

Incidencia de los metales pesados, en la calidad de la papa negra “*Solanum Tuberosum*” proveniente de la provincia de Tarma, Junín, Perú

Impact of heavy metals on the quality of the black potato “*Solanum Tuberosum*” coming from the province of Tarma, Junin, Peru

BENJAMIN E. BORDA LUNA¹
NATHALIE E. LAHURA ALBÚJAR¹

ABSTRACT

Heavy metals in food are reported as a serious problem due to their toxicity. The study aims to determine the concentration of heavy metals in the black potato *Solanum Tuberosum* sold in the Ventura Rossi A market, in the district of Rímac, Lima, Peru. The collection of information and the analysis of the metals was carried out from February 04 to 19, 2020. For the study, the heavy metals arsenic (As), cadmium (Cd), copper (Cu), mercury (Hg), molybdenum (Mo), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn) that were analyzed using the EPA method 200.7, Rev.4.4. EMMC / 1994 version, which specifies the determination of metals and trace elements in water and waste by inductive plasma coupled to atomic emission spectrometry, in which results were reported in mean concentration in arsenic (As) of 0.043mg / kg, cadmium (Cd) 0.036mg / kg, copper (Cu) 0.114mg / kg, mercury (Hg) <0.001mg / kg, molybdenum (Mo) 0.0075mg / kg, nickel (Ni) 0.0145mg / kg, lead (Pb) of 0.0565 mg / kg and zinc (zn) of 1.138 mg / kg. In addition, for the metals arsenic (As), lead (Pb), mercury (Hg) and cadmium (Cd), values lower than the MPLs established in the FAO Codex Alimentarius were recorded. Also, for copper (Cu) and zinc (Zn), values that comply with the LMPs established in Cuban standard number 493 were recorded. Finally, in Peru, there are no standards that establish maximum limits in foods for direct consumption. that guarantee the food security of the population.

Keywords: Pollution, spectrophotometry, limits, metals, potato, heavy, toxicity

RESUMEN

Los metales pesados en alimentos son reportados como un problema grave debido a su toxicidad. El estudio tiene como objetivo, determinar la concentración de los metales pesados en la papa negra *Solanum Tuberosum* comercializado en el mercado Ventura Rossi A, en el distrito del Rímac, Lima, Perú. La recopilación de información y el análisis de los metales se realizaron del 04 al 19 de febrero del 2020. Para el estudio se consideró a los metales pesados de arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) que fueron analizados mediante el método EPA 200.7, Rev.4.4. versión EMMC/ 1994, que especifica la determinación de metales y oligoelementos en agua y desechos por plasma inductivo acoplado a espectrometría de emisión atómica, en el cual se reportaron resultados en concentración media en arsénico (As) de 0.043mg/kg, cadmio (Cd) de 0.036mg/kg, cobre (Cu) de 0.114mg/kg, mercurio (Hg) de <0.001mg/kg, molibdeno (Mo) de 0.0075mg/kg, níquel (Ni) de 0.0145mg/kg, plomo (Pb) de 0.0565mg/kg y zinc (zn) de 1.138mg/kg. Además, para los metales

¹ Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal
Lima, Perú

Corresponding author: benjaminborda@gmail.com/
nathalielahura@gmail.com

DOI: <http://doi.org/10.24039/cv2020821046>

de arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd), se registraron valores inferiores a los LMPs establecidos en el Codex Alimentarius de la FAO. También, para el cobre (Cu) y el zinc (Zn), se registraron valores que cumplen con los LMPs establecidos en la norma cubana número 493. Finalmente, en el Perú, no existen normas que establezcan los límites máximos en alimentos de consumo directo que permitan garantizar la seguridad alimentaria de la población.

Palabras clave: Contaminación, espectrofotometría, límites, metales, papa, pesados, toxicidad.

Introducción

La producción de papa a nivel nacional ocupa un importante lugar en la economía agrícola del país, actualmente es el segundo cultivo de mayor importancia con un 10,5% de participación en el VBP agrícola. Sin lugar a dudas es un tubérculo de alta demanda dentro de la sociedad nacional. En el periodo comprendido entre el año 2017 y 2018, la producción de papa muestra tasas de crecimiento superiores a 5%, el cual en el año 2018 se alcanzó una producción record de 5,1 mill de toneladas el cual básicamente fue a consecuencia de la ampliación de áreas de cosecha y la mejora en el rendimiento de la producción (MINAGRI, 2019).

