	1,92	10,60
Bonito y atun	0,02	0,00	11,50	0,27	0,00
Calamar y sepia	0,03	0,00	139,38	4,25	0,00
Dorada y lubina	0,06	0,00	3,00	0,17	0,00
Pez espada	0,10	0,00	81,68	8,41	0,00
Crustaceos	0,03	0,00	53,49	1,84	0,00
Mejillón	0,02	0,00	179,96	4,32	0,00
Pescado blanco	0,31	2,17	2,20	0,68	4,77
Salmón y trucha	0,02	0,00	3,50	0,06	0,00
Sardina y boquerón	0,02	0,00	7,93	0,14	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	83,08	0,00	0,00
Pescado ahumado	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	11,40	0,00	0,00
Huevos de gallina	0,63	3,46	2,80	1,76	9,69
Leche	4,41	17,62	1,00	4,41	17,62
Queso	0,53	2,97	5,00	2,65	14,85
Yogur	1,07	4,66	1,20	1,28	5,60
Natillas , flanes y batidos	0,69	6,11	2,00	1,39	12,23
Mantequilla	0,09	0,26	10,00	0,86	2,59
Productos soja	0,11	0,11	9,18	1,01	1,01
Otros	0,00	0,00	3,99	0,00	0,00
Bollería	0,54	3,19	9,84	5,31	31,36
Cereales de desayuno	0,25	1,41	23,76	5,89	33,58
Galletas	0,39	2,06	11,00	4,32	22,63
Pan blanco	1,96	5,96	16,22	31,80	96,65
Pan de molde	0,49	2,54	15,57	7,56	39,56
Pan integral	0,03	0,00	20,54	0,68	0,00
Pasta	0,70	2,68	17,75	12,43	47,65
Arroz	0,63	2,98	8,60	5,40	25,60
Patatas	0,49	2,72	22,95	11,15	62,37
Legumbres	0,15	1,38	14,70	2,23	20,21
Frutos secos	0,03	0,00	109,50	3,43	0,00
Otros	0,00	0,00	16,25	0,00	0,00
Espinacas y acelgas	0,08	0,01	43,62	3,67	0,62
Lechuga, endivia y escarola	0,19	1,07	4,78	0,91	5,11
Judías verdes	0,13	1,02	4,66	0,59	4,75
Cebollas y cebolletas	0,30	1,35	3,60	1,10	4,85
Ajo	0,01	0,08	6,11	0,05	0,46
Pimiento	0,07	0,82	5,46	0,36	4,48
Berenjena, calabacín y pepino	0,25	0,94	5,80	1,48	5,48
Zanahorias y calabazas	0,34	2,03	3,70	1,25	7,52
Tomate	1,09	5,00	5,45	5,93	27,24
Setas y champiñón	0,02	0,00	11,99	0,25	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,07	0,00	3,96	0,26	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y ápio	0,05	0,00	25,51	1,36	0,00
Naranja	0,83	8,34	1,20	0,99	10,01
Fresas, fresones y frambuesas	0,02	0,02	2,20	0,04	0,04
Manzana y pera	0,65	5,67	1,80	1,17	10,20
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	1,70	0,14	0,00
Melocotón y albaricoque	0,26	1,96	1,50	0,39	2,94
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	2,00	0,13	0,00
Melón y sandía	0,76	3,96	2,02	1,53	7,99
Plátanos	0,95	5,60	0,46	0,44	2,58
Aceitunas y encurtidos	0,06	0,37	2,40	0,13	0,88
Café y café soluble	0,00	0,00	10,00	0,04	0,01
Otros	0,00	0,00	3,77	0,00	0,00
Refrescos gas	1,80	10,72	0,80	1,44	8,58
Zumos naranja	0,32	2,40	1,00	0,32	2,40
Zumos piña y melocotón	0,85	6,63	1,00	0,85	6,63
Otros	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
agua envasada	16,18	40,47	10,00	161,81	404,72
