



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA Y CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**“DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CADMIO EN 20 MARCAS
DIFERENTES DE ARROZ (*Oryza sativa*) EXPENDIDAS EN LOS
SUPERMERCADOS DE LIMA METROPOLITANA 2015 ”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

ESPECIALIDAD

LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA

AUTOR

TALAVERANO RODRIGUEZ EDUARDO SIMON

ASESOR

CABELLO VILCHEZ MARTIN

LIMA – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A DIOS por haberme dado la fortaleza y sabiduría necesaria en cada momento para lograr la realización de éste trabajo tan importante, muchas gracias por todas tus bendiciones recibidas día a día.

A MI MADRE por su amor y darme confianza, brindarme su apoyo, por los sacrificios y sobre todo por siempre estar a mi lado en las buenas y malas.

A MI PADRE por su amor y apoyo moral, fortaleza y ejemplo para seguir adelante a pesar de las adversidades y alcanzar los objetivos trazados

A MI HERMANA por su admiración, apoyo, cariño y ánimos para seguir adelante.

A TODAS las personas (docentes, colegas, compañeros del trabajo, amigos) que con su experiencia y apoyo ayudaron a la culminación de éste trabajo.

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODOPODEROSO por la sabiduría, fortaleza y paciencia brindada para poder culminar este trabajo de forma satisfactoria.

Al Dr. Ernesto Avalos Cordero por todo su apoyo incondicional, paciencia y dedicación para poder llevar a cabo la realización de este trabajo tan importante.

Al Laboratorio CETOX por permitir que se realicen los análisis de las muestras.

A mi familia por su amor, fortaleza y apoyo incondicional

RESUMEN

El objetivo general de este estudio fue cuantificar Cadmio mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en veinte marcas de arroz expandido en supermercados de Lima Metropolitana.

La técnica usada fue la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito, el nivel promedio de Cadmio hallado fue de 0.41 mg/kg. Los valores utilizados como parámetros están establecidos en el Codex Alimentario y en el Reglamento Técnico de Mercosur los cuales establecen un límite máximo de 0.40 mg/kg.

Los valores hallados fueron comparados con los parámetros establecidos. De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que el promedio de Cadmio hallado en las muestras de arroz supera el valor establecido por la norma, encontrándose además valores que superan de lejos el parámetro establecido, 0.54, 0.69, 0.45, 0.42, 0.77, 0.65, 0.59 y 0.62, esto representa un 40% del total de las muestras analizadas.

ABSTRACT

The overall objective of this study was to quantify Cadmium by the method of atomic absorption spectrophotometry in twenty dispensed rice brands in supermarkets in Lima.

The technique used was Atomic Absorption Spectrometry with Graphite Furnace, the average cadmium level found was 0.41 mg / kg. The values used as parameters are set in the Codex Alimentarius and the Mercosur Technical Regulations which set a maximum limit of 0.40 mg / kg.

The values found were compared with the established parameters. According to the results it can be concluded that the average cadmium found in rice samples exceeds the value set by the standard, also finding values that far exceed the parameter set, 0.54, 0.69, 0.45, 0.42, 0.77, 0.65 , 0.59 and 0.62, this represents 40% of the samples analyzed.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	9
1.2 Formulación del Problema.....	11
1.3 Objetivos de la Investigación	
1.4.1 Objetivo General.....	12
1.4.2 Objetivos Específicos.....	12
1.5 Hipótesis de la Investigación	
1.5.1 Hipótesis General.....	12
1.5.2 Hipótesis Secundarias.....	12
1.5.3 Identificación y Clasificación de Variables e Indicadores	
1.5.3.1 Variables	
1.5.3.1.1 Variable Independiente.....	13
1.5.3.1.2 Variable Dependiente.....	13
1.6 Diseño de la Investigación	
1.6.1 Tipo de Investigación.....	13
1.6.2 Nivel de Investigación.....	13
1.6.3 Método.....	14
1.7 Población y Muestra de la Investigación	
1.7.1 Población.....	14
1.7.2 Muestra.....	14
1.8 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	

1.8.1 Técnicas.....	15
1.8.2 Instrumentos.....	
1.9 Justificación e Importancia de la Investigación.....	19

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación.....	20- 21
2.2 Bases Teóricas.....	22-31

CAPITULO III. PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS32-36

CONCLUSIONES.....	37
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	38
-----------------------------	-----------

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	39-42
--	--------------

ANEXOS	
---------------------	--

INTRODUCCIÓN

El arroz es el segundo cereal de mayor consumo en el mundo, la producción está geográficamente concentrada y más del 85% proviene de Asia. Tan solo siete países asiáticos (China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Myanmar y Tailandia) producen y consumen el 80% del arroz del mundo.

El consumo de arroz en el Perú es uno de los más altos de Latinoamérica. El consumo promedio por habitante es de 54 Kg. anual, el arroz ha desplazado al cultivo de la papa, debido a su bajo precio al consumidor.

La calidad del arroz se ve afectada por diversos factores, uno de ellos por la contaminación del medio ambiente, el cual afecta a la producción agrícola, la tierra de cultivo puede verse afectada por la contaminación con metales pesados como el Cadmio.

El Cadmio es un metal pesado altamente tóxico que prevalece en los alimentos y el medio ambiente, tiene una vida media mucho después de la absorción en los seres humanos y los animales pueden hacer que los efectos no buscados y desagradables, tales como daños en los órganos internos, el sistema nervioso, los riñones, el hígado y pulmones.

Es así que el presente trabajo da conocer los niveles reales de Cadmio contenido en las distintas marcas de arroz envasado, y compara con normas internacionales que establecen el valor máximo para este contaminante, esta

determinación se hizo mediante el método de Espectrofotometría de absorción atómica con Horno de Grafito.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema:

La industrialización de las actividades humanas provoca la contaminación del medio ambiente con productos químicos que resulta en la contaminación de las producciones agrícolas. Por lo tanto, se requiere un control estricto de los productos agrícolas para proteger la contaminación del arroz con metales pesados, ya que es uno de los cultivos del mundo de los alimentos que se consumen sobre todo en los países asiáticos (1).

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el alimento básico en la dieta de varias poblaciones del mundo, entre ellas los países de Asia, América Latina y el Caribe, donde el consumo de los diferentes socioeconómicos va en aumento, asimismo este cereal es uno de los principales alimentos en las familias del Perú (2,3). El arroz es el segundo alimento de alto consumo entre los peruanos. Es el cultivo más común cultivado en las tierras agrícolas (4).