Es importante mostrar las proyecciones en las intenciones de siembra de la papa para el periodo 2020 donde el cultivo alcanzaría aproximadamente 342,7 mil hectáreas, disminuyendo en 7,1 mil hectáreas (-2,0%) en comparación con las siembras ejecutadas en la campaña agrícola 2018-2019. Las mayores siembras se darían entre los meses de agosto a noviembre y de mayo a julio, comprendiendo el 90% de las intenciones de siembras con 308,1 mil hectáreas. Asimismo, la ENIS-2019 muestra que el 36% corresponde a papas mejoradas, el 23% a papas de color y el 41% a papas nativas. Además, el 95,5% se realizaría en la sierra y el 4,5% en la costa. En relación a Junín, alcanzaría una campaña de producción de 24,7 mil ha (7,2%) para el 2020.

Sin lugar a duda una producción bastante representativa que involucra las actividades agrícolas a nivel intensivo el cual propicia el uso de grandes cantidades de agroquímicos (fertilizantes, insecticidas, herbicidas, abonos, etc.) que muchas veces son utilizados en exceso por falta de un procedimiento o protocolo de dosificación de los productos, a ello debemos sumarle la falta de capacitación de los agricultores en el uso sostenible de estos compuestos químicos. Las aplicaciones repetidas de estos productos químicos

que contienen metales pesados como arsénico, cadmio, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, plomo y zinc y la sobreexposición de los suelos cultivables a los contaminantes provenientes de la actividad minera en la zona, conllevan a desequilibrios en sus ecosistemas ambientales (Vásquez *et al.*, 2005), cuyo impacto es de manera directa en la calidad de producción, (Huang *et al.* 2014; Gebrekidan *et al.* 2013). A ello debemos sumarle las malas prácticas de los agricultores que en el afán de generar mayor producción, ocupan nuevos espacios de suelos que no necesariamente son para la producción del tubérculo o en su defecto sobreexplotan irracionalmente los suelos produciendo todo el periodo del año con un solo cultivo (monocultivo). Es importante mencionar que cultivos como la papa, la espinaca, el tomate y la lechuga son conocidos como bioindicadores ambientales debido a su capacidad de retención e incorporación de compuestos durante su crecimiento, reflejando la presencia de los mismos, por alteraciones fenotípicas (Kabata, 2000). En relación a la papa es considerada como gran bioacumuladora de metales pesados con un rango de presencia que oscila entre 0,021 mg·kg⁻¹ para Cd; 0,29-1,0 mg·kg⁻¹ para Ni; 3,0-6,6 mg·kg⁻¹ para Cu; 10-26 mg·kg⁻¹ para Zn) en base seca (Kabata, 2000).

Los metales pesados son compuestos químicos bioacumulables y no degradables, es decir biomagnifican su presencia en los organismos y son imposibles de degradar para eliminarlos, otra característica es su persistencia en el ambiente cualquiera sea el factor que lo contenga. Los efectos negativos de una exposición a metales pesados, suelen ser múltiples generando pérdida parcial o total de organismos vivos y alterando la calidad de vida de los seres vivos (Madero & Marrugo, 2011).

Los metales pesados deben su toxicidad a la fuerte afinidad de sus cationes hacia el átomo de azufre y por ende, hacia los grupos sulfhidrilo (-SH), los cuales, están presentes, comúnmente, en las enzimas que participan en las reacciones metabólicas de los organismos acuáticos y terrestres. Los metales pesados pueden ingresar por vías respiratorias, por la piel, mucosas, ingesta al cuerpo humano a través de la cadena alimenticia, incrementando las enfermedades crónicas, como deformidades, cáncer, incluso la muerte (Chang *et al.* 2014). Está comprobado que la primera acción de contaminación del hombre con metales pesados, es el consumo de frutas y vegetales de manera directa, ante ello es de suma importancia realizar las evaluaciones pertinentes de estos compuestos en los alimentos. (Yucra *et al.* 2008).

Actualmente en el Perú, no existe una norma que precise los límites máximos permisibles de metales pesados en los alimentos, ello implica un vacío legal bastante importante considerando la toxicidad en los seres vivos de estos elementos químicos, más aún teniendo en cuenta que se cuenta con múltiples causas de generación desde la actividad agrícola intensiva, la minería en las zonas altoandinas y la presión de las poblaciones situadas en zonas aledañas a los campos de cultivos cuyos residuos son arrojados directamente a los suelos que sirven para el cultivo de tubérculos y otras especies de consumo esencial de las poblaciones. Referente a ello el Codex Alimentarius (FAO, 2015) reporta límites máximos permisibles solo para plomo y cadmio de 0,1mg/kg, en tubérculo (Moreno et al., 2016) y la Unión Europea, para la papa pelada, un límite de a 0,1mg/kg, peso fresco de plomo y de cadmio (Unión Europea, 2020). Adicionalmente, la norma cubana número 493, establece límites máximos permisibles para vegetales para cobre de 5mg/kg y para Zinc de 10 mg/kg (Norma Cubana N° 493, 2006). Para los demás metales pesados Arsénico, Mercurio, Molibdeno, Níquel y Zinc, no existe normativa referencial en tubérculos a nivel mundial y a nivel nacional, por lo que representa una oportunidad para proponer estudios que permitan determinar los límites máximos de exposición, considerando el grado de toxicidad de los mismos (Olivares et al., 2013).

