

**132**  
años  
1892-2024

Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental



**ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA PRESENCIA  
DE ARSÉNICO INORGÁNICO EN MUESTRAS  
DE ARROZ DE CONSUMO NACIONAL  
ADQUIRIDAS EN ZONAS URBANAS DE LA  
CIUDAD DE SANTIAGO**

## ÍNDICE:

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	5
1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA.....	10
2. RESULTADOS.....	13
3. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	21
4. CONCLUSIONES.....	22
5. RECOMENDACIONES.....	23
6. REFERENCIAS.....	23
Anexo 1: Aseguramiento de la calidad de las mediciones analíticas.....	25
Anexo 2: Listado de resultados del estudio.....	26

## RESUMEN

En septiembre del 2024, la Sección Química de Alimentos del Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental, llevó a cabo un estudio exploratorio para la determinación analítica de Arsénico Inorgánico en arroz. Se colectaron 90 muestras, representando a 45 presentaciones de tipos de arroz disponibles en supermercados de zonas urbanas de la ciudad de Santiago, con dos lotes en cada caso. En este informe se reportan los resultados analíticos para las 90 muestras analizadas, de las cuales 78 correspondieron a arroz pulido de distintos tipos (convencional, basmati, pregraneado, sushi, risotto y paella) tanto de origen nacional como internacional, y 12 correspondieron a arroz integral, de origen nacional exclusivamente.

15 muestras (11 de arroz integral y 4 de arroz pulido) entregaron resultados inferiores al límite de cuantificación (LC) de la metodología de ensayo (LC = 70 µg/kg para arroz integral – LC = 30 µg/kg para arroz blanco). Ninguna muestra estuvo bajo el límite de detección (LD) del método (LD = 20 µg/kg para arroz integral – LD = 10 µg/kg para arroz blanco). La concentración más alta encontrada para el arroz integral correspondió a 70,9 µg/kg y en el caso del arroz pulido, correspondió a 107,7 µg/kg procedente de una muestra de arroz pulido pregraneado de origen paraguayo.

De acuerdo con las pruebas estadísticas aplicadas, las concentraciones determinadas para arsénico inorgánico en el arroz integral y el arroz blanco no son estadísticamente diferentes entre sí, mientras que las concentraciones encontradas para este contaminante en el arroz de origen nacional versus el internacional, sí lo son.

Respecto del cumplimiento de la normativa nacional e internacional, el 100% de las muestras analizadas se encontró bajo el nivel máximo establecido para las categorías “arroz pulido” y “arroz integral” en Chile y el Codex Alimentarius (0,2 mg/kg - 200 µg/kg para arroz pulido y 0,35 mg/kg -350 µg/kg para arroz integral), así como también el 100% de las muestras entregó resultados inferiores al nivel máximo establecido para las mismas categorías citadas por la Unión Europea (0,20 mg/kg - 200 µg/kg para arroz pulido; 0,25 mg/kg – 250 µg/kg para arroz integral). En el caso de la categoría “arroz destinado a consumo infantil” para la cual, tanto la Unión Europea, como Estados Unidos han dispuesto un nivel máximo permitido de 0,1 mg/kg - 100 µg/kg, sólo una muestra de las 90 analizadas, supero el nivel indicado (107,7 µg/kg). Los valores encontrados de arsénico inorgánico en las muestras de arroz de origen nacional son similares a los descritos en estudios anteriores, mientras que, para arroz integral, los valores encontrados en este estudio son inferiores a los expuestos en estudios previos.

Se recomienda considerar los resultados de este estudio para a futuro construir una evaluación de exposición a este contaminante por consumo de arroz, así como también considerarlo como insumo al momento de diseñar el próximo programa de vigilancia de metales pesados.

## INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) es un elemento que se encuentra en la corteza terrestre, está presente en el agua, el suelo, el aire y en los alimentos. Hasta hace poco tiempo, varios compuestos de As se utilizaban como pesticidas y herbicidas, debido a sus propiedades antifúngicas. Sin embargo, el uso de estos compuestos de As en productos de consumo fue prohibido en el 2004 en los EE.UU., y en la Unión Europea, debido a la creciente evidencia de la toxicidad del arsénico. Su uso en actividades agrícolas se ha ido eliminando gradualmente en el mundo occidental desde aproximadamente el año 2013. (1)

La toxicidad del As depende de la forma (inorgánica u orgánica), del estado de oxidación de los compuestos de As, de la solubilidad, de su estado físico y de las tasas de absorción-eliminación (ATSDR 2007). El As está compuesto de especies tanto inorgánicas como orgánicas, denominándose Arsénico Total (As T) a la suma del Arsénico Inorgánico (As In) y el Arsénico Orgánico (As O).

La exposición humana al arsénico puede ocurrir a través de diferentes vías, siendo los alimentos y el agua potable las principales vías de exposición al arsénico (FAO/OMS, 2011; CIIC, 2012). El As In se encuentra comúnmente en el agua potable y en muchos alimentos (p. ej., arroz, cereales distintos del arroz, verduras, frutas, carnes, lácteos, algas marinas) y consiste en gran medida en arseniato (estado de oxidación +5) y, en menor medida, arsenito (estado de oxidación +3). El AsO, se encuentra comúnmente en los mariscos, e incluye arsenoazúcares, arsenolípidos y arsenobetaína. De modo general, el As In es mucho más tóxico que el As O. El As O es considerado relativamente no tóxico.(2,3)

La Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de EE. UU. (ATSDR), posiciona al arsénico como el número uno en su lista de prioridades de sustancias peligrosas. (1) Por su parte, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), clasificó al As y el As In como "cancerígenos para los humanos" (Grupo 1).

Según el informe de la Agencia Europea de Inocuidad Alimentaria EFSA de 2021 sobre evaluación de exposición dietaria crónica a As In, en los diferentes grupos etarios estudiados, los principales contribuyentes a la exposición dietaria a As In fueron el "arroz", los "productos a base de arroz", los "cereales y productos a base de cereales (no arroz)" y el 'Agua potable'.

Es por lo anterior que la Sección Química de Alimentos del Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental, relevó la necesidad de estudiar la presencia de este contaminante, tanto en arroz blanco, como arroz integral, comercializados en supermercados de zonas urbanas de la ciudad de Santiago.

## ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

### El Arroz.

El arroz aporta aproximadamente el 20% del consumo mundial de calorías. Además de ser una rica fuente de energía, aporta vitaminas como tiamina, riboflavina y niacina. Por otro lado, el arroz integral contiene además una cantidad importante de fibra alimenticia.(4)

De las especies cultivadas, *Oryza sativa*, también conocido como arroz común asiático, es el tipo más cultivado y consumido en el mundo. Presenta dos tipos principales de arroz: *Índica*, con granos más largos, y *Japónica*, con granos más cortos. El arroz de grano largo tiene menos almidón y más materia seca que el de grano corto. Por su parte, el arroz de grano largo es el más rentable de entre todos los tipos comercialmente disponibles.(5)

Los principales países exportadores de arroz son: Argentina, Brasil, Myanmar, Paraguay, India, Pakistán, Tailandia, Estados Unidos, Uruguay, Vietnam y China. De estos, los principales arroces importados en Chile, son de Argentina, Uruguay, Paraguay y Pakistán, de acuerdo al boletín de cereales del 2021 de ODEPA. Esta importación la realizan el mercado mayorista, los supermercados y algunos molinos. (5)

### Consumo y producción de arroz en Chile.

Los principales países consumidores de arroz a nivel mundial son: Brunei con 265 kg/persona al año, Vietnam con 186 kg/persona al año, Laos con 183 kg/ persona al año y Bangladesh con 170 kg/persona al año. En el continente americano los consumidores de arroz más importantes son Cuba con 68 kg/persona al año, Panamá con 65 kg/persona al año y Costa Rica con 53 kg/persona al año, seguidos por Colombia, Brasil y Perú con 50 kg/ persona al año. (4)

El consumo per cápita de este cereal en Chile se sitúa entre los 10 a 11 kilos de arroz elaborado al año, con una frecuencia de preparación de tres a cuatro veces por semana. Este nivel de consumo se asemeja al de países de Europa y Estados Unidos– que promedian menos de 10 kilos por persona al año. (6)

Datos recientes indican que Chile debe importar aproximadamente un 58% de las necesidades nacionales. La producción nacional de arroz abastece el 42% restante (5) y se distribuye desde la comuna de Linares en la Región del Maule, hasta la comuna de San Carlos en la Región de Ñuble. La Región del Maule concentró entre el 76,5% y el 94,5% de la superficie sembrada y la producción en el país en la temporada 2016/17 al 2020/21, de acuerdo con los datos del Boletín de Cereales 2021 de ODEPA. El mercado interno es el principal destino de la producción de arroz nacional.