El Cadmio es un elemento tóxico que prevalece en los alimentos y el medio ambiente, tiene una vida media mucho después de la absorción en los seres humanos y los animales pueden hacer que los efectos no buscados y desagradables, tales como daños en los órganos internos, el sistema nervioso, los riñones, el hígado y pulmones (5, 6,7).

La dosis mínima de cadmio capaz de inducir efectos adversos para la salud humana sería de 2 mg. Esta cantidad varía mucho dependiendo de la fuente de intoxicación. Entre las manifestaciones específicas, el cadmio tiene efectos bien establecidos en los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino (8).

Debido a la actividad industrial, la contaminación del agua subterránea está en aumento. Iones de metales pesados son micronutrientes esenciales para el metabolismo de la planta, pero cuando se presenta en exceso, pueden llegar a ser extremadamente tóxico (9).

Las excesivas concentraciones de metales pesados en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud debido a que éstos se mueven a través de la cadena alimenticia tanto vía consumo de plantas como por el consumo de animales que fueron alimentados con éstos productos. Los metales acumulados en los suelos se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación (9, 10). Los metales pesados tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo para las raíces de los cultivos (10). Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben más oligoelementos y la concentración de estos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, especialmente en la solución húmeda que adsorbe la planta (9).

1.2. Formulación del Problema:

1.2.1. Problema General:

¿El arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana presentará Cadmio en su constitución?

1.2.2. Problemas Específicos:

- ¿La concentración de Cadmio en arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana, superará los valores establecidos por el Codex Alimentarius?
- ¿La concentración de Cadmio en arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana, superará los valores establecidos por el Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos, según Decreto 14/2013?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General:

Determinar la concentración de Cadmio en arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Comparar el nivel de Cadmio hallado en arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana con el valor establecido en el *Codex Alimentarius*.
- Comparar el nivel de Cadmio hallado en arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana, con el límite máximo establecido en el Decreto 14/2013 del reglamento técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos.

1.4. Hipótesis:

1.4.1. Hipótesis General:

El arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana presenta Cadmio en su constitución.

1.4.2. Hipótesis Específicas:

- La concentración de Cadmio en el arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima Metropolitana supera la concentración establecida de Cadmio en el *Codex Alimentarius*.

- La concentración de Cadmio en el arroz (*Oryza sativa*) expendido en supermercados de Lima, supera el límite máximo establecido en el Decreto 14/2013 del Reglamento Técnico MERCOSUR.

1.5 Identificación y Clasificación de Variables e Indicadores

1.5.1 Variables e Indicadores

- **Variable Independiente (X):**

Arroz envasado, expendidos en supermercados de Lima Metropolitana.

- **Variable Dependiente (Y):**

Concentración de Cadmio.

<u>VARIABLE (Y)</u>	<u>INDICADORES</u>
Concentración de Cadmio.	Codex Alimentario -- > 0.40 mg/kg
	Reglamento Técnico Mercosur -- > 0.40 mg/kg

1.6 Diseño de la Investigación

Diseño no Experimental.

1.6.1 Tipo de Investigación

Observacional, Descriptivo y transversal.

1.6.2 Nivel de Investigación

Básico.

1.6.3 Método

Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

1.7 Población y Muestra de la Investigación

1.7.1 Población

Está constituida por arroz envasado expandido en los supermercados de Lima Metropolitana, en todas sus marcas y presentaciones.

1.7.2 Muestra

Se eligieron como muestras 20 empaques de arroz envasado de distintas marcas, expandidos en supermercados de Lima Metropolitana; encontrándose las siguientes marcas: Hoja redonda, Rompe olla, Somos del Norte, Valle Norte, Molino Rojo, Selección del Chef, Costeño, Bells, Paisana, Metro, Del bueno, Máxima, Tesoro del Campo, Precio uno, Gran Chalán, Tottus, Wong, Faraón, Rendidor, Mi arroz.

1.8 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Luego de recolectar las muestras correspondientes, estas fueron enlistadas teniendo en cuenta la marca. Posteriormente se llevó a cabo el análisis cuantitativo de Cadmio mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

1.8.1 Técnicas

La determinación de los niveles de concentración de Cadmio en muestras de arroz (*Oryza sativa*) se hará mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de grafito, lo cual nos permite una determinación cuantitativa de este metal. Los datos obtenidos serán analizados y comparados con el límite máximo establecido en el Codex Alimentarius y el Reglamento Técnico del MERCOSUR.

1.8.2 Espectrofotometría de Absorción Atómica

En la espectrofotometría de absorción atómica, los átomos en fase de vapor absorben radiaciones energéticas correspondientes a sus líneas de resonancia (UV-VIS), en cantidad proporcional a su concentración. La técnica se caracteriza por su sencillez, rapidez y selectividad. La espectrofotometría de emisión atómica consiste en el análisis de la radiación emitida luego de que los átomos se han excitado por acción de la llama (28).

- **Espectroscopia de Horno de Grafito**

El espectrómetro de absorción atómica por Horno grafito (GFAAS) permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 μL) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. Habitualmente se analizan muestras de material biológico de origen clínico (sangre, suero, orina, biopsias hepáticas, etc.). Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimentos y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.) (28).

1.8.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos.

Recursos Materiales, Equipos y Reactivos.

Materiales:

- Pipetas de 5 y 10 mL
- Beaker de 1000mL y 500 mL
- Fiola de 25mL y 100 mL
- Papel Whatman 0,45u
- Matraz aforado de 100 mL
- Matraz de 100mL
- Pipetas automáticas de 100uL – 1000uL
- Pipetas automáticas de 500uL – 5000uL
- Tips de 100uL – 1000uL
- Tips de 500uL – 5000UI

Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica con sistema de doble Haz – modelo ANALYST 600 PERKIN ELMER.
- Campana extractora
- Balanza eléctrica
- Destilador de agua
- Equipo nano puré para agua ultra pura
- Lámpara de Cátodo para Cadmio

Reactivos:

- Agua ultra pura Tipo I.
- Ácido nítrico ultra puro.
- Ácido clorhídrico ultra puro.
- Peróxido de hidrogeno al 30%. Ultra puro.
- Solución estándar de Cadmio 1000ug/ml en HNO₃ 1%

Procedimiento:

- **Limpieza y acondicionamiento del material**

Todo el material de vidrio utilizado en este análisis, después de su lavado, se enjuagó con ácido nítrico y con agua ultra pura y finalmente fue secado en estufa.