Finalmente, considerando el impacto ambiental de los metales pesados en el suelo y en los tubérculos y considerando el daño a la salud de los seres vivos por su alta toxicidad ((Vásquez et al., 2005), es necesario cuantificar la presencia de estos elementos en los tubérculos como la papa, que es de consumo directo y de frecuencia diaria por la población en el Perú y el mundo. Cabe precisar que es indispensable medir la concentración de los metales pesados en los alimentos para garantizar la seguridad alimentaria de las

poblaciones y para determinar una norma nacional sobre los límites máximos permisibles en tubérculos. por ello, frente a esta situación problemática se plantea determinar las concentraciones de los elementos metálicos pesados tales como: Arsénico, cadmio, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, plomo y zinc en la papa negra *Solanum Tuberosum*, en el mercado Ventura Rossi Zona -A del distrito del Rimac, proveniente del distrito Huasahuasi, Provincia de Tarma, Departamento de Junín, Perú.

Materiales y Métodos

Área de estudio:

El presente estudio fue desarrollado en el mercado Ventura Rossi Zona – A, Rimac, Lima, Perú, en el periodo comprendido del 04 al 19 de febrero del 2020; el mercado se dedica a la venta de tubérculos y cuenta con 08 puestos de venta de papa negra, en los cuales se obtuvo la información necesaria referente a frecuencia de venta, variedad de mayor venta, lugar de procedencia de las papas y cantidad de venta diaria de la papa negra, que sirvió para configurar el levantamiento de datos y toma de muestra.

Muestra:

El muestreo se realizó de manera aleatoria en el mercado Ventura Rossi Zona – A tal como se muestra en la figura 1, este fue desarrollado el 17 de febrero del 2020 en una época donde abunda la provisión y comercialización de papa negra proveniente de la Provincia de Tarma. Al contar con 8 puestos de venta, se realizó la toma de ½ kg de cada puesto de venta totalizando 4kg a fin de obtener muestra homogénea y representativa de papa negra como muestra de análisis. Las muestras se envasaron en bolsas plásticas y fueron trasladadas al laboratorio. El diseño del estudio fue descriptivo experimental en el cual se utilizó el enfoque cualitativo y cuantitativo.



Figura 1. Toma de muestra de papa negra *Solanum Tuberosum*

Preparación de muestras:

Del total de papa negra, se tomaron 2kg de muestra homogénea para ser analizados en el laboratorio, el material fresco se lavó con abundante agua para retirar impurezas y evitar la contaminación cruzada, se cortó en listones de 4cm, luego se trituró por completo incluyendo la cáscara hasta obtener una solución líquida pastosa homogénea, la cual fue incorporada a dos envases de plástico esterilizados de 1L y rotuladas como “muestra 1” y “muestra 2”, cada una de estas soluciones fueron evaporadas a 500° C hasta la eliminación del líquido, la masa en peso seco de la papa fueron analizados mediante el método EPA 200.7, Rev.4.4. versión EMMC/ 1994 que especifica la determinación de metales y oligoelementos en agua y desechos por plasma inductivo acoplado a espectrometría de emisión atómica, solo se realizó una prueba experimental cuantitativa de análisis para la obtención de los resultados. La razón de optar por dos muestras es para asegurar la representatividad de los resultados. Los análisis fueron realizados por el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C, que se encuentra acreditado ante INACAL-DA con registro número LE-047. En la figura 2 se muestra la preparación de las muestras y la solución de la papa negra antes del proceso fisicoquímico realizado en el laboratorio.