Cerveza	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
Vino de mesa	0,00	0,00	10,00	0,04	0,00
Otros	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,36	1,86	90,00	32,78	167,08
Azúcar	0,12	0,64	10,00	1,16	6,44
Sal de mesa	0,02	0,05	10,00	0,17	0,46
Caramelos y golosinas	0,01	0,00	10,00	0,10	0,00
Salsa mayonesa	0,33	2,30	8,40	2,74	19,34
Otros	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00
Pizzas	0,13	0,00	10,13	1,34	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,13	0,00	5,78	0,76	0,00
Aperitivos y snacks	0,07	0,51	76,50	5,52	38,83
Comidas preparadas envase metálico	0,00	0,00	5,14	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	8,25	0,00	0,00
TOTAL	45,35	190,32		377,57	1300,16

Cálculo determinista de la ingesta de Cd para la población infantil para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA 2

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel Cd (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media Cd infantil (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 Cd infantil (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,42	1,00	10,00	4,17	9,97
Aceite de semillas	0,07	0,51	10,00	0,70	5,05
OTROS	0,00	0,00	10,00	0,01	0,00
Carne de pollo	1,48	6,76	2,50	3,70	16,89
Carne de cerdo	0,60	3,58	3,50	2,12	12,54
Carne de ternera	0,53	3,81	3,00	1,60	11,44
Carne de cordero	0,21	0,00	3,00	0,62	0,00
Carne de conejo	0,09	0,00	3,00	0,26	0,00
Hamburguesas	0,28	0,28	4,00	1,11	1,11
Embutidos frescos	0,12	0,88	4,55	0,54	3,99
Jamón curado	0,17	1,17	5,50	0,96	6,46
Embutidos curados	0,29	2,38	6,60	1,89	15,72
Jamón cocido	0,51	2,92	3,00	1,53	8,77
Paté	0,02	0,00	19,80	0,38	0,00
Visceras	0,03	0,00	48,90	1,25	0,00
Otros	0,18	0,66	3,75	0,66	2,47
Conservas pescado	0,17	0,94	11,32	1,92	10,60
Bonito y atun	0,04	0,00	11,50	0,49	0,00
Calamar y sepia	0,03	0,00	139,38	4,25	0,00
Dorada y lubina	0,06	0,00	3,00	0,17	0,00
Pez espada	0,10	0,00	81,68	8,41	0,00
Crustaceos	0,03	0,00	53,49	1,84	0,00
Mejillón	0,02	0,00	179,96	4,32	0,00
Pescado blanco	0,34	2,17	2,20	0,75	4,77
Salmón y trucha	0,02	0,00	3,50	0,06	0,00
Sardina y boquerón	0,02	0,00	7,93	0,14	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	83,08	0,00	0,00
Pescado ahumado	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	11,40	0,01	0,01
Huevos de gallina	0,63	3,46	2,80	1,76	9,69
Leche	6,99	28,40	1,00	6,99	28,40
Queso	0,53	2,97	5,00	2,65	14,85
Yogur	1,27	6,87	1,20	1,53	8,24
Natillas , flanes y batidos	0,69	6,11	2,00	1,39	12,23
Mantequilla	0,09	0,26	10,00	0,86	2,59
Productos soja	0,11	0,11	9,18	1,01	1,01
Otros	0,03	0,00	3,99	0,14	0,00
Bollería	0,54	3,19	9,84	5,31	31,36
Cereales de desayuno	0,25	1,41	23,76	5,89	33,58
