

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE FARMACIA  
Y BIOQUÍMICA**



**Determinación de Arsénico en tubérculos de  
*Solanum tuberosum* “papa blanca” provenientes  
del mercado mayorista Nery García Zárate.  
Ayacucho.2008**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
QUÍMICO FARMACÉUTICA**

Presentado por:  
**Bach. TELLO JOYO, FANY**

**AYACUCHO- PERÚ  
2011**

*El presente trabajo es dedicado a mis Padres Alejandro y Felicitas, a mis hermanos, Iván, John y Rocío y todos los que colaboraron con su apoyo de una u otra forma desde el inicio, hasta la culminación de este trabajo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios por darme la vida, por estar siempre presente en cada una de mis actividades, por darme la fuerza necesaria para seguir adelante, por poner en mi camino personas tan maravillosas y por las bendiciones y regalos que recibo día a día.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de formación de profesionales humanistas con profundo sentido social.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Biológicas, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Farmacia y Bioquímica, que con sus enseñanzas fueron partícipes de esta formación profesional.

A los Químicos Farmacéuticos: Edwin Enciso Roca y Jesús Lizano Gutiérrez, por su valiosa asesoría y consejos para elevar el nivel profesional del Químico Farmacéutico.

De igual manera doy un reconocimiento y gratitud a todas las personas que apoyaron en las diferentes labores o etapas del presente trabajo de tesis.

## ÍNDICE

	<b>Pag.</b>
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	01
II. MARCO TEÓRICO	03
2.1 Toxicología de alimentos	03
2.1.1 Fundamentos de toxicología	03
2.1.2 Metales tóxicos en alimentos	04
2.2 Arsénico	04
2.3 Papa	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Ubicación	30
3.2. Material biológico	30
3.3. Diseño metodológico	30
3.6. Análisis estadístico	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSION	46
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	58

Determinación de Arsénico en Tubérculos de *Solanum tuberosum* "papa blanca" Provenientes del Mercado Mayorista Nery García Zárate. Ayacucho. 2011.

**Autora:** Bach. Fany Tello Joyo.

Asesores: Q.F. Edwin Enciso Roca.

Q.F. Jesús Lizano Gutiérrez.

### RESUMEN

El uso del arsénico y sus compuestos ha estado ligado a las actividades humanas, el cual es un metaloide presente en la corteza terrestre con una concentración promedio de 1,5 - 3 mg.Kg<sup>-1</sup>. La incorporación del arsénico al agua en la naturaleza resulta uno de los procesos naturales; con motivo de su aumento en la corteza terrestre ha empezado a aparecer en productos alimenticios, que es motivo de este estudio, con la objetivo de determinar la presencia de arsénico en tubérculos de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate, provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba.

El análisis de arsénico presente en el tubérculo se llevó acabo en el laboratorio de Bromatología y Toxicología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSCH, empleando el método de Vasak y Sedivek.

El nivel de Arsénico encontrado en papa blanca fue en promedio de 0,31 ppm con un máximo de 0.51 ppm y un mínimo 0.1 ppm; para los procedentes de Chontaca fue de 0,337 ppm y para Sachabamba de 0,298 ppm, al realizar la prueba de Student (t) no se halló significancia estadística ( $p > 0,05$ ) y por variedades los niveles fueron para "yungay" de 0.385 ppm, "canchán" de 0,338 ppm, "tomasa" de 0,279 ppm y para "mariva" de 0,262 ppm siendo estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Se encontró arsénico en *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba, los cuales están dentro del límite permisible dado por la FDA.

**Palabras clave:** Arsénico, *Solanum tuberosum*.

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el uso del arsénico y sus compuestos ha estado ligado a las actividades humanas. Fue prescrito por Hipócrates (400 A.C.) que lo utilizaba en forma de pomada de rejalgar ( $\text{AsS}$ ) para tratar úlceras en piel, Dioscórides utilizaba el oropimente como depilatorio. Hacia 1250 Alberto Magno obtuvo el arsénico a partir del oropimente ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), en 1530 Paracelso describió sus usos medicinales, durante la primera guerra mundial el uso de gases tóxicos cada vez más letales permitió el desarrollo armas químicas a base de gases como el gas Lewisita (Clorovinil-dicloroarsina), que es un vesicante, irritante y tóxico sistémico (Córdova, 2000).

