

Determinación de contaminantes químicos en alimentos cultivados-procedentes de la minería en Shiracmaca Huamachuco - La Libertad 2012-2013.

Determination of chemical contaminants in cultivated food proceeding from mining in Shiracmaca Huamachuco – La Libertad 2012-2013.

Fernando Regalado Sánchez ¹; Freddy Peláez Peláez ²;
Fernando Regalado Sánchez *

¹ Centro Médico Essalud Carhuaz, Av. La Merced 382 – Carhuaz – Ancash.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n. – Ciudad Universitaria

*Autor correspondiente: qfesteban@hotmail.com (F. Regalado)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad, determinar la presencia de contaminantes químicos de (Cadmio, Cobre, Hierro, Plomo, Zinc, Cianuro y Mercurio) en los alimentos de *Solanum tuberosum* "Papa", *Triticum aestivum* "Trigo" y *Lupinus mutabilis* "Tarwi" procedentes de la minería en Shiracmaca, Huamachuco. Para tal efecto se realizó la determinación de los metales pesados, en muestras de *Solanum tuberosum* "Papa", *Triticum aestivum* "Trigo" y *Lupinus mutabilis* "Tarwi", de 54 muestras de cada una de ellas, por el método de absorción atómica se determinó cobre, plomo, cadmio, hierro y zinc y para determinar cianuro y mercurio se analizó por espectrofotometría molecular. Los resultados encontrados en las muestras de *Solanum tuberosum* "Papa" reportan concentraciones promedio de 109,8 mg/Kg en hierro, en muestras de *Triticum aestivum* "Trigo" reportan concentraciones promedio de 54,40 mg/kg en cadmio, y en muestras de *Lupinus mutabilis* "Tarwi" se reportan concentraciones promedio de 75,54 mg/kg en hierro, evidenciándose que están por encima de los niveles permisibles respectivamente. Así mismo se evidencia que las concentraciones promedio en mg/kg de mercurio, cianuro, cobre, plomo y zinc de las muestras de *Solanum tuberosum* "Papa", *Triticum aestivum* "Trigo" y de *Lupinus mutabilis* "Tarwi" alcanzaron niveles permisibles.

Palabras clave: metales pesados en zona minera; papa; trigo; tarwi.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to determine the presence of chemical contaminants (Cadmium, Copper, Iron, Lead, Zinc, Cyanide and Mercury) in the food of *Solanum tuberosum* "Potato", *Triticum aestivum* "Wheat" and *Lupinus mutabilis* "Tarwi" from mining in Shiracmaca, Huamachuco. For this purpose, heavy metals were determined in samples of *Solanum tuberosum* "Papa", *Triticum aestivum* "Wheat" and *Lupinus mutabilis* "Tarwi", of 54 samples of each of them, by the method of atomic absorption was determined copper, lead, cadmium, iron and zinc and to determine cyanide and mercury was analyzed by molecular spectrophotometry. The results found in the samples of *Solanum tuberosum* "Papa" report average concentrations of 109.8 mg / kg in iron, in samples of *Triticum aestivum* "Wheat" they report average concentrations of 54.40 mg / kg in cadmium, and in samples of *Lupinus mutabilis* "Tarwi" average concentrations of 75.54 mg / kg in iron are reported, being evident that they are above the permissible levels respectively. Likewise, it is evident that the average concentrations in mg / kg of mercury, cyanide, copper, lead and zinc of the samples of *Solanum tuberosum* "Papa", *Triticum aestivum* "Wheat" and *Lupinus mutabilis* "Tarwi"

Keywords: Chemical contaminants in foods grown in mining areas; presence of heavy metals in potato; wheat; tarwi.

1. INTRODUCCIÓN

La minería, es la industria que más tierra extrae, ya que necesita gran cantidad de suelo y roca para su explotación, utilizando compuestos altamente tóxicos como cianuro o ácido sulfúrico, para separar los metales en el proceso de lixiviación, con lo cual los relaves contienen mucho material de desecho, dentro de ellos metales pesados, material ácido y residuos químicos en proceso (Deza, 2012).

Entre las consecuencias de estos contaminantes químicos están la muerte de algunos organismos, incremento de la solubilidad de algunos metales peligrosos como el aluminio, corroe infraestructuras (puentes, puertas en canales, barcos metálicos), daña los cultivos regados con esta agua. Las sales que provienen de escorrentías naturales de la tierra y de zonas urbanas en lluvias torrenciales, de los residuos industriales y del deshielo de carreteras con sales, causan la muerte de organismos en el agua, aumenta la salinidad de los suelos y hace el agua no apta para el uso doméstico. (Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión, 2007).

En forma particular el mercurio, se encuentra en la naturaleza a bajas concentraciones en rocas, suelos, aguas de ríos y en el aire, en estas concentraciones no es peligroso, pero su incremento llega a ser muy tóxico para los humanos en su forma metilada. El incremento de concentración proviene de los residuos industriales y de los funguicidas (que absorbe la planta y pasa a los animales), el carbón y los lodos obtenidos tras la depuración de las aguas residuales, el mercurio inorgánico tiende a acumularse en el hígado y los riñones, y aunque es excretado por la orina el daño en los órganos permanece, en general, esta forma inorgánica se acumula poco en los tejidos. Sin embargo, cuando el mercurio se asienta en las profundidades de los lagos es metilado por los microorganismos anaerobios y pasa a la forma de iónmetilmercurio (CH_3Hg^+) y dimetilmercurio ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$) que es fácilmente absorbido por los animales acuáticos y concentrado en sus tejidos grasos. De esta forma se concentra cada vez más en la cadena alimenticia (Mostacero *et al.*, 2009).

El plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva. Los minerales comerciales suelen contener poco plomo (3%), lo más común es que sea del (10%). Los minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o más de plomo (Rahimi, 2013).

La absorción de plomo es un grave riesgo de salud pública; provoca retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños, causa hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos. La intoxicación se debe a la ingestión accidental de compuestos de plomo o a la ingestión por parte de los animales de forrajes o alimentos con plomo, procedentes de áreas ambientalmente contaminadas. (ATSDR, 2011)

El cianuro, sustancia tóxica que consiste de un átomo de carbono conectado a un átomo de nitrógeno por tres enlaces ($\text{C}\equiv\text{N}$). Los cianuros son compuestos (sustancias formadas por la unión de dos o más átomos) que contienen el grupo cianuro pueden (típicamente expresado como CN). Los cianuros pueden ocurrir en forma natural o ser manufacturados; la mayoría son venenos potentes y de acción rápida. El cianuro de hidrógeno (HCN), que es un gas, y las sales simples de cianuro (cianuro de sodio y cianuro de potasio) son ejemplos de compuestos de cianuro. Algunas bacterias, hongos y algas pueden producir cianuro. El cianuro se encuentra también en numerosos alimentos y plantas (Montagud, 2002).