La industria del arroz en Chile está conformada por dos productores de gran tamaño, estas empresas son prácticamente los proveedores exclusivos de la principal variedad de arroz desarrollada en Chile, (largo-ancho *Japónica* templado). Estas empresas trabajan con el sistema de contrato de producción, donde entregan financiamiento para la compra de semilla certificada y otros insumos. Los molinos venden el arroz elaborado a empresas mayoristas y cadenas de supermercados nacionales y regionales, las que venden el arroz al consumidor o al pequeño comercio.(5,7)

El canal retail es la principal vía de distribución de su oferta, con cerca de un 65 al 70 % del total de la producción(8,9), siendo la fracción restante destinada al canal foodservice (hoteles, restaurantes, casinos) y una menor proporción al canal tradicional (distribuidores de pequeños almacenes y mercados). Asimismo, estas empresas manufactureras nacionales también son las principales importadoras de este producto.

Los productos disponibles en el mercado local abarcan al arroz pulido convencional, en la variedad de grano largo ancho de origen nacional. La característica culinaria principal de estos productos es su gran resistencia a la sobre cocción y, por su alto contenido de almidón, poseen una textura cremosa. El segundo grupo importante de productos de arroz blanco está constituido por productos de variedades con granos de tipo largo delgado, que tienen su origen en Argentina o Paraguay y en países asiáticos como Tailandia o Vietnam. La preparación de este arroz genera un resultado más “graneado”, porque los granos se endurecen después de la cocción y tienen una textura más sólida y seca. (7)

El mercado cuenta con productos de arroz integral, que se caracteriza porque sus granos conservan parte de las capas vegetales de alto contenido nutricional, y que es principalmente elaborado con variedades de origen local. (7) El arroz integral o arroz descascarado, lo define la Norma Chilena (INN, 1999; 2003a; 2003b) como arroz del cual sólo se retiran las glumelas (cáscara), manteniéndose intactos el germen, pericarpio (capa externa) y aleurona (capa interna) del grano.(10) Otros productos elaborados, corresponden a los arroces con ingredientes o instantáneos, que incorporan verduras u otros ingredientes adicionales y son de rápida preparación, puesto que se elaboran con arroz pre graneado. Asimismo, existen productos de “nicho” en el mercado, como los arroces de variedades de orígenes muy específicos, como el arroz basmati o carnaroli. (7)

Por otro lado, la norma Nch. 1359 of. 2003, que constituye el estándar industrial usado en Chile, clasifica a los productos de arroz elaborado en grado, donde el grado 1, contiene hasta un 5% de granos partidos, y en grado 2, contiene hasta un 20% de granos partidos. La misma norma establece además una clasificación de acuerdo con las dimensiones del grano que, tal como se ha señalado, se explica por su origen y variedad e influye en el resultado culinario obtenido luego de su preparación. (7)

En suma, puede deducirse que los productos de arroz disponibles al consumidor en Chile presentan diferenciación en términos de variedades, orígenes, características, usos culinarios y calidad. (7)

### **Normativa de arsénico en arroz.**

En los últimos años, considerando la evidencia científica acumulada asociada al consumo de alimentos con elevado contenido de arsénico, las agencias regulatorias nacionales e internacionales, están siendo cada vez más estrictas en los límites máximos permitidos de As en alimentos como el arroz, para resguardar la salud de la población.

El Codex Alimentarius, organismo internacional creado en conjunto por la FAO y la OMS con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario, del que Chile forma parte desde la década del 60, en su Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos CXS-193-1995 cuenta con niveles máximos para As In en arroz pulido y arroz descascarillado, desde los años 2014 y 2016 respectivamente.(11)

La Unión Europea desde el año 2015 cuenta con niveles máximos para Arsénico Inorgánico en arroz pulido, arroz descascarillado (integral), productos derivados del arroz y arroz destinado a la producción de alimentos para lactantes y niños de corta edad, entre otras matrices.(12)

En el caso de Chile, el Reglamento Sanitario de los Alimentos (DS 977/96) especifica los límites permitidos para As en arroz (artículo N°160), actualizado por el Decreto N°7 (2018) del Ministerio de Salud, señala que el límite máximo de Arsénico inorgánico en el producto final “arroz pulido” no podrá sobrepasar los 0,20 mg/kg. Para el caso de arroz integral y sus derivados para el consumo infantil, el RSA no contempla límites permisibles de As In.

Por otro lado, Estados Unidos, cuenta desde el año 2020, con un nivel de acción para el arroz destinado a infantes específicamente, de 0,1 mg/kg. (13)

En el Tabla 1, se presenta un resumen comparativo de los límites máximos permitidos de Arsénico inorgánico en arroz establecidos por el Codex Alimentarius y los países mencionados anteriormente.

**Tabla 1.** Resumen de los límites máximos permitidos de Arsénico inorgánico en arroz, establecidos tanto por organismos reguladores internacionales como nacionales (actualizado a octubre de 2024).

Organismo / País	Arroz pulido	Arroz integral	Arroz destinado a la producción de alimentos para infantes
Codex Alimentarius	0,20 mg/kg (200 µg/kg)	0,35 mg/kg (350 µg/kg)	Sin regulación específica
Unión Europea	0,15 mg/kg (150 µg/kg)	0,25 mg/kg (250 µg/kg)	0,10 mg/kg (100 µg/kg)
EEUU	Sin regulación específica	Sin regulación específica	0,10 mg/kg (100 µg/kg)
Chile	0,20 mg/kg (200 µg/kg)	Sin regulación específica	Sin regulación específica

## Estudios previos sobre presencia de Arsénico en arroz en Chile

Respecto a la presencia de Arsénico en arroz, se ha descrito que, las concentraciones de As en el arroz dependen entre otros parámetros, de su origen geográfico, condiciones de cultivo, condiciones ambientales, y de la contaminación del agua de cocción utilizada, así como del tipo de arroz y los factores de procesamiento. (4,14)

Numerosas investigaciones han demostrado que los granos de arroz contienen entre 60% hasta un 90% de As en forma de As In (2,4,8,15). Investigaciones también muestran que el arroz integral tiene concentraciones más altas de AsT y As In que el arroz pulido, ya que el As se localizaría en la superficie del arroz integral en comparación con el disperso por todo el grano en el arroz pulido. (9)

Un estudio publicado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en Chile el año 2021, (5) realizó una prospección de los niveles de arsénico total y arsénico inorgánico en los granos de arroz, el suelo y el agua, en el sector arrocero de Chile. Se realizó un muestreo de 200 productores de arroz en la temporada 2016-2017, considerando un universo de 1.439 productores de arroz en las Regiones de Maule y Ñuble. En cada punto de muestreo se tomaron muestras de granos de arroz, suelo superficial (0-15 cm de profundidad) y agua de riego. (11) La concentración promedio de AsT en las muestras de arroz (N=201) fue de  $0,096 \pm 0,052$  mg/kg. En las muestras analizadas, ningún valor de AsT excedió el límite máximo de  $0,20$  mg/kg de As In para el arroz pulido de acuerdo con el Reglamento Sanitario de Alimentos. Adicionalmente, se realizó la determinación de As In mediante especiación, en que se obtuvo un valor promedio de As In de  $0,047$  mg/kg, concentración que también cumplió con la normativa internacional vigente. En relación con As en suelos arroceros del país, la concentración promedio de AsT y su desviación estándar para el total de las muestras evaluadas (N=193) de suelo, fue de  $5,7 \pm 2,4$  mg/kg. En los suelos analizados, no se encontraron muestras con concentraciones de AsT que superaran el límite máximo permitido para suelos agrícolas, de acuerdo con la Norma Chilena NCh 2952c-2004(INN,2004) de  $20$  mg/kg. Finalmente, con relación al arsénico en agua de riego en los arrozales del país, la concentración promedio de AsT y su desviación estándar para todas las muestras (N=188), fue de  $1,2 \pm 1,0$  µg/L, resultados muy por debajo del límite máximo permitido de AsT para el agua de riego, establecido en  $100$  µg/L por la Norma Chilena NCh1333 (INN,1987), y de la concentración de As total recomendada para agua potable establecida por la Norma Chilena NCh 409(INN,2005) de  $10$  µg/L.