- **Limpieza de la muestra**

Las muestras, se lavaron con agua potable con objeto de eliminar los restos de tierra y otras partículas que pudieran estar adheridas al cereal.

Digestación por Microondas

La primera etapa consistió en la digestión de las muestras, es decir, la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas, con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica, por lo cual no se pierde analito en el proceso.

Se pesó 0.5 g de muestra en un tubo de teflón al que se le adicionó 6mL ácido nítrico ultra puro más 2 mL ácido clorhídrico ultra puro y 0,5 mL de agua oxigenada ultra pura al 30% se selló y fue llevado a Digestión Asistida por Microondas.

Se usó el digestor de marca MARS 6 a una potencia de 1600w, a un tiempo de digestión de 15 minutos a una temperatura de 180°C, 40 bar de presión y 45 minutos de enfriamiento.

Luego se transvasó a fiolas de 25mL y se enrasó con agua ultra pura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura.

El equipo estuvo previamente estandarizado de acuerdo a los parámetros correspondientes para la determinación de Cadmio.

El Cadmio es cuantificado a una longitud de onda de 228,8 nm; con el Equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica de marca Perkin Elmer modelo AAnalyst 600 con Horno de Grafito.

Los datos obtenidos serán analizados y comparados con límites máximos establecidos.

1.9 Justificación:

La contaminación por metales pesados del recurso tierra sigue siendo el objetivo de numerosos estudios ambientales y atrae la atención en todo el mundo. Esto se atribuye a la falta de biodegradabilidad y la persistencia de los metales pesados en los suelos.

Por lo tanto, la contaminación por metales pesados en suelos agrícolas y su transferencia en un sistema suelo-arroz han sido de preocupación creciente. Varios estudios sobre agricultura sostenible, informaron sobre la acumulación y la transferencia de metales pesados del suelo hacia los diferentes órganos de las plantas; así como la influencia de las propiedades del suelo y de la variación genotípica del arroz en la absorción de metales pesados. Uno de los metales pesados con mayor toxicidad y efectos nocivos para la salud humana es el Cadmio el cual puede llegar a acumularse en las plantaciones cultivadas en suelos contaminados. Siendo el arroz una de las plantas más cultivadas y de mayor consumo en Perú,

resulta importante evaluar la concentración de Cadmio en esta planta y a su vez saber si estos valores están dentro del límite permitido, ya que de lo contrario su consumo prolongado por la población significaría un posible riesgo para la salud reflejado en una toxicidad crónica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Internacionales:

En un estudio en Irán para determinar la cantidad de elementos pesados en el arroz importado de la provincia de Azerbaiyán Occidental, se evaluó la cantidad de plomo, cadmio y arsénico, en 8 de 16 tipos de muestras de arroz importados (16 marcas diferentes). Los resultados indicaron que todas las muestras contienen trazas de plomo y cadmio $0,916 \pm 0,035$ y $0,022 \pm 0,027$, respectivamente, y sólo el 42% de las muestras (7 tipos de marcas) contienen pequeñas cantidades de arsénico 0.057 ± 0.014 . Estándar de medida permitida para el plomo, el cadmio y el arsénico en el arroz de la norma de Irán, en el orden de 0,1, 0,2 y 0,2 ppm (mg/kg) se designa. Todas las muestras contenían plomo y arsénico en el plazo y 6,2% de las muestras (sólo una marca comercial) contenían niveles de cadmio superiores a 0.103 ppm (mg / kg), respectivamente (24).

En Irán, se realizó la determinación de Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Arsénico (As) y el Mercurio (Hg) en 100 muestras de arroz comprados supermercados provincia de Khorasan. Las curvas de calibración buenos coeficientes de correlación lineales expuestos (0,989-0,998), excelentes recuperaciones (97,50 - 99,00%), y los límites de detección (LD) entre 0,36-5,20 ng g⁻¹. Los resultados mostraron que el Cadmio era el más abundante de los elementos traza en arroz con concentración media de 51,85 ng g⁻¹ (25).

En China se realizó un estudio de 10 metales pesados (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni y Pb) en el arroz pulido y 13 muestras de casco pertinentes, se investigaron seis muestras de suelo de arroz pertinentes. Las concentraciones medias geométricas de Cd, Cu y Hg en muestras de suelo fueron 1,19, 9,98 y 0,32 mg g⁻¹, respectivamente. Además, el contenido de Cd y Pb en el arroz locales fueron muy superiores a las muestras de arroz comercial examinados en este trabajo y estudios previos. La comparación de las ingestas diarias tolerables dadas por la FAO / OMS con la media estimada ingestas diarias; Ingesta diaria de Pb a través del consumo de arroz en esta área fue de 3,7 g día⁻¹ kg⁻¹ de peso corporal (pc), que ya supera la ingesta diaria tolerable de la FAO, y la ingesta diaria de Cd (0,7 g día⁻¹ kg⁻¹ de peso corporal) a través de arroz ya había tomado el 70% de la ingesta diaria tolerable totales (1 g día⁻¹ kg⁻¹ de peso corporal) (26).

En Bogotá se realizó un estudio para evaluar los niveles de Cadmio en arroz, frijol y lentejas, se realizó un muestreo aleatorio en diferentes supermercados y tiendas de cadena de Bogotá, y plazas de mercado de Manizales. Se tomaron 16 muestras de arroz. De acuerdo con los ensayos realizados por los laboratorios, para el arroz, el nivel promedio encontrado fue de 0.33 ppm, con una desviación estándar de 0.254, con un 73.9% dentro del rango promedio \pm desviación estándar (27).

2.2 Bases Teóricas:

2.2.1 Metales Pesados.

Los metales pesados son elementos químicos con pesos atómicos entre 63,6 a 207,9 y densidad mayor a 5,0 g/cm³. Entre los principales metales pesados que pueden contaminar los alimentos, el agua y el medio ambiente (incluyendo alimentos para mascotas, elaborado con ingredientes contaminados) y causar graves daños a la salud, son el plomo (Pb), Arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), cromo (Cr), cobre (Cu) y manganeso (Mn). La fuente principal de exposición de los animales y los seres humanos a estos metales son los alimentos. Estos metales son absorbidos por el cuerpo y es difícil eliminarlos. A diferencia de los contaminantes orgánicos, los metales pesados no son biodegradables y tienden a acumularse en los organismos vivos, siendo tóxicos y cancerígenos a diferentes concentraciones (11, 12).

Los metales pesados se producen naturalmente en el ecosistema con grandes variaciones en la concentración y difieren de los otros agentes tóxicos, ya que no son sintetizados o destruidos (13).