El arsénico se utilizó contra el paludismo, enfermedad de Hodkin, liquen, eczemas y lupus eritematoso. En 1911 Paul Ehrlich descubrió el salvarsán, un derivado orgánico del arsénico que fue el tratamiento estándar contra la sífilis (Casarett, 1980). Existe información sobre el uso de arseniato de sodio (Atoxil) para combatir la tripanosomiasis. Sus sales orgánicas se utilizaron como tónico, para el control de procesos febriles y como sedante. Hutchinson lo utilizó como anti anémico. El arsénico inorgánico trivalente en forma de arsenito de potasio ( $\text{K}_3\text{AsO}_3$ ) o licor de Fowler, fue utilizado durante décadas en el tratamiento de la psoriasis y

como tónico, se han reconsiderado sus propiedades para tratar la leucemia promielocítica aguda refractaria utilizando trióxido de arsénico (Steven, 1998).

Hacia 1960 fue introducido en la clínica como amebicida. Actualmente forma parte de la medicina tradicional china y todavía hoy se encuentran remedios en uso en Extremo Oriente y en Asia Central.

Este elemento ocupa el 20º lugar en abundancia en la corteza terrestre. Se moviliza fácilmente a través de una combinación de procesos naturales tales como emisiones volcánicas, explotación de mantos acuíferos profundos y actividades antropogénicas como minería, uso de combustibles, uso de pesticidas orgánicos, herbicidas, etc. Con motivo de su aumento en la corteza terrestre ha empezado a aparecer en productos alimenticios vegetales. Son muy pocos los estudios de arsénico en vegetales que se encuentran en la literatura, en Perú no se hicieron estudios en diversos vegetales y aún menos en papa, lo que es motivo de este estudio, pues su cultivo se extiende cada vez con mayor intensidad.

Por tales consideraciones se realizó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

**-GENERAL:**

- Determinar la presencia de arsénico en tubérculos de *Solanum tuberosum* “papa blanca” provenientes del mercado mayorista Nery García Zárate.

**- ESPECÍFICOS:**

- Cuantificar la concentración de arsénico según procedencia.
- Cuantificar la presencia de arsénico según variedades o tipos de papa blanca.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 TOXICOLOGÍA DE ALIMENTOS

#### 2.1.1 FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGÍA

La toxicología de los alimentos o también conocida como toxicología bromatológica, es una especialidad de la toxicología ambiental, que se refiere al conocimiento sistemático y científico de la presencia de sustancias potencialmente dañinas en los alimentos, y evitar hasta donde sea posible la ingesta de una cantidad que ponga en riesgo la salud del consumidor (Shibamoto y Bjeldanes, 1996).

Respecto al origen de los tóxicos en alimentos, se pueden considerar cuatro fuentes principales: naturales, intencionales, accidentales y generados por proceso. Los tóxicos naturales pueden causar ocasionalmente problemas, debido a que pueden encontrarse inesperadamente en alimentos en una concentración mayor a la normal, o bien confundirse con especies inocuas, con tóxicas, como sucede frecuentemente con algunos hongos comestibles (Sanz y Sánchez, 2006).

Los tóxicos intencionales son ajenos al alimento, agregados en cantidades conocidas para lograr un fin particular, como son los aditivos.

Los tóxicos accidentales representan por lo general el mayor riesgo para la



salud, la que a diferencia de los anteriores, no se conoce la cantidad ni la fecha en que se ingieren, su frecuencia, el tipo de alimento asociado, cómo llegó al alimento, o bien cuando se presenta un tóxico poco conocido.

Los tóxicos generados por procesos son el resultado de su transformación a través de diferentes estados de elaboración, desde su cocción, estabilización, formulación, mezclado, esterilización, transporte (Sánchez, 2006).

### **2.1.2 METALES TÓXICOS EN ALIMENTOS**

Un metal tóxico es aquel que pertenece al grupo de elementos que no son necesarios o benéficos, capaces de causar efectos indeseables en el metabolismo, aún a concentraciones bajas. Los metales que se encuentran en alimentos, deben su presencia a diferentes causas, que van desde su obtención o cultivo, hasta su industrialización y distribución (Sanz, 2006).

## **2.2 ARSÉNICO**

### **2.2.1 Características generales**

Es un metaloide del Grupo VA del sistema periódico, peso molecular 74.9 y con número atómico 33, es un elemento natural que presenta propiedades tanto físicas como químicas de metales y a su vez de no metales.

