

# COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS **S**



Organización de las Naciones  
Unidas para la Agricultura  
y la Alimentación



Organización  
Mundial de la Salud

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia - Tel: (+39) 06 57051 - Fax: (+39) 06 5705 4593 - E-mail: [codex@fao.org](mailto:codex@fao.org) - [www.codexalimentarius.net](http://www.codexalimentarius.net)

**Tema 9(b) del programa**

**CX/CF 11/5/10  
Marzo de 2011**

## **PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS**

**5ª reunión**

**La Haya (Países Bajos), 21 – 25 de marzo de 2011**

### **DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE EL ARSÉNICO EN EL ARROZ** (Preparado por el Grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por China)

#### **INFORMACIÓN GENERAL**

1. La 4ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF) decidió establecer un Grupo de trabajo por medios electrónicos para desarrollar un documento de debate sobre la viabilidad de establecer NM para el arsénico en el arroz.<sup>1</sup> Irán había presentado con anterioridad una propuesta de nuevo trabajo al CCCF sobre un NM para el arsénico en el arroz. La preparación de este documento de debate ha sido dirigida por China. La lista de participantes del grupo de trabajo se adjunta como Apéndice I.
2. El documento de debate se propuso para revisar los conocimientos actuales y proporcionar un resumen de las posibles opciones de gestión de riesgos, incluida la viabilidad de fijar NM en el arroz a fin de que se sometiera a consideración en la 5ª reunión.<sup>1</sup>
3. Habida cuenta que el objetivo final de las opciones de gestión de riesgos es proporcionar información sobre la reducción de la exposición al arsénico en el arroz, especialmente del arsénico inorgánico en el arroz, este documento se concentrará en información relacionada con opciones disponibles de gestión de riesgos para reducir la exposición al arsénico en el arroz, inclusive en investigar la posibilidad de desarrollar NM para el contenido total de arsénico o arsénico inorgánico en el arroz, a la luz de la disponibilidad de suficientes datos sobre la presencia y exposición, y la evaluación de 2010 realizada por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios en su 72ª reunión (FAO/OMS). Asimismo se han incorporado debates más breves sobre la toxicología, análisis y exposición al arsénico, y forma de su especie.

#### **INTRODUCCIÓN**

4. El arsénico se ha descrito como un metaloide porque presenta propiedades intermedias características de los metales y no metales. Se encuentra en el grupo 15 de la tabla periódica junto con el nitrógeno y el fósforo, y, por tanto la química del arsénico es similar en muchos aspectos a la de esos dos elementos esenciales. Esas similitudes químicas pueden ser la razón de que el arsénico esté presente a altos niveles en muchos organismos marinos y en muchos mariscos (Francesconi y Edmonds, 1997). Por ejemplo, el ión inorgánico arseniato se da en el agua del mar junto con el fosfato que es estructuralmente similar. Las algas marinas no parecen capaces de distinguir entre estos dos oxoaniones; en sus esfuerzos por absorber fosfato esencial absorben el arseniato potencialmente tóxico sin darse cuenta. El proceso de detoxificación empieza por metilación dando lugar a compuestos de organoarsénico metilados. La arsenobetaina es estructuralmente similar a la glicina betaína  $[(\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COO}^-]$ , una betaína de nitrógeno que los organismos acuáticos utilizan como osmolito para mantener el equilibrio osmótico en condiciones de salinidad variable, es decir, cuando la salinidad ambiental es

<sup>1</sup> ALINORM 10/33/41, párr. 106 - 107

elevada, el nivel de glicina betaína de un organismo es elevado. La similitud estructural casual entre la arsenobetaína y glicina betaína podría explicar porqué los niveles de arsenobetaína son mucho más elevados en los animales marinos que en los animales de agua dulce.

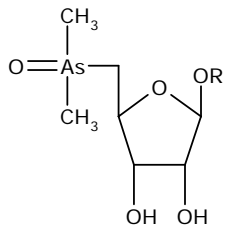
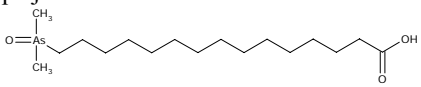
5. Pese a que bajo condiciones de reducción el arsénico forma especies con el átomo de arsénico en estado de oxidación  $-3$  y  $+3$ , las especies de arsénico más estables encontradas en condiciones medioambientales normales contienen el átomo de arsénico en estado de oxidación  $+5$ . La gran mayoría de especies de arsénico encontradas en los organismos y en los alimentos contienen también arsénico en estado de oxidación  $+5$  (p.ej., arseniato, dimetilarsinato, arsenobetaína, arsenoazúcares). En el Cuadro 1 se resumen las principales especies de arsénico encontradas en los alimentos y algunos metabolitos pertinentes para el ser humano.

6. **Especies de arsénico en los alimentos.** La mayoría de los datos indicados sobre el arsénico en los alimentos describen el contenido del total de arsénico, es decir, la suma de todas las especies de arsénico. Los análisis sobre el total de arsénico que proporcionan estos datos se pueden realizar fácilmente en laboratorios analíticos equipados para determinar oligoelementos. Desde el descubrimiento de arsenobetaína en la langosta en 1977, se han señalado más de 50 compuestos de organoarsénico en los organismos marinos, muchos de los cuales se utilizan como alimentos. No obstante, la mayoría de esos compuestos no suele indicarse, o se da solamente a nivel de vestigio. Efectuar análisis que proporcionen información sobre el tipo de arsénico (es decir especie de arsénico) es mucho más difícil y hay relativamente pocos laboratorios que puedan proporcionar esos datos. Sin embargo, esos datos son cada vez más importantes debido a que distintos alimentos pueden contener tipos distintos de especies de arsénico y porque esas especies tienen toxicidades muy diferentes.

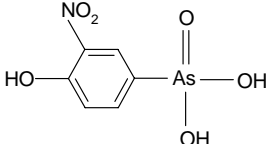
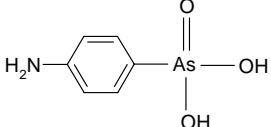
7. **Especies de arsénico inorgánico en los alimentos.** El arsénico inorgánico en el medio ambiente comprende especies en el estado de oxidación  $+3$  ó  $+5$  principalmente, presentes como tiocomplejos o, fundamentalmente, como los oxoaniones arsenito y arseniato. Los analitos (es decir las especies que se miden realmente) suelen ser arsenito y arseniato, y los datos suelen registrarse como estas dos especies. Del mismo modo, en muestras de alimentos el arsénico inorgánico suele indicarse como arsenito y arseniato pese a que en el mismo alimento está probablemente ligado a tiogrupos en péptidos o proteínas. Las concentraciones del total de arsénico de los productos alimenticios de origen terrestre son generalmente bajas, por lo que su contenido de arsénico inorgánico es también bajo. El arroz, sin embargo, parece ser una excepción porque contiene cantidades importantes de arsénico inorgánico, con concentraciones entre 0,1 mg y 0,4 mg de arsénico/kg de masa seca y a veces mucho más elevadas (Sun et al., 2008; Meharg et al., 2009). Pese a que el pescado y otros mariscos tienen un elevado contenido total de arsénico (normalmente 2 mg - 60 mg de arsénico/kg de masa seca, SCOOP, 2004; Julshamn et al., 2004), sus niveles de arsénico inorgánico son normalmente  $<0,2$  mg de arsénico/kg de masa seca (Edmonds y Francesconi, 1993; Sloth et al., 2005; Sirot et al., 2009). Si bien hay algunas excepciones notables. Por ejemplo, el alga marina comestible hijiki (*Hizikia fusiforme*, denominada también hiziki), puede contener arsénico inorgánico (presente como arseniato) a concentraciones  $>60$  mg/kg (FSA, 2004), y en el mejillón azul (*Mytilus edulis*) se han encontrado concentraciones de arsénico inorgánico que llegan hasta 30 mg/kg de masa seca (Sloth y Julshamn, 2008). El contenido de arsénico de varios alimentos se debate pormenorizadamente.

8. **Especies de arsénico inorgánico en el agua.** Las concentraciones de arsénico en el agua subterránea, la fuente principal de agua potable en muchas partes del mundo, son normalmente inferiores a 10  $\mu\text{g/L}$  pero en algunas zonas pueden llegar hasta 5 000  $\mu\text{g/L}$  (Smedley y Kinniburgh, 2002). Las aguas superficiales se utilizan también como agua potable, pero generalmente contienen concentraciones más bajas de arsénico que las que contienen las aguas subterráneas. En esencia, todo el arsénico en el agua potable está presente como arsénico inorgánico. En condiciones oxigenadas, como las que se dan en la mayoría de las aguas superficiales, el arsénico está presente principalmente como arseniato. Sin embargo, bajo determinadas condiciones medioambientales reductoras en algunas aguas subterráneas el arsenito puede ser la especie dominante (Postma et al., 2007).

**Cuadro 1:** Nombres, abreviaturas y estructuras químicas de las especies de arsénico a que se hace referencia en este informe (del Dictamen Científico sobre Arsénico en los alimentos de EFSA)

Nombre	Abreviatura	Estructura química <sup>(a)</sup>	Pertinencia/observaciones
Arsénico inorgánico	iAs		Suma de As(III) y As(V).
Arsenito	As(III)	$\text{As}(\text{O}^-)_3$	En la mayoría de los alimentos entre vestigios a bajos niveles; sumamente tóxico.
Arseniato	As(V)	$\text{O}=\text{As}(\text{O}^-)_3$	En la mayoría de los alimentos entre vestigios a bajos niveles; una forma principal en el agua; sumamente tóxico.
Arsenobetaína	AB	$(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$	Principal especie de arsénico en la mayoría de los mariscos; no tóxico.
Arsenoazúcares <sup>(b)</sup>			Principal especie de arsénico (algas comestibles) o especie de arsénico importante (moluscos) en muchos mariscos.
Arsenolípidos <sup>(c)</sup>		<p>p.ej.</p> 	Especies de arsénico descubiertas recientemente presentes en aceites de pescado y pescado graso; probablemente está presente en otros mariscos también.
Propionato de trimetilarsonio	TMAP	$(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$	Especie de arsénico menor presente en la mayoría de los mariscos.
Metilarsonato	MA	$\text{CH}_3\text{AsO}(\text{O}^-)_2$	Especie de arsénico en vestigios de algunos mariscos y alimentos terrestres; un importante metabolito de iAs en la orina humana.
Metilarsonito	MA(III)	$\text{CH}_3\text{As}(\text{O}^-)_2$	Generalmente no se detecta en los alimentos; detectado en algunas muestras de orina humana como metabolito de iAs; una especie tóxica que se piensa que es importante para el mecanismo de acción tóxica del arsénico.
Dimetilarsinato	DMA	$(\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{O}^-)$	Especie de arsénico menor en los mariscos y algunos alimentos terrestres; el principal metabolito de iAs, arsenoazúcares y arsenolípidos en la orina humana.
Tiodimetilarsinato	Tio-DMA	$(\text{CH}_3)_2\text{AsS}(\text{O}^-)$	Un metabolito menor en la orina humana de arsénico inorgánico y arsenoazúcares.

**Cuadro 1:** Continuación

Nombre	Abreviatura	Estructura química <sup>(a)</sup>	Pertinencia/observaciones
Dimetilarsinato	DMA(III)	$(\text{CH}_3)_2\text{AsO}^-$	No detectado en alimentos; detectado en algunas muestras de orina humana como metabolito de iAs; una especie (reactiva) muy inestable que es muy difícil de medir; especie sumamente tóxica que algunos investigadores consideran que es esencial para el mecanismo de acción tóxica del arsénico.
Óxido de trimetilarsina	TMAO	$(\text{CH}_3)_3\text{AsO}$	Especie de arsénico menor común en el marisco.
Ión de tetrametilarsonium	TETRA	$(\text{CH}_3)_4\text{As}^+$	Especie de arsénico menor común en el marisco.
Arsenocolina	AC	$(\text{CH}_3)_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Especie de arsénico en vestigio encontrada en el marisco; en sistemas biológicos se oxida fácilmente en arsenobetaina.
Roxarsona			En los Estados Unidos de América se utiliza como aditivo alimentario para las aves de corral para potenciar el crecimiento; prohibida en Europa; normalmente no se detecta en los alimentos.
Ácido arsánico			Anteriormente se utilizaba como medicamento y como aditivo alimentario animal; utilizado también como su sal de sodio (atoxilo).

- (a): Las especies de arsénico más simples suelen denominarse también por sus formas protonadas como As(III) ácido arsenoso,  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ; As(V) ácido arsénico,  $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ; MA ácido metilarsonico,  $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$ ; DMA ácido dimetilarsínico,  $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}(\text{OH})$ ; MA(III) ácido metilarsonoso,  $\text{CH}_3\text{As}(\text{OH})_2$ ; DMA(III) ácido dimetilarsinoso  $(\text{CH}_3)_2\text{AsOH}$ .
- (b): Se han señalado más de 20 arsenozúcares como productos naturales; difieren porque tienen distintos grupos R en la porción de aglicona de la molécula y por la sustitución del oxígeno en el átomo de arsénico por un átomo de sulfuro o bien un tercer grupo metilo (véase Francesconi y Edmonds (1997)). Sin embargo, la mayoría del arsénico presente como arsenozúcares está contenido en sólo cuatro compuestos basados en la estructura arriba expuesta y con (i)  $\text{R}=\text{CH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ ; (ii)  $\text{R}=\text{CH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OP}(\text{O})(\text{OH})\text{OCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OH}$ ; (iii)  $\text{R}=\text{CH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OSO}_3\text{H}$ ; y (iv)  $\text{R}=\text{CH}_2\text{CHOHCH}_2\text{SO}_3\text{H}$
- (c): Hasta el momento (2009) se han señalado nueve arsenolípidos como productos naturales; todos ellos contienen el grupo demetilarsinoil  $[(\text{CH}_3)_2\text{As}(\text{O})^-]$  ligado a uno de los ácidos grasos de cadena larga o bien a hidrocarburos de cadena larga. En los alimentos hay presentes muchos más arsenolípidos; actualmente sus estructuras se desconocen.

## **TOXICOLOGÍA Y EFECTOS EN LA SALUD DE LA EPIDEMIOLOGÍA**

9. La toxicidad del arsénico depende de la forma química y su solubilidad, y varía entre las especies animales y con la vía de administración. Generalmente el arsénico trivalente es más tóxico que las formas pentavalentes. La administración oral de arsénicos inorgánicos a animales de laboratorio tiene una serie de efectos, incluidos efectos en el sistema cardiovascular, respiratorio, gastrointestinal, hematológico, inmune, reproductivo y nervioso. Se ha demostrado que la administración de MMA<sup>V</sup> a animales experimentales tiene efectos en el tracto gastrointestinal, riñones, sistema tiroideo y reproductor, con diarrea como el efecto observado a las dosis más bajas. DMA<sup>V</sup> tiene efectos en la vejiga urinaria, riñones, tiroideo y desarrollo mortal.

10. El arsénico fue evaluado por el JECFA en sus reuniones 10, 27, 33 y 72. El arsénico inorgánico ha sido evaluado en un número de ocasiones por la IARC (1973, 1978, 1980 y 2004).