Su presencia puede estar asociada con la ubicación geográfica, en estos casos la contaminación puede ser controlada mediante la restricción de la utilización de productos agrícolas y la prohibición de la producción de alimentos en suelos contaminados. Por lo tanto, todas las formas de vida se ven afectadas por la presencia de metales dependiendo de la dosis y la forma química. Algunos metales son esenciales para el crecimiento de los seres vivos (cobalto Co, Cu, Mg, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc) y nos ayuda a realizar funciones vitales (11, 12, 13). Lo que sucede es

que niveles excesivos de estos elementos pueden ser extremadamente tóxicos. Además, otros metales, llamados pesados (como Hg, Pb y Cd) no tienen ninguna función en el cuerpo y su acumulación puede causar enfermedades graves, especialmente en mamíferos (animales domésticos, animales producción, los seres humanos) (14). Además, los niveles elevados de estos metales pesados en los eliminación de residuos de alimentos y otros residuos en el ambiente (Baterías, bombillas, baterías, aleaciones metálicas) son puntos importantes la contaminación del medio ambiente (12). Cuando son lanzados estos metales pesados a través de residuos industriales, agua, tierra o aire, estos elementos pueden ser absorbidos por las plantas y los animales cercanos, causando graves intoxicaciones a lo largo de la cadena alimentaria (13).

- **Cadmio**

Se emplea fundamentalmente en la industria de la aleación, así como en pigmentos, estabilizantes, e incluso fertilizantes (al emplear rocas fosfóricas con alto contenido en el agente tóxico), provocando que sea un xenobiótico fácilmente contaminante de productos alimenticios, habiéndose detectado en concentraciones elevadas en productos tan variados como moluscos, crustáceos, peces, granos (sobre todo de arroz y germen de trigo), y café (15). Los niveles de ingesta semanal provisionalmente tolerada situados en 7 µg/kg de peso corporal, existiendo pequeños márgenes de seguridad entre exposiciones consideradas aceptables en la dieta y aquéllas susceptibles de generar efectos nocivos (13, 15).

- **Fuentes de liberación de Cadmio**

La mayor fuente natural de liberación de Cadmio a la atmósfera es la actividad volcánica. Otras fuentes naturales son la erosión de las rocas y los incendios forestales. Sin embargo, actualmente, gran parte del Cadmio liberado al ambiente proviene de diferentes actividades humanas (16).

El uso de Cadmio a nivel industrial se ha expandido notablemente a partir de la mitad del siglo pasado y su eliminación se ha convertido en un serio problema ambiental. El Cadmio es utilizado en la elaboración de algunos plaguicidas y fertilizantes, en la galvanoplastia, en la fabricación de pilas y baterías, en la estabilización de algunos plásticos y en la industria minera (16).

Otras importantes fuentes de descarga de Cadmio al ambiente son la quema de combustibles fósiles (como el carbón o el petróleo) y la incineración de la basura doméstica común (17).

- **Toxicidad y Efectos sobre la Salud.**

Según un estudio de Nogawa y cols. La dosis mínima de Cadmio capaz de inducir efectos adversos para la salud humana sería de 2 mg. Esta cantidad varía mucho dependiendo de la fuente de intoxicación. Entre las manifestaciones específicas, el Cadmio tiene efectos bien establecidos en los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos

evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino (18).

Uno de los indicios más típicos y tempranos de la larga exposición al Cadmio es el daño que sufre la función renal. Con él, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces superior a lo normal de proteínas totales, y hasta 1,000 veces de las de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina (19).

Los pulmones también se consideran órganos críticos en la exposición al polvo de cadmio. Se han publicado casos de neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar. La exposición más alta podría causar edema pulmonar, lo que constituye una urgencia médica (19, 20).

En cuanto a las manifestaciones gastrointestinales, la administración oral de 10 mg de cadmio puede originar trastornos gastroduodenales con náusea y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg (20). Además, se han descrito alteraciones en las actividades enzimáticas del hígado. Aparentemente, el cadmio no ejerce ninguna acción directa sobre la hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos (21). Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de

estudios epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el cadmio y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio (20, 21).

2.2.2 Arroz (*Oryza sativa*)

- **Descripción botánica**

En la planta de arroz, las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. El tallo es erguido, cilíndrico, con nudos, de 60-120 cm de altura. Las hojas que son alternas envainan el tallo, con limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de la unión de la vaina con el limbo, se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida. Las flores son de color verde-blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panícula grande, terminal y colgante a medida que se llena el grano. Cada espiguilla es uniflora, conformada por 6 estambres y un pistilo y esta provista de una lema y una palea. El fruto es una carióspside (22).

En el grupo de las especies gramíneas, el arroz (*Oryza sativa*.) es una de las más importantes. Es un cereal que se divide en dos subespecies: indica, y japónica. En la producción ocupa el segundo lugar después del trigo. Es una gramínea monoica y anual, de crecimiento rápido y con gran capacidad reproductiva adaptada a diversas condiciones de clima y suelo. Es un cultivo que se desarrolla en forma óptima bajo inundación, está dentro de los cuatro cereales más cultivados en el mundo (22).

Con el arroz se alimentan cerca de tres mil millones de personas actualmente se cultiva en 113 países; como alimento, proporciona empleo a una gran parte de la población rural del mundo (23).

- **Variedades**

En la actualidad los productores tienen opciones de sembrar otras variedades de arroz, las que difieren unas a otras, en cuanto al tipo y altura de planta, color y aspecto del follaje, forma de la espiga, desgrane, días a la madurez, la calidad del grano, incluyendo las características de molinado y de cocción del grano. Asimismo, algunas variedades son más tolerantes que otras a las condiciones adversas de suelo y agua.

Por lo general las nuevas variedades de arroz muestran una mayor tolerancia a las principales enfermedades y a las condiciones adversas de clima. Y también son aceptadas tanto por el consumidor, como por los agroindustriales en cuanto a la calidad del grano. Sin embargo, el productor debe asegurarse de que la variedad ha sido suficientemente validada en su zona antes de decidirse al cambio de una variedad.

Las características más sobresalientes de las nuevas variedades de arroz son:

- Tienen un alto potencial de rendimiento.
- Muestran una mayor resistencia al acame (tallos más rígidos y de altura media).