La exposición al cianuro puede ocurrir al respirar aire, beber agua, tocar tierra o comer alimentos que contienen cianuro, diariamente los seres humanos tienen contacto directo con el cianuro o sus derivados a través de los alimentos que consume y productos que utiliza. De otro lado, en la industria minera son numerosos los trabajadores que tienen contacto frecuente con este reactivo no reportándose accidentes fatales o muertes originadas por la intoxicación de este compuesto. (Montagud, 2002)

En términos generales, se puede señalar que las personas expuestas a pequeñas cantidades de cianuro por la respiración, la absorción de la piel o el consumo de alimentos contaminados con cianuro pueden presentar algunos o todos los síntomas siguientes en cuestión de minutos: respiración rápida; agitación; mareo; debilidad; dolor de cabeza; náusea y vómito; y ritmo cardíaco rápido. Asimismo, la exposición por cualquier medio a una cantidad grande de cianuro puede también causar otros efectos en la salud como: convulsiones; presión sanguínea baja; ritmo cardíaco lento; pérdida de la conciencia; lesión en el pulmón y falla respiratoria que lleva a la muerte (Crocker y Burnett, 2007).

Efectos tóxicos crónicos atribuibles al cobre sólo parecen existir en personas que han heredado una pareja específica de genes y que, como consecuencia, desarrollan una degeneración hepatolenticular “enfermedad de Wilson” (Nordberg, 2001), la exposición a Cadmio, puede causar osteomalacia, disfunción renal y ha sido asociado con elevado riesgo de cáncer (Barenys *et al.*, 2014), y es considerado cancerígeno de clase 1 por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) (Luna y Rodríguez, 2016).

El Hierro es un irritante local para los pulmones y el tracto gastrointestinal. Se indican que la exposición prolongada a una mezcla de polvo de hierro y otros metales puede afectar a la función pulmonar. La inhalación de polvo que contenga óxido de hierro o sílice puede originar neumoconiosis, no existen conclusiones definitivas con relación al papel de las partículas de óxido de hierro en el desarrollo del cáncer de pulmón en el hombre. Los experimentos en animales indican que el polvo de óxido de hierro podría actuar como una sustancia “co-cancerígena”, favoreciendo el desarrollo del cáncer cuando se combina simultáneamente con la exposición a sustancias cancerígenas. El Zinc, en forma de sales son irritantes para el tracto gastrointestinal y en solución acuosa tiene efectos eméticos., la ingestión accidental de grandes cantidades de zinc puede producir fiebre,

náuseas, vómitos, dolor de estómago y diarrea. Por inhalación, a través de la piel el cloruro de zinc produce úlceras cutáneas (Nordberg, 2001; Seoane y Dulont, 2009).

En el distrito de Huamachuco, en los caseríos de Santa Cruz, Coigobamba, Shiracmaca, se encuentra el “cerro el Toro” área donde se viene practicando, de manera artesanal e informal, la explotación de oro desde hace aproximadamente veinte años en un área aproximada de 100 hectáreas (Casanova y Gutiérrez, 2010) actividad que está impactando negativamente a la comunidad y al medio ambiente, ya que se utiliza como insumo el cianuro, donde el relave o desmonte producto de la cianuración es acumulado al costado de estas pozas constituyendo pasivos ambientales y dada la acusada pendiente y constantes lluvias, estos relaves son deslizados a las partes bajas del cerro que van hacia las viviendas aledañas de los poblados de Shiracmaca teniendo como efectos la pérdida de suelos aptos para la agricultura, pérdida de la flora y fauna, ocasionando un evidente riesgo a la salud humana y al medio ambiente.

En Shiracmaca, particularmente Polo (2015), considera que, en la agricultura, la producción de papa, trigo, chocho, avena, cebada, habas, tiene especial importancia, tanto para el consumo local como para la comercialización, y que estos productos son cultivados en las tierras que sufren el impacto contaminante de la minería. Así mismo la evaluación de los niveles de estos contaminantes en estos alimentos permitirá obtener la calidad y esperanza de vida de las personas impactadas por la minería informal del “cerro el Toro”.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal determinar la presencia de Hierro, cobre, zinc, cadmio, cianuro, plomo y mercurio en los alimentos de *Solanum tuberosum* “Papa”, *Triticum aestivum* “Trigo” y *Lupinus mutabilis* “Tarwi” procedentes de la minería en Shiracmaca, Huamachuco, 2012-2013.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material de estudio

Área de estudio

La comunidad de Shiracmaca, está situado en el Distrito de Huamachuco, Provincia: Sánchez Carrión Departamento de La Libertad, Perú, con coordenadas UTM 829979 E y 9134939 N, a una altitud: 3166 m.s.n.m. A nivel de Centro Poblado, en Shiracmaca, existen un total de 1,200 habitantes, de los cuales el 50.49% son hombres y el 49.51% restante son mujeres (INEI, 2009)

Material de estudio

Universo: Los alimentos cultivables y consumidos por los pobladores del caserío de Shiracmaca, Distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad.

Población:

- Alimentos cultivados de *Solanum tuberosum* “Papa”, *Triticum aestivum* “Trigo” y *Lupinus mutabilis* “Tarwi” en el centro poblado de Shiracmaca, Huamachuco.
- Pobladores que viven en el Centro Poblado de Shiracmaca y se encuentran afectados por la contaminación minera directa o indirectamente, y que consumen alimentos cultivados de *Solanum tuberosum* “Papa”, *Triticum aestivum* “Trigo” y *Lupinus mutabilis* “Tarwi” en Shiracmaca, Huamachuco.

Muestra:

Alimentos cultivables del caserío de Shiracmaca (*Solanum tuberosum* “Papa”, *Triticum aestivum* “Trigo” y *Lupinus mutabilis* “Tarwi”), Huamachuco. Se recolectó de cada cultivo 54 muestras georeferenciadas en las zonas de impacto a la exposición de la minería informal de las diferentes variedades de tubérculos, cereales y legumbres.

Toma de muestras de alimentos

Se recolectó de acuerdo al siguiente criterio:

Con apoyo de profesionales especialistas y teniendo como base los puntos georeferenciados, ubicando los puntos altos de contaminación, se recogieron muestras en dichos puntos, aleatoriamente de cada surco se recogieron las muestras:

- De leguminosas *Lupinus mutabilis* “tarwi”, se tomó muestras de semillas.
- De cereales *Triticum aestivum* “trigo”, se tomó muestras de los frutos (cariopsis).
- De tubérculos *Solanum tuberosum* “papa”, se tomó los tubérculos.

Se aplicó la siguiente fórmula para calcular la muestra para las personas que consumen alimentos cultivados en el caserío de Shiracmaca-Huamachuco:

N = tamaño Poblacional: 1200 (INEI, 2009)

n_0 = Tamaño de muestra:

t = valor tabular (t student = 0,78)

S = desviación estándar

d = nivel de significancia (P.E. = 0,05)

$$n_0 = (t^2 S^2) / d^2 \quad n = n_0 / (1 + n_0/N)$$

n = 54 personas

Procesamiento de las muestras:

Cada una de las muestras se realizó un homogenizado para luego de la extracción con agua se procedió a filtrar, para luego seguir los procedimientos espectroscópicos de absorción atómica para cada metal.

El trigo y el tarwi previamente se lavó con agua de caño y agua destilada y se seco a 60°C por 2 horas. Se molió, se tamizo y se digirió con ácido fuerte y se leyó en el espectrofotómetro de absorción atómica.