11. En 1973 la IARC concluyó que había una relación causal entre el cáncer de piel y la exposición al arsénico inorgánico en medicamentos, en el agua potable con un alto contenido de arsénico o en el entorno laboral, y que el riesgo de cáncer pulmonar aumentaba claramente en determinados trabajadores metalúrgicos que inhalaban altos niveles de trióxido de arsénico. No obstante, el papel causativo del arsénico era inseguro, porque no pudo determinarse la influencia de otros constituyentes de la atmósfera de trabajo. En 1980 la IARC concluyó que había suficiente evidencia de que los compuestos de arsénico inorgánico son cancerígenos para la piel y pulmones del ser humano (grupo 1). En 2004 la IARC concluyó que había suficiente evidencia de que en el ser humano el arsénico en el agua potable produce cáncer de vejiga urinaria, pulmonar y de piel, mientras que la evidencia de la carcinogenia en animales experimentales era limitada. En 2009 la IARC concluyó nuevamente que el arsénico en el agua potable produce cáncer de vejiga urinaria, pulmonar y de piel, y que la evidencia de cáncer de riñones, hígado y próstata era "limitada".

12. En su 27<sup>a</sup> reunión (1983), el JECFA concluyó que "sobre la base de los datos disponibles el Comité podía llegar solamente a una estimación de 0,002 mg/kg de pc como una ingesta diaria tolerable máxima provisional del arsénico inorgánico ingerido; no se pudo obtener ninguna cifra para los arsénicos orgánicos en los alimentos". Esto se basaba en la observación que el arsenicismo puede asociarse con suministros de agua que contienen una concentración de arsénico superior a 1 mg/l o mayor, y que una concentración de 0,1 mg/l puede dar lugar a signos que se puede presuponer son de toxicidad. Suponiendo un consumo de agua diario de 1,5 litros, el Comité concluyó que era probable que las ingestas de arsénico inorgánico de 1,5 mg/día dieran lugar a toxicidad crónica de arsénico y que a largo plazo la ingesta diaria de 0,15 mg podía ser también tóxica para algunas personas. El Comité señaló que el Programa Internacional sobre Seguridad Química (IPCS) había estimado que una concentración de arsénico de 0,2 mg/l en el agua potable podía dar lugar a un 5 % de riesgo durante la vida de cáncer de piel, pero que el cáncer de piel no se producía si no se daban otros efectos tóxicos debido al arsénico.

13. En su 33<sup>a</sup> reunión (1988), el JECFA examinó información pertinente para apreciar la importancia de los organoarsénicos en el pescado. La evaluación anterior fue confirmada mediante la asignación de una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de 0,015 mg/kg de pc para el arsénico inorgánico, "con el claro entendimiento que el margen entre la ISTP y las ingestas que se señaló que tenían efectos tóxicos en estudios epidemiológicos era pequeño". El Comité señaló que las formas orgánicas de arsénico presentes en el marisco necesitaban examinarse de forma diferente del arsénico inorgánico en el agua.

14. En su 72<sup>a</sup> reunión (2010), el JECFA examinó datos toxicológicos examinados con anterioridad y toda la información relacionada con la toxicología y epidemiología, evaluación de la exposición, incluidos estudios de biomarcadores, metodología analítica, especiación y presencia en alimentos y agua potable, a fin de reevaluar y revisar el arsénico inorgánico en la ISTP. La bibliografía con respecto al arsénico es amplia, y como punto de partida para su evaluación el Comité actual utilizó tres exámenes recientes de la Agencia de Estados Unidos para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, la Autoridad Europea sobre Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), y también tuvo en cuenta estudios más recientes que se consideraban de información para la evaluación. La clasificación del arsénico como cancerígeno se basaba originalmente en evidencia de cánceres de piel. Estudios en Taiwan (China) y otras regiones donde se dan exposiciones elevadas al arsénico en el agua potable han confirmado la relación. En estudios ecológicos de Chile, Argentina, Taiwan (China) y estudios de cohortes en Taiwan (China) se han observado asociaciones

importantes entre la exposición a altos niveles de arsénico ingerido en el agua potable y el cáncer de vejiga. Algunos de los estudios mostraron una asociación solamente en los fumadores. En estudios de Chile, Argentina y Taiwan (China) se ha demostrado que la exposición a altas concentraciones de arsénico en el agua potable está asociada con cáncer pulmonar. Nuevamente, cuando se compararon los fumadores con no fumadores, las asociaciones fueron más fuertes en los fumadores. En estudios epidemiológicos se determinó que el límite más bajo de arsénico inorgánico en la dosis de referencia para un incremento de la incidencia de cáncer pulmonar del 0,5% (BMDL<sub>0.5</sub>) era 3,0 µg/kg de pc por día (2 µg/kg – 7 µg/kg de pc por día basado en el margen de la exposición alimentaria total estimada) utilizando una variedad de supuestos para estimar la exposición alimentaria total al arsénico inorgánico del agua potable y los alimentos. El Comité señaló que la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de 15 µg/kg de pc (equivalente a 2,1 µg/kg de pc al día) es del orden de BMDL<sub>0.5</sub> y por tanto ya no era apropiada. En su 72ª reunión (2010), el JECFA suprimió la ISTP anterior.

15. Estudios epidemiológicos en distintas regiones del mundo han demostrado de forma consistente una fuerte asociación entre la ingesta a largo plazo de arsénico inorgánico y lesiones de piel, normalmente en la forma de hiperqueratosis, hiperpigmentación o hipopigmentación. Observaciones de lesiones de piel tras baja exposición crónica han sugerido que esos cambios dérmicos característicos son indicaciones sensitivas de los efectos tóxicos del arsénico inorgánico.

16. Estudios epidemiológicos disponibles indican una relación positiva entre las altas concentraciones de arsénico inorgánico en el agua potable y puntos de valoración sensibles para la neurotoxicidad periférica y central. Existe alguna evidencia de que la exposición de los niños al arsénico inorgánico en zonas con elevadas concentraciones de arsénico (>50 µg/l) en el agua potable produce efectos en la actuación cognitiva, pero hasta la fecha esto no es concluyente.

17. Los principales efectos adversos que se ha señalado también que están asociados con la ingesta a largo plazo de arsénico inorgánico por el ser humano son efectos en el desarrollo, enfermedad cardiovascular, neurotoxicidad y diabetes, cáncer y lesiones de piel.

## MÉTODOS ANALÍTICOS

18. Las técnicas de detección más comunes para el arsénico son espectrometría de masas con plasma acoplado por inducción (ICP-MS), espectroscopia de emisión atómica ICP (ICP-AES) y espectroscopia por absorción atómica acoplada con generación de hidruros (HG-AAS) o espectroscopia de fluorescencia atómica (HG-AFS). Generalmente la ICP-AES es adecuada para determinar el total de arsénico en los alimentos y su sensibilidad se puede mejorar acoplándola a HG. ICP-MS tiene la sensibilidad más elevada sin derivatización. HG-AAS y HG-AFS tienen límites de detección (LOD) en el margen de microgramo por kilogramo, que es adecuado para todos los alimentos. Para especiación con sistemas de detección basados en HG, algunas especies de organoarsénico requieren oxidación a especies que forman arsines volátiles antes de su detección.

19. **Análisis del total de arsénico** Las muestras preparadas para determinar el total de arsénico son mineralizadas mediante métodos húmedos o secos. Microondas es el sistema cerrado utilizado más comúnmente en la mineralización húmeda, pero para la degradación completa de algunas especies de organoarsénico se necesitan temperaturas más elevadas que las que se pueden obtener por microondas. Cuando se utilizan sistemas de detección basados en HG en algunos alimentos esto lleva a una subestimación del total de arsénico. Desarrollos recientes, como métodos de combustión inducida por microondas, están solucionando este problema. En la mineralización seca es necesaria la adición de coadyuvantes de calcinación para evitar pérdidas de arsénico por volatilización.

20. **Análisis de especiación del arsénico** La investigación metodológica en la última década se ha enfocado a la especiación del arsénico. La extracción cuantitativa de especies de arsénico de matrices de alimentos es uno de los principales problemas metodológicos, y las eficiencias varían ampliamente, dependiendo de la naturaleza de la matriz y el método utilizado. Normalmente se utilizan disolventes polares asistidos por ultrasonido, extracción acelerada con disolventes o microondas. Especialmente difícil de obtener es la extracción de arsenito, debido a la unión a grupos tioles en proteínas. La separación de especies de arsénico se obtiene generalmente por cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC). Para muestras con un gran número de especies de arsénico puede ser necesaria cromatografía multidimensional (columnas y condiciones diferentes); por ejemplo, en las algas marinas y el marisco se han encontrado hasta 23 especies. Otras dificultades son que en determinadas

circunstancias la elución puede no ser cuantitativa y el eluyente puede cambiar el estado de oxidación del arsénico.

21. **Análisis del arsénico inorgánico** La mayoría del trabajo actual sobre la especiación del arsénico se ha concentrado en la caracterización de los perfiles de especies de arsénico en productos alimenticios sin atención especial al arsénico inorgánico. Actualmente se necesitan métodos validados y horizontales para la extracción selectiva y determinación del arsénico inorgánico, y para materiales de referencia certificados sobre el arsénico inorgánico en los alimentos. Además sería más conveniente señalar el total de arsénico inorgánico que el arsenito y arseniato, porque varios procedimientos de extracción/analíticos pueden cambiar el estado de oxidación.

22. A efectos de aplicación se necesitan métodos validados, como los adoptados por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), AOAC International, o la Organización Europea para la Estandarización (CEN). Para el total de arsénico, incluido en cereales en grano y productos a base de granos, existe el método validado (método AOAC, EN). Se necesitan métodos validados para la extracción selectiva y determinación del arsénico inorgánico en matrices de alimentos y para materiales de referencia certificados en el arsénico inorgánico.

23. Dado que no hay material de referencia para el análisis de especiación del arsénico, es necesario que se preste atención a desarrollar un material de referencia para la harina de arroz que contenga tanto especies de arsénico orgánico como inorgánico. Esa muestra natural se puede obtener en algunos suelos de arrozales en China impactados por la minería, como en la provincia de Hunan, en la parte centro sur de China.

#### **NIVEL DEL TOTAL DE ARSÉNICO Y DE ARSÉNICO INORGÁNICO EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

24. En 2010 la 72ª reunión del JECFA examinó los niveles y modelos de contaminación por arsénico en los productos alimenticios, incluido el arroz, sobre la base de datos de presencia de la bibliografía y de datos presentados por Australia, Brasil, Francia, Japón, Nueva Zelanda y Singapur. El número total de resultados analíticos (individuales o compuestos) evaluados fue 17 498. En el Cuadro 2 se resumen por categoría de alimentos los márgenes de las concentraciones del total de arsénico, en base a resultados con valores cuantificados (mínimo a máximo). Las concentraciones más altas del total de arsénico se han encontrado en las algas marinas, el pescado y el marisco, setas y hongos, arroz y productos del arroz, y algunos productos cárnicos. Los niveles en los productos alimentarios restantes normalmente no exceden de 1 mg/kg. En algunos grupos de alimentos, el número de resultados no detectables/no cuantificables fue elevado (n = 9 081), p.ej., con productos lácteos (66 %), carne y productos cárnicos (74 %), huevos y ovoproductos (65 %), productos de panadería (70 %), cereales distintos al arroz (80 %) y hortalizas distintas de las setas (86 %).

25. Más recientemente se han puesto a disposición métodos para la determinación del arsénico inorgánico. Los niveles de arsénico inorgánico se obtuvieron de la bibliografía y de los datos presentados por Japón, Francia y Singapur (mínimo a máximo). El número total de resultados analíticos (individuales o compuestos) evaluado en la 72ª reunión fue de 1 737 (Cuadro 3). Los niveles de arsénico inorgánico en los alimentos y bebidas normalmente no exceden de 0,1 mg/kg, con valores medios generalmente inferiores a 0,03 mg/kg. No obstante, las algas marinas, el arroz y algunos productos pesqueros y de mariscos tienen niveles de arsénico inorgánico más altos, al igual que cultivos de alimentos cosechados en suelos contaminados por arsénico, que se expondrán más en profundidad en los párrafos 26-31. Pese a que es bien sabido que el agua potable contribuye de manera importante a la exposición al arsénico inorgánico, algunos estudios sugieren que el arroz y los productos a base de arroz podrían tener también una importante contribución a la exposición al arsénico inorgánico. Otros posibles contribuidores a la exposición alimentaria al arsénico inorgánico son el pescado y el marisco, los cereales, hortalizas de raíz, algas marinas, suplementos alimenticios, setas y té. Dado que los productos a base de arroz suelen utilizarse en alimentos de destete para lactantes, la exposición de los lactantes al arsénico es de gran importancia y debería evaluarse.

**Cuadro 2 Resumen de los datos disponibles sobre las concentraciones del total de arsénico en productos alimenticios (del JECFA 2010)**

Categorías de alimentos	n	n < LOR <sup>a</sup>	Margen (mg/kg)
<b>Productos lácteos y sucedáneos</b>			
Leche y leche en polvo	284	65	0,001-0,15
Productos lácteos	92	61	0,010-0,35
<b>Grasas y aceites</b>	39	0	0,003-0,18
<b>Carne y productos cárnicos</b>			
Carne	4 977	4 124	0,004-0,78
Despojos	2 074	1 096	0,009-0,45
Productos cárnicos	50	20	0,003-3,25
<b>Huevos y ovoproductos</b>	171	111	0,003-0,04
<b>Productos de pastelería</b>	186	61	0,002-1,13
<b>Dulces</b>	138	21	0,003-0,26
<b>Productos de panadería</b>	71	49	0,002-0,25
<b>Bebidas</b>			
Bebidas alcohólicas (excepto las bebidas espirituosas destiladas de arroz)	462	64	0,001-0,05 <sup>b</sup>
Bebidas espirituosas destiladas de arroz	8	2	0,050-1,64 <sup>b</sup>
Bebidas no alcohólicas	120	16	0,001-0,26 <sup>b</sup>
Hortalizas/frutas/nueces/algas marinas			
Frutas	966	800	0,005-2,20
Hortalizas (excepto setas y hongos)	2 503	2 164	0,001-1,27
Setas y hongos	302	60	0,011-5,79
Nueces y semillas oleaginosas	70	15	0,005-0,88
Algas marinas desecadas	953	3	0,114-236
<b>Cereales y productos de cereales</b>			
Cereales (excepto arroz)	410	325	0,007-0,43
Arroz	1 693	0	0,002-1,83
Cereales para el desayuno	17	10	0,017-0,27
Pasta	19	9	0,003-0,18
<b>Pescado y productos pesqueros</b>			
Pescado marino	1 409	0	0,10-62
Marisco	171	0	0,090-66
Pescado de agua dulce	238	0	0,060-4,72
<b>Productos alimenticios para bebés</b>	75	5	0,001-4,66

LOR límite de información (límite de detección o cuantificación)

<sup>a</sup> Resultados presentados para valores detectados solamente (no detectado [ND]=0).