- También muestran una alta respuesta a la aplicación de fertilizantes.
- Tienen buena capacidad de macollamiento.
- Son relativamente más tolerantes a las enfermedades
- El posicionamiento de las hojas es oblicuo (verticales), permitiendo la entrada de más radiación solar.⁽²⁴⁾

- **Enfermedades y plagas del Arroz**

En los últimos años las preocupaciones ambientales y sanitarias alrededor del abuso de agroquímicos y la ineficiencia en técnicas de irrigación y aplicación de fertilizantes propias de grandes cultivos comerciales, han planteado serios cuestionamientos sobre la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de producción agrícola moderna. Cómo asegurar una producción sostenible de alimentos es un tópico de discusión permanente.

Además de las implicaciones económicas a gran escala de la investigación en arroz, esta especie puede convertirse en organismo modelo en la investigación biológica por su estructura genética. El arroz es diploide, $n = 12$ cromosomas, su genoma es el menor de las monocotiledóneas conocidas y existe una enorme colección de germoplasma (más de 120 000 accesiones alrededor del mundo).

Las enfermedades son una de las limitantes al aumento de la productividad de arroz en los trópicos, restringen la expansión de las áreas de cultivo y aumentan los costos por insumos en el sembrado.

Aunque el arroz crece en amplio rango de condiciones -incluyendo planicies altas secas los agroecosistemas de arroz más productivos son las planicies bajas irrigadas: el resultado final es que las zonas más productivas son también las más vulnerables a las pérdidas causadas por roedores, insectos, hongos, bacterias y virus.

Las enfermedades son una de las principales limitantes de la productividad del arroz y una causa de la inestabilidad del rendimiento de ese cereal en muchas áreas productivas.

Aunque se ha informado la existencia de aproximadamente 74 enfermedades asociadas con el cultivo del arroz, se considera que cerca de una docena de estas enfermedades limitan su producción en América. La mayoría de estas enfermedades son causadas por hongos. Entre ellas se mencionan *Piricularia*, (*Piricularia oryzae*), helmintosporiosis (estado conidial de *Helminthosporium oryzae*) y escaldado de la hoja (estado conidial de *Rhynchosporum oryzae*), que son las enfermedades más ampliamente diseminadas en la región. Existen algunas enfermedades causadas por bacterias, virus y nemátodos, pero no han sido de importancia en la región.

De estas 74 enfermedades conocidas del arroz en el mundo hay siete de consideración económica en nuestro país, de ellas 6 ocasionadas por hongos y 1 por virus. Ellas son: *Piricularia grisea* (SACC), *Rhizoctonia solani* (KUHN), *Sarocladium oryzae* (Sawada), *Helminthosporium oryzae*

Bredade (HAA), *Rhynchosporium oryzae* (HAS), Complejo de hongos y el no menos importante Virus de la hoja blanca del arroz.

Las variedades de arroz de alto rendimiento se siembran en monocultivo y requieren, además, fertilización con alto contenido de nitrógeno.

Estas dos prácticas agronómicas, principalmente, incrementan la incidencia y la severidad de enfermedades del arroz que han causado grandes epifitias en los últimos 20 años. Dentro de las enfermedades que mayores afectaciones ocasionan al cultivo del arroz en el mundo se encuentran: Virus de la Hoja Blanca del Arroz, Añublo del Arroz, Añublo de la Vaina y Pudrición de la Vaina. ⁽²⁸⁾

- **Valor nutricional**

El arroz es un cereal nutritivo y sano, posee las cualidades que lo acreditan como el alimento ideal en cualquier tipo de dieta o requerimiento nutricional. Este cereal tiene la cualidad de no poseer colesterol, grasas, sustancias albuminoides, sodio, no produce alergias y es muy fácil de digerir. Por poseer un bajo contenido de grasas, es un alimento excelente para mantener una buena salud cardiovascular, siempre y cuando no se le agregue grasa al ser cocinado. El almidón es el principal componente del arroz (70-80%). Este hidrato de carbono se encuentra abundante también en las raíces y los tubérculos, compuesto por de amilasa y amilo pectina cuya proporción de cada una determina las características culinarias del producto. A mayor proporción de amilopectina, más viscosa y pegajosa estarán los granos entre sí. El

contenido de proteínas del arroz ronda el 7% y contiene naturalmente apreciables cantidades de tiamina o vitamina B1, riboflavina o vitamina B2 y niacina o vitamina B3, así como fósforo y potasio. Sin embargo, con el refinamiento y pulido, el grano pierde hasta el 50% de su contenido en minerales y el 85% de las vitaminas del grupo B, convirtiéndose en un alimento sobretodo energético. Si se consume de forma integral, cada 100 gramos de arroz, aporta 350 calorías, un 70% de proteínas. Hay que destacar, que este alimento es conveniente consumirlo combinado con legumbres, verduras, carnes o pescados, debido a que es pobre en minerales, especialmente en hierro, calcio y zinc. El arroz blanco pierde fibras, vitaminas y minerales que se encuentran en el pericarpio del grano, después de haber sido sometido al procesamiento, por lo tanto es preferible consumirlo de manera integral si se desea una dieta balanceada. El consumo habitual de arroz es de 2 a 4 veces por semana, dentro de los parámetros de la dieta equilibrada, se aconseja a toda la población, y especialmente a las personas con hipertensión ya que una característica de este alimento es su bajo contenido de sodio. El consumo tendrá sus efectos positivos en personas hipertensas, siempre que no se le agreguen cantidades excesivas de sal. ⁽²⁹⁾