Galletas	0,39	2,06	11,00	4,32	22,63
Pan blanco	1,96	5,96	16,22	31,80	96,65
Pan de molde	0,49	2,54	15,57	7,56	39,56
Pan integral	0,03	0,00	20,54	0,68	0,00
Pasta	0,70	2,68	17,75	12,43	47,65
Arroz	0,63	2,98	8,60	5,40	25,60
Patatas	0,49	2,72	22,95	11,15	62,37
Legumbres	0,24	1,78	14,70	3,49	26,21
Frutos secos	0,06	0,00	109,50	6,12	0,06
Otros	0,22	1,29	16,25	3,61	20,92
Espinacas y acelgas	0,08	0,01	43,62	3,67	0,62
Lechuga, endivia y escarola	0,19	1,07	4,78	0,91	5,11
Judías verdes	0,13	1,02	4,66	0,59	4,75
Cebollas y cebolletas	0,30	1,35	3,60	1,10	4,85
Ajo	0,01	0,08	6,11	0,05	0,46
Pimiento	0,07	0,82	5,46	0,36	4,48
Berenjena, calabacín y pepino	0,25	0,94	5,80	1,48	5,48
Zanahorias y calabazas	0,35	2,04	3,70	1,29	7,53
Tomate	1,21	5,76	5,45	6,59	31,39
Setas y champiñón	0,02	0,00	11,99	0,25	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,07	0,00	3,96	0,26	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y apio	0,05	0,00	25,51	1,36	0,00
Naranja	1,01	8,38	1,20	1,21	10,06
Fresas, fresones y frambuesas	0,02	0,02	2,20	0,04	0,04
Manzana y pera	0,65	5,67	1,80	1,17	10,20
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	1,70	0,14	0,00
Melocotón y albaricoque	0,26	1,96	1,50	0,39	2,94
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	2,00	0,13	0,00
Melón y sandía	0,76	3,96	2,02	1,53	7,99
Plátanos	0,95	5,60	0,46	0,44	2,58
Aceitunas y encurtidos	0,06	0,37	2,40	0,13	0,88
Café y café soluble	0,00	0,00	10,00	0,04	0,04
Otros	0,38	0,22	3,77	1,43	0,84
Refrescos gas	1,80	10,72	0,80	1,44	8,58
Zumos naranja	0,32	2,40	1,00	0,32	2,40
Zumos piña y melocotón	1,65	12,29	1,00	1,65	12,29
Otros	0,32	0,00	1,00	0,32	0,00
agua envasada	16,18	40,47	10,00	161,81	404,72
Cerveza	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
Vino de mesa	0,00	0,00	10,00	0,04	0,00
Otros	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,36	1,86	90,00	32,78	167,08
Azúcar	0,12	0,64	10,00	1,16	6,44
Sal de mesa	0,02	0,05	10,00	0,17	0,46
Caramelos y golosinas	0,01	0,00	10,00	0,10	0,00
Salsa mayonesa	0,33	2,30	8,40	2,74	19,34
Otros	0,04	0,00	10,00	0,39	0,05
Pizzas	0,13	0,00	10,13	1,34	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,22	0,00	5,78	1,30	0,00
Aperitivos y snacks	0,09	0,51	76,50	6,53	38,83
Comidas preparadas envase metá	0,00	0,00	5,14	0,00	0,00
Otros	1,35	10,14	8,25	11,10	83,65
TOTAL	52,07	222,50		405,73	1437,49

Cálculo determinista de la ingesta de iAs para la población adulta para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA 2

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel iAs (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media iAs adultos (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 iAs adultos (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,26	0,64	1,30	0,34	0,83