Otro estudio realizado en el año 2022,(16) a partir de una muestra de la cosecha nacional 2021, evaluó la presencia de As In en muestras de arroz pulido como de arroz integral. Las muestras de arroz pulido (n=72) obtuvieron un promedio de concentración de  $0,074 \pm 0,027$  mg/kg de As inorgánico. Para el arroz integral (n=72) se obtuvo una concentración promedio de  $0,143 \pm 0,051$  mg/kg. Ninguna de las muestras analizadas superó los niveles máximos establecidos por el Codex Alimentarius para cada categoría.



Las dos publicaciones mencionadas, concluyeron que las concentraciones encontradas en el arroz chileno no presentan valores superiores a la normativa nacional y del Codex Alimentarius respectivamente, no obstante, la producción nacional no es suficiente para satisfacer las necesidades de este alimento en el país, por lo que parte del arroz que se consume en Chile es importado, y por lo tanto es relevante levantar la información respecto de la presencia de este contaminante en arroz adquirido fuera del país.

En el presente informe, se brinda información actualizada sobre los niveles de arsénico inorgánico en muestras de arroz de consumo nacional adquiridas en zonas urbanas de la ciudad de Santiago, durante el mes de septiembre del año 2024.

## **1.1 1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA**

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Evaluar la presencia de Arsénico inorgánico en muestras de arroz de consumo nacional adquiridas en zonas urbanas de la ciudad de Santiago.

#### **Objetivos Específicos**

- Describir las muestras de arroz objeto de estudio.
- Determinar, describir y comparar la concentración de Arsénico inorgánico de las muestras de arroz.
- Comparar las concentraciones de Arsénico inorgánico determinadas en las muestras de arroz en función de la normativa nacional e internacional.

### **METODOLOGÍA.**

#### **1.2.1. Diseño de estudio.**

Estudio exploratorio descriptivo en que se determinó la concentración de arsénico inorgánico en 90 muestras de arroz a la venta en supermercados de zonas urbanas de la ciudad de Santiago de Chile. La totalidad de las muestras fueron analizadas en la Sección Química de Alimentos del Instituto de Salud Pública de Chile.

#### **1.2.2. Selección y Procedencia de las Muestras**

Se consideró el supuesto que el retail es la principal vía de distribución de la oferta de arroz en Chile, con cerca de un 65 al 70 % del total de la producción nacional, de acuerdo a datos de ODEPA 2017 (8,9). Para la selección de muestras se realizó un análisis del mercado de arroz por medio de la revisión de los productos disponibles en páginas de internet de supermercados con sucursales en la ciudad de Santiago. Antecedentes para la búsqueda fueron la consideración de que los principales grupos de supermercados del país, en orden decreciente de representatividad lo constituyen el grupo WalMart (Híper Líder, Líder Express, Ekono, A Cuenta), CENCOSUD (Jumbo, Santa Isabel), SMU Group (Unimarc) y Grupo Falabella (Tottus). Esta información fue extraída desde el diario Financiero/Chile con fecha agosto de 2023, a través de la página web [www.eleconomista.com](http://www.eleconomista.com). Con esta información se realizó búsqueda en las páginas web respectivas de los supermercados que contaban con ella, y se sumó la revisión física de góndolas en los establecimientos comerciales al momento de realizar la compra de muestras.

De acuerdo con la revisión ejecutada, se detectaron 52 presentaciones de marca-tipo de arroz, 45 para arroz pulido y 7 para arroz integral, de las cuales, durante el periodo definido de muestreo, se lograron muestrear 39 para arroz pulido y 6 para arroz integral, lo que corresponde a una cobertura de 87% y 86%, respectivamente, de cobertura definida inicialmente.

- **Número de muestras:** Se adquirieron un total de 90 muestras de arroz en supermercados de diferentes zonas urbanas de la ciudad de Santiago. Las muestras fueron seleccionadas en 6 supermercados diferentes, ubicados en las comunas de Ñuñoa (n=49), Macul (n=17), Peñalolén (n=11), La Florida (n=6), Puente Alto (n=2), Las Condes (n=1) y Santiago Centro (n=4). Se decidió realizar la búsqueda en diferentes comunas para lograr obtener 2 lotes diferentes por cada presentación de tipo y marca de arroz identificada. Del muestreo realizado, fue posible incluir 14 marcas comerciales de arroz, en presentaciones de 400 g, 500 g y 1 kg. Las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente hasta el momento del análisis.
- **Criterios de Selección:** Las muestras seleccionadas correspondieron a aquellas disponibles para la venta en el periodo de compra (septiembre del 2024), para las cuales existieran disponibles dos lotes diferentes y dos unidades por cada lote, y tuvieran una fecha de vencimiento posterior al momento de la compra.
- **Método de adquisición:** Las muestras se compraron directamente en los puntos de venta físicos. Su financiamiento correspondió al Instituto de Salud Pública de Chile. Se privilegiaron las marcas y variedad de productos con menor precio de acuerdo con la disponibilidad encontrada al momento de la compra en cada local comercial.

### 1.2.3. Método analítico.

El método analítico para la determinación de arsénico inorgánico en arroz utilizado corresponde al ME-761.00-261 versión 0, "Determinación de Arsénico inorgánico en arroz por ICP-OES, método interno basado en Saxena et al.,2017". En esta metodología la muestra fue extraída con una disolución de 0,1 M de Ácido Nítrico y 3% de Peróxido de Hidrógeno. Las especies de arsénico inorgánicas fueron separadas de las especies orgánicas de arsénico por extracción en fase sólida (SPE) de intercambio aniónico. Las especies de arsénico inorgánico contenidas en el eluato fueron pre-reducidas con solución de ácido ascórbico y yoduro de potasio, la posterior determinación fue realizada mediante ICP-OES con generación de hidruros usando borohidruro de sodio como agente reductor.

Respecto de la preparación de la muestra analítica, compuesta por dos unidades muestrales, se tomó una porción de cada unidad y se homogenizó manualmente con movimientos circulares, la mitad fue reservada como contramuestra y la otra mitad fue triturada en molinillo hasta obtener una textura polvorienta. De la muestra molida y homogenizada, se pesó 1 gramo para su extracción, de acuerdo con el método de ensayo. El análisis se realizó en duplicado, y se reportó el promedio de ambos resultados. Adicionalmente para el aseguramiento de la calidad se utilizó material de referencia certificado de la matriz correspondiente o fortificados en matriz con bajo contenido de Arsénico utilizadas como matriz blanco. Los límites de detección y cuantificación para el arroz pulido y el arroz integral obtenidos para el método se observan en la Tabla 2 a continuación:

**Tabla 2:** Límites de detección y cuantificación del método de ensayo ME-761.00-261 para las matrices validadas.

Matriz	Límite de detección (LD)	Límite de cuantificación (LC)
Arroz pulido	0,01 mg/kg (10 µg/kg)	0,03 mg/kg (30 µg/kg)
Arroz integral	0,02 mg/kg (20 µg/kg)	0,07 mg/kg (70 µg/kg)

Los detalles del aseguramiento de calidad de las mediciones se presentan en el Anexo 1, del presente informe.

### **Expresión de los resultados.**

Los resultados que se encuentran por sobre el límite de cuantificación, se expresan en µg de Arsénico Inorgánico/kg de arroz. Los resultados bajo el límite de cuantificación y sobre el de detección del método, de acuerdo con WHO European Programme for Monitoring and Assessment of Dietary Exposure to Potentially Hazardous Substances (GEMS/Food - EURO) (17), se expresan de manera cursiva y subrayado. No se obtuvieron resultados bajo el límite de detección del método para las matrices analizadas. El listado completo de los resultados de este estudio está disponible en el Anexo 2 de este informe.

## 2. RESULTADOS

A continuación, se presentan los datos obtenidos de acuerdo con la estructura planteada en los objetivos específicos.