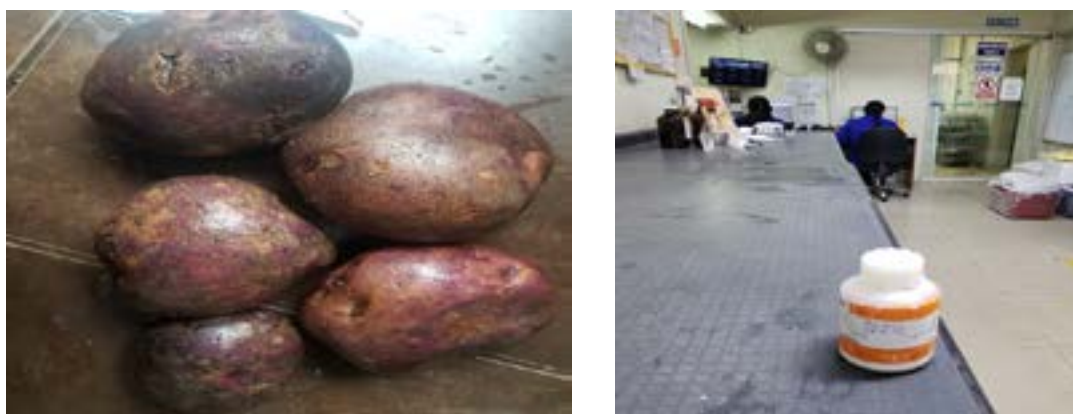


Figura 2. Preparación de la papa negra antes de su trituración

Resultados

En la tabla 1. Se muestran los resultados del levantamiento de información de los puestos de venta de papa negra.

Tabla 1. Levantamiento de información de los puestos de venta de papa negra.

	N (número de respuesta de los puestos de venta)	%
Con qué frecuencia abastece de papas su puesto de venta?		
diario	8	100
semanal	0	0
mensual	0	0
¿Qué variedad de papa es la que comercializa con mayor frecuencia?		
huayro	1	12.5
amarilla	1	12.5
criolla (canchan)	1	12.5
negra	2	25
blanca	2	25
huamantanga	1	12.5
¿De que departamento del Perú, proviene la variedad de papa que más se comercializa?		
Junin	5	62.5

Apurímac	1	12.5
Huancavelica	1	12.5
Ayacucho	0	0
Pasco	0	0
¿De que provincia del Perú, proviene la variedad de papa que más se comercializa?		
Andahuaylas	1	12.5
Pasco	0	0
Angaraes	1	12.5
Antabamaba	0	0
Tarma	5	62.5
Huanta	0	0
¿De que distrito del Perú, proviene la variedad de papa que más se comercializa?		
Huancarama	1	12.5
Anchonga	1	12.5
Huayllay	0	0
Huasahuasi	5	62.5
Ayahuanco	0	0
¿Cuántos kilogramos de papa negra se comercializa al día, en su puesto de venta?		
20kg	0	0
50kg	0	0
100kg	8	100
200kg	0	0

En la tabla 2 se muestran los resultados de la muestra 1 y muestra 2 en mg/kg (peso en materia seca), debido a que el análisis se realizó en peso seco luego de los procesos fisicoquímicos practicados a las muestras.

Tabla 2. Resultados de análisis de metales pesados de la muestra 1 y muestra 2 y límites máximos permisibles.

Metal pesado	Unidad de medida	Límite de cuantificación	Límite máximo permisible CODEX	Límite máximo permisible norma cubana N° 493	Resultado de la muestra 1	Resultado de la muestra 2	Promedio
arsénico (As)	mg/kg	0.001	0.1	NE	0.045	0.041	0.043
cadmio (Cd)	mg/kg	0.0005	0.1	NE	0.038	0.034	0.036
cobre (Cu)	mg/kg	0.0008	NE	5.0	0.112	0.116	0.114
mercurio (Hg)	mg/kg	0.001	0.1	NE	<0.001	<0.001	<0.001
molibdeno (Mo)	mg/kg	0.002	NE	NE	0.007	0.008	0.0075
níquel (Ni)	mg/kg	0.0007	NE	NE	0.012	0.017	0.0145
plomo (Pb)	mg/kg	0.0005	0.1	NE	0.054	0.059	0.0565
zinc (Zn)	mg/kg	0.003	NE	10.0	1.134	1.142	1.138

NE: No existe

En la figura 3, se muestra la relación de los resultados de metales pesados en la muestra 1 y 2 con el límite de cuantificación del método utilizado para el análisis.



Figura 3. Relación de resultados de muestra 1 y 2 con el límite de cuantificación del método.

En la figura 4. Se muestra la relación de los resultados de las muestras 1 y 2 con los límites máximos permisibles establecidos en el Codex Alimentarius 193 y la norma Cubana N° 493 para los metales de cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), mercurio (Hg) y arsénico (As).