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

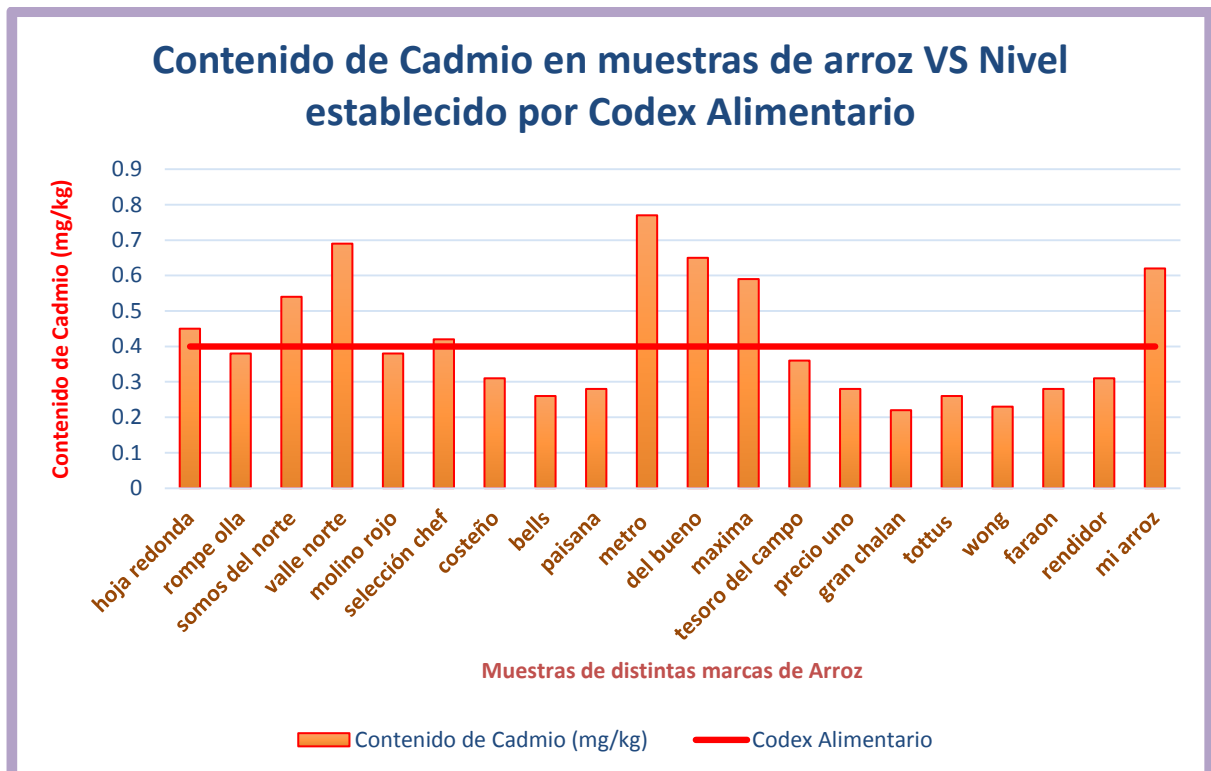
Cuadro N° 01: Determinación Cuantitativa de Cadmio en distintas marcas de arroz expendido en Supermercados de Lima Metropolitana.

Nro de muestra	Marca	Contenido de Cadmio (mg/kg)
<i>M-01</i>	<i>Hoja redonda</i>	<i>0.45</i>
<i>M-02</i>	<i>Rompe olla</i>	<i>0.38</i>
<i>M-03</i>	<i>Somos del Norte</i>	<i>0.54</i>
<i>M-04</i>	<i>Valle Norte</i>	<i>0.69</i>
<i>M-05</i>	<i>Molino Rojo</i>	<i>0.38</i>
<i>M-06</i>	<i>Selección chef</i>	<i>0.42</i>
<i>M-07</i>	<i>Costeño</i>	<i>0.31</i>
<i>M-08</i>	<i>Bells</i>	<i>0.26</i>
<i>M-09</i>	<i>Paisana</i>	<i>0.28</i>
<i>M-10</i>	<i>Metro</i>	<i>0.77</i>
<i>M-11</i>	<i>Del bueno</i>	<i>0.65</i>
<i>M-12</i>	<i>Maxima</i>	<i>0.59</i>
<i>M-13</i>	<i>Tesoro del campo</i>	<i>0.36</i>
<i>M-14</i>	<i>Precio uno</i>	<i>0.28</i>

M-15	Gran chalan	0.22
M-16	Tottus	0.26
M-17	Wong	0.23
M-18	Faraon	0.28
M-19	Rendidor	0.31
M-20	Mi arroz	0.62
PROMEDIO:		0.41

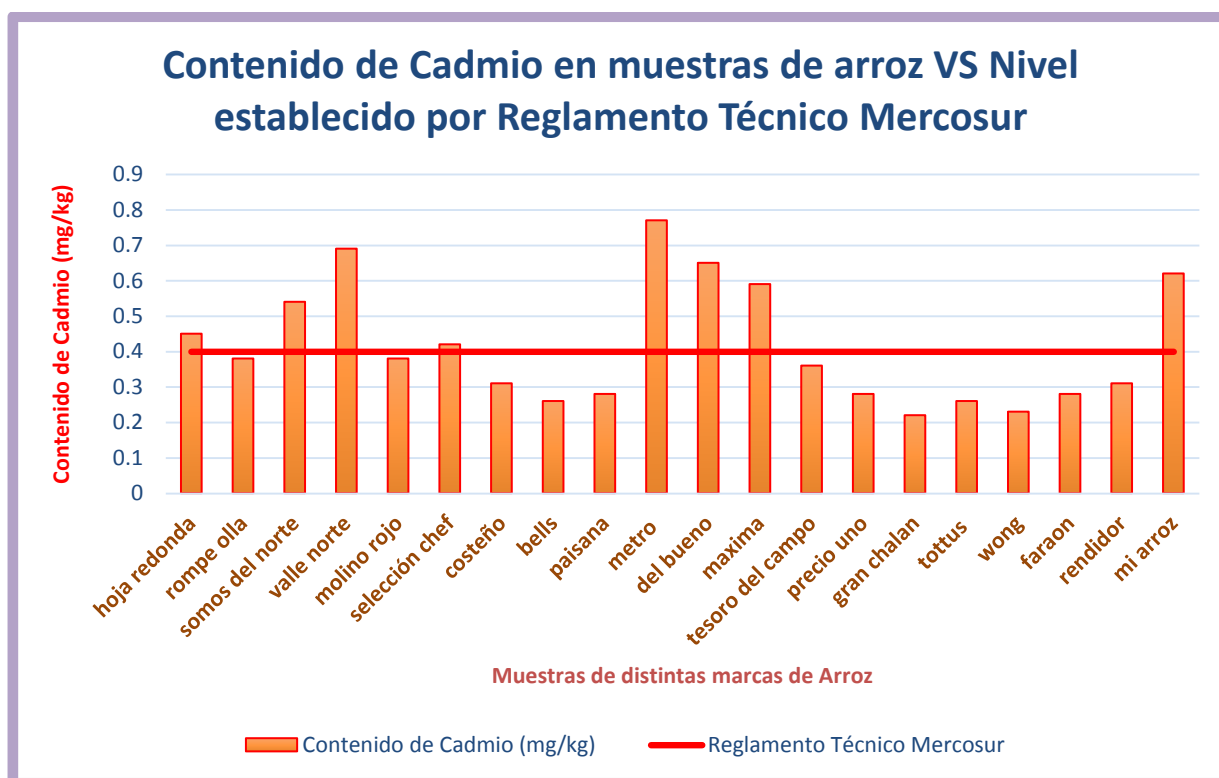
Interpretación: En el presente cuadro se puede observar los valores hallados de Cadmio (mg/kg) en las muestras analizadas de arroz, siendo la marca Metro la de mayor contenido y la marca Gran Chalán con el contenido menor.