### 2.1.1 Descripción de las muestras de arroz objeto de estudio

Para las 90 muestras adquiridas para este estudio, se presenta en la Tabla 3, un breve perfil de las principales características de dichas muestras:

**Tabla 3.** Perfil de las muestras de arroz adquiridas en el presente estudio.

Variable	Categoría	N=90	%
Tipo			
	Pulido	78	86,7
	integral	12	13,3
Variedad			
	Convencional	54	60
	Basmati	4	4,4
	Paella	2	2,2
	Pregraneado	12	13,3
	Risotto	4	4,4
	sushi	2	2,2
	Integral	12	13,3
Origen			
	Nacional	57	63,3
	Internacional	33	36,7
País de origen			
	Chile	57	63,3
	Paraguay	12	13,3
	Argentina	11	12,2
	Pakistán	4	4,4
	Italia	2	2,2
	India	2	2,2
	Tailandia	2	2,2
Empresa retail			
	Cencosud	36	40
	Falabella S.A.	10	11,1
	SMU	21	23,3
	Walmart Chile	23	25,5
Marcas			
	Marca propia (total retail)	46	51,1
	A	20	22,2
	D	6	6,7
	C	6	6,7
	F	6	,67
	M	2	2,2

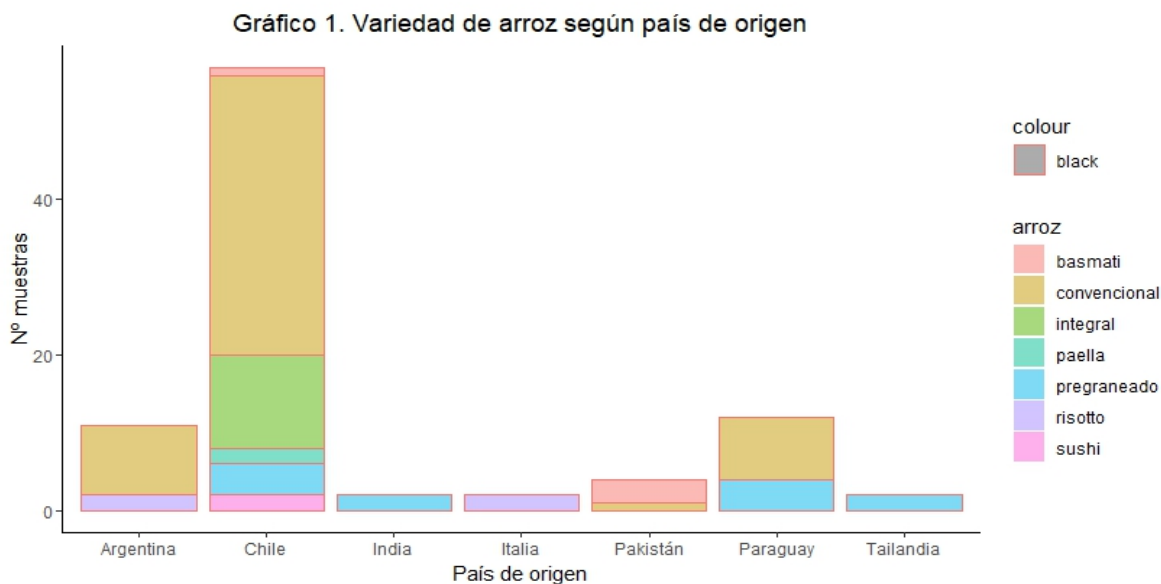
Variable	Categoría	N=90	%
	L	2	2,2
	N	2	2,2

Del total de las muestras adquiridas, el 86,7% correspondieron a arroz pulido. De las muestras de arroz pulido, el 69,2% (54/78) fueron arroz de la variedad convencional y el 15,4% (12/78) arroz pregraneado. El muestreo también incluyó 4 muestras de cada variedad basmati y risotto, y 2 muestras de cada variedad para sushi y paella, respectivamente.

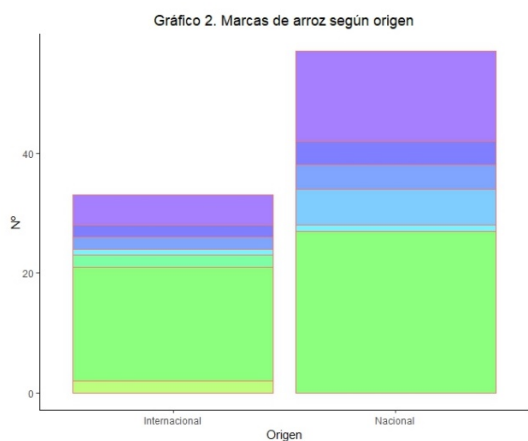
De la totalidad de las muestras, el 63,3% de las muestras fueron de origen nacional. De las muestras de origen internacional, el país con mayor presencia en la muestra corresponde a Paraguay con un 13,3% del total.

La empresa en la que se realizaron el mayor número de compras fue Cencosud en los supermercados Jumbo y Santa Isabel, que concentraron el 40% del total de las muestras. En relación con las marcas, se observó una importante presencia de marcas propias de cada una de las empresas de retail, cubriendo el 51,1% de la totalidad de las muestras adquiridas. La empresa arrocera con mayor presencia en el presente estudio, corresponde a la marca A con un 22,2% del total de las muestras adquiridas.

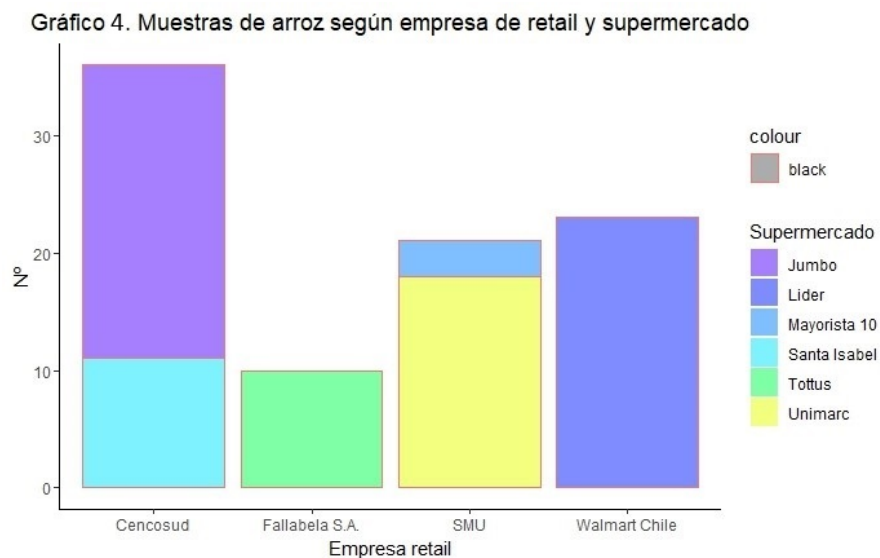
En el Gráfico 1 muestra la variedad de arroz según su origen. El arroz convencional proviene principalmente de cultivos chilenos, seguido por los de Argentina, Paraguay y Pakistán. El arroz integral, en cambio, es de origen nacional en su totalidad. Por su parte, el arroz pregraneado tiene su origen en Paraguay, Tailandia, India y Chile. Otras variedades, como el arroz para risotto, paella y basmati son de origen internacional.



En el Gráfico 2 se destaca la notable presencia de marcas propias las cuales provienen tanto de origen nacional como internacional. Por su parte, en el Gráfico 3 se observa una importante presencia de muestras de origen nacional en todas las empresas, excepto en Falabella S.A.



En el gráfico 4 se observa que, si bien se muestreó en 6 supermercados diferentes, éstos corresponden a 4 empresas de retail. Según los antecedentes revisados, existen otros supermercados de estas mismas empresas que no fueron visitados para la recolección de las muestras de arroz. Un ejemplo de ello es Walmart, cuya cadena incluye además Líder Express, Acuenta y Central Mayorista.



### 2.1.2 Determinar, describir y comparar la concentración de Arsénico inorgánico de las muestras de arroz.

La concentración de As In determinada en las muestras de arroz que conformaron el estudio, se encuentran disponibles en el Anexo 2 del presente informe. Se utilizó el valor numérico obtenido para resultados bajo el límite de cuantificación y sobre el límite de detección (trazas) para realizar el análisis, los que se expresan en cursiva y subrayada en cada caso. Posteriormente, se describen los resultados obtenidos de concentración de arsénico inorgánico en función del tipo de arroz, al país de origen de las muestras y a la variedad de arroz. Y finalmente, se comparan los grupos de arroz en función de la concentración de arsénico inorgánico.