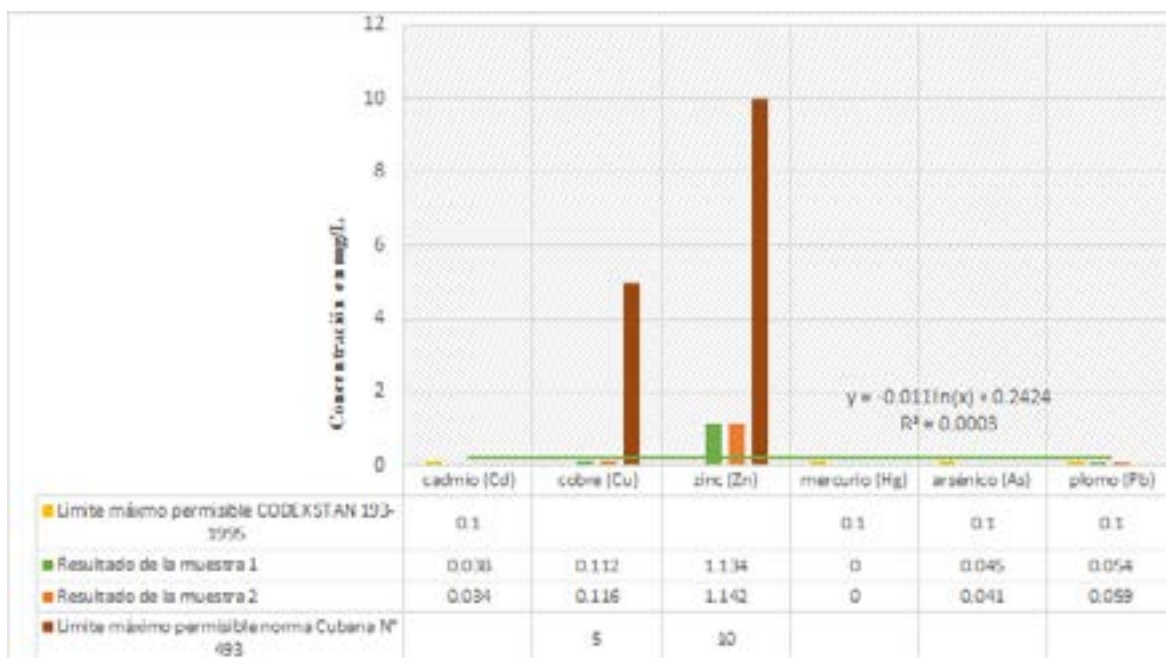


Figura 4. Relación de los resultados de las muestras 1 y 2 con los límites máximos permisibles establecidos en el Codex Alimentarius y la norma Cubana N° 493 para los metales de cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), mercurio (Hg) y arsénico (As).

Discusión

El consumo actual de la papa en el Perú es de 89 kg al año por persona, es uno de los alimentos con alto grado de consumo entre la población nacional catalogándose como indispensable en muchos hogares (MINAGRI, 2019), por lo que conocer su composición química en relación a la presencia de metales pesados catalogados como tóxicos, es de suma importancia a fin de diseñar mecanismos que permitan tomar decisiones de control y prevención. Por otro lado, se conoce que los tubérculos son acumuladores, bioacumuladores y biosorventes de metales pesados (Moreno *et al.*, 2016). Además, perjudican las características fisicoquímicas y microbiológicas de los suelos que son utilizados para la siembra de los tubérculos (Gebrekidan *et al.* 2013 & Martin *et al.* 2006).

En este contexto el estudio se realizó en el mercado Ventura Rossi Zona – A, ubicado en el distrito del Rimac, el cual cuenta con 8 puestos fijos de venta de papa de diversas variedades entre las cuales figura la papa negra, el objetivo de evaluar en la ciudad de Lima, se origina como respuesta al consumo directo de este producto alimenticio, es decir la papa que llega directamente a las mesas de la población. Al respecto, en la tabla 1 se presencia el levantamiento de información donde se obtiene que la frecuencia de abastecimiento de los puestos de venta con papa, es diaria (100%), la variedad que más se comercializa es la papa negra (25.0%) y la papa blanca (25.0%), es decir los usuarios de la zona de influencia, prefieren el consumo de estas variedades, la variedad de papa de mayor consumo proviene del departamento de Junín, provincia de Tarma, distrito de Huasahuasi (62.5%). Finalmente, cada puesto de venta comercializa como mínimo 100kg de papa negra al día (100%). Información importante para evidenciar los patrones de comercialización de esta variedad de papa en los mercados locales de la capital.

En la tabla 2, se evidencia los resultados de análisis de los metales pesados en la papa negra, donde el arsénico (As) presenta una media en su concentración de 0.043 mg/L que supera en 4200% los límites de cuantificación (L.C) del método utilizado en el análisis, en relación al cumplimiento de los límites máximos establecidos para alimentos según el CODEX STAN 193, se evidencia que el valor representa el 93.0% en relación al límite máximo permisible. Kabata (2011), determinó un valor de 2.43 ug/kg de contenido de arsénico en la papa, este análisis se realizó en peso seco. También, Rodríguez (2018), en el estudio denominado “Evaluación del contenido de

minerales tóxicos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) del Valle del Mantaro”, determinó el valor de este metal en 0.0003 ug/kg también en peso seco, es importante mencionar que la mayor concentración de este elemento las tienen las raíces como hortalizas, seguidas de vegetales altos como espinacas, y los frutos y semillas comestibles contienen menores valores de concentración de arsénico (Moreno, 2010 & Rodríguez, 2018). Finalmente, la presencia de este elemento es muy cercano a lo recomendado por la FAO, por lo que es necesario realizar mayores pruebas para determinar el nivel límite en alimentos para este elemento.