Aceite de semillas	0,03	0,22	2,80	0,08	0,61
OTROS	0,00	0,00	1,95	0,01	0,01
Carne de pollo	0,73	3,04	1,30	0,95	3,96
Carne de cerdo	0,24	1,89	0,30	0,07	0,57
Carne de ternera	0,31	1,92	2,75	0,86	5,28
Carne de cordero	0,06	0,00	0,30	0,02	0,00
Carne de conejo	0,05	0,31	0,30	0,01	0,09
Hamburguesas	0,09	0,09	0,40	0,04	0,04
Embutidos frescos	0,07	0,00	3,65	0,24	0,00
Jamón curado	0,15	0,90	0,55	0,08	0,49
Embutidos curados	0,08	0,47	3,30	0,25	1,56
Jamón cocido	0,14	0,81	5,35	0,77	4,31
Paté	0,01	0,00	2,40	0,01	0,00
Visceras	0,02	0,00	0,30	0,00	0,00
Otros	0,05	0,07	1,30	0,07	0,09
Conservas pescado	0,14	0,72	4,37	0,61	3,13
Bonito y atun	0,02	0,00	10,46	0,25	0,04
Calamar y sepia	0,08	0,50	3,06	0,25	1,54
Dorada y lubina	0,02	0,00	11,72	0,24	0,00
Pez espada	0,04	0,00	10,30	0,43	0,00
Crustaceos	0,04	0,30	43,61	1,66	13,03
Mejillón	0,04	0,00	27,55	1,02	0,00
Pescado blanco	0,30	0,84	6,56	1,96	5,54
Salmón y trucha	0,02	0,00	10,21	0,22	0,00
Sardina y boquerón	0,03	0,00	36,81	0,99	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	17,95	0,05	0,05
Pescado ahumado	0,01	0,00	7,17	0,05	0,00
Otros	0,03	0,01	10,56	0,29	0,07
Huevos de gallina	0,34	1,63	0,27	0,09	0,44
Leche	2,48	13,04	0,60	1,48	7,79
Queso	0,25	1,70	3,08	0,76	5,23
Yogur	0,62	3,85	0,65	0,40	2,52
Natillas , flanes y batidos	0,13	0,00	1,40	0,18	0,00
Mantequilla	0,05	0,14	1,05	0,05	0,15
Productos soja	0,15	0,00	2,11	0,32	0,00
Otros	0,02	0,00	1,18	0,02	0,00
Bollería	0,15	0,85	5,26	0,77	4,49
Cereales de desayuno	0,04	0,36	12,63	0,56	4,52
Galletas	0,14	0,82	6,18	0,90	5,09
Pan blanco	1,08	3,11	5,54	5,98	17,22
Pan de molde	0,16	0,93	4,18	0,66	3,89
Pan integral	0,07	0,47	4,29	0,31	2,03
Pasta	0,22	1,23	11,09	2,40	13,60
Arroz	0,29	1,27	70,17	20,10	89,35
Patatas	0,16	1,01	1,26	0,20	1,28
Legumbres	0,18	1,01	4,74	0,86	4,79
Frutos secos	0,03	0,00	3,45	0,11	0,00
Otros	0,10	0,49	5,56	0,58	2,74
Espinacas y acelgas	0,07	0,00	5,74	0,38	0,00
Lechuga, endivia y escarola	0,17	0,95	2,39	0,42	2,26
Judías verdes	0,11	0,59	1,23	0,14	0,72
Cebollas y cebolletas	0,28	1,30	2,18	0,61	2,83
Ajo	0,01	0,06	2,42	0,03	0,14
Pimiento	0,13	0,80	2,23	0,28	1,79
Berenjena, calabacín y pepino	0,23	1,13	16,42	3,81	18,51
Zanahorias y calabazas	0,23	1,14	10,42	2,43	11,91
Tomate	0,93	3,92	0,09	0,09	0,37
Setas y champiñón	0,03	0,00	6,57	0,22	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,05	0,00	3,82	0,21	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y apio	0,09	0,00	2,27	0,20	0,00
Naranja	0,89	5,27	0,65	0,58	3,42
Fresas, fresas y frambuesas	0,00	0,00	2,60	0,01	0,00
Manzana y pera	0,59	4,48	1,92	1,13	8,59