La papa se lavó previamente con agua de caño y agua destilada y se seco a 60°C. Se licuo y una parte se seco por 3 horas a 60°C y se digirió con ácido fuerte. Finalmente se leyó en el espectrofotómetro de absorción atómica.

El trigo, el tarwi y la papa molido y seco, se extrajo, con hidróxido de sodio y parte del sobrenadante se analizo por espectrofotometría molecular para el cianuro y mercurio.

2.2. MÉTODOS

Absorción Atómica

Absorción atómica a la llama

Se determinaron los procedimientos espectroscópicos de absorción atómica de plomo, cobre, zinc, hierro, cadmio, mercurio y cianuro.

- La curva de calibración externa: de acuerdo al rango lineal de trabajo analítico según EPA 7429(Pb), 7410(Cu), 7190(Cd), EPA 7471 (Hg) 7061 (Fe) y EPA 9010 (Cianuro), se preparó la curva de calibración para cada elemento a partir de soluciones estándar.
- Medición de las muestras de agua: filtradas las muestras de agua se determinó la concentración de cada analito, de una manera similar a las soluciones estándares.

Determinación de metales por espectroscopia de absorción atómica de llama de plomo, cobre, cadmio, hierro, zinc (Morand *et al.*, 2011).

Toma de muestra de sangre

Antes de comenzar el procedimiento de toma de muestras el investigador coordinó con un representante de la comunidad de Shiracmaca para informar y con un personal profesional para hacer conocer el documento de consentimiento informado firmado en todas sus partes. La venopunción se hizo solamente en las venas periferales de las extremidades superiores. El Personal pudo hacer sólo un máximo de tres intentos para obtener las muestras de sangre. No se permitió tomar muestras adicionales a las mencionadas en el protocolo y/o en el documento de consentimiento informado. A los participantes de estudio no se le pudo sacar más de 3ml/kg en un período de 24 horas con el único propósito de investigación clínica (no hay beneficio para el participante). A los participantes de estudio no se les pudo sacar más de 5ml/ kg en un período de 60 días con el único propósito de la investigación clínica. (Crocker, 2007)

Análisis Estadístico

Los datos del estudio se ingresaron y se procesaron en el programa Microsoft Office Excel 2007. Para poder

encontrar las concentraciones de metales en mg/Kg o ppm se elaboró una curva de calibración a partir de la cual se obtuvo una ecuación en la cual se reemplazó los valores de las absorbancias de los estándares, así conseguimos los resultados respectivos para las muestras analizadas. Para evaluar las diferencias significativas entre las alteraciones microsómicas dentro de las concentraciones de metales pesados en estudio, se aplicó las pruebas estadísticas de Análisis de Varianza (ANOVA) y el Test de DUNCAN con un nivel de confianza del 95% y Técnicas especiales no paramétricas ligadas al estudio de la supervivencia. (Dawson-Saunders y Trapp, 1993).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Análisis de Varianza (ANOVA) de la concentración de *Solanum tuberosum* “Papa”. (mg/kg)

ANOVA DE UN FACTOR: PAPA					
ANÁLISIS DE VARIANZA	SC	GL	CM	F	P
MINERALES	435787,00	4	108946,75	270,25	0,000
ERROR EXPERIMENTAL	106831,42	265	403,14		
TOTAL	542618,42	269			

Tabla 2. Prueba de DUNCAN (Post ANOVA) de la concentración *Solanum tuberosum* “Papa” (mg/kg)

DUNCAN: PAPA							
GRUPO	N	SUBCONJUNTO PARA ALFA = 0,05					
		1	2	3	4	5	6
CADMIO	54	0,42					
PLOMO	54	3,33					
COBRE	54		18,83				
ZINC	54			27,08			
HIERRO	54				109,80		
MERCURIO	54					0,00	
CIANURO	54						0,00
P		0,452	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 3. Concentración promedio de los contaminantes químicos respecto a las muestras de *solanum tuberosum* “Papa” (mg/kg)

ESTADÍGRAFO	COBRE	CADMIO	HIERRO	PLOMO	ZINC	MERCURIO	CIANURO
PROMEDIO	18,83	0,42	109,80	3,33	27,08	0,00	0,00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	6,52	0,10	42,12	1,90	13,98	0,00	0,00

En la Tabla 1, se observa el análisis Anova de los minerales respecto a la *Solanum tuberosum* “Papa”, donde el nivel de significancia (P) de la prueba de Fisher (F) es $P = 0.000$ la cual es menor al 5% estándar, demostrándose que existe diferencia significativa entre los minerales respecto a la papa. En la Tabla 2, se observa el análisis post Anova de los minerales respecto a la papa donde el hierro es el mineral más efectivo por obtener mayor concentración promedio respecto a *Solanum tuberosum* “Papa”. En la Tabla 3, se observa la comparación de las concentraciones promedios de los minerales respecto a la papa, donde el hierro es el mineral con mayor concentración promedio (109.80 mg/kg), seguido del zinc (27.08 mg/kg), el cobre (18.83 mg/kg), el plomo (3.33 mg/kg) y por último el cadmio (0.42 mg/kg). También se observa una mayor dispersión absoluta en el mineral del hierro y el cadmio con menor desviación estándar.

La Minería Artesanal es una actividad que involucra a familias, que han encontrado una gran oportunidad para salir de la pobreza y combatir el desempleo, forjando un futuro mejor con sus propias manos. Con poca inversión, tecnología sencilla y trabajo intensivo aprovechan aquellos yacimientos que para la minería convencional

han dejado de ser atractivos hace décadas. A pesar de su enorme potencial, la minería artesanal enfrenta cotidianamente múltiples problemas. Lo que al inicio fueron campamentos espontáneos, hoy son centros poblados desordenados y sin servicios básicos, donde la cercanía de socavones y viviendas atenta contra la salud de sus pobladores. Al peligro del trabajo en la mina se suman los riesgos de la contaminación ambiental, sobre todo por cianuro (Municipalidad Provincial Sánchez Carrión, 2007). Gran parte de la minería artesanal desempeña sus actividades bajo la modalidad de minería informal, que es cuando las minas no cuentan con derechos de explotación, además que es realizada sin cumplir con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental que la regulan, en zonas no prohibidas para la actividad minera (Dammert y Molinelli, 2007; Torres, 2015)

En la actualidad el impacto de la minería es uno de los problemas que afecta al medio ambiente mundial; el Perú no se encuentra exento de dicho problema, ya que es un país con grandes yacimientos mineros. Una de las actividades es la minería artesanal que se viene desarrollando en el poblado de Shiracmaca en Huamachuco – La Libertad donde gran parte de la población se dedica a la extracción de oro, ocasionando en ellos un grave problema de salud. Este impacto origina daños a nivel de vías urinarias, afecciones a las vías respiratorias, problemas estomacales, y otras enfermedades (Basta, 2004).