Existe en dos formas primarias: orgánica e inorgánica. En aguas naturales se encuentra mayormente de forma inorgánica. Se presenta en varios estados de oxidación como arsenato  $As^{+5}$ , arsenito  $As^{+3}$  y arsina  $As^{-3}$ . La toxicidad del As se incrementa considerablemente con la reducción de su estado de oxidación de  $As^{+5}$  a  $As^{+3}$ . Los estados de oxidación y los orbitales electrónicos son similares entre el arsénico y el fósforo. En la tabla periódica se puede observar la vecindad entre estos dos elementos, lo que explica la toxicidad del arsénico por su capacidad de sustituir al fósforo (Prince, 1988). Las configuraciones electrónicas entre arsénico y

fósforo son muy semejantes: tienen un último orbital idéntico 3s-3p para el fósforo y 4s-4p para el arsénico. La afinidad electrónica (capacidad de recibir electrones) de ambos presentan una notable relación: para una misma configuración del último orbital, el arsénico tiene mayor afinidad electrónica que el fósforo (Cotton, 1998).

Forma compuestos con varios metales, al unirse covalentemente con el carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre (Abernathy, 2001). Las principales formas mineralizadas son las siguientes: arsenopirita ( $\text{FeAs}_2$ ), cobaltina o esmaltina ( $\text{CoAsS}$ ), mispiquel ( $\text{FeAsS}$ ), rejalgar o sulfuro rojo ( $\text{As}_2\text{S}_2$ ), y oropimente o sulfuro amarillo ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) (IRIS, 2003).

### **2.2.2 Propiedades**

No tiene color, ni sabor, ni olor, por lo tanto no se puede detectar si está presente en el agua, comida, o aire. Puede ser orgánico, cuando se halla combinado con carbón o hidrógeno, inorgánico, cuando se combina con oxígeno, cloro, o sulfuro; la importancia radica en que el arsénico orgánico es menos tóxico (Acosta y Cifre, 2009).

### **2.2.3 Arsénico en el medio ambiente**

El arsénico ocurre naturalmente en el suelo y en minerales y por lo tanto puede entrar al aire, al agua y al suelo en polvo que levanta el viento. Las erupciones volcánicas constituyen otra fuente de arsénico.

No puede ser destruido en el ambiente, solamente puede cambiar de forma o puede adherirse o separarse de partículas (Booner, 2008).

El arsénico está ampliamente distribuido en gran número de minerales. Las mayores concentraciones se dan en forma de arseniuros de cobre, plomo, plata y oro o como impurezas en sulfuros. Los principales minerales que contienen arsénico son arsenopirita ( $\text{FeAs}_2$ ), rejalgar ( $\text{As}_4\text{S}_4$ ) y oropimente ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ) (Worcha,

1981).

Otras zonas donde se dan con frecuencia altas concentraciones de As son las áreas de actividad geotérmica notable, así como los suelos procedentes de roca madre de origen volcánico, de tal forma, que al estudiar las concentraciones de contaminante en fangos geotérmicos, gases de fumarolas, aguas y suelos de los alrededores de estas fuentes, se encuentran elevadas por lo cual la salud de los animales de pastoreo de la zona está seriamente afectada (Lancaster y Hugues, 1971) y (Lepp, 1981).

Varios estudios indican que los materiales expulsados por los volcanes en sus erupciones y las aguas geotermales asociadas con los sistemas hidrotermales, son potenciales generadores de contaminación natural por arsénico de aguas superficiales, sedimentos y suelos. Por ejemplo, la presencia natural de arsénico en aguas superficiales y subterráneas de América Latina está asociada al volcanismo terciario y cuaternario desarrollado en la cordillera de Los Andes, proceso que aún continúa y que se muestra en flujos de lava, fumarolas, caída de ceniza, aguas termales y fenómenos geotérmicos relacionados con el volcanismo (Hamamoto, 2007).

El contenido de arsénico en plantas y cultivos, generalmente, aumenta con el contenido del suelo, pero puede ser pequeña en comparación con las grandes cantidades existentes en algunos suelos contaminados.

Suelos que nunca han sido tratados con pesticidas arsenicales provocan plantas con concentraciones de contaminante que varían entre 0.01 y 5 mg/kg en peso seco, mientras que plantas creciendo en suelos contaminados contienen niveles mucho mayores, especialmente en las raíces (Lepp, 1981).