#### Arsénico inorgánico en función del tipo de arroz, pulido e integral.

En el Tabla 4, se presentan los resultados obtenidos de As In agrupados según tipo de arroz (pulido e integral). Para el caso de las muestras de arroz pulido, el promedio de las muestras corresponde a 50,00 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) y la mediana en 46,70 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Para el caso de las muestras de arroz integral, las medidas de tendencia central corresponden a valores estimados ya que corresponden en su mayoría a valores traza, inferiores al límite de cuantificación de la metodología y superiores al límite de detección del método (*valores en cursiva y subrayados*), sólo 1 de las 12 muestras se encuentra sobre el valor de límite de cuantificación, con el valor máximo del grupo de datos (70,90  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

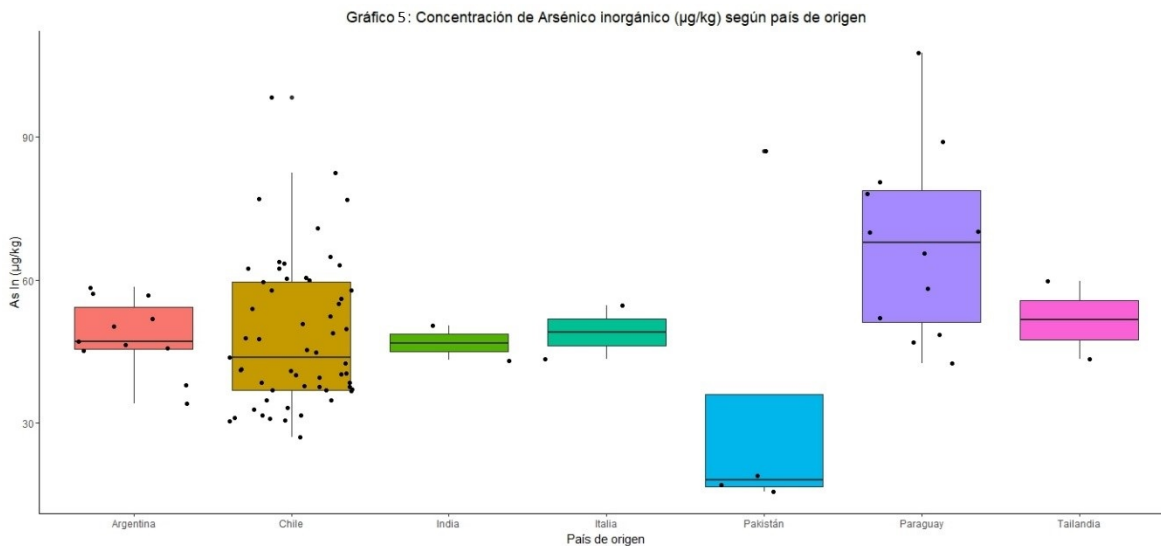
**Tabla 4.** Tamaño de la muestra, promedio, mediana, máximo y mínimo de concentración de As In ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en muestras de arroz según tipo de arroz.

Tipo	Tamaño muestra	Arsénico inorgánico ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			
		Promedio	Mediana	Mínimo	Máximo
Pulido	78	50,00	46,70	<u>15,70</u>	107,70
Integral	12	<u>52,32</u>	<u>53,75</u>	<u>31,60</u>	70,90

#### Arsénico inorgánico en arroz en función del origen de las muestras.

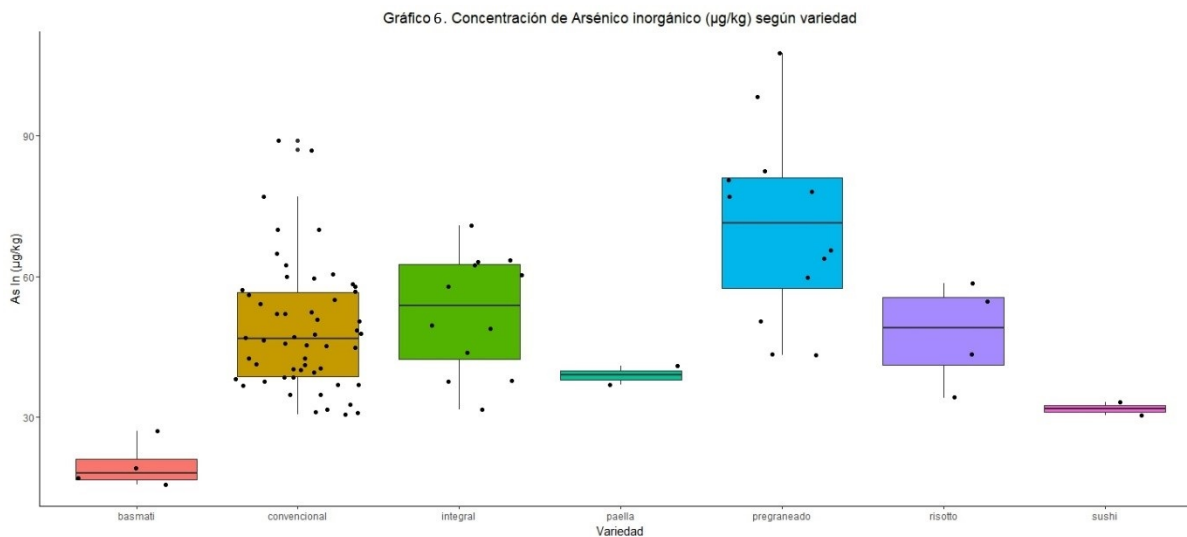
En el Gráfico 5, se presentan las concentraciones de Arsénico inorgánico determinadas distribuidas en cuartiles para la totalidad de las muestras (90) según país de origen. Para las muestras originarias de Argentina se observa una mediana de 47,20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 41,40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para las muestras de Chile, 67,85  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para las muestras originarias de Paraguay y 18,05  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para las muestras originarias de Pakistán. Para el caso de India, Italia y Tailandia son dos muestras por país, con una mediana de 46,8, 49,10 y 51,65  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivamente.





### Arsénico inorgánico en función a la variedad de arroz.

En el Gráfico 6, se observa un boxplot de la concentración de arsénico inorgánico según variedad de arroz. Las variedades de arroz de la muestra con mayor concentración de arsénico inorgánico corresponden a arroz pregraneado con una mediana de  $71,35 \mu\text{g}/\text{kg}$ , arroz integral con mediana de  $53,75 \mu\text{g}/\text{kg}$  (valor traza), arroz para risotto con mediana de  $49,10 \mu\text{g}/\text{kg}$  y el arroz convencional con mediana de  $46,70 \mu\text{g}/\text{kg}$ .



### **Comparación de grupos de arroz en función de la concentración de arsénico inorgánico.**

La cantidad de datos disponibles permite explorar diferencias en la concentración de arsénico inorgánico en función del tipo (arroz pulido y arroz integral) y el origen del arroz (nacional e internacional). Para ello se realizaron pruebas de normalidad para cada grupo, utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, para comparar grupos de muestras (arroz convencional/ arroz integral y arroz de origen nacional/ arroz origen internacional).

Se realizó prueba de normalidad para cada grupo (arroz pulido, arroz integral, arroz de origen nacional e internacional), utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, por medio de la aplicación Statskingdom. Se determinó que los grupos arroz integral y arroz de origen internacional correspondían a una distribución normal (valor  $p = 0,672$  y  $0,237$  respectivamente), mientras que los grupos de arroz pulido y arroz de origen nacional tenían más bien una distribución asimétrica (valor  $p = 0,001$  y  $0,0004$  respectivamente). Por lo anterior, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann Whitney mediante la aplicación Statskingdom, utilizando un 95% de confianza para comparar los grupos de muestras ya mencionados.

#### **Arroz pulido versus Arroz integral.**

El valor  $p$  obtenido para la prueba en este caso, correspondió a  $0,3545$ , por lo que la hipótesis no puede ser rechazada, es decir, se concluye que el valor obtenido de concentración de As In para el arroz integral sería comparable al valor de concentración encontrado para arroz pulido. En otras palabras, la diferencia entre el valor de concentración para el arroz integral y el arroz pulido no es estadísticamente significativa.

#### **Arroz de origen nacional versus Arroz de origen internacional.**

El valor  $p$  obtenido para la prueba en este caso, correspondió a  $0,03453$ , por lo que la hipótesis nula es rechazada, es decir, se concluye que el valor obtenido de concentración de As In para el arroz blanco de procedencia nacional no es comparable al valor de concentración encontrado para arroz blanco de procedencia internacional. En otras palabras, la diferencia entre el valor de concentración para el arroz de origen nacional y el arroz de origen internacional es estadísticamente significativa.