Los resultados obtenidos coinciden con otras investigaciones realizadas (Chang, 19982; Lubben y Sauerbeck, 2001; Okamoto *et al.*, 1990; Jhon y Leventhal, 1995) donde indican que la semilla acumula menor cantidad de Cd y Zn, por lo que es difícil que las concentraciones superen los límites de tolerancia permitidos. Otros elementos tales como Cu, Ni y Pb son absorbidos en muy bajas concentraciones, debido a que se adhieren a las paredes de las raíces de las plantas evitando así la acumulación dentro de los tejidos vegetales. Las concentraciones de metales pesados en el grano de trigo se encontraron por debajo del límite de tolerancia permitidas para consumo.

La absorción de metales pesados por las plantas es el primer paso de su entrada en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen del movimiento de los metales desde el suelo a la raíz de la planta (Kabata, 2000). Las especies vegetales, incluidos algunos cultivos, tienen la capacidad de acumular metales en sus tejidos. Las plantas capaces de absorber y acumular metales por sobre lo establecido como normal para otras especies en los mismos suelos. Las plantas hiperacumuladoras generalmente tiene poca biomasa debido a que ellas utilizan más energía en los mecanismos necesario para adaptarse a las altas concentraciones de metal en sus tejidos (Pérez *et al.*, 2004). El Cu tiene poca movilidad relativamente baja respecto a otros elementos en las plantas, permaneciendo en los tejidos de las raíces y hojas hasta su senescencia.

Las mayores concentraciones de Cu en órganos reproductores varían ampliamente con la especie, así mismo en los órganos reproductores se ha encontrado en el embrión y la cubierta seminal de granos de cereales (Pearson *et al.*, 1996), señalando que la relación (metal en grano y en hoja/metal cambiante en suelo) decrece en orden Zn>Cu >Pb>Cd, siendo los valores más altos para hojas, que para granos. En trigo (*Triticum Aestivum*) excesos de Cu reducen el transporte de Zn en el floema debido a que Cu y Zn compiten por los mismos sitios de transporte (Laperche *et al.*, 1997). La barrera suelo-planta limita la transmisión de Pb a la cadena alimentaria, ya sea por procesos de inmovilización química en el suelo, o limitando el crecimiento de las plantas antes que el Pb absorbido alcance niveles que pueden ser dañinos para el ser humano (Corcuera, 2010).

Los valores encontrados en las muestras analizadas, 109.8 mg/kg de hierro (Fe) en *Solanum tuberosum* “Papa” infieren mayor concentración al valor normal de 0.31 mg/Kg; mientras que el cadmio (Cd) de 0.42 mg/kg infiere menor concentración al valor normal de 0.25 mg/kg. El riesgo de los metales pesados para la salud humana y ecosistemas depende directamente de su solubilidad y biodisponibilidad (Jorhem *et al.*, 1991). La concentración de Cadmio en cereales, papas y verduras no es alta al compararla con la que hay en otros productos alimenticios (Naidu *et al.*, 2003).

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración del *Triticum aestivum* “Trigo” (mg/kg)

ANOVA DE UN FACTOR: TRIGO					
ANÁLISIS DE VARIANZA	SC	GL	CM	F	P
MINERALES	103143,35	4	25785,84	918,08	0,000
ERROR EXPERIMENTAL	7442,98	265	28,09		
TOTAL	110586,33	269			

Tabla 5. Prueba de DUNCAN (Post ANOVA) de la concentración *triticum aestivum* “Trigo”. (mg/kg)

DUNCAN: TRIGO								
GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0,05						
		1	2	3	4	5	6	7
COBRE	54	0,51						
HIERRO	54		2,69					
ZINC	54			20,89				
PLOMO	54				27,27			
CADMIO	54					54,40		
MERCURIO	54						0,00	
CIANURO	54							0,00
P		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 6 Concentración promedio de los contaminantes químicos respecto a las muestras de de *Triticum aestivum* “Trigo” (mg/kg)

	COBRE	CADMIO	HIERRO	PLOMO	ZINC	MERCURIO	CIANURO
PROMEDIO	0,51	54,40	2,69	27,27	20,89	0,00	0,00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,13	8,64	0,44	2,53	7,70	0,00	0,00

En la Tabla 4, se observa el análisis Anova de los minerales respecto al trigo donde el nivel de significancia (P) de la prueba de Fisher (F) es $P = 0.000$ la cual es menor al 5% estándar, demostrándose que existe diferencia significativa entre los minerales respecto al trigo. Del Cadmio con respecto al Cobre (Cu). En la Tabla 5, se observa el análisis post Anova de los minerales respecto al *Triticum aestivum* “Trigo”, donde el cadmio es el mineral más efectivo por obtener mayor concentración promedio respecto al trigo. En la Tabla 6, se observa la comparación de los rendimientos promedios de los minerales respecto al *Triticum aestivum* “Trigo”. Donde el cadmio es el mineral con mayor concentración promedio (54.40), seguido del plomo (27.27), el zinc (20.89), el hierro (2.69) y por último el cobre (0.51). También se observa una mayor dispersión absoluta en el mineral del cadmio y el cobre con menor desviación estándar.

Los valores encontrados en las muestras de trigo analizadas, sobre la presencia de metales pesados, donde sobresale la mayor concentración de Cadmio (Cd) de 54.4 mg/kg, el valor límite sugerido para cereales y leguminosas de grano es de 0.1 mg/kg. de Cadmio (Cd); en contraste al Cobre (Cu), cuya concentración es 0.51 mg/Kg, siendo su valor normal 2.6 mg/Kg a 6.8 mg/Kg. Esto se sustenta que la cubierta seminal de granos de cereales, señalan que la relación (metal en grano y en hoja), decrece en orden de $Zn > Cu > Pb > Cd$. Siendo los valores más altos para hojas que para granos. En Trigo (*Triticum aestivum*) excesos de Cu reducen el transporte de Zinc (Zn) en floema debido a que Cu y Zn compiten por los mismos sitios de transporte (Naidu *et al.*, 2003).

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) de la concentración de *Lupinus mutabilis* “Tarwi”. (mg/kg)

ANOVA DE UN FACTOR: TARWI					
ANÁLISIS DE VARIANZA	SC	GL	CM	F	P
MINERALES	222774,40	4	55693.60	387.59	0.000
ERROR EXPERIMENTAL	38078,15	265	143,69		
TOTAL	260852.55	269			

Tabla 8. Prueba de DUNCAN (Post ANOVA) de la concentración *Lupinus mutabilis* “Tarwi”.