Cuadro N° 02: Contenido de Cadmio en muestras de arroz VS Nivel establecido por Codex Alimentario



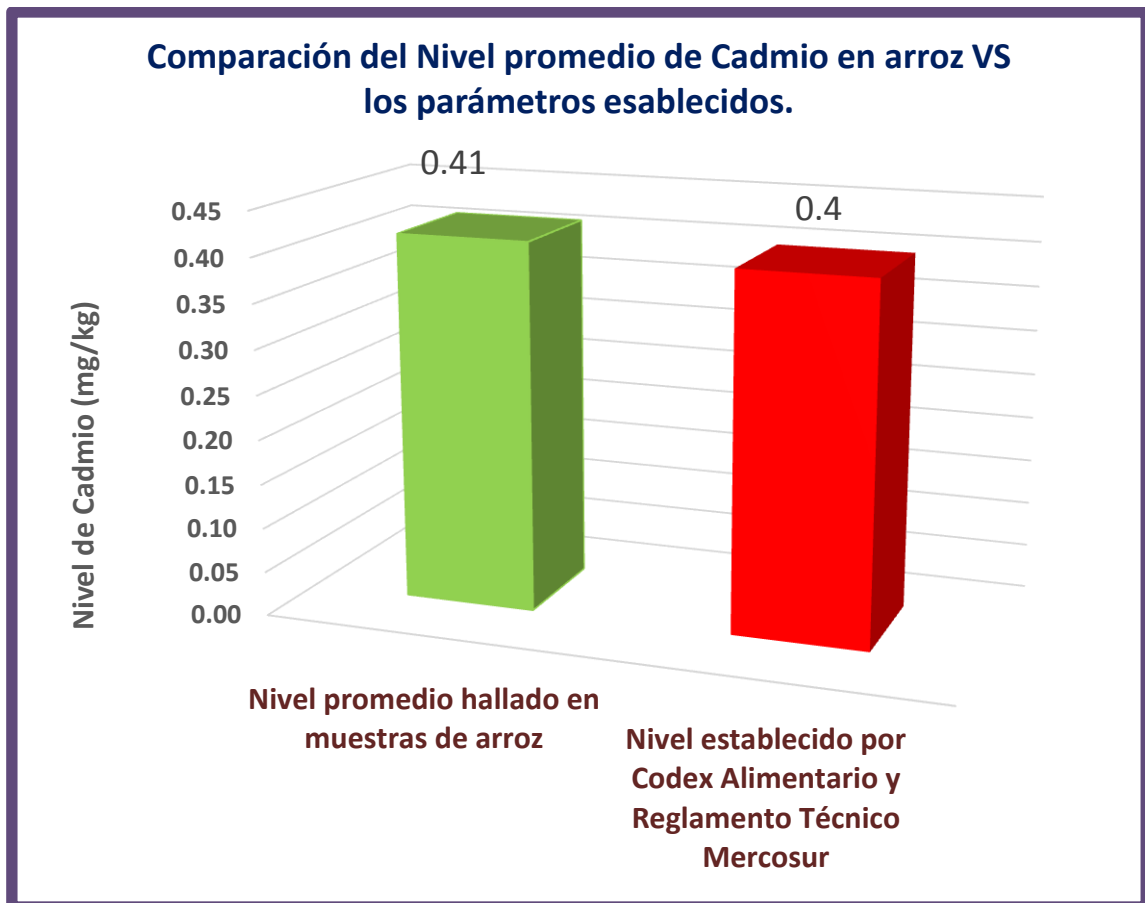
Interpretación: En el gráfico se observan los valores de Cadmio hallados, en comparación con el valor parámetro establecido por el Codex Alimentario (0.4 mg/kg), se observa que 8 marcas superan el valor máximo establecido: Hoja Redonda, Somos del Norte, Valle Norte, Selección del Chef, Metro, Del bueno, Máxima, Mi arroz.

Cuadro N° 03: Contenido de Cadmio en muestras de arroz VS Nivel establecido por Reglamento Técnico Mercosur, sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos, según Decreto 14/2013



Interpretación: En el gráfico se observan los valores de Cadmio hallados, en comparación con el valor parámetro establecido por el Reglamento Técnico Mercosur, sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos, según Decreto 14/2013 (0.4 mg/kg), se observa que 8 marcas superan el valor máximo establecido: Hoja Redonda, Somos del Norte, Valle Norte, Selección del Chef, Metro, Del bueno, Máxima, Mi arroz.

Cuadro N° 04: Comparación del contenido promedio de Cadmio en muestras de arroz VS Nivel establecido por Reglamento Técnico Mercosur, sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos, según Decreto 14/2013 y Codex Alimentario.



Interpretación: En el gráfico se observa una comparación entre el valor promedio de Cadmio hallado en las muestras de arroz analizadas, y el valor máximo establecido, el valor promedio hallado supera el valor permitido.

ANALISIS DE RESULTADOS

En la presente investigación se realizó la cuantificación de Cadmio en 20 muestras de arroz expandido en supermercados de Lima Metropolitana. Las marcas se eligieron aleatoriamente.

Se determinó el contenido de Cadmio mediante el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito, se obtuvo los siguientes resultados en mg/kg: 0.45, 0.38, 0.54, 0.69, 0.38, 0.42, 0.31, 0.26, 0.28, 0.77, 0.65, 0.59, 0.36, 0.28, 0.22, 0.26, 0.23, 0.28, 0.31, 0.62. Demostrando la variabilidad de la cantidad de Cadmio en arroz.

Estos valores fueron comparados con los valores máximos establecidos por el Reglamento Técnico de Mercosur y el Codex Alimentario, los cuales establecen como máximo 0.40 mg/kg de Cadmio.

En la comparación se halló que ocho marcas de arroz superan el valor máximo establecido, siendo los valores de 0.45, 0.54, 0.69, 0.42, 0.77, 0.65, 0.59, 0.62; que pertenecen a las marcas Hoja Redonda, Somos del Norte, Valle Norte, Selección del Chef, Metro, Del bueno, Máxima, Mi arroz, respectivamente.

El valor promedio de Cadmio hallado fue de 0.41 mg/kg el cual no cumple con los parámetros establecidos.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que las muestras analizadas difieren significativamente en el contenido de Cadmio.