<sup>b</sup> Datos expresados como mg/l.

**Cuadro 3. Resumen de los datos disponibles sobre las concentraciones de arsénico inorgánico en productos alimenticios<sup>a</sup> (del JECFA 2010)**

Productos alimenticios	n	n < LOD	Margen de concentración (mg/Kg)
Algas marinas desecadas	539	4	0,1-130
Arroz	0837	0	0,01-0,51
Pescado y productos pesqueros	325	1	0,001-1,2
Hortalizas	36	1	0,008-0,61

<sup>a</sup> Resultados presentados para valores detectados solamente ([ND]=0).



26. En el alga marina *Hizikia fusiforme*, el arsénico inorgánico es superior al 50 % del total de arsénico, con niveles que normalmente varían entre 30 mg/kg y 130 mg/kg. En otras especies de algas marinas, el arsénico inorgánico es inferior al 15 % del total de arsénico, con niveles normalmente inferiores a 2 mg/kg. La proporción de arsénico inorgánico en el arroz varía de 17 % a 100 % del total de arsénico y en hortalizas del 33 % al 74 % con concentraciones máximas de 0,5 mg/kg a 0,6 mg/kg, respectivamente. La proporción de arsénico inorgánico normalmente no excede del 10 % del total de arsénico en el pescado y los productos pesqueros, pero se ha comprobado que alcanza al 15 % en el marisco de zonas con cierto grado de contaminación por arsénico.

27. El arroz (*Oryza sativa* L.) absorbe grandes cantidades de arsénico, pero la especiación del arsénico en el arroz varía entre distintas regiones, con un contenido más alto de arsénico inorgánico en el arroz cultivado en Asia en comparación con el de EE.UU. y la UE, pero niveles más altos del total de arsénico en el arroz de EE.UU. y la UE excepto las zonas contaminadas como Bangladesh y Chile.

28. Variabilidad en el total de arsénico en el arroz. La concentración total de arsénico en el arroz variaba entre 0,005 mg/kg y 0,710 mg/kg utilizando 204 muestras de arroz comercial adquiridas mayoritariamente en comercios minoristas en la zona norte de Nueva York y suplementadas con muestras de Canadá, Francia, Venezuela y otros países. Los niveles señalados del total de arsénico en el arroz son < 0,01 mg/kg – 2,05 mg/kg para Bangladesh, 0,31 mg/kg – 0,70 mg/kg para China y < 0,10 mg/kg – 0,76 mg/kg para Taiwan (China), 0,03 mg/kg – 0,044 mg/kg para la India, 0,11 mg/kg – 0,66 mg/kg para los EE.UU., 0,03 mg/kg – 0,47 mg/kg para Viet Nam, y 0,08 mg/kg – 0,38 mg/kg para Italia y España (Williams et al., 2005; Duxbury et al., 2003; Caroli et al., 2002, 2007; Pizarro et al., 2003). Combinando el conjunto de datos con valores de la bibliografía del margen global "normal" de 0,08 mg/kg - 0,20 mg/kg para As se derivó la concentración en el arroz. Las concentraciones medias del total de arsénico en el arroz de EE.UU. y Europa (ambas 0,198 mg/kg) fueron similares estadísticamente y bastante más elevadas que el arroz de Asia sin contaminación (0,07 mg/kg). Utilizando dos grandes conjuntos de datos de Bangladesh, se comprobó que el agua de irrigación contaminada con arsénico y no el suelo daba lugar a un aumento de la concentración del total de arsénico en el grano. La amplia variabilidad encontrada en los granos de arroz en EE.UU. se vio influida principalmente por región de crecimiento en lugar de por tipo comercial, teniendo el arroz cultivado en Texas y Arkansas concentraciones medias de arsénico mucho más elevadas que las de California (0,258 mg/kg y 0,190 mg/kg versus 0,133 mg/kg). El arroz de un distribuidor de Texas era especialmente alto, con el 75 % de las muestras por encima del margen global "normal", sugiriendo que la producción estaba en un entorno contaminado con arsénico.

29. Niveles de arsénico inorgánico en EE.UU.: Schoof et al. (1999) utilizaron técnicas de una encuesta de la cesta del mercado para analizar 40 productos alimenticios que se esperaba que explicaran el 90 % de la ingesta alimentaria de arsénico inorgánico. Concordando con estudios anteriores, las concentraciones totales de arsénico eran más elevadas en el marisco, variando entre 0,160 mg/kg en el pescado de agua dulce a 2 360 mg/kg en el pescado marino, seguido del arroz sin elaborar desde 0,196 mg/kg a 0,335 mg/kg. Las concentraciones mayores de arsénico inorgánico se encontraron en el arroz sin elaborar en 0,074 mg/kg  $\pm$  0,010 mg/kg. Heitkemper et al. (2009) analizaron 60 muestras de arroz recogidas directamente de los campos en cuatro estados principales productores de arroz en EE.UU., y señalaron un contenido medio total de arsénico de 0,210 mg/kg  $\pm$  0,190 mg/kg, mientras que los niveles medios de arsénico inorgánico eran 0,091 mg/kg  $\pm$  0,032 mg/kg. Las muestras de arroz de EE.UU. con niveles más altos del total de arsénico tienen niveles más altos de DMA; no obstante, los niveles de arsénico inorgánico rara vez exceden de 0,15 mg/kg de peso seco, independientemente del contenido total de arsénico.

30. Nivel de arsénico inorgánico en la UE: En un estudio del Reino Unido las concentraciones totales de arsénico en arroz sin elaborar para bebés variaban entre 0,120 mg/kg y 0,470 mg/kg con una media de 0,220 mg/kg, mientras que los niveles de arsénico inorgánico variaban entre 0,060 mg/kg y 0,160 mg/kg, con una media de 0,110 mg/kg. El porcentaje del total de arsénico inorgánico variaba desde 33 % a 68 %, con una media de 57 % (Meharg et al., 2008). En un estudio en Suecia, la concentración media del total de arsénico en arroz integral de grano largo de 0,240 mg/kg era similar a la del arroz blanco escaldado de 0,210 mg/kg, mientras que la concentración media en el arroz blanco de 0,100 mg/kg fue considerablemente menor. La concentración de arsénico inorgánico por término medio era 0,110 mg/kg ó 64 % del total de arsénico (Jorhem et al., 2008). El contenido de arsénico en el arroz también ha sido analizado en un estudio en España (Torres-Escribano et al., 2008), donde la concentración media del total de arsénico en 31 muestras de origen europeo fue de 0,197 mg/kg.

Este valor era cercano al valor medio de 0,18 mg/kg encontrado en 7 muestras de arroz europeo en un estudio del Reino Unido (Williams et al., 2005). Torres-Escribano y compañeros evaluaron también el nivel de arsénico inorgánico en arroz sin elaborar procedente de países europeos o países asiáticos y comprobaron que variaba entre 0,027 mg/kg y 0,253 mg/kg. El porcentaje de arsénico inorgánico sobre el total de arsénico variaba entre 27 % y 93 %. Williams et al. (2005) analizaron 51 muestras de arroz sin elaborar producido en Europa, Asia y los EE.UU., y mostraron una variación de arsénico inorgánico entre el 10 % y el 86 %. Ambos estudios observaron también que la concentración media de arsénico inorgánico es 1,7 ó 1,8 veces superior en el arroz integral que en el arroz blanco. En la República Eslovaca se recogieron algunos alimentos comunes (pan, arroz, leche, carne de porcino, carne de pollo, coles y patatas) y se analizaron las concentraciones del total de arsénico. El arroz tenía la concentración media más alta del total de arsénico, 0,158 mg/kg. La proporción principal de arsénico en el arroz parecía ser inorgánico.

31. Nivel de arsénico inorgánico en China: El laboratorio CDC en China analizó 41 muestras de arroz de 13 provincias utilizando LC-HG-AFS; las concentraciones de arsénico inorgánico variaban entre 0,023 mg/kg y 0,142 mg/kg. Muestras de las provincias de Hunan, Guangxi y Sichuan tenían concentraciones más elevadas de arsénico inorgánico, lo cual coincidía con la distribución del fondo rocoso de arsénico en esas provincias. En otro estudio se analizó el contenido de arsénico de 22 muestras de arroz de 13 provincias de China. La concentración total de arsénico oscilaba entre 0,065 mg/kg y 0,274 mg/kg con un valor medio de 0,114 mg/kg. Se realizó análisis de especiación, incluyendo arsenito (As(III)), arseniato (As(V)), DMA y MMA, utilizando HPLC-ICPMS para la extracción de arsénico de arroz en polvo molido. La especie de arsénico inorgánico (As(III) + As(V)) predominaba, explicando aproximadamente el 72% del total de arsénico en el arroz, con una concentración media de 0,082 mg/kg. Se calculó que si se utiliza la directriz nacional de China y la OMS para el agua potable de 0,01mg/L la exposición alimentaria a arsénico inorgánico del arroz era aproximadamente 25 veces más alta que la exposición del agua potable.

### **EXPOSICIÓN ALIMENTARIA**

32. Si no se indica lo contrario en el presente documento arsénico se refiere al total de arsénico.

33. En su 27ª reunión, el JECFA examinó la exposición alimentaria al arsénico. Solamente se dieron valores para el contenido total de arsénico de varios países europeos, los EE.UU., Canadá y la República de Corea; esos valores variaban entre 10 µg/día y 200 µg/día de alimentos (0,17 µg/kg - 3,33 µg/kg) de pc por día, suponiendo un peso corporal de 60 kg. Las exposiciones alimentarias estimadas al total de arsénico del agua variaban desde 15 µg/día a 750 µg/día (0,25 µg/kg - 12,5 µg/kg de pc al día), suponiendo un consumo de 1,5 litros de agua al día, lo cual implica concentraciones de arsénico en el agua de 10 µg/L y 500 µg/L. El agua y los mariscos eran las fuentes principales del contenido total de arsénico, siendo menores las contribuciones de otros alimentos.

34. En la 72ª reunión del JECFA en 2010, la atención se centró en la exposición alimentaria a arsénico inorgánico; no obstante, la mayoría de las estimaciones de la exposición alimentaria para evaluación eran del contenido total de arsénico. En el Cuadro 4 se presenta un resumen de las estimaciones de arsénico inorgánico nacionales, con márgenes tomados de estudios realizados en distintos países. La exposición alimentaria media señalada a arsénico inorgánico en los EE.UU. y varios países europeos y asiáticos variaba entre 0,1 µg/kg y 3,0 µg/kg de pc al día.

**Cuadro 4. Resumen de las estimaciones de la exposición alimentaria a arsénico inorgánico (del JECFA 2010)**

País/región	Exposición media ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de pc por día)	Exposición percentil superior ( $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de pc por día)
<b>Europa</b>		
Europa <sup>a</sup> (EFSA)	0,21-0,61 adultos 0,31-1,39 niños 1-8 años 0,03-1,63 lactantes < 12 meses	0,36-0,99 adultos (percentil 95°) 0,61-2,66 niños 1-8 años (percentil 95°) ----
Bélgica <sup>b</sup>	0,10 todos	0,16 todos (percentil 90°)
Francia TDS <sup>c</sup>	0,10 adultos 0,14 niños 3-14 años	0,27 adultos (percentil 95°) 0,34 niños 3-14 años (percentil 95°)
Reino Unido TDS <sup>c</sup>	0,02-0,12 adultos 0,03-0,20 niños 1-18 años 0,45 lactantes < 12 meses	0,05-0,16 adultos (percentil 97,5°) 0,08-0,40 niños 1-18 años (percentil 95°) 0,74 lactantes (percentil 95°)
<b>Norteamérica</b>		
Canadá TDS <sup>c</sup>	0,29 (total de arsénico) todos	
EE.UU. TDS ,otros estudios <sup>d</sup>	0,08-0,20 adultos 0,12-0,32 niños 1-6 años 0,24-1,19 lactantes < 12 meses	0,16-0,34 adultos (percentil 95°) --- ----
<b>Sudamérica</b>		
Chile <sup>e</sup>	2,08-21,48 adultos	
<b>Asia</b>		
Bangladesh <sup>f</sup>	1,68-3,00 adultos	
China TDS <sup>c</sup>	0,24-0,76 adultos	
China, Provincia de Taiwan <sup>g</sup>	0,91 adultos	
Japón TDS, otro estudio <sup>h</sup>	0,36-0,46 adultos	0,83-1,29 adultos (percentil 95°)
Japón <sup>i</sup>	0,31 adultos (ND=0), 0,61 adultos (ND=LOQ/2)	

TDS, estudio de la dieta total

<sup>a</sup> Registros alimentarios individuales de 19 países europeos, factores de conversión que utilizan modelos diferentes, incluyendo el agua potable.

<sup>b</sup> Registros alimentarios individuales de Bélgica, valores inorgánicos analizados para productos pesqueros y mariscos solamente, sin incluir el agua potable.

<sup>c</sup> estudio de la dieta total; Francia TDS de 2001-2002, 10% del total de arsénico se supone que es inorgánico, incluyendo el agua potable; Canadá TDS de 1985-1988, factores de conversión aplicados al total de arsénico, sin incluir el agua potable; China TDS de 2007 analizado el arsénico inorgánico, incluida el agua potable; Reino Unido TDS de 2006 analizado el arsénico inorgánico, incluida el agua potable, el TDS anterior no la incluía.

<sup>d</sup> Varios estudios basados en registros alimentarios individuales de EE.UU. de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Alimentos de 1986-1987 ó la Encuesta suplemento continua sobre ingestas alimentarias por personas individuales (CSFII) de 1994-1996,1998, nivel de arsénico inorgánico de una encuesta de la cesta de mercado sobre arsénico inorgánico en los alimentos, el agua potable incluida en algunos estudios.

<sup>e</sup> Pequeña comunidad en Chile, incluida el agua potable, contaminación de temporada del agua de río utilizada como fuente de agua potable.

<sup>f</sup> Pequeña comunidad en Bangladesh, contenido total de arsénico señalado, suponiendo que el 70% del total de arsénico es inorgánico, sin incluir el agua potable.

<sup>g</sup> Pequeña comunidad en Taiwan (China), arroz y ñames incluidos solamente con los valores de arsénico inorgánico analizados, sin incluir el agua potable.

<sup>h</sup> Dos estudios; Japón TDS de 2000, incluida el agua potable, factores de conversión aplicados al total de arsénico; otro estudio de las mujeres en comunidades pesqueras y agrarias, analizado el arsénico inorgánico o pescado, mariscos, algas marinas y algas comestibles, valores de TDS en Japón de otros alimentos, el agua potable no incluida.

<sup>i</sup> Registros alimentarios individuales de Japón de 2008, basados en el contenido de arsénico inorgánico en arroz cocido y dos grupos de alimentos compuestos para encuesta de la cesta del mercado (Grupo A: hortalizas y algas marinas, Grupo B: pescado, cefalópodos y mariscos). El LOQ es 0,02 mg/kg. El agua potable no incluida.