DUNCAN: TARWI							
GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0,05					
		1	2	3	4	5	6
CADMIO	54	0,58					
PLOMO	54	4,21					
COBRE	54		14,13				
ZINC	54			46,85			
HIERRO	54				75,54		
MERCURIO	54					0,00	
CIANURO	54						0,00
P		0,117	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Tabla 9. Concentración promedio de los contaminantes químicos respecto a las muestras de *lupinus mutabilis* “Tarwi”. (mg/kg)

	COBRE	CADMIO	HIERRO	PLOMO	ZINC	MERCURIO	CIANURO
PROMEDIO	14,13	0,58	75,54	4,21	46,85	0,00	0,00
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	2,54	0,24	24,39	1,20	10,77	0,00	0,00

En la Tabla 7, se observa el análisis Anova de los minerales respecto al *Lupinus mutabilis* “tarwi”. Donde el nivel de significancia (P) de la prueba de Fisher (F) es $P = 0.000$ la cual es menor al 5% estándar, demostrándose que existe diferencia significativa entre los minerales respecto al tarwi. En la Tabla 8, se observa el análisis post Anova de los minerales respecto al *Lupinus mutabilis* “Tarwi”. Donde el hierro es el mineral más efectivo por obtener mayor concentración promedio respecto al tarwi. En la Tabla 9 se observa la comparación de los rendimientos promedios (mg/kg) de los minerales respecto al *Lupinus mutabilis* “tarwi”. Donde el hierro es el mineral con mayor concentración promedio (75.54), seguido del zinc (46.85), el cobre (14.13), el plomo (4.21) y por último el cadmio (0.58). También se observa una mayor dispersión absoluta en el mineral del hierro y el cadmio con menor desviación estándar. Esto se puede sustentar que estas diferencias en la absorción de metales pueden ser atribuidas a la capacidad de retención del metal por el suelo y a la interacción planta-raíz-metal (Naidu *et al.*, 2003). El comportamiento de la planta frente a los metales pesados depende de cada metal.

Nuestro interés y preocupación en el estudio de los efectos de la minería artesanal, es el uso del Hg, cianuro en la extracción de oro; pero al analizar nuestras muestras no tuvieron significancia en la concentración de las muestras estudiadas. Esto se debería a que la absorción de Hg, Cianuro desde el suelo a las plantas es baja constituyéndose en una barrera para la translocación desde las raíces a las partes aéreas de las plantas. Esto se puede fundamentar con lo afirmado, en que las plantas generalmente se observa un contenido mayor en las raíces, qué en las hojas y tallos, mientras que la concentración más baja está en los granos (Patra y Shama, 2000).

La Organización Mundial de la Salud (2013) menciona que la presentación y severidad de los signos, síntomas y alteraciones en el organismo se relaciona con las cantidades, el tiempo de exposición y con la vía de entrada del metal. En exposición crónica se observa anemia, disfunción renal, cálculos renales, osteoporosis, osteomalacia, trastornos respiratorios, hipertensión, trastornos nerviosos (cefalea, vértigo, alteración del sueño, temores, sudoración, paresia, contracciones musculares involuntarias), pérdida de peso y apetito, cáncer de próstata y pulmón. En intoxicación aguda hay neumonitis y edema pulmonar, gastroenteritis, náuseas, vómito, dolor abdominal, diarrea, fallo renal, y finalmente puede ocurrir aberraciones cromosómicas, efectos teratogénicos y congénitos. En riñón (túbulos renales) se puede acumular hasta por 30 años.

4. CONCLUSIONES

Se encontraron en promedio altas concentración de Hierro en muestras de *Solanum tuberosum* “papa” (109.8 mg/kg) y *Lupinus mutabilis* “tarwi” (75.54 mg/kg), en relación al *Triticum aestivum* “trigo” se encontraron

altas concentración de Cadmio (54.40 mg/kg), infiriéndose que están por encima de los niveles permisibles respectivamente.

Las concentraciones promedio de mercurio, cianuro, cobre, plomo y zinc en las muestras de *Solanum tuberosum* “papa”, *Triticum aestivum* “trigo” y *Lupinus mutabilis* “tarwi”, no son significativas, por lo cual las concentraciones de mercurio, cianuro, cobre, plomo y zinc en muestras de la *Solanum tuberosum* “papa”, *Triticum aestivum* “trigo” y del *Lupinus mutabilis* “tarwi”, no afectan a la salud directamente.

Los resultados de análisis clínicos en los pobladores afectados directa e indirectamente por la minera en el centro poblado de Shiracmaca, un gran porcentaje de los valores de Hemoglobina, Triglicéridos, Creatinina, BUN y Depuración de creatinina se encuentran en niveles elevados, ocasionando problemas de salud como hiperlipemia, disfunción renal, hipertensión arterial y problemas cardiovasculares, asimismo para los valores de Glucosa y Urea se evidencia que un mayor porcentaje se encuentran dentro de los valores normales, evidenciando niveles no significativos de la presencia de cianuro en las muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barenys, M., Boix, N.; Farran-Codina, A.; Palma-Linares, I.; Montserrat, R.; Curto, A.; Gomez-Catalan, J.; Ortiz, P.; Deza, D; Llobet, J. 2014. Heavy metal and metalloids intake risk assessment in the diet of a rural population living near a gold mine in the Peruvian Andes. *Food and Chemical Toxicology*. 71:254-263
- Basta, N. 2004. Heavy metal and trace element chemistry in residual-treated soil: implication on metal bioavailability and sustainable lan application. In: Sustainable land application Conference, January, 4-8, Florida; University of Florida. EE.UU.
- Casanova, H. y M. Gutiérrez. 2010. Calidad de ADN de personas impactadas por la minería artesanal en el cerro el Toro, Huamachuco, La Libertad. I Congreso Latinoamericano de Ciencias Farmacéuticas, retos y realidades. Libro de Trabajo de Investigación. Cusco. Perú. (158-174). 2011).
- Chang, A. 1982. Heavy metal absorption by winter wheat following termination of cropland sludge applications. *J Environ Qual* 11 (1982) 705-708.
- Clesceri, L.; Greenberg A; Trussell, R. 1992. Métodos Normalizados. 17ed. Ed. Díaz de Santos, S.A. España. p: 3-82
- Corcuera, C. 2010. Estudio de la Minería Informal en el cerro El Toro de Huamachuco. [Fecha de acceso 31 de agosto 2010]. Disponible en:
http://issuu.com/ann/docs/estudio_de_la_mineria_informal_en_el_cerro_el_toro
- Crocker, J. y D. Burnett. 2007. La Ciencia del Diagnóstico de Laboratorio. 2da edición. Mexico. Edit. Mc Graw Hill. p. 40-129
- Crocker, J. y Burnett, D. 2007. La Ciencia del Diagnóstico de Laboratorio. 2da edición. Mexico. Edit. Mc Graw Hill. p. 40-129
- Dammert A. y Molinelli, F. 2007. Panorama de la Minería en el Perú. OSINERGMIN. Lima.
- Dawson-Saunders, B. y Trapp. R. 1993. Bioestadística Médica. 2da ed. México. Ed. El manual Moderno. p. 77- 123
- Deza, N. 2002. Oro, cianuro y otras crónicas ambientales. En busca de una minería ambientalmente responsable. Edit. Universitaria UNC. Cajamarca.
- INEI. 2009. Estado de la Población Peruana. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Biblioteca Nacional del Perú. Disponible.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0879/libro.pdf
- Jhon, D. y Leventhal, J. 1995. Bioavailability of metals. In: Du Bray (Ed). Preliminary compilation of descriptive geoenvironmental mineral deposit models. Denver, Colorado.U.S. Department of Interior. U.S. Geological Survey (USGS).
- Jorhem, L.; Sundstrom, B.; Ohlin, B. 1991. Lead, cadmium, arsenic and mercury in meat, liver and kidney of Swedish pigs and cattle in 1984-88. *Food Additives and Contaminants*. 8(2):201-212.
- Kabata, A. 2000. Trace elements in soil and plants. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. ISSN-1870-0462,3:413,2000.