### **2.1.3 Comparación de las concentraciones de Arsénico inorgánico determinadas en el arroz con respecto a normativa nacional e internacional.**

La concentración de arsénico determinada en las 90 muestras evaluadas en el presente estudio es inferior al valor establecido en la normativa nacional, como también, inferior al límite establecido por el Codex Alimentarius. Si se considera el valor establecido por la Unión Europea y Estados Unidos para arroz destinado a consumo infantil (0,1 mg/kg - 100 µg/kg), existe sólo una muestra que supera este valor, correspondiente a arroz pregraneado de origen paraguayo (107,7 µg/kg).

Respecto a las concentraciones de arsénico inorgánico determinadas en el arroz pulido en este estudio, se puede señalar que el promedio de 50 µg/kg se encuentra dentro de los valores reportados por investigaciones previas en el país. En particular, este valor es consistente con el promedio de 47 µg/kg de arsénico inorgánico obtenido en el estudio publicado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en 2021 (5), que evaluó 201 muestras de arroz nacional de la cosecha de la temporada 2016-2017. Otro estudio realizado en Chile en 2022 que evaluó arroz pulido de origen nacional de la cosecha de 2021 (16), reportó una concentración promedio de 74 µg/kg de arsénico inorgánico. Estas diferencias podrían reflejar variaciones entre las cosechas, como también factores específicos en la metodología analítica utilizada.

En cuanto al arroz integral, el mismo estudio de 2022 evaluó 72 muestras y reportó una concentración promedio de 143 µg/kg de arsénico inorgánico. Este valor es considerablemente superior al 52,32 µg/kg determinado en el presente estudio, en el que se evaluaron 12 muestras de origen nacional, de las cuales 11 presentaron valores trazas, inferiores al límite de cuantificación de la metodología que corresponde a 70 µg/kg.

En relación a valores encontrados para arsénico inorgánico en arroz a nivel internacional, un estudio global realizado en 2020 evaluó 1180 muestras de arroz pulido, provenientes de 29 zonas de muestreo distintas, en los 5 continentes. (18) Este estudio determinó que las concentraciones de arsénico inorgánico en el arroz oscilan entre menos de 2 µg/kg y 399 µg/kg, con un valor mediano global de 66 µg/kg. Las regiones con los niveles más bajos incluyen África Oriental (por ejemplo, Malawi y Tanzania, con medianas de 5 y 9 µg/kg) y algunas áreas del hemisferio sur tropical, como Bali y Java en Indonesia. En contraste, América del Sur mostró concentraciones más altas y consistentes en todas las regiones, reflejando diferencias geográficas y de manejo agrícola.

En la Tabla 5, se presenta una comparación de los resultados obtenidos en el estudio internacional con los del presente estudio, específicamente para Argentina, Chile, Paraguay e Italia. En el caso de Chile, el estudio internacional incluyó 11 muestras de arroz pulido, con una mediana de arsénico inorgánico de 60 µg/kg (mín.: 48 µg/kg - máx.: 68 µg/kg). En contraste, la mediana de 41,40 µg/kg (mín.: 27 µg/kg - máx.: 98 µg/kg) determinada en el presente estudio es inferior a la reportada por el estudio internacional, así como a las medianas de los países de la región considerados y de Italia.

**Tabla 5:** Fragmento de lugares de muestreo, número de muestras mediana, mínimo / máximo de concentración de As In determinada en *Carey M, et.al.* y comparación resultados de muestras obtenidas en estudio ISP.

País	Estudio Carey M, et al.				Estudio ISP			
	N° de muestras	Mínimo As In (µg/kg)	Mediana As In (µg/kg)	Máximo As In (µg/kg)	N° de muestras	Mínimo As In (µg/kg)	Mediana As In (µg/kg)	Máximo As In (µg/kg)
Argentina	11	38	<b>61</b>	94	11	34,20	<b>47,20</b>	58,50
Chile	11	48	<b>60</b>	68	53	<u>27,00</u>	<b>41,40</b>	98,40
Paraguay	27	48	<b>107</b>	155	12	42,60	<b>67,85</b>	107,70
Italia	106	2	<b>92</b>	244	2	43,50	<b>49,10</b>	54,70

### 3.LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Dentro de las limitaciones del estudio se debe indicar que, el canal de compra escogido (compra presencial), no permitió acceder a todas las marcas detectadas en la búsqueda, por lo que esta decisión debe reconsiderarse en el caso de desarrollar un nuevo estudio.

Adicionalmente, en el presente estudio no se consideraron otros canales de venta, locales de venta a mayoristas, locales no formales (por ejemplo, ferias libres) o ventas a granel. Teniendo en cuenta que, la práctica de compra “sin envase” podría estar ganando terreno en los canales de distribución en nuestro país.

Respecto del análisis estadístico, es necesario comentar que, con tamaños pequeños de muestras (como los 12 datos del arroz integral), la prueba de Shapiro-Wilk puede tener menor poder para detectar desviaciones de la normalidad, por lo que las conclusiones de este grupo tienen un mayor margen de error. Por otro lado, la mayor parte de los resultados para el arroz integral estuvieron bajo el límite de cuantificación del método de ensayo utilizado, por lo que también para el futuro, considerando que, tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos, existe un nivel máximo de 0,1 mg/kg - 100 ug/kg para arroz destinado a consumo infantil, y que potencialmente nuestro Reglamento Sanitario de Alimentos podría estudiar asumirlos como propios, es necesario buscar instrumental analítico con mayor sensibilidad que permita disminuir los límites de cuantificación para esta matriz en particular, y así cumplir con los criterios de rendimiento según el Codex Alimentarius, el que establece que para un nivel máximo mayor o igual a 0,1 mg/kg, el límite de cuantificación debe ser menor o igual a 1/5 del nivel máximo, para el caso 0,02 mg/kg, y el límite de cuantificación con el que cuenta el método utilizado no lo logra, ni en el caso del arroz pulido, ni el arroz integral (0,03 mg/kg y 0,07 mg/kg respectivamente).

Para efectos del análisis de datos derivados de la determinación de concentraciones de arsénico inorgánico, se decidió reemplazar los valores trazas (bajo el límite de cuantificación y sobre el límite de detección) por un valor numérico. Se tomó esta decisión debido a que la mayor parte de las muestras analizadas correspondientes a la categoría arroz integral, entregaron resultados bajo el límite de cuantificación (11 de 12 muestras). En este sentido, es importante mencionar que los resultados obtenidos por este estudio corresponden a la estimación menos conservadora para las muestras de arroz evaluadas.

#### 4. CONCLUSIONES

Se adquirieron 90 muestras en total, que incluyeron arroz pulido e integral. De las muestras de arroz pulido, incluyeron diferentes variedades (convencional, pregraneado, basmati, risotto, sushi y paella). El origen de las muestras fue variado, un 63,3% son de origen nacional, y de origen internacional se encuentran muestras de Paraguay, Argentina, Pakistán, Italia, India y Tailandia. Las compras se realizaron en 4 empresas de retail, de 6 supermercados diferentes.

En relación a las concentraciones de arsénico inorgánico, el promedio de las muestras de arroz pulido es de 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 52, 32  $\mu\text{g}/\text{kg}$  para arroz integral.

Las medianas de concentración de arsénico inorgánico más altas en la muestra según origen son Paraguay, Argentina y Chile con 67,85  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 47,20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y 41,40  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivamente.

Las variedades de arroz de la muestra, con mayor concentración de arsénico inorgánico corresponden a arroz pregraneado con una mediana de 71,35  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , arroz integral con mediana de 53,75  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (valor traza), arroz para risotto con mediana de 49,10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  y el arroz convencional con mediana de 46,70  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

En relación a la diferencia entre el valor de concentración para el arroz integral y el arroz pulido, no es estadísticamente significativa. En cambio, la diferencia entre el valor de concentración para el arroz de origen nacional y el arroz de origen internacional si es estadísticamente significativa.