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	1,44	0,12	0,00
Melocotón y albaricoque	0,35	2,51	2,07	0,73	5,21
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	1,42	0,08	0,00
Melón y sandía	0,61	5,90	6,03	3,70	35,61
Plátanos	0,34	2,35	0,32	0,11	0,76
Aceitunas y encurtidos	0,03	0,26	4,37	0,14	1,12
Café y café soluble	0,04	0,17	2,40	0,08	0,41
Otros	0,24	0,00	2,44	0,58	0,00
Refrescos gas	1,38	8,35	0,38	0,52	3,17
Zumos naranja	0,14	0,00	0,40	0,06	0,00
Zumos piña y melocotón	0,40	2,44	2,22	0,89	5,41
Otros	0,81	4,42	0,48	0,39	2,12
agua envasada	10,11	27,93	0,20	2,02	5,59
Cerveza	0,80	5,50	1,55	1,24	8,55
Vino de mesa	0,47	2,99	0,65	0,31	1,94
Otros	0,01	0,00	0,92	0,01	0,00
Chocolate y cacao	0,06	0,23	2,95	0,18	0,69
Azúcar	0,11	0,47	1,05	0,12	0,50
Sal de mesa	0,01	0,03	4,25	0,04	0,12
Caramelos y golosinas	0,00	0,00	2,20	0,00	0,00
Salsa mayonesa	0,11	0,00	4,18	0,44	0,00
Otros	0,05	0,17	3,10	0,14	0,53
Pizzas	0,12	0,00	3,55	0,41	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,05	0,00	3,73	0,19	0,00
Aperitivos y snacks	0,04	0,16	5,74	0,22	0,91
Comidas preparadas envase metá	0,02	0,00	0,34	0,01	0,00
Otros	0,39	3,01	3,29	1,29	9,92
TOTAL	30,37	131,21		73,14	339,43

Cálculo determinista de la ingesta de iAs para la población infantil para el consumo medio y el P95 de todos los alimentos analizados (UB). Escenario PESIMISTA 2

Alimentos	Consumo (g/kg pc/día) adultos		Nivel iAs (ng/g) (mediana) UB	Ingesta media iAs infantil (ng/kg p c/día) UB	Ingesta P95 iAs infantil (ng/kg p c/día) UB
	media	P95			
Aceite de oliva	0,42	1,00	1,30	0,54	1,30
Aceite de semillas	0,07	0,51	2,80	0,20	1,41
OTROS	0,00	0,00	1,95	0,00	0,00
Carne de pollo	1,48	6,76	1,30	1,92	8,78
Carne de cerdo	0,60	3,58	0,30	0,18	1,07
Carne de ternera	0,53	3,81	2,75	1,46	10,49
Carne de cordero	0,21	0,00	0,30	0,06	0,00
Carne de conejo	0,09	0,00	0,30	0,03	0,00
Hamburguesas	0,28	0,28	0,40	0,11	0,11
Embutidos frescos	0,12	0,88	3,65	0,44	3,20
Jamón curado	0,17	1,17	0,55	0,10	0,65
Embutidos curados	0,29	2,38	3,30	0,95	7,86
Jamón cocido	0,51	2,92	5,35	2,73	15,65
Paté	0,02	0,00	2,40	0,05	0,00
Visceras	0,03	0,00	0,30	0,01	0,00
Otros	0,18	0,66	1,30	0,23	0,86
Conservas pescado	0,17	0,94	4,37	0,74	4,09
Bonito y atun	0,04	0,00	10,46	0,45	0,00
Calamar y sepia	0,03	0,00	3,06	0,09	0,00
Dorada y lubina	0,06	0,00	11,72	0,67	0,00
Pez espada	0,10	0,00	10,30	1,06	0,00
Crustaceos	0,03	0,00	43,61	1,50	0,00
Mejillón	0,02	0,00	27,55	0,66	0,00
Pescado blanco	0,34	2,17	6,56	2,23	14,23
Salmón y trucha	0,02	0,00	10,21	0,17	0,00
Sardina y boquerón	0,02	0,00	36,81	0,67	0,00
Salazones de pescado	0,00	0,00	17,95	0,00	0,00