## 2.2.4 Ciclo del Arsénico

En el ciclo biológico del arsénico existe el proceso de metilación, el cual es muy importante porque los productos resultantes son extremadamente peligrosos. Este proceso transfiere arsénico de los sedimentos a los cuerpos de agua, incrementando su movilidad en el ambiente. La biotransformación del arsénico puede producir compuestos altamente volátiles y venenosos, tales como arsina ( $\text{AsH}_3$ ), dimetilarsina ( $\text{HAs}(\text{CH}_3)_2$ ) y trimetilarsina ( $\text{As}(\text{CH}_3)_3$ ).

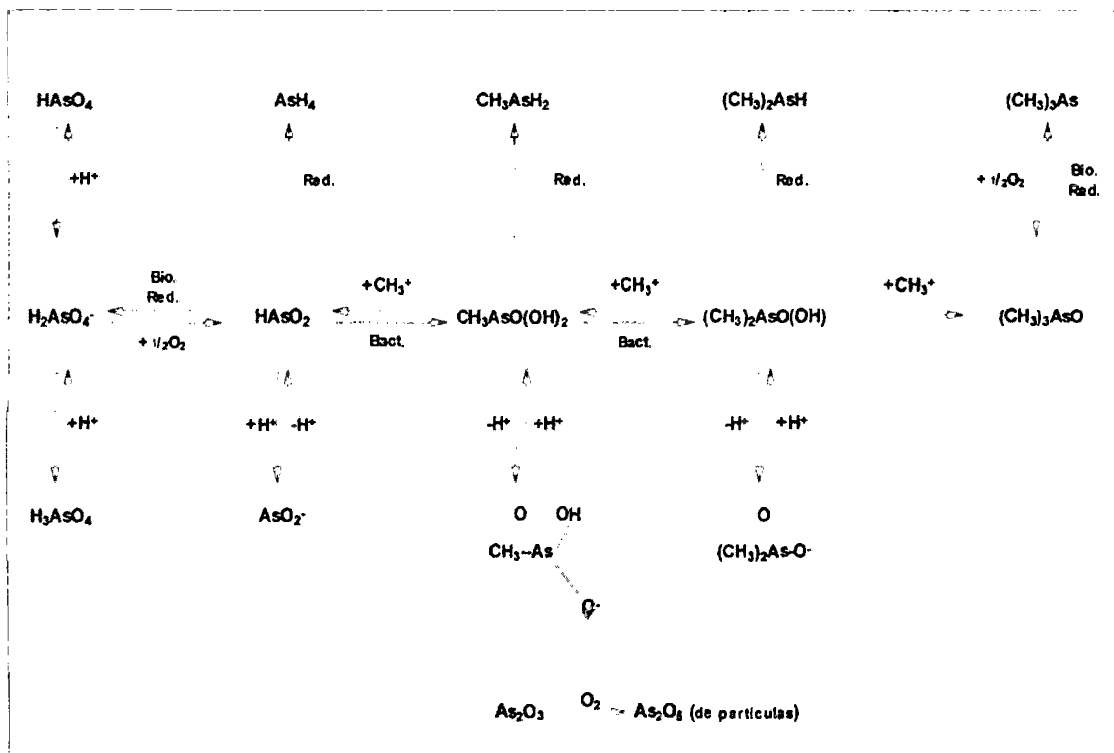


Gráfico 01: Transformación del As (Dávila 1999)

La atmósfera se considera como un compartimento en régimen estacionario, es decir, sin pérdidas ni ganancias de arsénico. Este hecho se justifica si pensamos en el hecho de que las formas volátiles de As emitidas a la atmósfera son rápida y totalmente disueltas en el agua de lluvia y eliminadas cuando esta se precipita sobre la superficie terrestre. El tiempo de residencia de estos compuestos en la atmósfera es de 10 días, aproximadamente el mismo espacio temporal que

permanece el agua en este compartimento.

En la actualidad existe un elevado flujo de arsénico desde los ríos hacia los océanos como consecuencia de la fuerte erosión y degradación que está sufriendo la superficie continental.

Gran cantidad del contaminante se transporta como material en suspensión, y una vez se alcanza el océano se incorporan a los sedimentos oceánicos, aunque una parte del arsénico puede incorporarse al agua. Como lo muestra el gráfico 02.