Para el cadmio (Cd), se presenta un valor de 0.036mg/L, superando los L.C. en 7100%, en relación al cumplimiento de los límites máximos establecidos para alimentos según el CODEX STAN 193, se evidencia que el valor representa el 96.0%. Shaheen *et al.*, (2015), registraron valores para Cadmio de 0.1 mg/kg siendo este valor igual al límite máximo permisible establecido en el CODEX STAN 193. Por su parte, Rodríguez (2018), determinó valores de $0,0021 \pm 0.0027$ µg/kg, valores relativamente bajos en diferentes variedades de papas, ambos análisis en peso sec. Los resultados obtenidos en el estudio, son muy similares a los obtenidos en el estudio denominado “presencia de metales pesados en frutas y vegetales: riesgo en las implicaciones de salud en Bangladesh” (Shaheen *et al.*, 2015). Finalmente, es decir la presencia de este elemento es muy cercano a lo recomendado por la FAO, por lo que es necesario realizar mayores pruebas para determinar el nivel límite en alimentos para este elemento y asegurar la seguridad alimentaria.

Para el cobre (Cu), se presenta un valor de 0.114mg/kg, superando los L.C. en 14150%, en relación al cumplimiento de los límites máximos establecidos para alimentos según la norma Cubana número 493, se evidencia que el valor representa una concentración de 3.0%, el cual indica que la presencia de este elemento no es significativo en la papa negra. Se conoce que este elemento metálico ingresa por la raíz de la planta y existe una alta probabilidad de que las trazas ingresen hasta las células rizodérmicas en forma disociada (Sancha, 2002). También, Kabata (2011), registró el valor de este elemento en 4,5 mg/kg, valor similar al reportado por Shaheen (2015), quien determinó que la concentración media de cobre fue de 6,3mg/kg, valores bastante elevados a diferencia del registrado en el presente estudio, es posible que la presencia baja del elemento, se deba a la baja actividad minera en las zonas de influencia del distrito de Huasahuasi. Finalmente,

Rodríguez (2018), en su investigación de “Evaluación del contenido de minerales tóxicos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) del Valle del Mantaro”, determinó el valor de este metal en 4.34 ug/kg en peso seco.

Para el mercurio (Hg), se presenta un valor de 0.001mg/kg, inferior al L.C., que indica nula presencia de este elemento en la papa negra. Regalado & Peláez (2019), obtuvieron similar resultado en la investigación denominada Determinación de contaminantes químicos en alimentos cultivados procedentes de la minería en Shiracmaca Huamachuco - La Libertad.

Para el Molibdeno (Mo), se presenta un valor de 0.0075mg/kg, que supera el L.C. en 275%, no existe límite máximo permisible para este elemento en tubérculos, por lo que es una necesidad imperativa el establecimiento de los mismos a fin de garantizar la seguridad alimentaria de la papa, cabe precisar que el contenido de este elemento en el tubérculo, se debe a la absorción de las plantas ya que el Molibdeno se produce de manera natural y se encuentran de forma libre en el suelo y el agua. (Shaban, *et al.*, 2016).

Para el níquel (Ni), se presenta un valor de 0.0145mg/kg, que supera el L.C. en 1972%, no existe límite máximo permisible para este elemento en tubérculos, por lo que es una necesidad imperativa el establecimiento de los mismos. Se precisa que las plantas como la papa, absorben altos contenidos de este elemento en las primeras etapas de crecimiento cayendo posteriormente en las siguientes etapas, ello tiene relación con la concentración final en la papa resultando con poca significancia. Sin embargo, al no contar con un límite máximo permisible, no es posible valorar si realmente es bajo o alto para el consumo directo (Rodríguez, 2018).