La hipótesis queda demostrada ya que el 40% de las muestras contienen un valor de Cadmio superior al valor máximo establecido por la normativa.

Además el valor promedio hallado supera también el valor límite establecido por la normativa del Codex Alimentario y el Reglamento Técnico de Mercosur.

En base a estos resultados se puede concluir que el contenido de Cadmio en el arroz se ve afectado por el tratamiento previo de las tierras de cultivo, el proceso de selección, acondicionamiento y envasado, ya que durante este periodo está expuesto a una posible contaminación con este metal.

RECOMENDACIONES

- ▶ Se sugiere que las autoridades sanitarias en alimentos evalúen y velen por la calidad de los productos, por medio de evaluaciones de monitoreo correspondientes a diferentes, especialmente en alimentos de consumo masivo, de manera que el consumidor peruano reciba productos de calidad y que sean inocuos a su salud.

- ▶ El etiquetado debería de ser revisado por las autoridades competentes para asegurar que el consumidor adquiera productos con los estándares de calidad mínimos y estos cumplan con los parámetros establecidos en la normativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bahmani M. Determination of Lead, Cadmium and Arsenic Metals in Imported Rice into the West Azerbaijan Province, Northwest of Iran. *Journal of Novel Applied Sciences*. 2014;3(5):452-456.
2. Jung M, Yun S, Lee J, Lee J. Baseline Study on Essential and Trace Elements in Polished Rice from South Korea. *Environ Geochem Health*. 2005;27(5-6):455-464.
3. Muro Ventura J. El Arroz Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva. lima: Centro de Documentación Agraria-CENDOC; 2013.
4. Hoseini M, Mafton M, Karimian NA, Ronaghi AM, Emam Y: Effect of zinc and bore on growth and chemical composition of rice. *Iranian J Agricul Sci* 2005, 36:869-883.
5. Oliver, MA. 1997. Soil and human health: a review. *Eur. J. Soil Sci.*48, 573–592.
6. Wen X, Wu P, Chen L and Hou X. 2009. Determination of cadmium in rice and water by tungsten coil electrothermal vaporization-atomic fluorescence spectrometry and tungsten coil electrothermal atomic absorption spectrometry after cloud point extraction. *Analytica Chimica Acta*. 650, 33–38.
7. Oymak T, Tokalıoğlu Ş, Yılmaz V, Kartal S and Aydın D. 2009. Determination of lead and cadmium in food samples by the coprecipitation method. *Food Chemistry*. 113, 1314–1317.
8. Fu J, Zhou Q, Jiemin W, Liu W, Wang T, Zhang Q and Jiang G. 2008. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-

- waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*. 71 , 1269–1275.
9. Baars A, Theelen R, Janssen P, Hesse J, van Apeldoorn M, Meijerink M, Verdam L and Zeilmaker M. 2008. Re-evaluation of human toxicological maximum permissible risk levels. RIVM Report., 7117-1 025.
 10. Kanchana V, Gomathi T, Geetha V and Sudha PN. 2012 .Adsorption analysis of Pb(II) by nanocomposites of chitosan with methyl cellulose and clay. *Der Pharmacia Lettre*, 4 (4):1071-1079.
 11. Gulson, B.L., K.J. Mizon, M.J. Korsch, D. Howarth, 1996. Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate lead exposure in a mayor mining community. *The Sci. Total Environ.*, 181, 223-230.
 12. Baird, C., 1999. *Environmental chemistry*. 2nd ed. Freeman. New York, NY, USA. Fecha de acceso: 5 de enero 2011. Disponible en:
<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed083p217>
 13. Kabata-Pendias A. Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*. 2004;122(2-4):143-149.
 14. Adriano D. *Trace elements in the terrestrial environment*. New York [etc.]: Springer; 2001.
 15. Kashem, A.M., B.R. Singh, 2001. Metal availability in contaminated soils: I. Effects of flooding and organic matter on changes in Eh, pH and solubility of Cd, Ni and Zn. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 61, 247-255.

16. Liu, J.G., K.Q. Li, J.K. Xu, Z.J. Zhang, T.B. Ma, X.L. Lu, J.H. Yang, Q.S. Zhu, 2003. Lead toxicity, uptake, and translocation in different rice cultivars. *Plant Sci.*, 165, 793-802.
17. Zahra Ramezani, Mohammad Javad Khodayar, Zahra Nazari, Roshanak Hedayatifar, Abdol-ali Gilani. Cadmium and Lead Contents of Rice (*Oryza sativa*) Grown in Khuzestan, Southwest of Iran, *Original articles* 2013.
18. Somayeh Sadat Fakoor Janati, Hamed Reza Beheshti, Javad Feizy*, Niloofar Khoshbakht Fahim. Determinations of Cadmium, Lead, Arsenic and Mercury in Rice from Iran. *Int. J. Ind. Chem* 2011; 20 (20): 1-3.
19. Shimpei Uraguchi* and Toru Fujiwara, Cadmium transport and tolerance in rice: perspectives for reducing grain cadmium accumulation Uraguchi and Fujiwara *Rice* 2012, 5:5
20. Wilson Pozo, Teófile Sanfeliu , Gloria Carrera, Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. *MASKANA* 2011; 2(1)
21. Ministerio de Agricultura. Arroz. Lima-Perú: Ministerio de Agricultura; 2009
22. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Manual Técnico para el cultivo de Arroz. (*Oryza Sativa*) Comayagua, Honduras: Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria(DICTA); 2003
23. Instituto Nicaraguense de Tecnología agropecuaria. Cultivo de Arroz. Managua – Nicaragua.2009
24. Espectroscopia atómica-El Principio analítico- Merck Millipore. [en línea]. Disponible en: http://www.merckmillipore.com/PE/es/products/analytics-sample-prep/spectroscopy/M7Ob.qB.fbkAAAE_IQV3.Lxj,nav

25. Jianjie, F. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. [En línea]. [Fecha de acceso 15 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653507015317>
26. Méndez, S. et al. Estudio preliminar de los niveles de Cadmio en arroz, frijoles y lentejas distribuidos en supermercados de Bogotá y plazas de Manizales. *Fitotecnia Colombiana*. 2007;7 (2): 40-47.
27. Espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito (GFAAS). [En línea]. [Fecha de acceso 13 de Abril de 2015]. Disponible en: <http://w3.ua.es/ite/proyectos/proyectoGFAAS/teoria/fundamentos.html>
28. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Vol. 7 pág. 7.1-7.7. [en línea]. [Fecha de acceso 06 de Diciembre 2014], URL disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>