Finalmente, la concentración de arsénico determinada en las 90 muestras evaluadas en el presente estudio es inferior al valor establecido en la normativa nacional, como también, inferior al límite establecido por el Codex Alimentarius. Si se considera el valor establecido por la Unión Europea y Estados Unidos para arroz destinado a consumo infantil (0,1 mg/kg - 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), existe sólo una muestra que supera este valor, correspondiente a arroz pregraneado de origen paraguayo (107,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Por lo tanto, se puede concluir, a la luz de los resultados encontrados, que se puede asegurar la inocuidad alimentaria respecto de la presencia de este contaminante, de acuerdo con el cumplimiento del nivel máximo permitido por nuestra reglamentación nacional.

## 5. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este estudio, se recomienda tener en cuenta estos datos en futuros estudios relacionados con la evaluación de la exposición a este contaminante a través del consumo de arroz. Además, los resultados obtenidos deberían considerarse como insumo al momento de diseñar el próximo programa de vigilancia de metales en alimentos. Es importante resaltar que, para ciertas poblaciones, como la celiaca, el arroz constituye una de sus principales fuentes de carbohidratos. Por lo tanto, sería relevante incluir el arroz y sus productos derivados en las evaluaciones de seguridad alimentaria dirigidas a estas poblaciones.

En este estudio, se decidió reemplazar los valores traza (bajo el límite de cuantificación y sobre el límite de detección) por un valor numérico para efectos del análisis de datos derivados de la determinación de concentraciones de arsénico inorgánico. Para estudios futuros, se recomienda revisar la literatura científica disponible que permita evaluar y establecer criterios estándar que guíen la asignación de un valor numérico a los resultados con valores de traza, cuando sea necesario en el análisis de datos.

También se recomienda utilizar este informe como insumo para futuras investigaciones, que permitan proponer ajustes a la normativa nacional basados en los resultados, por ejemplo, establecer un límite específico para el arroz integral.

Los resultados de este estudio serán insumo para futura publicación científica y se recomienda generar campañas informativas para comunicar los hallazgos al público general, en función de promover el acceso a la información para la toma de decisiones.

## 6. REFERENCIAS

1. Valeria M. Nurchi, Aleksandra Buha Djordjevic, Guido Crisponi, Jan Alexander, Geir Bjørklund and Jan Aaseth. Arsenic Toxicity: Molecular Targets and Therapeutic Agents. *Biomolecules*. 2020;
2. Christin Hackethal, Johannes F. Kopp, Irmela Sarvan, Tanja Schwerdtle, Oliver Lindtner. Total arsenic and water-soluble arsenic species in foods of the first German total diet study. *Food Chemistry*. 2021;346.
3. Brian Jackson and Tracy Punshon. Recent Advances in the Measurement of Arsenic, Cadmium, and Mercury in Rice and Other Foods. *Curr Environ Health Rep*. 2015;
4. Prasanna Kumarathilaka, Saman Seneweera, Yong Sik Ok, Andrew Meharg, Jochen Bundschuh. Arsenic in cooked rice foods: Assessing health risks and mitigation options. *Environment International*. 2019;127.
5. Paredes, M., Becerra, V., Donoso, G. (eds.). 100 años del cultivo de arroz en Chile en un contexto internacional. 1920-2020. Tomo II. Libro INIA N° 40. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán. Chile.; 2021.
6. Zhuyun Gu, Shamali de Silva and Suzie M. Reichman. Arsenic Concentrations and Dietary Exposure in Rice-Based Infant Food in Australia. *International Journal Environmental Reserach and Public Health*. 2020;17(415).
7. FIA. Fundacion para la innovacion agraria. Ministerio de Agricultura de Chile. Agenda de innovacion agraria para la cadena del arroz en Chile. 2017.
8. ÁLVARO RODRIGO LORENZO ESPINOZA HERNÁNDEZ. Valoración de productos de arroz de variedad desarrollada en Chile y su efecto en las ganancias del retail y empresas productoras. [Santiago de Chile]: Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas; 2018.
9. Álvaro Espinoza Hernández. La cadena del arroz en Chile. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias) Ministerio de Agricultura; 2017.
10. Sergio Soto. Arroz: temporada 2021/22 y perspectivas. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Ministerio de Agricultura de Chile.; 2022.
11. Codex Committee on Contaminants in Foods (CCCF1). JOINT FAO/WHO FOOD STANDARDS PROGRAMME CODEX COMMITTEE ON CONTAMINANTS IN FOODS 17th Session 15-19 April 2024 (Panama City). Codex Alimentarius Commission; 2024.
12. REGLAMENTO (UE) 2015/1006 DE LA COMISIÓN. Diario Oficial de la Unión Europea. COMISIÓN EUROPEA. 26 de junio de 2015;



13. U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. Inorganic Arsenic in Rice Cereals for Infants: Action Level Guidance for Industry. Food and Drug Administration (FDA); 2020.
14. Hojsak, Iva; Braegger, Christian; Bronsky, Jiri; Campoy, Cristina; Colomb, Virginie; Decsi, Tamas; Domellöf, Magnus; Fewtrell, Mary; Mis, Nataša Fidler; Mihatsch, Walter; Molgaard, Christian; van Goudoever, Johannes. Arsenic in Rice: A Cause for Concern. 2015;60(1):142–5.
15. Paredes, M., Becerra, V., Donoso, G. (eds.). 100 años del cultivo de arroz en Chile en un contexto internacional. 1920-2020. Tomo I. Libro INIA N° 40. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán. Chile.; 2021.
16. Ramírez, Eimmy, Bastías, Karen, Becerra V., Viviana, Donoso, Gabriel, Paredes C., Mario, Yañez, Jorge. Evaluation of the levels of arsenic in chilean rice according to the agronomic management [en línea]. Chillán, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias Poster INIA Quilamapu N° 41. 2022;
17. WHO European Programme for Monitoring and Assessment of Dietary Exposure to Potentially Hazardous Substances (GEMS/Food - EURO). 1995;
18. Manus Carey et al. Global Sourcing of Low Inorganic Arsenic Rice Grain. Exposure and Health. 2020;12:711–9.

## Anexo 1: Aseguramiento de la calidad de las mediciones analíticas

Los controles realizados en los lotes de muestras corresponden a uso de material de referencia certificado (MRC), fortificados en matriz si no se dispone de MRC, todas las muestras se realizan en duplicado, un testigo reactivo por lote de análisis y controles de curva. Los controles antes mencionados y sus criterios de aceptación son detallados en la Tabla 1.

Tabla 1, Anexo 1. Aseguramiento de la validez de los resultados

Nivel	Tipo	Frecuencia	Criterio
Nivel I	Ensayos de intercomparación.	Anual o según disponibilidad.	$Z \leq  2 $ . Si no cumple este criterio realizar trabajo no conforme y evaluar causa raíz de la desviación.
	Materiales de referencia certificados	Según disponibilidad. 1 material de referencia por cada lote de análisis, según matriz.	Porcentaje de recuperación establecido por AOAC. Si no cumple este criterio repetir el análisis*.
	Control interno (QC) (Interlaboratorio de una matriz similar al batch de análisis, cuyo resultado asignado ya se encuentra disponible)	1 interlaboratorio como QC, por lote de análisis según disponibilidad y siempre que no exista un material certificado.	Porcentaje de recuperación establecido por AOAC. Si no cumple este criterio, repetir el análisis*.
Nivel II	Muestras fortificadas.	1 fortificado por lote de análisis a nivel bajo y medio de curva, si no se dispone de material certificado.	Porcentaje de recuperación de acuerdo con la concentración según lo establecido por AOAC. Si no cumple este criterio, repetir el análisis*.
	Muestras duplicadas	Todas las muestras se realizan en duplicado	$DPR \leq 30$ . Si no cumple este criterio, repetir el análisis.
	Testigo reactivo.	En cada lote de muestras	El testigo reactivo se debe restar a la concentración del analito. Si el valor obtenido está sobre 10 % del punto más bajo de la curva, repetir el análisis.
	Punto control de curva (QC)	Cada lote de muestras (previo a la lectura de muestra y luego de todo el lote), usar al menos dos QC de curva por cada lote de análisis.	Rango de porcentaje de recuperación establecido por AOAC, sino repetir el análisis*.
Nivel III	Coefficiente de determinación	En cada secuencia de trabajo	La curva de calibración debe tener un $R^2 \geq 0,990$ , sino repetir la curva. Esto es, leer nuevamente y si aún no cumple, se debe preparar la curva nuevamente y leer.
	Pendiente de la curva	En cada secuencia	Se evalúa según carta control.