35. En 2009 la EFSA identificó las subclases de alimentos de cereales en grano y productos a base de cereales, seguido de alimentos para usos dietéticos especiales, agua embotellada, café y cerveza, granos de arroz y productos a base de arroz, pescado y hortalizas, como contribuidores en gran medida a la exposición diaria al arsénico inorgánico en la población europea general.

36. Los principales factores que influyen en la exposición alimentaria al arsénico inorgánico son el suministro de agua, los tipos de alimentos consumidos y los métodos de preparación de los alimentos. El agua potable era un contribuidor principal a las exposiciones alimentarias generales al arsénico inorgánico y, dependiendo de la concentración, puede ser también una fuente importante de arsénico inorgánico en los alimentos a través de la preparación de los alimentos y posiblemente de la irrigación de los cultivos, en particular el arroz.

37. La proporción de la exposición total al arsénico inorgánico de los alimentos con respecto a la proporción de incrementos de agua como la concentración de arsénico inorgánico en el agua se reduce. La cantidad de agua consumida varía según la región, temperatura, actividad física y también los tipos de alimentos consumidos puesto que alimentos como la sopa y el arroz pueden contener elevadas cantidades de agua o absorber grandes cantidades de agua. Esto se puede traducir en un consumo total de agua entre 1,5 y 5 litros al día. La contaminación de arsénico del agua subterránea está extendida y hay un número de regiones donde la contaminación con arsénico del agua potable es importante. Entre las zonas afectadas se encuentran Asia (p.ej., Bangladesh, la India), Sureste y Este de Asia (p.ej., China, incluido Taiwan, Mongolia, Viet Nam), las Américas (p.ej., Argentina, Canadá, Chile, México, EE.UU.) y Europa (p.ej., Finlandia, Hungría, Rumanía). El agua contaminada que se utiliza para beber y en la preparación de alimentos podría contener normalmente arsénico a concentraciones entre 0,01 mg/L y 0,200 mg/L. No obstante, en algunas zonas se han comunicado concentraciones superiores a 0,200 mg/kg.

38. Según la conclusión de la 72ª reunión del JECFA, los márgenes de la exposición alimentaria al arsénico inorgánico para América del Norte y Europa eran similares pero en general eran más bajos que los comunicados para países de Asia, con la más elevada en Bangladesh, para el cual se estimó que la exposición alimentaria media al arsénico inorgánico era hasta 3 veces la de otros países asiáticos. Dado que el arsénico está especiado en el arroz, tanto como arsénico inorgánico como DMA, los niveles de exposición más elevados encontrados en los habitantes de Bangladesh podrían ser también el resultado del consumo más elevado de arroz. Incluso la comunidad de Bangladesh que vive en el Reino Unido tiene un consumo de arroz casi 30 veces más elevado que los habitantes blancos del Cáucaso. A fin de apreciar el impacto de esta diferencia en el consumo de arroz, se supervisaron los arsénicos urinarios de 49 voluntarios del Reino Unido (de Bangladesh  $n = 37$ ; blancos del Cáucaso  $n = 12$ ) junto con los hábitos de alimentación. Se realizó análisis de especiación y del arsénico urinario total de DMA, NMA y arsénico inorgánico (Cascio et al., 2011). Pese a que no se encontraron diferencias importantes para la media del total de arsénico entre el grupo de Bangladesh (28,4 µg/L) y blancos del Cáucaso (20,6 µg/L), se comprobó que la suma de las medias de DMA, MA y arsénico inorgánico para los de Bangladesh (17,9 µg/L) era 3 veces más alta que la de los del Cáucaso (3,50 µg/L). En especial, el arsénico inorgánico urinario era significativamente más alto ( $p < 0,001$ ) en la media de los de Bangladesh del Reino Unido (0,630 µg/L) que en la media de los blancos del Cáucaso (0,250 µg/L).

39. Para países de Asia y otros países donde el arroz es un alimento básico, el arroz y el agua fueron los contribuidores principales de las exposiciones alimentarias al total de arsénico inorgánico, mientras que el trigo y las hortalizas son contribuidores menores. Pese a que los niveles totales de arsénico son más altos en el pescado y el marisco que en otros alimentos, el consumo de pescado y marisco no tiene una influencia importante en la exposición alimentaria al arsénico inorgánico, porque la mayoría del arsénico en el pescado y en la porción comestible del marisco es orgánico. En Europa y Norteamérica, donde los productos a base de trigo y las patatas son alimentos básicos, el arroz no puede explicar una proporción elevada a la exposición alimentaria al arsénico inorgánico.

## EFFECTOS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

40. Cultivar arroz requiere grandes volúmenes de agua y el riego a largo plazo con agua del subsuelo contaminada de arsénico puede traducirse en un aumento de la concentración del total y del arsénico inorgánico en el suelo agrícola y después en acumulación en las plantas de arroz. Otras fuentes importantes de arsénico en los suelos de los arrozales son la minería y la fundición de metales básicos a través de la descarga de agua, así como la deposición atmosférica. El arroz con cáscara presenta una acumulación total y de arsénico inorgánico muy superior a la de otros cultivos de cereales, en parte por las condiciones de inundación en que se libera el arsénico en el agua intersticial del suelo. Por lo tanto, urge contar con medidas prácticas para reducir la transferencia de arsénico del suelo a los cereales.

41. En Bangladesh se utilizan muchos pozos poco profundos así como pozos profundos (aproximadamente 2,6 millones) para regar unos 2,5 millones de hectáreas agrícolas, que contribuyen significativamente a la producción nacional de cereales para consumo humano. Alrededor del 86% del total del agua que se extrae del subsuelo se destina al sector agrícola (WRI, 2000). El arseniato y el fosfato son análogos, y añadir uno de estos elementos al suelo puede repercutir en la absorción y disponibilidad del otro. Con apoyo del IRRI-PETTRA de Bangladesh, Jahiruddin trató de evaluar la situación del arsénico en el sistema de regadío agua-suelo-arroz. Los resultados de experimentos en tiestos demuestran que el total de la concentración de arsénico presente en los granos de arroz se incrementó al aumentar la aplicación de arsénico añadido ya sea a través del agua de riego o añadiéndolo directamente al suelo; sin embargo, todas las concentraciones fueron inferiores a 1 ppm. Otra vez, las concentraciones de arsénico presentes en la paja fueron, en todos los casos, muy superiores a 1 ppm. Se registró un efecto residual de arsénico añadido al suelo y el agua en el segundo cultivo (T. Aman rice). Xu *et al.* (2008) investigaron la dinámica de la especiación de arsénico en los tallos y los granos de arroz en un experimento de invernadero. La inundación del suelo produjo una movilización rápida del arsénico, principalmente en forma de arsenito, en la solución del suelo. Las concentraciones de arsénico en la solución del suelo fueron de 7 a 16 y de 4 a 13 veces más elevadas en condiciones de inundación que en condiciones aeróbicas en la actividad de control sin adición de arsénico y en los tratamientos + arsénico (10 mg/kg As como arsenito o arseniato), respectivamente. El arseniato fue la principal especie de arsénico observada en el suelo aeróbico. La acumulación de arsénico en los tallos del arroz y en los granos aumentó acentuadamente en condiciones de inundación; las concentraciones de arsénico en los granos fueron de 10 a 15 veces superiores en condiciones de inundación que en el arroz producido en condiciones aeróbicas. Con el aumento del total de las concentraciones de arsénico en los granos, la proporción de arsénico inorgánico disminuyó, mientras que la de DMA aumentó. La concentración de arsénico inorgánico fue de 2,6 a 2,9 veces superior en el grano que recibió tratamiento de inundación que en el que recibió tratamiento aeróbico. Los resultados demuestran que una biodisponibilidad muy aumentada de arsénico en condiciones de inundación es la razón principal de un aumento de la acumulación en el arroz inundado, y que producirlo en forma aeróbica puede reducir espectacularmente la transferencia de arsénico del suelo al grano.

42. Hasta ahora, la mayor parte de los trabajos publicados se ocupan principalmente de la absorción de arsénico en la planta de arroz regada con agua contaminada y cultivada en suelos contaminados de arsénico, a través de un experimento de invernadero en tiestos. Hacen falta más datos basados en investigaciones de campo.

43. En la India se hizo un pequeño estudio de campo en las 17 aldeas del grupo de Chakdaha, afectadas por el arsénico, en el distrito de Nadia, Bengala Occidental, donde se estudió la transferencia de arsénico del agua de riego y el suelo a las plantas de arroz. Los resultados revelaron que el nivel de arsénico presente en el agua para riego ( $0,11 \pm 0,012$  y  $0,76 \pm 0,014$  mg/l) excedía significativamente el límite permitido por la OMS de 0,01 mg/l para el agua potable y también estaba por encima del límite permitido por la FAO de 0,10 mg/l para el agua para riego. El suelo de los arrozales se contamina a través del agua para riego y así propicia la bioacumulación de arsénico en las plantas de arroz. El total de las concentraciones de arsénico en el suelo fue de  $1,38 \pm 0,108$  a  $12,27 \pm 0,094$  mg/kg peso en seco, que estaba por debajo del límite máximo aceptable para el suelo agrícola, de 20,0 mg/kg, según recomendación de la Unión Europea. En la planta de arroz, la acumulación más alta se observó en las raíces ( $7,19 \pm 0,166$  a  $18,63 \pm 0,155$  mg/kg) y la más baja en el grano ( $0,25 \pm 0,014$  a  $0,73 \pm 0,009$  mg/kg). Los resultados indicaron con claridad que el total del contenido de arsénico en la planta de arroz se relaciona con el grado de contaminación de arsénico en el agua de riego y el suelo. Independientemente de dónde se tomen las muestras, la acumulación de arsénico presenta el orden siguiente: raíces > paja > cáscara >

grano. El consumo pecuario de paja de arroz con un contenido considerable de arsénico ( $1,17 \pm 0,014$  a  $4,15 \pm 0,033$ ) podría conducir a concentraciones mayores de arsénico en la carne o la leche. Dado que el cuerpo humano no absorbe todo el arsénico presente en el arroz crudo debido a su distribución entre las raíces, la paja, la cáscara y el grano, la atención deberá concentrarse en el grano. Si bien el total de arsénico presente en los granos de cualquier muestra de arroz de la zona de estudio no fue superior a  $1,0$  mg/kg, deberá aclararse qué proporción corresponde al arsénico inorgánico. El límite máximo permisible del total de arsénico es de  $1$  mg/kg para los mariscos, donde el arsénico orgánico representa más del 90% del total de arsénicos. Este límite podría ser inferior para el arroz ya que del 0 al 8% del arsénico presente en el grano de arroz es inorgánico.

#### **EFFECTOS DE LAS VARIETADES DE GRANOS DE ARROZ Y DE LA MOLTURACIÓN**

44. El arroz es un cereal que tiene la tendencia a acumular arsénico, en comparación con otros cereales analizados hasta hoy, y el arroz integral presenta concentraciones de arsénico más altas que el arroz blanco. Se documenta aquí que el salvado de arroz, comprado en el comercio y obtenido específicamente para este estudio,

presenta concentraciones de arsénico orgánico que llegan a  $\sim 1$  mg/kg de peso seco, lo que representa de 10 a 20

veces las concentraciones observadas en el cereal a granel (Sun *et al.*, 2008). Si bien el salvado puro de arroz se utiliza como complemento alimentario naturista, tal vez sean más preocupantes los productos solubles de salvado de arroz, que se comercializan como un superalimento y como suplemento para niños malnutridos en los programas de ayuda internacional. Mientras que la concentración del total de arsénico presente en el arroz es baja, un 50% del mismo está presente como arsénico inorgánico. Se analizaron cinco productos solubles de salvado de arroz, procedentes de los Estados Unidos de América y Japón, y revelaron un contenido de  $0,61$  a  $1,9$  mg/kg de arsénico inorgánico. Los fabricantes recomiendan consumir porciones de  $\sim 20$  g de los solubles de salvado de arroz al día, lo que equivale a una ingesta de  $0,012$  a  $0,038$  mg de arsénico inorgánico.

45. La limpieza inicial del grano, la molturación del cereal entero y la elaboración de las distintas fracciones obtenidas para fabricar alimentos, todo esto puede modificar el contenido relativo a la concentración presente en el cultivo cosechado, crudo. Lavar o remojar el arroz y las algas marinas y desechar el agua antes de cocinarlos reduce los niveles de arsénico, especialmente las formas inorgánicas. Se han documentado disminuciones del contenido de arsénico al hervir el arroz, la pasta, las algas y los productos del mar, salvo cuando se utiliza agua contaminada de arsénico, en cuyo caso pueden aumentar los niveles.

46. El contenido de arsénico inorgánico en el arroz que se consume varía asimismo de acuerdo a los métodos de elaboración y preparación de los alimentos. La Agencia de Normas Alimentarias del Reino Unido (FSA) también hizo recientemente una investigación sobre el contenido de arsénico en el arroz y los productos de arroz, y sobre los efectos de la cocción en las concentraciones de arroz. La FSA terminó un estudio del total y el arsénico inorgánico en 60 muestras de bebidas de arroz. Se encontró arsénico en todas las muestras de bebidas de arroz en bajas concentraciones. Se encontró una concentración promedio de  $0,023$  mg/kg del total de arsénico y  $0,012$  mg/kg de arsénico inorgánico. Si los niños pequeños y en edad preescolar (de 1 a 4,5 años) consumen bebidas de arroz en vez de leche materna, preparados para lactantes o leche de vaca, la FSA estima que su ingesta de arsénico inorgánico podría aumentar hasta cuatro veces si se suman las ingestas del consumo elevado de bebidas de arroz con la concentración media de arsénico inorgánico más la exposición promedio a través del resto de la alimentación.

47. En Bangladesh se hizo un experimento de campo para investigar la influencia de los métodos de cocción en la retención del arsénico en el arroz cocido. Se recogieron muestras de arroz directamente de una zona muy contaminada de arsénico y también de otra zona que no estaba contaminada, para comparar los resultados. El arroz se cocinó con los métodos tradicionales que utiliza la población de las zonas de estudio. El total de las concentraciones de arsénico fue de  $0,40 \pm 0,03$  y  $0,58 \pm 0,12$  mg/kg en el arroz precocido de la zona contaminada de arsénico, cocido con mucha agua y  $1,35 \pm 0,04$  y  $1,59 \pm 0,07$  mg/kg en la papilla de BIRRI dhan28 y BIRRI híbrido dhan1, respectivamente. En el arroz sin cocción previa, las concentraciones del total de arsénico fueron de  $0,39 \pm 0,04$  y  $0,44 \pm 0,03$  mg/kg en el arroz cocido con mucha agua y  $1,62 \pm 0,07$  y  $1,74 \pm 0,05$  mg/kg en la papilla de BIRRI dhan28 y BIRRI híbrido dhan1, respectivamente. El total del contenido de arsénico en el arroz cocido

con poca agua (por lo tanto la papilla fue completamente absorbida por el arroz) fue de  $0,89\pm 0,07$  y  $1,08\pm 0,06$  mg/kg (precocido) y  $0,75\pm 0,04$  y  $1,09\pm 0,06$  mg/kg (sin precocer) para el arroz BRRI dhan28 y el BRRI híbrido dhan1, respectivamente. El agua utilizada para cocer el arroz contenía 0,13 y 0,01 mg/l de arsénico de las zonas contaminada y no contaminada, respectivamente. Las concentraciones de arsénico presentes en el arroz cocido precocido y sin cocción previa y la papilla de la zona no contaminada fueron significativamente inferiores ( $p<0,01$ ) que las de la zona contaminada. Los resultados significan que cocinar arroz contaminado de arsénico con agua contaminada de arsénico aumenta su concentración en el arroz cocido.