- Lubben, S., y Sauerbeck, D. 2001. The uptake and distribution of heavy metals by spring wheat. Institute of Plant Nutrition and Soil Science. German Federal Research Centre of Agriculture, D-3300 Brunswick, Germany Water,-Air,-and-Soil-Pollution. 57-58:239-247
- Luna, R. y Rodríguez, V. 2016. Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo papa (*Solanum tuberosum*) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca. Tesis para optar al Título Profesional de Químico Farmacéutico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Montagud, A. 2002. Genotóxicos: Control Biológico. Centro Nacional de condiciones de trabajo. NTP192. p. 8,10-22
- Morand, E.; Giménez M.; Benites M; Garro, O. 2011. Determinación de arsénico en agua por espectrometría de absorción atómica con generación de hidruro (HG-AAS). Formato PDF. [Fecha de acceso: 14 de noviembre del 2011]. Soporte URL. Disponible en:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/arsenico/morand.pdf>
- Mostacero, J.; Mejía, F.; Peláez, F. 2009. Fitogeografía del Norte del Perú. 5ta ed. Lima Perú: Concytec. p.210-300
- Municipalidad Provincial de Sánchez Carrión. 2007. Plan de Infraestructura Económica Provincial. Documento región La Libertad [internet] p: 29-30. [acceso 23 mayo 2013]; Disponible en: http://www.region-lalibertad.gob.pe/Sir/admin/docs/PIEP_Sanchez_Carrion.pdf
- Naidu, R.; Kookana, R.; Rogers, S.; Bolan, N.; Adriano, D. 2003. Bioavailability of metals in the soil–plant environment and its potential role in risk assessment. In: Naidu, R., Gupta, V.V.S.R., Rogers, S., Kookana, R.S., Bolan, N.S., Adriano, D., (Eds.), Bioavailability, Toxicity, and Risk Relationships in Ecosystems. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, pp. 46–81
- Nordberg, G. 2001. Metales: propiedades químicas y toxicidad. En Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo. Disponible en:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>. Consultado 20 febrero 2017.
- OMS. 2013. World Health Organization. Inorganic Lead. Environmental Health Criteria. Geneva (Suiza): 165 p Inorganic Lead. Environmental Health Criteria. Geneva (Suiza): 165 p
- Pearson, J.; Rengel, N.; Jenner, Z.; Graham, R. 1996. Manipulation of xylem transport affects Zn and Mn transport into developing wheat grains of cultured ears. *Physiologia Plantarum*.98:229-234.
- Patra, M. y Sharma, A. 2000. Mercury toxicity in plants. *Bot. Rev.* 66, 379–422. Pickering, I.J., Prince, R.C., George, M.J., Smith, R.D., George, G.N., Salt, D.E., 2000. Reduction and coordination of arsenic in Indian mustard. *Plant Physiol.* 122, 1171–1178
- Pérez, L.; Moreno, A.; Gonzáles; J. 2004. Índices de acumulación de metales pesados en granos y hojas de trigo. *Schironia* N°3:5-9.
- Polo, J. 2015. Valor económico de los suelos agrícolas impactados por la minería para cultivos de *Solanum tuberosum*, “papa”, en Shiracmaca, Sanchez Carrión, La libertad, Perú, 2012-2013. Tesis Maestría en Ciencias-Gestión Económica Medio Ambiental y los Recursos Naturales. Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Rahimi, E. (2013). Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. *Food Chemistry*, p. 389–391.
- Romero, P.; Bravo, J.; Gómez, S. 1994. Efecto citogenético en cultivo de linfocitos humanos. *Rev. Instituto de Enfermedades Respiratorias.* 7(3). p. 9 -12
- Seoane, A. y Dulont, F. 2009. Inducción de aneuploidia por metales pesados. Artículo en revisión. p. 38-58
- Torres, V. 2015. Minería Ilegal e Informal en el Perú: Impacto Socioeconómico. Cuadernos de Cooperación N° 2. Sonimágenes del Perú S.C.R.L. Lima

APENDICE

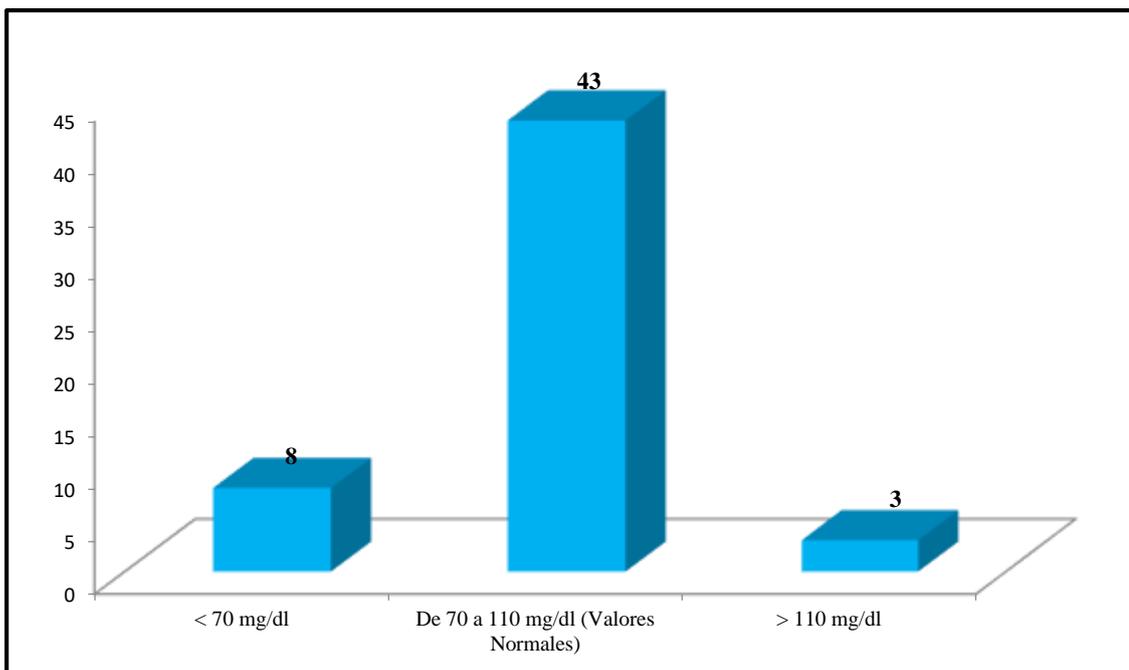


Figura 1. Determinación de Glucosa en pobladores del centro poblado de Shiracmaca