El plomo, es un elemento que se retiene en las raíces y parte del fruto de las plantas, básicamente debido a la interrelación que origina el catión Pb^{2+} con otros iones, propiciando el almacenamiento de los mismos (García, 2006). Otra característica del plomo es que cuenta con menos movimiento entre los demás metales pesados pero posee menor absorción que el cobre y el zinc (Huamán, 1996) citado por (Kabata, 2011). En ese sentido en el estudio para el plomo (Pb), se registró un valor de 0.057mg/kg, superando los L.C. en 11200%, en relación al cumplimiento de los límites máximos establecidos para alimentos según el CODEX STAN 193, se evidencia que el valor representa el 57.0%, que indica que la presencia de este elemento es muy cercano

a lo recomendado por la FAO. El valor determinado tiene relación con lo reportado por Rodríguez (2018), de $0,401 \pm 0,81$ ug/kg en la investigación “Evaluación del contenido de minerales tóxicos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) del Valle del Mantaro”. Un dato importante es la que muestran Luna & Rodríguez (2016), en la investigación denominada “Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca”, donde no registraron valores de este elemento, por lo que los resultados en la papa estaría relacionado directamente por influencia de la actividad minera, y el uso excesivo de agroquímicos, también influye la temporada de cultivo y producción de la papa.

Finalmente, para el zinc (Zn), se presenta un valor de 1.14mg/kg, superando los L.C. en 37833%, en relación al cumplimiento de los límites máximos establecidos para alimentos según la norma Cubana número 493, se evidencia que el valor representa el 11.14%, el cual indica que la presencia de este elemento no es significativo en la papa negra. Sin embargo, es importante mencionar que debido a que el zinc no presenta solubilidad en el agua (Efroymsen, *et al.*, 1997), las partículas se juntan al suelo, mediante el cual se origina la mayor absorción en especies marinas, pero difícilmente en plantas (Marschner, 1998 & Rodríguez, 2018). Pero ello no implica que las erróneas prácticas en la agricultura aumenten la concentración en los suelos siendo estos absorbidos por las plantas (Kabata, 2011 & Rodríguez, 2018). Como referencia Shaheen (2015), determinó la concentración media de zinc en la papa de $11,019 \pm 3,0$ mg/kg.

Conclusiones

De acuerdo al levantamiento de información, en el mercado Ventura Rossi Zona – A, en el periodo de evaluación, prevalece la comercialización de la papa negra, es decir esta variedad tiene alto consumo, por lo que es importante cuantificar la concentración de metales pesados a fin de asegurar la seguridad alimentaria de la población. En el contexto, se realizó la evaluación de metales pesados considerando a los elementos de: arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), reportando valores bastante claros sobre la composición de la papa negra.

Para los elementos metálicos como el arsénico (As), se registró una concentración de 0.043 mg/kg. Para el cadmio (Cd), se registró una concentración de 0.036 mg/

kg, para el mercurio (Hg), se registró una concentración de inferior al L.C <0.001mg/kg, que evidencia la ausencia de este compuesto en el tubérculo evaluado, para el plomo (Pb) se registró una concentración de 0.057mg/kg. Para los elementos de cobre (Cu) se registró una concentración de 0.114mg/kg y para el zinc (Zn) se registró una concentración de 1.138mg/kg. Las concentraciones, cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la norma Cubana número 493, cabe precisar que estos elementos no cuentan con límites máximos permisibles en el Codex Alimentarios de la FAO. Además, para los elementos de molibdeno (Mo) se registró una concentración de 0.0075mg/kg y para el níquel (Ni) una concentración de 0.0145mg/kg, resultados bajos en comparación con los L.C., cabe precisar que estos metales pesados no cuentan con límites máximos permisibles a nivel internacional de manera específica para tubérculos.

Debemos mencionar que el arsénico (As), plomo (Pb) y cadmio (Cd), son los metales pesados que registraron mayor concentración en los análisis, considerando su toxicidad y el alto consumo de la papa, es importante realizar acciones que permitan fijar límites máximos permisibles nacionales en tubérculos a fin de garantizar la seguridad alimentaria correspondiente.

Finalmente, en el Perú, no se cuentan con límites máximos permisibles para los metales pesados en tubérculos, por lo que es imperativa la necesidad de realizar estudios referente a estos elementos, considerando el alto consumo de la papa en la población y la toxicidad de los mismos.

Referencias bibliográficas

Codex Stan 193-1995. 1995. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.

Chang, C.; Yu, H.; Chen, J.; Zhang, H. & Liu, C. 2014. Accumulation of heavy metals in leaf vegetables from agricultural soils and associated potential health risks in the Pearl River Delta, South China. *Environ. Monit. Assess.* 186(3):1547-1560.

Efroymson, R.; Will, M.; Suter, G. & Wooten, A. 1997. Toxicological benchmarks for screening contaminants of potential concern for effects on terrestrial plants. Department of Energy, Office of Environmental Management Activities at the East Tennessee Technology Park.

FAO. 2015. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias Comisión del Codex *Alimentarius* 37. Período de sesiones 14-18 de julio de 2015. Ginebra (Suiza).