48. Durante la preparación de alimentos para consumo humano se pueden producir cambios en el total del contenido de arsénico y las especies del arsénico. Los diversos procedimientos pueden causar un aumento o disminución considerables de la concentración de arsénico en los productos alimentarios y, de esta manera, en la exposición misma al arsénico a través de los alimentos. Casi todo el arsénico presente en agua contaminada para cocinar puede retenerse al hervir el arroz. Devesa *et al.* (2008) resumieron recientemente los efectos de los tratamientos térmicos en las concentraciones del total de arsénico y especies de arsénico en los alimentos en un estudio de gran alcance. Se pueden producir cambios en el total del contenido de arsénico en los alimentos debido a pérdidas (disolución) en el medio de cocción o solución de conservación. Además, las especies de arsénico se pueden convertir en otros arsénicos durante la preparación de los alimentos. En general, estos cambios no son grandes pero pueden ser importantes después de cocinar a elevadas temperaturas, como las que se pueden alcanzar en la superficie de los alimentos al freírlos o asarlos a la parrilla (Hanaoka *et al.*, 2001; Torres-Escribano *et al.*, 2008). Existen varios estudios de las repercusiones de cocinar el arroz con agua contaminada en el contenido de arsénico en el producto elaborado, ya que se observó que esto tiene especial importancia en las zonas de arsénico endémico donde el arroz desempeña una función vital como fuente principal de ingestión de energía y proteínas para la población local. Torres-Escribano *et al.* (2008) investigaron los efectos de la cocción en las concentraciones total y de arsénico inorgánico en diversas marcas de arroz. Encontraron una concentración mayor de arsénico inorgánico en el arroz integral en comparación con el arroz blanco, lo que puede indicar que una parte del arsénico se adhiere a la parte del salvado. En consecuencia, pulir el arroz integral para obtener arroz blanco puede producir una considerable disminución de la concentración de arsénico. En este estudio, el procedimiento de cocción imitaba uno de los procedimientos normalmente aplicados en la cocina española: hervir el agua con una proporción inicial de arroz y agua de 1:4 hasta que se evapore todo el líquido. Antes de la cocción se añadieron al agua diversas concentraciones de arseniato, de 0,1 a 1 mg/l para emular las concentraciones presentes en el agua de zonas endémicas de arsénico. Después de la cocción, la concentración de arsénico inorgánico presente en las muestras analizadas de arroz aumentó entre 3 y 99 veces, con una retención media en el arroz de  $89\pm 13\%$  del arsénico presente en el agua de cocción. Ackerman *et al.* (2005) también documentaron resultados comparables, encontraron una absorción de arsénico por el arroz del total del volumen de agua utilizada en la cocción de entre 89% y 105% (relación del arroz/agua de 1:1 a 1:4). Si bien los estudios mencionados se ocuparon principalmente de la retención de arsénico en el arroz cocido en agua contaminada, otras investigaciones estudiaron los efectos de cocer el arroz en agua no contaminada. Sengupta *et al.* (2006) probaron los tres principales procedimientos que se usan en todo el mundo para cocer el arroz. Con agua con poco arsénico ( $<0,003$  mg/l), el método tradicional del subcontinente indio (lavar hasta que el agua salga clara; cocer en una relación arroz/agua de 1:6; desechar el agua sobrante) eliminó hasta un 57% del arsénico del arroz que contenía arsénico en concentraciones de 0,20 a 0,54 mg/kg. Aproximadamente la mitad del arsénico que se había eliminado se asoció al agua de lavado y la mitad se encontró en el agua desechada. Con agua con poco arsénico, el método contemporáneo de cocer el arroz sin lavar en una relación arroz/agua de 1:1,5-2,0 hasta que no quede agua, no modificó el contenido de arsénico. El lavado previo hasta que el agua salga clara eliminó el 28% del arsénico del arroz. Los resultados no dependieron del origen del agua (de pozo entubado, pozo excavado, estanque o lluvia), el recipiente de cocción (aluminio, acero, vidrio o cerámica), ni el peso absoluto del arroz o el volumen de agua. Raab *et al.* (2009) investigaron sistemáticamente el total de arsénico y arsénico inorgánico en distintos tipos de arroz (basmati, de grano larga, pulido (blanco) e integral) que se habían cocido en formas diversas con agua sin contaminar. Se investigaron los efectos de enjuagar el arroz, cocinar con poca agua (arroz/agua 1:2,5) y con mucha agua (arroz/agua 1:6), y al vapor. Enjuagar el arroz pudo eliminar un 10% del total y el arsénico inorgánico del arroz basmati, pero fue menos eficaz con otros tipos de arroz. Si bien la cocción al vapor redujo el total y el arsénico inorgánico presente en el arroz, no lo hizo en forma constante en todos los tipos de arroz estudiados. La cocción con poca agua no eliminó el arsénico. La cocción con abundante agua eliminó eficazmente tanto el total como el arsénico inorgánico en el arroz de grano largo y

el basmati, en un 35% y 45% para el contenido total y de arsénico inorgánico, respectivamente, en comparación con el arroz sin cocer (crudo). Este estudio indica que enjuagar el arroz y utilizar abundante agua sin contaminar en la cocción son formas eficaces de reducir el contenido de arsénico en el arroz cocido, específicamente el componente inorgánico (Raab *et al.*, 2009). Cocer el arroz con agua contaminada de arsénico puede contribuir todavía más al total de la exposición al arsénico a través de los alimentos que el arroz mismo.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA GESTIÓN DE RIESGOS

### *Control antes de la cosecha*

49. Se comentarán las prácticas de prevención y control para la gestión antes de la cosecha de la contaminación de los granos de cereal por arsénico. Estas estrategias comprenden el calendario y la tasa de aplicación para controlar el agua de riego y el uso de cultivares que acumulan menos arsénico. Resultados experimentales han indicado que el cultivo aeróbico del arroz reduce considerablemente la acumulación de arsénico en los granos de este cereal. El tratamiento aeróbico antes o después de la floración del arroz puede reducir la presencia de arsénico en los granos, si bien el porcentaje de arsénico inorgánico es mayor en condiciones aeróbicas (Xu *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2009). La otra opción para reducir el contenido de arsénico en los granos de arroz es crear cultivares aptos para acumular poco arsénico. Zhang *et al.* (2008) determinaron *loci* de rasgos cuantitativos en los cromosomas del arroz, asociados a la presencia de arsénico en los tallos y los granos del arroz. En otros estudios de campo más recientes realizados en China, la India y Bangladesh se confirmó que la selección de cultivares puede ser un modo eficaz para reducir las concentraciones de arsénico en los granos de arroz, pero es necesario tener en cuenta la interacción entre los genes y el medio ambiente (Norton *et al.*, 2009).

50. La modificación del suelo también puede contribuir a que el arroz absorba menos arsénico. La experimentación en tiestos ha demostrado que la aplicación de fertilizantes de silicio puede ayudar a reducir la acumulación de arsénico en los granos de arroz (Li *et al.*, 2009). A este respecto, un estudio reciente mostró que la mutación de un gen que controla la absorción de silicio en el arroz puede reducir drásticamente la absorción de arsénico en el mismo cereal (Ma *et al.*, 2008).

### *Control postcosecha y descontaminación*

51. Como se dijo anteriormente, gran parte del arsénico presente en los granos de arroz se concentra en la cáscara, por lo cual la refinación puede ser un medio eficaz para reducir la concentración de arsénico presente en este cereal. También hay que tener cuidado en la elaboración de productos de salvado de arroz. Es necesario recoger más datos de los países miembros.

### *Estrategias de control de riesgos en diversos países*

52. El Codex Alimentarius ha establecido diversas normas para el total de arsénico, como las concentraciones máximas permisibles para diversos productos alimentarios, p. ej., 0,01 mg/l para el agua mineral natural; 0,1 mg/kg para las grasas y aceites comestibles, las grasas para untar y las mezclas de grasas para untar (inclusive las margarinas y minarinas), algunas grasa animales (como la manteca de cerdo, el sebo comestible de manteca refinada de cerdo), los aceites de oliva y aceites de orujo de aceituna y 21 aceites vegetales; y 0,5 mg/kg para la sal de calidad alimentaria.

53. Si bien algunos países han establecido niveles máximos (NM) para el total de arsénico en los alimentos en general, casi todos los establecen para los cereales crudos y/o los alimentos a base de cereales y los mariscos. Algunos también han establecido NM para el arsénico inorgánico, casi todos para los cereales y/o alimentos a base de cereales y para los mariscos (Cuadro 5).



Cuadro 5 Niveles máximos para el total y el arsénico inorgánico en el arroz en diversos países

País	Autoridades normativas	Nivel máximo
Australia	FSANZ	• 1 ppm para el total de arsénico (cereales)
China	Ministerio de Salud	• 0,2 ppm para el arsénico inorgánico en el arroz y productos de arroz*
Unión Europea	Comisión Europea	• Petición a la EFSA para que haga una evaluación de riesgos
India		• 1.1 ppm para el total de arsénico (no se da un NM específico para otros alimentos)
Singapur*	Autoridad Agroalimentaria y Veterinaria	• 1 ppm para el total de arsénico (no se da un NM específico para otros alimentos)
Reino Unido	Agencia de Normas Alimentarias	• 1 ppm f para el total de arsénico (todos los alimentos, no se da un NM específico)

\*

54. La Agencia de Normas Alimentarias de Australia y Nueva Zelandia (FSANZ) fijó un NM de 1 mg/kg para el total de arsénico presente en los cereales en las disposiciones de su Norma del Codex de Alimentos 1.4.1 Contaminantes y sustancias tóxicas naturales: 2 niveles máximos para los contaminantes metálicos en los alimentos. La FSANZ estableció asimismo NM para el arsénico inorgánico en los moluscos y las algas (comestibles) (1 mg/kg), y para el pescado y los crustáceos (2 mg/kg).

55. China estableció NM para el total de arsénico en muchos alimentos, que son: 0,01 mg/l para el agua potable, 0,5 mg/kg para los cereales crudos y/o los alimentos a base de cereales (con excepción del arroz y los productos a base de arroz), hortalizas, hongos comestibles, carne y sus productos, azúcar, condimentos, leche en polvo, cacao y sus productos comprendidos en los chocolates, y 0,1 mg/kg para el aceite y las grasas y para la leche cruda. China también estableció NM para el arsénico inorgánico en el arroz y los productos a base de arroz (0,2 mg/kg), el pescado y los condimentos a base de pescado (0,1 mg/kg), otros condimentos de mariscos y a base de mariscos (0,5 mg/kg), preparados para lactantes a base de cereales (0,2 mg/kg) y preparados para lactantes a base de algas marinas (0,3 mg/kg). El NM anterior para el arsénico inorgánico en el arroz era de 0,15 mg/kg, pero se modificará a 0,2 mg/kg de conformidad con la notificación G/SPS/N/CHN/312 del Ministerio de Salud de China a la OMS sobre los niveles máximos de contaminantes en los alimentos establecidos en GB2762.

56. No hay una norma europea para el arsénico en los alimentos, aunque la Directiva 98/83/CE<sup>2</sup> establece parámetros armonizados para la presencia de arsénico en el agua potable, en la calidad de las agua para consumo humano. Esta Directiva establece que los países miembros establecerán valores límite de 0,01 mg/l para el arsénico en el agua destinada al consumo humano. La Directiva 2003/40/CE del 16 de mayo de 2003<sup>3</sup> establece la lista, los límites de concentración y las condiciones de etiquetado para los componentes presentes en las aguas minerales, así como las condiciones para el tratamiento con aire enriquecido con ozono en las aguas minerales y las aguas de manantial, y fija un NM para el arsénico en el agua mineral natural de 0,01 mg/l. Además, las características del desempeño para la determinación analítica del arsénico se establecen tanto en la Directiva 98/83/CE<sup>2</sup> como en la Directiva 2003/40/CE<sup>3</sup>.

A petición de la Comisión Europea, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) presentó una opinión científica sobre el arsénico en los alimentos<sup>4</sup> para evaluar los riesgos para la salud humana de la presencia de arsénico en los alimentos (incluida el agua de mesa), y con la conclusión de que el espectro general de valores BMDL01 de 0,3 a 8 µg/kg de pc/día deberá utilizarse en la caracterización de riesgos para el arsénico inorgánico. Sobre la base de la opinión científica de la EFSA, la Comisión examinará medidas de gestión de riesgos, inclusive el establecimiento de niveles máximos para el arsénico en los alimentos. De conformidad con el Artículo 5 del Reglamento (CE) No. 315/93,<sup>5</sup> los Estados miembros pueden mantener sus disposiciones nacionales, sujetas al cumplimiento de las disposiciones previstas en el Tratado, en caso de que no se hayan adoptado las disposiciones de la Comunidad. Por lo menos nueve Estados miembros han utilizado esta medida. Los NM para el arsénico van de 0,005 mg/l (Alemania) para el agua comercial de mesa y el agua mineral, con la

<sup>2</sup> Diario oficial L 330, 5.12.1998, p. 32.

<sup>3</sup> Diario oficial L126, 22.5.2003, p. 34-39.

<sup>4</sup> La Comisión científica de contaminantes en la cadena alimentaria (CONTAM) de la EFSA; Opinión científica sobre el arsénico en los productos alimenticios. *EFSA Journal* 2009; 7(10):1351. [199 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1351. Disponible en línea: [www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu).

<sup>5</sup>

declaración de que estos productos son aptos para preparar alimentos para bebés, hasta 5 mg/kg para la mayoría de las especies, hierbas y condimentos en varios Estados miembros.

57. En Inglaterra y Gales,<sup>6</sup> el contenido de arsénico se regula por medio de los Reglamentos para el arsénico en los alimentos (1959) (enmiendas). En Escocia y el Norte de Irlanda se aplica una legislación equivalente (los Reglamentos para el arsénico en los alimentos (Escocia) 1959 (enmiendas) y los Reglamentos para el arsénico en los alimentos (Irlanda del Norte) 1961 (enmiendas)). Estas normas indican un límite general de 1 mg/kg del total de arsénico en los alimentos y un límite específico de 0,1 mg/kg para las bebidas no alcohólicas, listas para el consumo, sin otras especificaciones. Los Reglamentos del Reino Unido se establecieron antes de que se conociera la índole carcinogénica del arsénico inorgánico. El arsénico está naturalmente presente en una gran variedad de alimentos en cantidades reducidas, pero casi todo el arsénico presente en la alimentación aparece en su forma menos tóxica, orgánica. El Comité sobre la Toxicidad de las Sustancias Químicas en los Alimentos, Productos de Consumo y el Medio Ambiente (COT), por lo tanto, concluyó que la exposición al arsénico inorgánico deberá ser tan baja como sea razonablemente realizable.