Pescado ahumado	0,00	0,00	7,17	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	10,56	0,01	0,01
Huevos de gallina	0,63	3,46	0,27	0,17	0,94
Leche	6,99	28,40	0,60	4,18	16,95
Queso	0,53	2,97	3,08	1,63	9,15
Yogur	1,27	6,87	0,65	0,83	4,49
Natillas , flanes y batidos	0,69	6,11	1,40	0,97	8,56
Mantequilla	0,09	0,26	1,05	0,09	0,27
Productos soja	0,11	0,11	2,11	0,23	0,23
Otros	0,03	0,00	1,18	0,04	0,00
Bollería	0,54	3,19	5,26	2,84	16,78
Cereales de desayuno	0,25	1,41	12,63	3,13	17,85
Galletas	0,39	2,06	6,18	2,43	12,72
Pan blanco	1,96	5,96	5,54	10,87	33,03
Pan de molde	0,49	2,54	4,18	2,03	10,61
Pan integral	0,03	0,00	4,29	0,14	0,00
Pasta	0,70	2,68	11,09	7,76	29,77
Arroz	0,63	2,98	70,17	44,09	208,84
Patatas	0,49	2,72	1,26	0,61	3,43
Legumbres	0,24	1,78	4,74	1,12	8,45
Frutos secos	0,06	0,00	3,45	0,19	0,00
Otros	0,22	1,29	5,56	1,23	7,16
Espinacas y acelgas	0,08	0,01	5,74	0,48	0,08
Lechuga, endivia y escarola	0,19	1,07	2,39	0,45	2,56
Judías verdes	0,13	1,02	1,23	0,16	1,25
Cebollas y cebolletas	0,30	1,35	2,18	0,66	2,93
Ajo	0,01	0,08	2,42	0,02	0,18
Pimiento	0,07	0,82	2,23	0,15	1,83
Berenjena, calabacín y pepino	0,25	0,94	16,42	4,18	15,51
Zanahorias y calabazas	0,35	2,04	10,42	3,65	21,23
Tomate	1,21	5,76	0,09	0,11	0,54
Setas y champiñon	0,02	0,00	6,57	0,14	0,00
Coliflor, brócoli, coles y repollo	0,07	0,00	3,82	0,25	0,00
Alcachofa, puerro, cardo y ápio	0,05	0,00	2,27	0,12	0,00
Naranja	1,01	8,38	0,65	0,66	5,44
Fresas, fresas y frambuesas	0,02	0,02	2,60	0,04	0,04
Manzana y pera	0,65	5,67	1,92	1,24	10,86
Cerezas y ciruelas	0,08	0,00	1,44	0,12	0,00
Melocotón y albaricoque	0,26	1,96	2,07	0,54	4,06
Uvas blancas y negras	0,06	0,00	1,42	0,09	0,00
Melón y sandía	0,76	3,96	6,03	4,56	23,86
Plátanos	0,95	5,60	0,32	0,31	1,80
Aceitunas y encurtidos	0,06	0,37	4,37	0,24	1,61
Café y café soluble	0,00	0,00	2,40	0,01	0,01
Otros	0,38	0,22	2,44	0,92	0,54
Refrescos gas	1,80	10,72	0,38	0,68	4,06
Zumos naranja	0,32	2,40	0,40	0,13	0,97
Zumos piña y melocotón	1,65	12,29	2,22	3,66	27,28
Otros	0,32	0,00	0,48	0,16	0,00
agua envasada	16,18	40,47	0,20	3,24	8,09
Cerveza	0,00	0,00	1,55	0,00	0,00
Vino de mesa	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00
Chocolate y cacao	0,36	1,86	2,95	1,07	5,48
Azúcar	0,12	0,64	1,05	0,12	0,68
Sal de mesa	0,02	0,05	4,25	0,07	0,19
Caramelos y golosinas	0,01	0,00	2,20	0,02	0,00
Salsa mayonesa	0,33	2,30	4,18	1,36	9,62
Otros	0,04	0,00	3,10	0,12	0,01
Pizzas	0,13	0,00	3,55	0,47	0,00
Comidas preparadas congeladas	0,22	0,00	3,73	0,84	0,00
Aperitivos y snacks	0,09	0,51	5,74	0,49	2,91
Comidas preparadas envase metá	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00
Otros	1,35	10,14	3,29	4,43	33,40
TOTAL	52,07	222,50		137,83	645,98