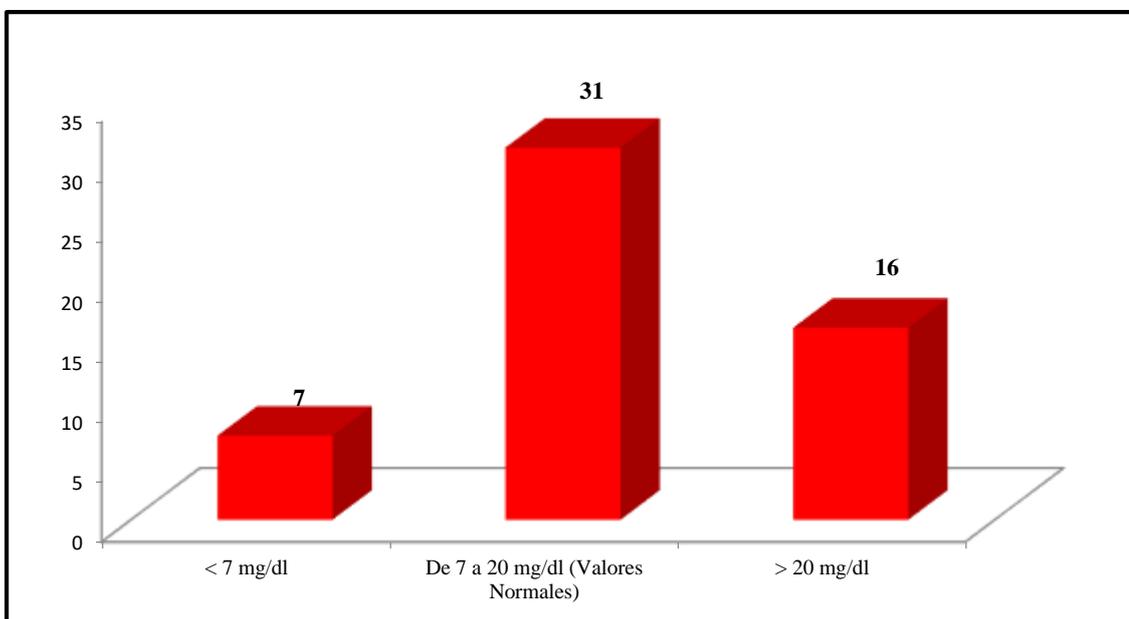


Figura 2. Determinación de Urea en pobladores del centro poblado de Shiracmaca

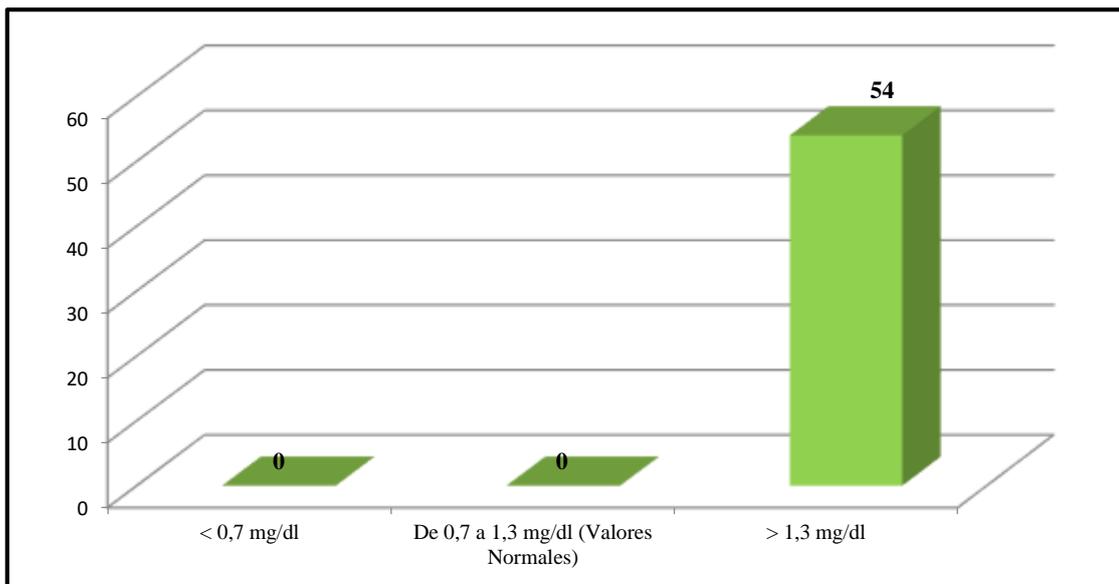


Figura 3. Determinación de Creatinina en pobladores del centro poblado de Shiracmaca

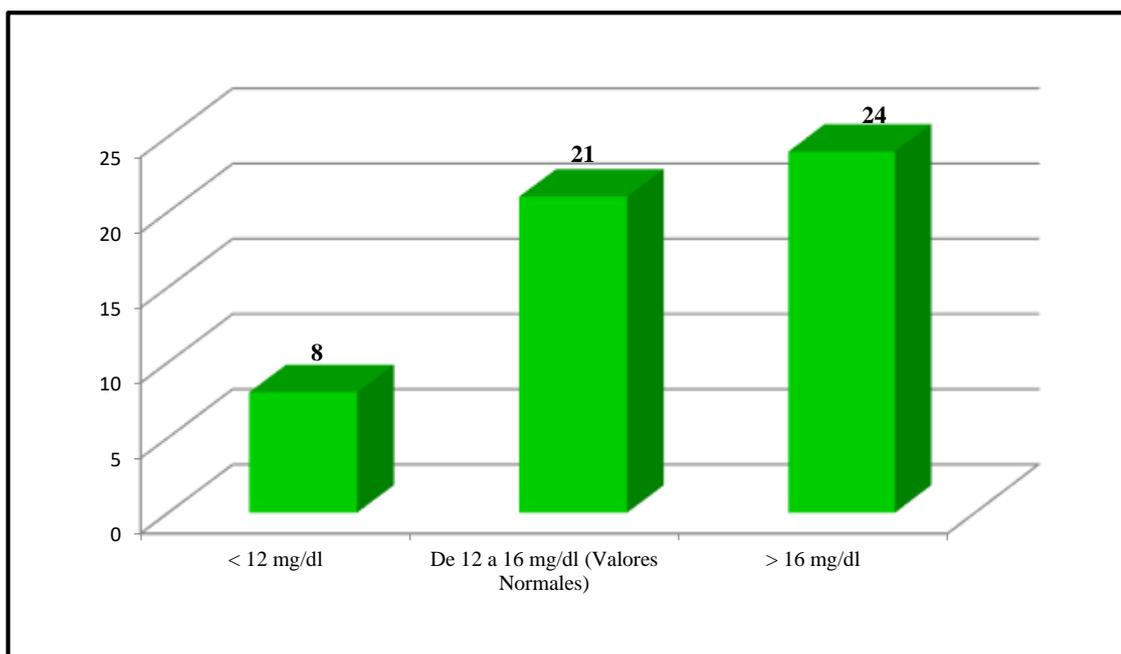


Figura 4. Determinación de Hemoglobina en pobladores del centro poblado de Shiracmaca