58. La India estableció NM para el total de arsénico en muchos alimentos, con disposiciones del Reglamento 8.1.1 (1) que van de 0,05 mg/l (ppm) para las leches para lactantes, hasta 5 mg/kg para las hierbas secas y las especias, así como para los colorantes secos para alimentos distintos de los colorante sintéticos, la riboflavina. También se establecieron NM para la leche, el vinagre y la cúrcuma entera y en polvo (0,1 ppm). Los jugos de naranja, uva, manzana, tomate, piña y limón, las pulpas y productos de pulpa de cualquier fruto (0,2 ppm); el agua carbonatada (0,25 ppm); los refrescos para consumirse diluidos, con excepción del agua carbonatada, los helados, las paletas heladas y otros dulces de hielo (0,5 ppm); los caramelos duros de azúcar y la sal común enriquecida con hierro (1,0 ppm); las cebollas deshidratadas, la gelatina comestible, la pectina líquida (2,0 ppm); los conservantes, antioxidantes, agentes emulsionantes y estabilizadores y los colorantes sintéticos para los alimentos (base seca 4,0 ppm), achicoria seca o tostada (3,0 ppm). Para todos los alimentos que no sean alimentos no especificados, incluidos el arroz y los productos a base de arroz, se establecieron LM de 1,1 ppm.

59. Japón estableció NM para el total de arsénico en los refrescos (incluida el agua mineral) en las disposiciones de las Especificaciones y Normas para los Alimentos, Aditivos Alimentarios, etc., en la Ley de higiene de los alimentos, 0,05 mg/l para el agua utilizada como las materias primas, y "Sin detectar" para el producto final analizado con el método especificado (el LOD es de 0,2 ppm). Además, se establece un límite máximo de residuos de 1 ppm para la papa, el tomate, el pepino (incluido el pepinillo), las espinacas, pulpa de los cítricos *natsudaidai*, duraznos, fresas y uvas, 3,5 ppm para las cáscaras de los cítricos *natsudaidai*, manzana y pera japonesa que vienen con arseniato de plomo, utilizado como plaguicida.

60. Malasia estableció NM para el total de arsénico en muchas disposiciones para alimentos en los Reglamentos para alimentos de 1985 [Reglamento 360A (7)] Ley 26, 0,05 mg/l para el agua mineral natural, y 1 mg/kg para algunos alimentos.

61. Singapur (Autoridad agroalimentaria y veterinaria de Singapur) estableció NM para el total de arsénico en diversos alimentos, en la Ley 10 del Reglamento 31 (1), con un espectro que va desde 0,1 mg/l (ppm) para los aceites y las grasas comestibles, los preparados para lactantes, la leche y los lácteos en lata, hasta 5 mg/kg para algunas bebidas no especificadas, así como otros colores (en materia seca), incluido el caramelo. Entre estos NM, se establecieron algunos para la fruta y los jugos de hortalizas, el vino, la cerveza, la sidra, el brandy, la ginebra, el ron, el whisky, el vino chino, los licores, bebidas cordiales alcohólicas y otros licores alcohólicos no especificados (0,2 ppm); helados y paletas heladas y otros dulces helados similares, concentrados para fabricar refrescos y para consumo una vez diluidos (0,5 ppm); pescado, crustáceos y moluscos, pescado y carne en lata, extracto de carne y proteína hidrolizada, achicoria (seca o tostada), granos de café, cacao en polvo (calculado en la sustancia seca, sin grasa), curry en polvo, hortalizas secas o deshidratadas, huevos (en conserva o salados), fruta y hortalizas frescas, productos de fruta y hortalizas en lata, encurtidos, azúcares, té, salsa *ketchup* de tomate y otras salsas, aromas, 1,0 ppm; hierbas secas y especias (incluida la mostaza), 1,5 ppm; polvo para hornear, cremor tártaro, gelatina comestible, tomate en puré, pasta o polvo con 25% o más de total de sólidos,

---

<sup>6</sup> En Inglaterra y en Gales el contenido de arsénico se regula mediante los Reglamentos para el arsénico en los alimentos 1959 (enmiendas SI 1959/831). En Escocia e Irlanda del Norte se aplica una legislación equivalente (los Reglamentos para el arsénico en los alimentos (Escocia) 1959 (enmiendas SI 1959/928) y los Reglamentos para el arsénico en los alimentos (Irlanda del Norte) 1961 (enmiendas SR 1961/98).

2,0 ppm. Para todos los otros alimentos no especificados (incluidos en el arroz y productos a base de arroz) se establece en 1,0 ppm.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

62. La contaminación de arsénico en el arroz puede ser un problema local y mundial. Las concentraciones de arsénico inorgánico presentes en el arroz varían de año a año y de región a región, de acuerdo a las condiciones del clima, la contaminación del suelo y las variedades de arroz. Se están creando instrumentos para prever la probabilidad de contaminación y/o evaluar el nivel de contaminación de arsénico en el suelo y el agua. El arroz, como alimento básico, puede hacer una contribución significativa a la exposición humana al arsénico debido a su gran tasa de consumo y a su preparación. Cocinar el arroz con agua contaminada de arsénico puede aumentar la concentración presente en el arroz y aumentar el total de la exposición alimentaria al arsénico. Hasta ahora, son limitadas las intervenciones prácticas y los enfoques de control para el arsénico en los alimentos, aparte de las posibilidades de elaboración (JECFA, 2010).

63. En algunas regiones del mundo donde las concentraciones de arsénico inorgánico en el agua potable rebasan los 0,05-0,10 mg/l, algunos estudios epidemiológicos demuestran los efectos nocivos. Hay otras zonas donde las concentraciones de arsénico en el agua son elevadas (p. ej., superiores al valor de referencia e la OMS de 0,01 mg/l), pero inferiores a 0,05 mg/l. Las normas de la OMS para el arsénico en el agua potable y las de muchos países (como China, la UE y los Estados Unidos), establecen un 0,01 mg/l, con base en un consumo diario de 1 litro de agua, es decir, 0,01 mg de arsénico al día por el agua potable, arsénico inorgánico principalmente.

64. El Codex no ha establecido un NM para el arsénico o sus especies en el arroz y los productos alimentarios a base de arroz. Las concentraciones de arsénico inorgánico presentes en los alimentos a base de arroz tienden a ser inferiores que las que se encuentran en el grano crudo, la reducción depende del producto, el nivel de contaminación y el procedimiento de elaboración. La leche de arroz se puede suministrar a lactantes y a niños pequeños, y los datos disponibles de presencia en alimentos a base de arroz indican que estos productos pueden aportar ingestas elevadas de arsénico inorgánico. Si bien la exposición al arsénico inorgánico a través de productos de arroz elaborado probablemente sea baja, las personas que consumen arroz pulido y salvado con regularidad también pueden estar expuestas a elevados niveles de arsénico inorgánico. A la concentración promedio de arsénico inorgánico observada en el salvado de arroz y la leche de arroz y la tasa de consumo de salvado de arroz soluble y leche de arroz recomendada por los fabricantes, la ingestión de arsénico inorgánico excede los 0,01 mg/día, teniendo presente que los productos solubles de salvado se destinan a niños malnutridos y que el riesgo efectivo se basa en la ingestión de mg/kg/día. Es necesario establecer un NM en los productos a base de arroz para el arsénico y sus especies, especialmente para el arsénico inorgánico.

65. Una evaluación de la exposición al arsénico inorgánico realizada por el JECFA en 2010 indicó que la ISTP de 15 µg/kg pc (equivalente a 2,1 µg/kg pc/día) se encuentra en la zona del BMDL<sub>0,5</sub> (3.0 µg/kg pc al día con el rango de 2–7 µg/kg pc/día) de estudios epidemiológicos sobre cáncer pulmonar y que, por lo tanto, ya no es adecuada. El Comité retiró la ISTP anterior.

66. El arroz es un alimento básico para una gran parte de la población mundial y es también un producto importante del comercio internacional. Muchos países han establecido NM para el total de arsénico en el arroz, pero menos los han establecido para el arsénico inorgánico en el arroz. Las estimaciones de la exposición alimentaria al arsénico inorgánico se basan en datos limitados sobre la presencia del arsénico inorgánico en los alimentos relativa al total de las concentraciones de arsénico.

67. La información disponible, confrontada con la Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y los piensos, y los criterios que figuran en el párrafo 11 de la "Política del Comité del Codex sobre Contaminantes en los Alimentos para la evaluación de la exposición a contaminantes y toxinas presentes en los alimentos o grupos de alimentos", todo esto indica que sería conveniente limitar el establecimiento de NM para el arroz y sus productos ya que pueden contribuir considerablemente a la exposición alimentaria al arsénico inorgánico.

68. El CCCF podría querer examinar, como opción, la elaboración de NM para el total y/o el arsénico inorgánico. De acuerdo con los criterios del Codex para establecer los NM, éstos se deben fijar en niveles necesarios para proteger al consumidor, y lo más bajos que sea razonablemente posible pero en un nivel (ligeramente) más alto que el rango normal de variación de las cantidades presentes en los alimentos producidos con los métodos tecnológicos adecuados de hoy, a fin de no trastornar indebidamente la producción y el comercio de alimentos. Sin embargo, la variabilidad de la contaminación de arsénico inorgánico en el arroz y los productos a base de arroz de región a región, y las diferencias en las capacidades de los países para prever y controlar la presencia de arsénico inorgánico, así como la índole de los datos sobre la presencia aportados, vuelven muy difícil determinar el rango de variación normal del arsénico inorgánico en el arroz y en los alimentos a base de arroz en escala mundial y, por lo tanto, aplicar el principio ALARA (lo más bajo que pueda razonablemente alcanzarse) para establecer los NM. Se recomienda, a estas alturas, que el NM propuesto se aplique a dos opciones: una es exclusivamente para el arsénico inorgánico, la segunda es para el total de arsénico. La intención original fue que los NM propuestos se aplicaran al total de arsénico, lo que puede desorientar respecto al equivalente toxicológico, porque el arsénico inorgánico tiene la mayor importancia como riesgo de cáncer. Sin embargo, actualmente hacen falta datos sobre la presencia y un método analítico entre laboratorios validado para el arsénico inorgánico, lo que indica que sería prematuro y que sólo deberá considerarse prioritario para trabajos futuros. Los datos que hay disponibles indican que la frecuencia y los niveles de presencia del arsénico inorgánico en el arroz por lo general son inferiores que los del total de arsénico y, en consecuencia, podría considerarse que la exposición al arsénico inorgánico en el arroz por lo general son inferiores que para el total de arsénico y, por lo tanto, se podría considerar que la exposición al arsénico inorgánico se controlaría estableciendo NM para el total de arsénico.

69. Al elaborar NM para el arroz y productos de arroz (como la leche de arroz), se examinó la posibilidad de tener en cuenta los datos de presencia de los productos en crudo y los factores adecuados de elaboración. Pero, dada la gran variedad de alimentos a base de arroz que se consumen, las diferencias de las concentraciones de arsénico presentes en el agua, los métodos de elaboración y preparación de los alimentos que se utilizan en todo el mundo y la variabilidad de los resultados de los estudios que examinan los factores de la elaboración, en estos momentos no es viable tal enfoque. Aunque muchos países han establecido límites para el arsénico en los alimentos, incluidos el arroz y los productos a base de arroz, no se sabe sobre qué bases se establecieron. Hace falta más información sobre la biodisponibilidad y la especiación del arsénico para diferentes alimentos, a fin de mejorar las estimaciones de la exposición y, a fin de cuentas, la evaluación de riesgos que se pueda utilizar como base para establecer NM correctos para el arsénico en los alimentos, comprendido el arroz. Si bien en estos momentos hay limitaciones para establecer NM para el arsénico inorgánico en el arroz por falta de datos sobre la presencia y de un método validado de análisis entre laboratorios, establecer un NM para el total de arsénico en el arroz parece más razonable.

70. Al elaborar NM el Comité deberá examinar el principio formulado en los párrafos tercero, cuarto y octavo que aparecen bajo *Establecer niveles máximos* en el Anexo I de la (NGCTA).

- Los NM deberán establecerse lo más bajos que sea posible y al nivel necesario para proteger al consumidor. Siempre que sea aceptable desde el punto de vista toxicológico, los NM deberán fijarse en un nivel que sea (ligeramente) más alto que el rango normal de variación de las concentraciones presentes en los alimentos y los piensos que se producen con los métodos tecnológicos actuales adecuados, a fin de evitar trastornos indebidos a la producción y el comercio de alimentos. Cuando sea posible, los NM deberán basarse en consideraciones de BPF y/o BPA en las que se hayan incorporado los intereses sanitarios como principio orientador para obtener concentraciones de contaminantes lo más bajas que sea razonable alcanzar y necesarias para proteger al consumidor. Los alimentos que estén evidentemente contaminados por situaciones locales o condiciones de elaboración que se puedan evitar con medios razonablemente alcanzables, se deberán excluir de esta evaluación, a menos que se pueda mostrar que un NM más alto es aceptable desde el punto de vista de la salud pública y que estén en juego aspectos económicos significativos.

- Los NM que se propongan para los productos deberán basarse en datos de diversos países y fuentes, que abarquen las principales zonas y procesos de producción de tales productos, en la medida de su participación en el comercio internacional. Cuando se demuestre que las pautas de contaminación se conocen con suficiencia y que son comparables mundialmente, puede ser suficiente una cantidad más limitada de datos.
- Los NM no deberá ser inferiores a un nivel que se pueda analizar con métodos de análisis susceptibles de establecerse fácilmente y aplicarse en los laboratorios de control de alimentos y piensos, a menos que por razones de salud pública sea necesario un NM más bajo que sólo se pueda controlar por medio de un método de análisis más sensible y elaborado que tenga un límite de detección más bajo. En todos los casos, deberá haber un método de análisis validado con el que se pueda controlar el NM.

71. A la luz de los principios arriba mencionados, el Comité deberá recoger los siguientes datos antes de elaborar NM para el arroz:

- ♦ datos sobre la presencia natural de más países y fuentes, ya que la concentración de arsénico presente en el arroz puede ser más alta no sólo en condiciones de inundación sino también cuando el arroz se cultiva en suelos ácidos;
- ♦ métodos analíticos para el arsénico inorgánico en el arroz que utilicen de rutina miembros del Codex;
- ♦ información para establecer las prioridades de especies químicas que sean objeto de la gestión de riesgos, ya que las distintas formas de arsénico pueden estar presentes en diversas formas químicas con una toxicidad muy variable; y
- ♦ medidas para controlar el arsénico en el arroz que se están elaborando o ya estén en uso en países miembros del Codex.

72. El CCCF podría contemplar las siguientes opciones de NM, que se han propuesto a partir de un examen de los niveles medios de presencia (más que por un examen de conjuntos completos de datos, de los que no se dispuso) y de los NM que se aplican actualmente en algunos países:

- a) total de arsénico en el arroz: 1 mg/kg o menos
- b) arsénico inorgánico en el arroz: 0,2 mg/kg, como en China
- c) arsénico inorgánico en los alimentos a base de arroz para lactantes (hasta 12 meses) y niños pequeños (de 12 a 36 meses): 0,2 mg/kg.