Nivel	Tipo	Frecuencia	Criterio
	Lectura de blancos de limpieza de HNO <sub>3</sub> 3%, entre cada set de muestras al comienzo y al final.	En cada lote de muestras.	La lectura de los blancos de limpieza permitirá corroborar que entre cada lote de muestras no hay una contaminación por el analito, de ser así, colocar más lecturas de blancos para limpiar.

## Anexo 2: Listado de resultados del estudio (ordenado por variedad)

	N° MUESTRA	Variedad	ORIGEN	MARCA	Estimado Asi µg/kg	±	Incertidumbre
1	52374-2024-73673	basmati	Chile	A	27,0	±	0,01
2	53021-2024-74427	basmati	Pakistán	A	<u>15,7</u>	±	-
3	53021-2024-74432	basmati	Pakistán	B	<u>17,0</u>	±	-
4	53461-2024-74943	basmati	Pakistán	B	<u>19,1</u>	±	
5	52374-2024-73665	convencional	Chile	A	60,6	±	0,02
6	52374-2024-73666	convencional	Chile	A	59,7	±	0,02
7	52374-2024-73667	convencional	Chile	A	62,4	±	0,02
8	52374-2024-73668	convencional	Chile	A	44,9	±	0,01
9	52374-2024-73669	convencional	Argentina	A	50,4	±	0,01
10	52374-2024-73670	convencional	Argentina	A	46,4	±	0,01
11	52374-2024-73674	convencional	Chile	C	50,8	±	0,01
12	52374-2024-73675	convencional	Chile	D	40,2	±	0,01
13	52374-2024-73676	convencional	Chile	D	38,5	±	0,01
14	52374-2024-73677	convencional	Chile	D	34,9	±	0,01
15	52374-2024-73679	convencional	Chile	E	36,9	±	0,01
16	52374-2024-73680	convencional	Chile	E	37,6	±	0,01
17	52374-2024-73681	convencional	Paraguay	E	42,6	±	0,01
18	52374-2024-73682	convencional	Chile	E	57,9	±	0,02
19	53021-2024-74422	convencional	Chile	A	39,5	±	0,01

	N° MUESTRA	Variedad	ORIGEN	MARCA	Estimado Asl µg/kg	±	Incertidumbre
20	53021-2024-74428	convencional	Chile	B	36,7	±	0,01
21	53021-2024-74429	convencional	Chile	B	30,6	±	0,01
22	53021-2024-74433	convencional	Chile	C	42,6	±	0,01
23	53021-2024-74436	convencional	Chile	D	64,9	±	0,02
24	53021-2024-74437	convencional	Chile	F	40,5	±	0,01
25	53021-2024-74438	convencional	Chile	F	54,1	±	0,02
26	53021-2024-74439	convencional	Chile	E	38,5	±	0,01
27	53021-2024-74440	convencional	Chile	E	47,7	±	0,01
28	53021-2024-74441	convencional	Chile	E	77,0	±	0,02
29	53021-2024-74442	convencional	Chile	E	55,0	±	0,02
30	53021-2024-74444	convencional	Paraguay	G	70,1	±	0,02
31	53021-2024-74445	convencional	Paraguay	G	70,0	±	0,02
32	53461-2024-74941	convencional	Chile	B	31,7	±	0,01
33	53461-2024-74942	convencional	Chile	B	59,9	±	0,02
34	53461-2024-74944	convencional	Chile	F	47,8	±	0,01
35	53461-2024-74945	convencional	Chile	H	31,0	±	0,01
36	53461-2024-74946	convencional	Chile	H	34,8	±	0,01
37	53461-2024-74947	convencional	Chile	H	31,2	±	0,01
38	53461-2024-74948	convencional	Chile	H	32,8	±	0,01
39	53461-2024-74949	convencional	Chile	H	40,1	±	0,01
40	53461-2024-74950	convencional	Chile	H	41,4	±	0,01
41	53461-2024-74951	convencional	Paraguay	H	48,5	±	0,01
42	53461-2024-74952	convencional	Argentina	H	45,7	±	0,01
43	53461-2024-74953	convencional	Paraguay	I	52,1	±	0,01
44	53461-2024-74954	convencional	Paraguay	I	47,0	±	0,01
45	54585-2024-76634	convencional	Chile	F	56,1	±	0,02

	N° MUESTRA	Variedad	ORIGEN	MARCA	Estimado Asl µg/kg	±	Incertidumbre
46	54585-2024-76635	convencional	Argentina	J	47,2	±	0,01
47	54585-2024-76636	convencional	Chile	J	45,3	±	0,01
48	54585-2024-76637	convencional	Argentina	K	57,1	±	0,02
49	54585-2024-76638	convencional	Pakistán	K	87,0	±	0,02
50	54585-2024-76639	convencional	Chile	A	41,1	±	0,01
51	54884-2024-76993	convencional	Paraguay	L	58,3	±	0,02
52	54884-2024-76994	convencional	Chile	L	52,5	±	0,01
53	54884-2024-76995	convencional	Chile	J	37,0	±	0,01
54	54884-2024-76996	convencional	Argentina	J	52,0	±	0,01
55	54884-2024-76997	convencional	Argentina	J	45,3	±	0,01
56	54884-2024-76998	convencional	Paraguay	M	89,0	±	0,02
57	55054-2024-77268	convencional	Argentina	J	56,8	±	0,02
58	55054-2024-77269	convencional	Argentina	M	38,1	±	0,01
59	52374-2024-73686	integral	Chile	A	70,9	±	0,02
60	52374-2024-73687	integral	Chile	C	<u>60,4</u>	±	-
61	52374-2024-73688	integral	Chile	E	<u>62,5</u>	±	-
62	53021-2024-74446	integral	Chile	A	<u>48,9</u>	±	-
63	53021-2024-74447	integral	Chile	C	<u>49,7</u>	±	-
64	53021-2024-74448	integral	Chile	E	<u>37,6</u>	±	-
65	53021-2024-74449	integral	Chile	B	<u>37,9</u>	±	-
66	53461-2024-74955	integral	Chile	B	<u>31,6</u>	±	-
67	53461-2024-74956	integral	Chile	F	<u>43,8</u>	±	-
68	53461-2024-74957	integral	Chile	F	<u>63,5</u>	±	-
69	54585-2024-76640	integral	Chile	H	<u>63,2</u>	±	-
70	54585-2024-76641	integral	Chile	H	<u>57,8</u>	±	-
71	53021-2024-74424	paella	Chile	A	37	±	0,01

	N° MUESTRA	Variedad	ORIGEN	MARCA	Estimado Asl µg/kg	±	Incertidumbre
72	53461-2024-74940	paella	Chile	A	41,0	±	0,01
73	52374-2024-73671	pregraneado	Chile	A	63,9	±	0,02
74	52374-2024-73672	pregraneado	Chile	A	77,0	±	0,02
75	52374-2024-73678	pregraneado	Paraguay	D	65,7	±	0,02
76	52374-2024-73683	pregraneado	Tailandia	E	43,5	±	0,01
77	53021-2024-74430	pregraneado	India	B	43,2	±	0,01
78	53021-2024-74431	pregraneado	India	B	50,5	±	0,01
79	53021-2024-74434	pregraneado	Paraguay	C	107,7	±	0,03
80	53021-2024-74435	pregraneado	Paraguay	C	80,6	±	0,02
81	53021-2024-74443	pregraneado	Tailandia	E	59,8	±	0,02
82	54884-2024-76992	pregraneado	Chile	H	82,5	±	0,02
83	55054-2024-77267	pregraneado	Chile	H	98,4	±	0,03
84	55054-2024-77270	pregraneado	Paraguay	D	78,1	±	0,02
85	52374-2024-73684	risotto	Italia	N	54,7	±	0,02
86	52374-2024-73685	risotto	Italia	N	43,5	±	0,01
87	53021-2024-74423	risotto	Argentina	A	34,2	±	0,01
88	53461-2024-74939	risotto	Argentina	A	58,5	±	0,02
89	53021-2024-74425	sushi	Chile	A	30,4	±	0,01
90	53021-2024-74426	sushi	Chile	A	33,2	±	0,01

\*Resultados en cursiva y subrayados, corresponden a valores traza (inferiores al límite de cuantificación y superiores al límite de detección). Para este rango de concentración no aplica evaluar la incertidumbre.

Arroz pulido LD: 10 µg/kg LC: 30 µg/kg

Arroz integral LD: 20 µg/kg LC: 70 µg/kg