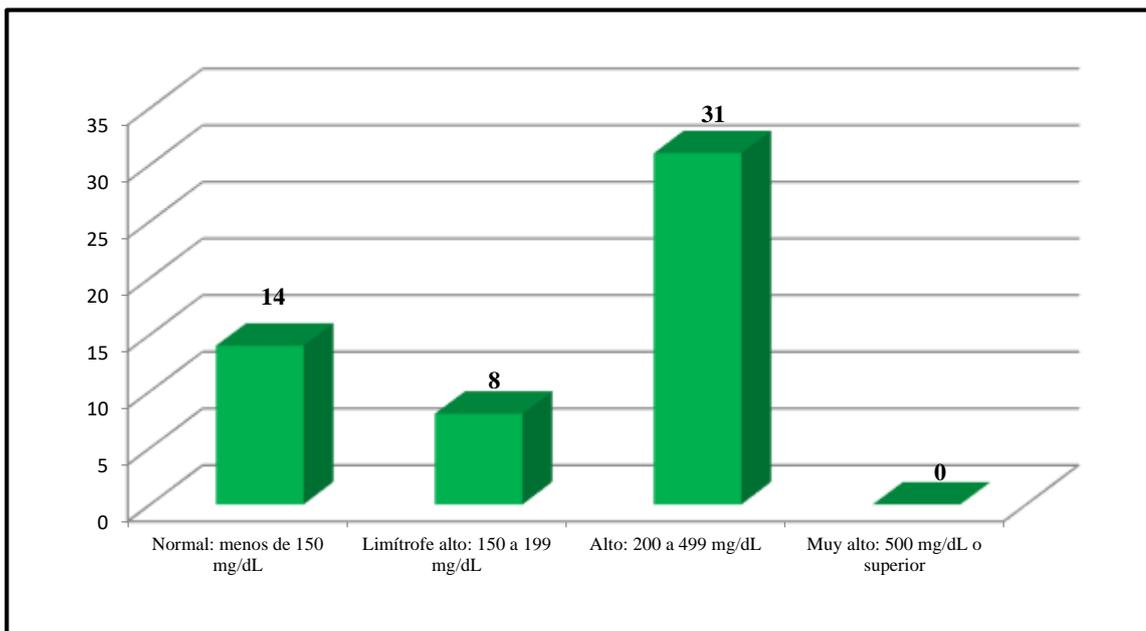


Figura 5. Determinación de Trigliceridos en pobladores del centro poblado de Shiracmaca

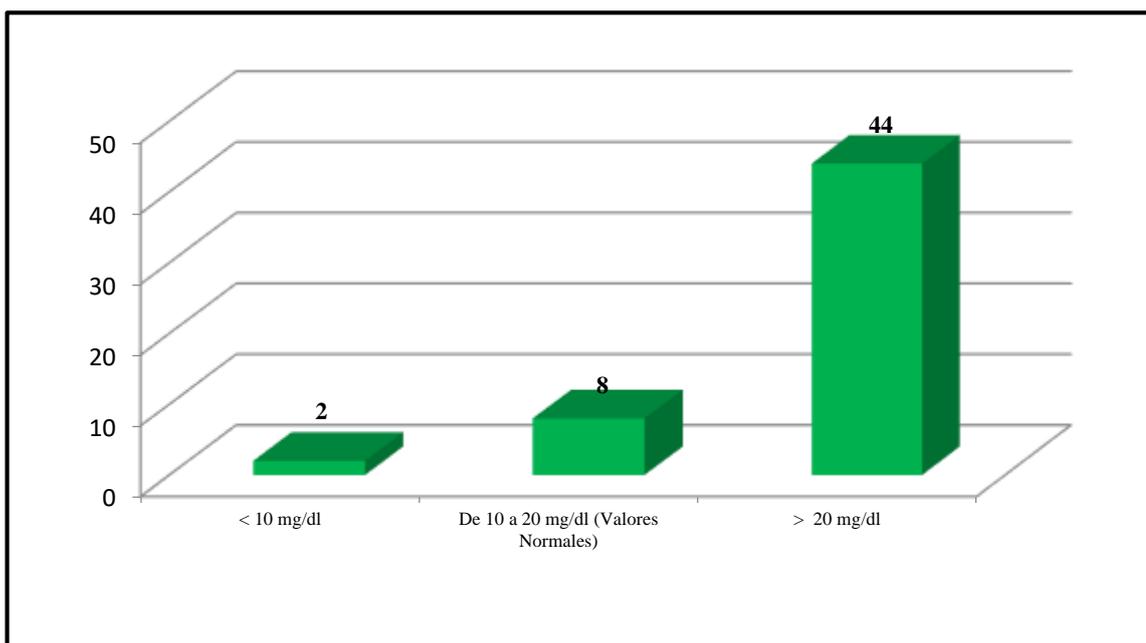


Figura 6. Determinación de BUN en pobladores del centro poblado de Shiracmaca

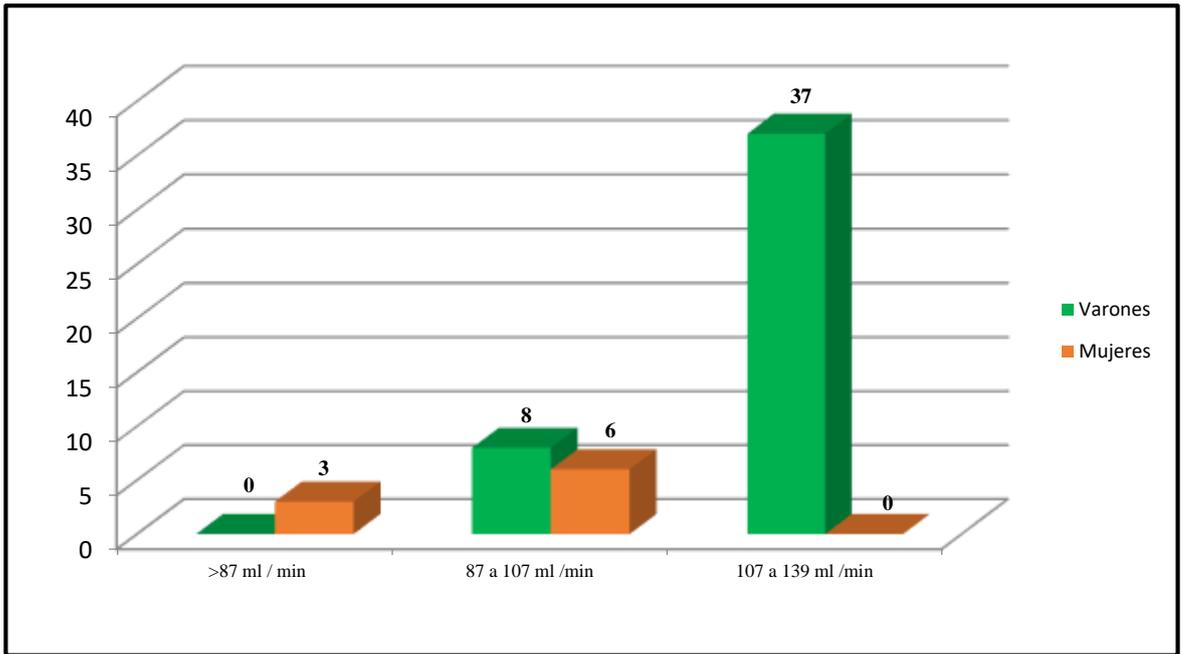


Figura 7. Determinación de Depuración de Creatinina en pobladores del centro poblado de Shiracmaca