73. Establecer y aplicar un nivel máximo de 1 mg/kg para el total de arsénico en el arroz, en conjunto con buenas prácticas agrícolas, como no utilizar agua contaminada para irrigación o cultivar el arroz aeróbicamente, deberá contribuir a reducir los percentiles medio y más alto de los niveles de exposición al arsénico y prevenir la comercialización de arroz muy contaminado para consumo alimentario. Unos niveles máximos armonizados para el arroz sin elaborar darían una orientación clara y transparencia para el comercio internacional. Sin embargo, según la forma y modalidad (es decir, datos agregados en vez de distribuciones) en que se presentaron los datos sobre la presencia, el grupo de trabajo no pudo evaluar en todo el mundo el porcentaje de arroz que excedería los NM propuestos.

74. Establecer y aplicar un nivel máximo de 0,2 mg/kg para el arsénico inorgánico en el arroz deberá ser materia de debate. El JECFA retiró en 2010 la ISTP anterior de 15 µg/kg pc para aproximarse al BMDL<sub>0,5</sub>. Si se utiliza el valor de la ISTP anterior, suponiendo un peso corporal de 60 kg, la exposición diaria es de alrededor de 115 µg de arsénico inorgánico. Y la exposición a través del agua potable será de 15 µg según indicaciones de la OMS, sin tener en cuenta que en muchas zonas se supera el NM de 0,01 mg/l en el agua potable. La mitad de la exposición diaria a través de los alimentos es de 50 µg de arsénico inorgánico. Al considerar un consumo de 250 g de arroz, el NM de China de 0,2 mg/kg para el arsénico inorgánico abarcará toda la exposición restante menos la del agua potable y otra mitad de la exposición diaria a través de los alimentos. Los datos de China, los EE.UU. y algunos otros países apoyan que el valor máximo no supere los 0,15 µg/kg de arsénico inorgánico en el arroz, con excepción del suelo y agua de riego contaminados. Sin embargo, incluso en suelo incontaminado, las

concentraciones de arsénico inorgánico en el arroz pulido producido en Japón indicaron que más del 10% de las muestras presentaron arsénico inorgánico en concentraciones superiores a 0,2 mg/kg. Los datos de Japón indican que más del 10% de las muestras contenían más de 0,2 mg/kg de arsénico inorgánico. Los datos de Japón indican que el proyecto de NM de 0,2 mg/kg para el arsénico inorgánico en el arroz pulido es improbablemente realizable. Es necesario reunir datos sobre el arroz sin cáscara y pulido.

75. En vez de examinar NM en estos momentos, el CCCF podría considerar que es necesario recoger más información y que hace falta examinar más los datos disponibles y otros adicionales antes de elaborar NM para el arsénico inorgánico, en cuyo caso se recomendaría que:

- los Estados miembros del Codex sigan o instalen el seguimiento del arsénico y sus especies, particularmente en su presencia total e inorgánica en el arroz y en los alimentos a base de arroz, a fin de ofrecer un panorama más completo de las diferencias estacionales y regionales. Hacen falta métodos validados para la extracción selectiva y determinación del arsénico inorgánico en las matrices de alimentos y para los materiales certificados de referencia, con base en las recomendaciones del JECFA;
- se siga invitando a los Estados miembros a presentar conjuntos completos de datos que incluyan resultados de muestras individuales en vez de sólo datos agregados;
- el CCCF considere pedir que el JECFA haga una evaluación del impacto de diferentes NM en las exposiciones alimentarias;
- el CCCF considere pedir que el JECFA realice curvas de distribución de los niveles del total y el arsénico inorgánico en el arroz y los alimentos a base de arroz, a fin de evaluar el impacto potencial de los NM propuestos en la disponibilidad de estos alimentos básicos y permitir que se considere si deberán establecerse mundialmente NM sobre la base de los niveles más bajos que sea factible alcanzar para el total y el arsénico inorgánico.

## Referencias

- Agri-Food and Veterinary Authority of Singapore. Sale of Food Regulation, Tenth Schedule, Regulation 31 (1) : Maximum Amounts of Arsenic, Lead and Copper Permitted in Food (<http://statutes.agc.gov.sg>)
- Caroli S, Frazzoli C, D'Amato M, Záray Gy. Arsenic and Other Potentially Toxic Trace Elements in Rice. In *The Determination of Chemical Elements in Food: Applications for Atomic and Mass Spectrometry*; Caroli, S., Ed.; John Wiley: Rome, Italy, 2007.
- Caroli S, D'Ilio S, Alessandrelli M, Cresti R. Arsenic content of various types of rice as determined by plasma-based techniques. *Microchem. J.* 2002, 73, 195–201.
- Cascio C, Raab A, Jenkins RO, Feldmann J, Meharg AA and Haris PI. The impact of a rice based diet on urinary arsenic. *J. Environ. Monit.*, 2011, 13, 257-265
- Duxbury JM, Mayer AB, Lauren JG, Hassan N. Food chain aspects of arsenic contamination in Bangladesh: Effects on quality and productivity of rice. *J. Env. Sci. Health.* 2003, 38, 61–69.
- FSA (Food Standards Agency), 2004. Arsenic in seaweed, July 2004. Available from: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/arsenicseaweed.pdf>, p. 4.
- European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal* 2009; 7(10):1351. [199 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1351. Available online: [www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu)
- Francesconi KA, Edmonds JS, 1997. Arsenic and marine organisms. In: *Advances in Inorganic Chemistry*, Vol. 44. Academic Press Inc., San Diego, CA, 147-189.
- Heitkemper D T, Kubachka K M, Halpin P R, et al. 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.* 2(2):112-120
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 1973. Arsenic and inorganic arsenic compounds. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Vol. 2. Some Inorganic and Organometallic Compounds. Lyon, France, 48-149.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 1980. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Volume 23. Some Metals and Metallic Compounds, Lyon, France, 39-141.

- IARC (International Agency for Research on Cancer), 1987. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risks to Humans, Suppl. 7, Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42, Lyon, France.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 2004. Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 84, pp. 526.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 2009. arsenic. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans., pp..
- Indian Ministry of Health and Family Welfare notified draft of Food Safety and Standards Regulation, 2010 (No. 2-15015/30/2010-FSSAI), which the Food Safety and Standards Authority of India with previous approval of Central Government, proposes to make, in exercise of the powers conferred under section 92 of the Food Safety and Standards Act, 2006 (34 of 2006).
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2010) Report of the seventy-second meeting, Rome, 16–25 February 2010.
- Juhasz AL, Smith E, Weber J, Rees M, Rofe A, Kuchel T, Sansom L and Naidu R. 2006. In Vivo Assessment of Arsenic Bioavailability in Rice and Its Significance for Human Health Risk Assessment. *Environmental Health Perspectives* 114:1826–1831
- Julshamn K, Lundebye AK, Heggstad K, Berntssen MH, Boe B, 2004. Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994–2001. *Food Additives & Contaminants* 21 (4), 365–376.
- Julshamn K, Maage A, Norli HS, Grobecker KH, Jorhem L, Fecher P, 2007. Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL1 interlaboratory study. *Journal of AOAC International* 90 (3), 844–856.
- Julshamn K, Thorlacius A, Lea P, 2000. Determination of arsenic in seafood by electrothermal atomic absorption spectrometry after microwave digestion: NMKL1 collaborative study. *Journal of AOAC International* 83 (6), 1423–1428.
- Li RY, Stroud JL, McGrath SP, Zhao FJ. 2009. Mitigation of Arsenic Accumulation in Rice with Water Management and Silicon Fertilization. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 3778–3783
- Liang F, Li YL, Zhang GL, Tan MG, Lin J, Liu W, Li Y, Lu WW. 2010 Total and speciated arsenic levels in rice from China, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27 (6): 810 - 816.
- Laparra JM, Vélez D, Barberá R, Farré R, Montoro R. 2005. Bioavailability of Inorganic Arsenic in Cooked Rice: Practical Aspects for Human Health Risk Assessments, *J. Agric. Food Chem.*, 53 (22): 8829–8833
- Juhasz AL, Smith E, Weber J, Rees M, Rofe A, Kuchel T, Sansom L, Naidu R. 2006. In Vivo Assessment of Arsenic Bioavailability in Rice and Its Significance for Human Health Risk Assessment, *Environ. Health Perspect.*, 114:1826–1831.
- Meharg AA, Sun GX, Williams PN, Adomako E, Deacon C, Zhu YG, Feldmann J, Raab A. 2008. Inorganic arsenic levels in baby rice are of concern, *Environmental Pollution*, 152(3): 746–749.
- Meharg AA, Williams PN, Adomako E, Lawgali YY, Deacon C, Villada A, Cambell RCJ, Sun G, Zhu YG, Feldmann J, Raab A, Zhao FJ, Islam R, Hossain S, Yanai J, 2009. Geographical variation in total and inorganic arsenic content of polished (white) rice. *Environmental Science & Technology* 43 (5), 1612–1617.
- Meharg AA, Lombi E, Williams PN, Scheckel KG, Feldmann J, Raab A, Zhu YG, Islam R. 2008 Speciation and Localization of Arsenic in White and Brown Rice Grains, *Environ. Sci. Technol.*, 42(4 ):1051–1057.
- Ma JF, Yamaji N, Mitani N, Xu XY, Su YH, McGrath SP, and Zhao FJ. Transporters of arsenite in rice and their role in arsenic accumulation in rice grain. *PNAS* 105(29):9931–9935
- Norton G, Duan G, Dasgupta T, Islam MR, Lei M, Zhu YG, Deacon C, Moran AC, Islam S, Zhao FJ, Stroud JL, Magrath S, Dmann J, Orice A and Meharg DA. 2009. Environmental and Genetic Control of Arsenic Accumulation and Speciation in Rice Grain: Comparing a Range of Common Cultivars Grown in Contaminated Sites Across Bangladesh, China, and India. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 8381–8386
- Pizarro I, Gómez M. Evaluation of stability of arsenic species in rice. *Anal. Bioanal. Chem.* 2003, 376, 102–109.
- Postma D, Larsen F, Hue NTM, Duc MT, Viet PH, Nhan PQ, Jessen S, 2007. Arsenic in groundwater of the Red River floodplain, Vietnam: Controlling geochemical processes and reactive transport modeling. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71, 5054–5071.

- Raab A, Baskaran C, Feldmann J and Meharg AA. 2009. Cooking rice in a high water to rice ratio reduces inorganic arsenic content, *J. Environ. Monit.* 11: 41-44
- Schoof RA, Yost LJ J, Eickhoff, et al. 1999. A Market Basket Survey of Inorganic Arsenic in Food. *Food and Chemical Toxicology.* 37: 839-846
- Sirot V, Guérin T, Volatier JL, Leblanc JC, 2009. Dietary exposure and biomarkers of arsenic in consumers of fish and shellfish from France. *Science of the Total Environment* 407 (6), 1875-1885.
- Sloth JJ, Larsen EH, Julshamn K, 2005. Survey of inorganic arsenic in marine animals and marine certified reference materials by anion exchange high-performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (15), 6011-6018.
- Sloth JJ, 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.
- Smith M, Kempson I, Juhasz AL, Weber J, Skinner WM, Gräfe M. 2009. Localization and speciation of arsenic and trace elements in rice tissues, *Chemosphere*, 76 (4) :529-535
- Smedley PL, Kinniburgh DG, 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry* 17 (5), 517-568.
- Sun GX, Williams PN, Carey AM, Zhu YG, Deacon C, Raab A, Feldmann J, Islam RM, Meharg AA, 2008. Inorganic arsenic in rice bran and its products are an order of magnitude higher than in bulk grain. *Environmental Science and Technology* 42 (19), 7542-7546.
- SCOOP (Scientific Cooperation), 2004. SCOOP Report of experts participating in Task 3.2.11. March 2004. Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States. Available from: [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop\\_3-2-11\\_heavy\\_metals\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-11_heavy_metals_report_en.pdf). pp. 125
- 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, *Environ. Sci. Technol.*, 42(10) :3867–3872.
- Williams PN, Prince AH, Raab A, Hossain, SA, Feldmann J, Meharg AA. Variation in arsenic speciation and concentration in paddy rice related to dietary exposure. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 5531–5540.
- Williams PN, Islam S, Islam R, Jahiruddin M, Adomark E, Soliaman ARM, Rahman GKMM, Lu Y, Deacon C, Zhu YG, Meharg AA. 2009. Arsenic Limits Trace Mineral Nutrition (Selenium, Zinc, and Nickel) in Bangladesh Rice Grain. *Environ. Sci. Technol.* 43, 8430–8436
- Williams PN, Sun GX, Huang Q, Lu Y, Deacon C, Meharg AA, Zhu YG. 2009. Occurrence and Partitioning of Cadmium, Arsenic and Lead in Mine Impacted Paddy Rice: Hunan, China. *Environ. Sci. Technol.* 43: 637–642
- Xu YY, McGrath SP, Meharg AA and Zhao FJ. 2008. Growing rice aerobically markedly decreases arsenic accumulation. *Environ. Sci. Technol.* 42:5574–5579
- Zavala YJ, Duxbury JM. 2008. Arsenic in Rice: I. Estimating Normal Levels of Total Arsenic in Rice Grain. *Environ. Sci. Technol.*, 42 (10):3856–3860
- Zavala YJ, Gerads R, Gürleyük H, Duxbury JM. 2008. Arsenic in Rice: II. Arsenic Speciation in USA Grain and Implications for Human Health, *Environ. Sci. Technol.*, 42 (10): 3861–3866.
- Zhang J, Zhu YG, Zeng DL, Cheng WD, Qian Q and Duan GL. 2008. Mapping quantitative trait loci associated with arsenic accumulation in rice (*Oryza sativa*). *New Phytologist* 177: 350–355
- Zhu YG & Rosen BP. 2009. Perspectives for genetic engineering for the phytoremediation of arsenic-contaminated environments: from imagination to reality? *Current Opinion in Biotechnology* 20:220–224
- Zhu YG, Sun GX, Lei M, Teng M, Liu YX, Chen NC, Wang LH, Carry AM, Deacon C, Raab A, , Meharg AA, Williams PN. 2008. High Percentage Inorganic Arsenic Content of Mining Impacted and Nonimpacted Chinese Rice. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 5008–5013
- Zhu YG, Williams PN, Meharg AA. 2008. Exposure to inorganic arsenic from rice: A global health issue?, *Environmental Pollution*, 154 (2) :169-171.