García, D. 2006. *Efectos toxicológicos y compartimentación radicular en plantas de Zea mays l. expuestas a toxicidad de plomo*. Tesis para optar el grado de doctor en Ciencias - sección biológica. Universidad Autónoma de Barcelona.

Gebrekidan, A.; Weldegebriel, Y.; Hadera, A. & Bruggen, B. 2013. Toxicological assessment of heavy metals accumulated in vegetables and fruits grown in Ginfel river near Sheba Tannery, Tigray, Northern Ethiopia. *Ecotoxicology Environmental and Safe.* 95:171-178.

Huamán, Z. 1996. Botánica sistemática y morfológica de la papa. Boletín de Información Técnica 6, 2° edición, CIP, Lima, PERÚ.

Huang, Z.; Pan, X.D.; Wu, P.G.; Han, J.L.; Chen, Q. 2014. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. *Food Control.* 36:248-252.

Kabata, A. 2000. Trace elements in soil and plants. Third Edition. CRC Press. Boca Ratón, USA. 413p.

Kabata, A. 2011. Trace elements from soils to human. Springer Science & Business Media. New York. Estados Unidos.

Luna, R., Rodríguez, V. 2016. *Determinación de la concentración de cadmio y plomo en papa (Solanum tuberosum) cosechada en las cuencas de los ríos Maschón y Chonjita-Cajamarca*. Tesis previa para la obtención del título de Químico Farmacéutico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Madero, A. & Marrugo, J. 2011. Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. *Rev. MVZ.* 16:2391-2401.

Martín, D.; Vollenweider, P.; Buttler, A. & Günthardt-Goer, M. 2006. Bioindication of heavy metal contamination in vegetable gardens. *For. Snow Landsc. Res.* 80:169-180.

Marschner, H. 1998. Mineral nutrition of higher plants.

- Academic Press. Estados Unidos.
- Moreno, E. 2010. *Recuperación de suelos mineros contaminados con arsénico mediante fitotecnologías*. Tesis previa para la obtención del doctor en Química Agrícola. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- Moreno, Y.; García, J. & Chaparro, S. 2016. Cuantificación voltamétrica de plomo y cadmio en papa fresca. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Química Ambiental. División Científica. 19 (1): 97-104
- Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. Plan Nacional de Cultivos. Campaña agrícola 2019-2020. Dirección General de Políticas Agrarias – DGPA. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas-DGESEP. Dirección General Agrícola-DGA en. www.minagri.gob.pe.
- Norma Cubana N° 493, 2006. Norma Cubana: Contaminantes Metálicos en Alimentos-Regulaciones Sanitarias. Oficina Nacional de Normalización, Habana. 11 pp.
- Olivares, S.; García, D.; Lima, L.; Saborit, I.; Llizo, A. & Pérez, P. 2013. Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. Laboratorio de Análisis Ambiental. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Ave. Salvador Allende y Luaces, Plaza, Ciudad Habana, Cuba. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*. 29 (4) 285-294
- Regalado, F. & Peláez, F. 2019. Determinación de contaminantes químicos en alimentos cultivados procedentes de la minería en Shiracmaca Huamachuco - La Libertad 2012-2013. *Revista Ciencia y Tecnología*. 15(2): 27-40.
- Sancha, A. 2002. Presencia de cobre en aguas de consumo humano: causas, efectos y soluciones. Universidad de Chile.
- Shaban, N.; Abdou, K.; Houda N. & Hassan Y. 2016. Impacto de los metales pesados tóxicos y residuos de plaguicidas en los productos a base de hierbas. Departamento de Farmacología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Beni-Suef. "Beni-Suef revista de ciencias aplicadas". Vol. 5. Egipto.
- Shaheen, D.; Irfan, N.; Naurin, I.; Islam, S. & Ahmad, K. (2015). Presencia de metales pesados en frutas y vegetales: riesgo en las implicaciones de salud en Bangladesh. Instituto de Ciencia de Nutrición y Alimentación (INFS). Universidad de Dhaka. Bangladesh. 431-438
- Union Europea. 2020. Contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios. Disponible desde Internet en: <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>.
- Vásquez, A.; Cajuste, L.; Carillo, R.; Zamudio, B.; Álvarez, E. & Castellanos, J. 2005. Límites permisibles de acumulación de cadmio, níquel y plomo en suelos del valle del mezquital, Hidalgo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Terra Latinoamericana. 23 (4) 447-455.
- Yucra, S.; Gasco, M.; Rubio, J. & Gonzáles, G. 2008. Exposición ocupacional a plomo y pesticidas organofosforados: efectos sobre la salud reproductiva masculina. *Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública*. 25(4):394-402.