**Apéndice I****Lista de participantes****Presidencia****China**

WU Yongning  
 Director and Professor  
 Key Lab of Chemical Safety and Health, Chinese  
 Center for Disease Control and Prevention  
 National Institute of Nutrition and Food Safety  
 29 Nanwei Road, Beijing 100050  
 Tel 86-10-67776790 or 83132933  
 Fax 86-10-67776790  
 e-mail: china\_cdc@yahoo.cn

ZHU Yongguang  
 Professor of Environmental Biology and  
 Biogeochemistry  
 Director General  
 Institute of Urban Environment  
 Chinese Academy of Sciences  
 1799 Jimei Road, Xiamen 361021  
 P R China  
 Tel: +86 10 592 6190997  
 Fax: +86 10 592 6190977  
 e-mail: ygzhu@iue.ac.cn

**Participants by Country****Argentina**

Punto Focal del Codex Alimentarius Argentina  
 Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca  
 Av. Paseo Colón 922 Oficina 29  
 Tel.: (+54 11) 4349-2549  
 Fax.: (+54 11) 4349-2244  
 e-mail: [codex@minagri.gob.ar](mailto:codex@minagri.gob.ar)

**Austria**

Elke RAUSCHER-GABERNIG  
 Austrian Agency for Health and Food Safety  
 Spargelfeldstrasse 191  
 1220 Vienna  
 AUSTRIA  
 e-mail: [elke.rauscher-gabernig@ages.at](mailto:elke.rauscher-gabernig@ages.at)

Daniela Hofstaedter  
 Austrian Agency for Health and Food Safety  
 Spargelfeldstrasse 191  
 1220 Vienna  
 AUSTRIA  
 e-mail: [daniela.hofstaedter@ages.at](mailto:daniela.hofstaedter@ages.at)

Nicole Muellner  
 Federal Ministry of Health  
 Radetzkystrasse 2  
 1031 Vienna  
 AUSTRIA  
 e-mail: [nicole.muellner@bmg.gv.at](mailto:nicole.muellner@bmg.gv.at)

**Australia**

Leigh Henderson  
 Food Standards Australia New Zealand  
 E-mail: [leigh.henderson@foodstandards.govt.nz](mailto:leigh.henderson@foodstandards.govt.nz) and  
[codex.contact@daff.gov.au](mailto:codex.contact@daff.gov.au)

**Belgium**

Isabel De Boosere  
 Federal Public Service Health, Food Chain Safety and  
 Environment  
 DG Animal, Plant and Food  
 Service Foodstuffs, Feed and Other Products  
 Place Victor Hortaplein 40 Box 10  
 1060 Brussels  
 Belgium  
 Telephone: + 32 2 524 73 84; FAX: + 32 2 524 73 99  
 E-mail: [Isabel.deboosere@health.fgov.be](mailto:Isabel.deboosere@health.fgov.be)

**Brazil**

Maria Aparecida Martinelli  
 Coordinator of Brazilian Codex Committee  
 National Institute for Metrology, Standardization and  
 Industrial Quality - INMETRO  
 Ministry of Development, Industry and Trade, Brazil  
 Telephone: +55 61 3340 2211  
 E-mail: [codexbrasil@inmetro.gov.br](mailto:codexbrasil@inmetro.gov.br)

Lígia Lindner Schreiner  
 Expert on Regulation  
 Brazilian Health Surveillance Agency  
 General Office of Foods, Brazil  
 Telephone: +55 61 3462 5399  
 E-mail: [ligia.schreiner@anvisa.gov.br](mailto:ligia.schreiner@anvisa.gov.br) and  
[gacta@anvisa.gov.br](mailto:gacta@anvisa.gov.br)

**Canada**

Luc Pelletier  
 Scientific Evaluator  
 Chemical Health Hazard Assessment Division  
 Bureau of Chemical Safety, Food Directorate  
 Health Products and Food Branch, Health Canada  
 2201C, Tunney's Pasture, Ottawa, ON K1A 0K9,  
 Canada  
 Telephone: (613) 946-9089  
 E-mail: [luc.pelletier@hc-sc.gc.ca](mailto:luc.pelletier@hc-sc.gc.ca)

**Ecuador**

Ing. Bolivar Aguilera  
 General Director  
 Ecuadorian Standard Institute- Instituto Ecuatoriano de  
 Normalizaci (INEN)  
 Codex Alimentarius Contact Point  
 E-mail: [baguilera@inen.gov.ec](mailto:baguilera@inen.gov.ec)

Gonzalo Arteaga  
 Ecuadorian Standard Institute- Instituto Ecuatoriano de  
 Normalizaci (INEN)  
 Codex Alimentarius Contact Point  
 E-mail: [garteaga@inen.gov.ec](mailto:garteaga@inen.gov.ec)

**Egypt**

Noha Mohamed Attia  
 Food Standard Specialist  
 Egyptian Organization for Standardization and Quality  
 (EOS)  
 Phone: 202 22845531  
 Fax: 202 22845504  
 E-mail: [nonaaatia@yahoo.com](mailto:nonaaatia@yahoo.com)

**European Union**

Frank Swartenbroux  
 Almut Bitterhof  
 European Commission  
 Health and Consumers Directorate-General  
 Telephone: ++32 - 2 - 299 38 54  
 E-mail: [frank.swartenbroux@ec.europa.eu](mailto:frank.swartenbroux@ec.europa.eu)

European Union Codex Contact Point  
 European Commission  
 Health and Consumers Directorate-General  
 E-mail: [codex@ec.europa.eu](mailto:codex@ec.europa.eu)

**Finland**

Anja Hallikainen  
 Research Professor  
 Finnish Food Safety Authority Evira  
 Mustialankatu 3, FI-00790 Helsinki,  
 FINLAND  
 Tel.: +358-50-3868 433  
 Fax: +358-2077 24277  
 Email: [anja.hallikainen@evira.fi](mailto:anja.hallikainen@evira.fi)

M. Jérémy PINTE  
 Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la  
 pêche  
 DGAL- bureau de la législation alimentaire  
 251, rue de Vaugirard  
 75732 PARIS CEDEX 15  
 tél: +33 1 49 55 81 46  
 fax: +33 1 49 55 59 48  
 email: [jeremy.pinte@agriculture.gouv.fr](mailto:jeremy.pinte@agriculture.gouv.fr) and  
[sgae-codex-fr@sgae.gouv.fr](mailto:sgae-codex-fr@sgae.gouv.fr)

**Indonesia**

**Ir. Tetty Helfery Sihombing**  
 Director of Food Product Standardization  
 National Agency for Food and Drug Control of  
 Indonesia  
 Phone: +6221 42875584  
 Fax : +6221 42815180  
 Email : [subdit\\_spo@yahoo.com](mailto:subdit_spo@yahoo.com)  
[tetyhelfery@yahoo.com](mailto:tetyhelfery@yahoo.com)

**Iran**

Mansooreh Mazaheri  
 Senior Expert of Mycotoxins and Iran Secretariat of  
 CCCF & CCGP  
 Food Dept, Institute of Standard and Industrial  
 Research of Iran (ISIRI)  
 Karaj , IRAN PO,BOX: 31585-163  
 Tel: 0098-9125474843 Fax: 0098-261-2808120  
 Email: [man2r2001@yahoo.com](mailto:man2r2001@yahoo.com)

Behzad Ghareyazie  
 Head, New Technologies Division,  
 Center for Strategic Research,  
 Tehran, Iran  
 Email: [ghareyazie@yahoo.com](mailto:ghareyazie@yahoo.com)

**Japan**

Yukiko Yamada  
 Deputy Director-General  
 Food Safety and Consumer Affairs Bureau  
 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries  
 1-2-1 Kasumigaseki, Tokyo 100-8950 Japan  
 Phone: +81 3 3502 8111 (ext. 4409), +81 3 3502 8095  
 (direct)  
 Fax: +81 3 3502 0389  
 E-mail: [yukiko\\_yamada@nm.maff.go.jp](mailto:yukiko_yamada@nm.maff.go.jp)

Mr Naofumi HAMATANI  
 Deputy Director  
 Plant Products Safety Division  
 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries  
 1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8950,  
 Japan  
 Email: [naofumi\\_hamatani@nm.maff.go.jp](mailto:naofumi_hamatani@nm.maff.go.jp)

Mr Masanori AOKI  
 Deputy Director  
 Plant Products Safety Division  
 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries  
 1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8950,  
 Japan  
 Email: [aoki\\_masanori@nm.maff.go.jp](mailto:aoki_masanori@nm.maff.go.jp)

Dr Mika WATARI  
 Deputy Director  
 Standards and Evaluation Division Department of Food  
 Safety Ministry of Health, Labour and Welfare  
 1-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8916,  
 Japan  
 Phone: +81-3-3595-2341  
 Fax: +81-3-3501-4868  
 E-mail: [codexj@mhlw.go.jp](mailto:codexj@mhlw.go.jp)

**Kenya**

ALICE A. OKELO ONYANGO  
 International Codex Food Standard  
 Kenya Bureau of Standards  
 P.O.BOX 54974 00200 POPO Road of MOMBASA  
 Road.  
 Phone : +254 20 605490/694830  
 Fax : +254 02 604031/609660  
 Cell: +254 722268225  
 Email : [akothe@kebs.org](mailto:akothe@kebs.org)

**Malaysia**

Codex Contact Point MALAYSIA  
 Food Safety and Quality Division  
 Ministry of Health Malaysia  
 Level 4, Plot 3C4 Building,  
 No. 26, Jalan Persiaran Perdana  
 Presint 3, 62675 Putrajaya, MALAYSIA.  
 Phone : +603 8885 0600 ext 4066  
 Fax : +603 8885 0790  
 Email : [ccp\\_malaysia@moh.gov.my](mailto:ccp_malaysia@moh.gov.my)

**Papua New Guinea**

Elias Taia  
 Codex Secretariat PNG  
 For Ian CCP Papua New Guinea  
**E-mail:** [eliastaia@yahoo.com](mailto:eliastaia@yahoo.com)

**Spain**

Ana Biel Canedo  
 Servicio de Gestión de Contaminantes  
 Subdirección General de Gestión de Riesgos  
 Alimentarios, Agencia Española de Seguridad  
 Alimentaria y Nutrición  
 Phone: +34 91 3380017  
 E-mail: [contaminants@msps.es](mailto:contaminants@msps.es)

Ana López-Santacruz Serraller  
 Servicio de Gestión de Contaminantes  
 Subdirección General de Gestión de Riesgos  
 Alimentarios, Agencia Española de Seguridad  
 Alimentaria y Nutrición  
 Phone: +34 91 3380017  
 E-mail: [contaminants@msps.es](mailto:contaminants@msps.es)

Ignacia Martin de la Hinojosa  
 Laboratorio Arbitral Agroalimentario  
 Sub. General de Laboratorios Agroalimentarios  
 Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y  
 Marino  
 Crta. A Couña, km 10.700  
 28023 Madrid ESPAÑA  
 E-mail: [ignacia.martin@mapa.es](mailto:ignacia.martin@mapa.es)

**Sweden**

Gabriela Concha  
 National Food Administration  
 Box 622, SE-751 26 Uppsala  
 Telephone: +46 (0)18 17 53 25;  
 E-Mail: [gabriela.concha@slv.se](mailto:gabriela.concha@slv.se)

**Switzerland**

Vincent Dudler  
 Swiss Federal Office of Public Health  
 Food Safety Division  
 Head of Chemical Risks  
 CH-3003 Berne  
 Office: Schwarzenburgstrasse 165, 3097 Liebefeld,  
 Switzerland  
 Telephone: +41 (0)31 322 95 68;  
 FAX +41 (0)31 322 95 74  
 E-Mail: [Vincent.dudler@bag.admin.ch](mailto:Vincent.dudler@bag.admin.ch)

**Thailand**

Chutiwan Jatupornpong  
 Standard Officer, Office of Commodity and System  
 Standard,  
 National Bureau of Agricultural Commodity and Food  
 Standards (ACFS).  
 Chatuckak, Bangkok 10900 THAILAND  
 Tel: 662 561 2277  
 Fax: 662 561 3373  
 E-mail: [chutiwan9@hotmail.com](mailto:chutiwan9@hotmail.com)

**United States**

Henry Kim  
 Chief, Plant Products Branch  
 Office of Food Safety U.S. Food and Drug  
 Administration  
 HFS-317 5100 Paint Branch Parkway College Park,  
 MD 20740 301-436-2023 (Phone) 301-436-2632  
 email: [henry.kim@fda.hhs.gov](mailto:henry.kim@fda.hhs.gov)

**Zambia**

Maimouna Abass  
 Agricultural Research Officer  
 Zambia Agricultural Research Institute  
 Plant Quarantine and Phytosanitary Service  
 P/Bag 7  
 Chilanga, Zambia  
 Telephone: +260 211 278141; FAX: +260 211 27130  
 Telephone mobile: +260 977 547581  
 E-mail: [viczhane@gmail.com](mailto:viczhane@gmail.com)

Pritchard Mukuwa  
 Acting Agricultural Research Officer/ Plant Health  
 Inspector  
 Zambia Agricultural Research Institute  
 Plant Quarantine and Phytosanitary Service  
 P/Bag 7  
 Chilanga, Zambia  
 Telephone: +260 211 278141; FAX: +260 211 27130  
 Telephone mobile: +260 977 617021  
 E-mail: [pritchardmukuwa@yahoo.com](mailto:pritchardmukuwa@yahoo.com)

**Participants by Organization****Confederation of the Food and Drink Industries of the EU (CIAA)**

Lorcan O' Flaherty  
 Confederation of the Food and Drink Industries of the  
 EU (CIAA)  
 Avenue des Arts, 43  
 1040 Brussels, Belgium  
 Telephone: +32 2 5008756; FAX: +32 2 5112905  
 E-mail: [l.oflaherty@ciaa.eu](mailto:l.oflaherty@ciaa.eu)

**Food and Agriculture Organization (FAO)**

Dr Annika Wennberg  
FAO JECFA Secretary  
Nutrition and Consumer Protection Division  
Food and Agriculture Organization of the United Nations  
Viale delle Terme di Caracalla, C- 278  
00153 Rome, Italy  
Telephone: + 39 06 5705 3283; FAX: + 39 06 5705 4593  
E-mail: [Annika.Wennberg@fao.org](mailto:Annika.Wennberg@fao.org)

**Institute of Food Technologists (IFT)**

Rodney Gray  
Vice President Regulatory Affairs  
Martek Biosciences Corporation  
6480 Dobbin Road  
Columbia MD 21045, USA  
Telephone: +1 443 542 2327; Fax: +1 410 740 2985  
E-mail: [rgray@martek.com](mailto:rgray@martek.com)

Rosetta Newsome  
Director, Science and Policy Initiatives  
Institute of Food Technologists®  
525 W. Van Buren Street, Suite 1000  
Chicago, IL 60607-3830  
Telephone: 312-604-0228; Fax: 312-596-5628  
E-mail: [newsome@ift.org](mailto:newsome@ift.org)

**World Health Organization (WHO)**

Dr Angelika Tritscher  
WHO Joint Secretary to JECFA and JMPR  
Department of Food Safety and Zoonoses  
World Health Organization  
20, Avenue Appia, CH-1211 Geneva 27, Switzerland  
Telephone: +41 22 791 3569; FAX: +41 22 791 4807  
Telephone mobile: +41 79 633 9995  
E-mail: [tritschera@who.int](mailto:tritschera@who.int)