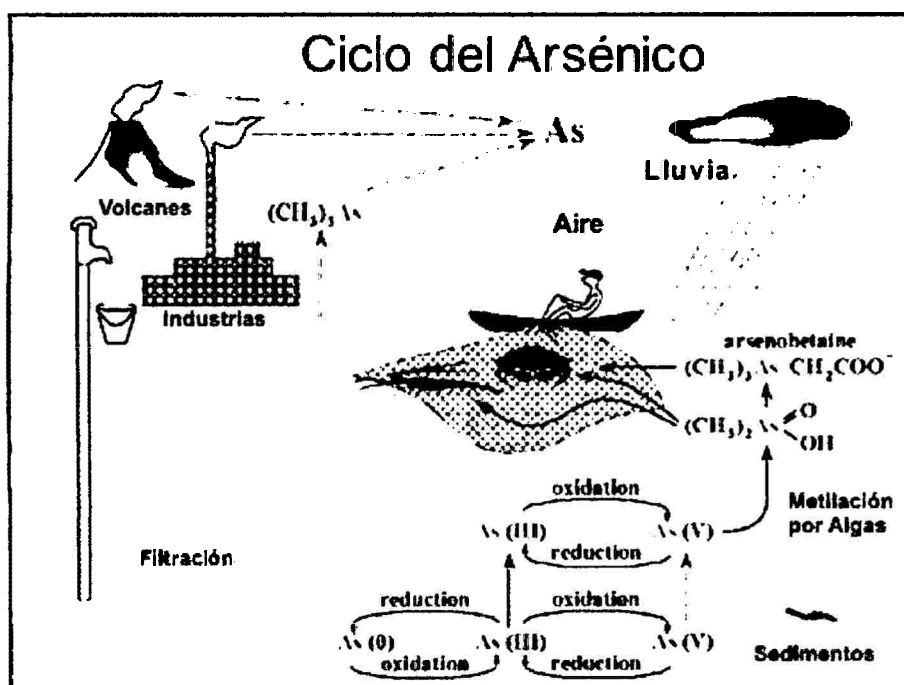


Gráfico 02: Ciclo del Arsénico. Dávila (1999).

### 2.2.5 Lugares con alto contenido de arsénico

- Chile

El Área afectada abarca las regiones de Antofagasta y Coquimbo 125,000 km<sup>2</sup> el rango de concentración de arsénico van de los 100 a 1000 ppb mayormente en las región de Antofagasta y Coquimbo, la mayor parte del arsénico en el agua se encuentra como  $\text{As}^{+5}$  (Sancha y Castro, 2001).

- **Argentina**

El Área abarca mayormente afectada abarca la llanura Chaco-pampeana la superficie afectada es de aproximadamente 100,000 km<sup>2</sup> las concentraciones de arsénico en algunas regiones alcanza hasta los 5,300 ppb la mayor parte del arsénico en el agua se encuentra como As<sup>+5</sup> (Smedley et al, 2002).

- **Estados Unidos**

Los estudios realizados demuestran que existen altas concentraciones de arsénico principalmente en los estados de Nevada, California y Arizona. Afecta 350.000 km<sup>2</sup> la concentración alcanza los 2600 ppb en Nevada y California (Del Razo et al, 1990).

- **México**

En México la Norma Oficial establece como límite 25 ppb de arsénico para agua potable (NOM-127-SSAI-2000), sin embargo, la población expuesta a beber agua con niveles de arsénico que ponen en riesgo su salud asciende a más de 2 millones de habitantes, localizados principalmente en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León, Puebla y Sonora. El área afectada es de 32,000 km<sup>2</sup> mayormente en la región Lagunera, las concentraciones arsenicales pueden alcanzar los 620 ppb. Debido a las condiciones oxidantes, pH entre 6.3 y 8.9 la mayor parte del arsénico en el agua se encuentra como As<sup>+5</sup> (Del Razo et al, 1990). En la región norte del país, en el estado de Sonora se determinaron concentraciones de 2 a 305 ppb (76 muestras) encontrándose las mayores concentraciones de arsénico en Hermosillo, Etchojoa, Magdalena de Kino y H. Caborca (Wyatt C, 1998; Espinoza y Lugo, 2006).

#### **2.2.6 Metabolismo y eliminación de arsénico**

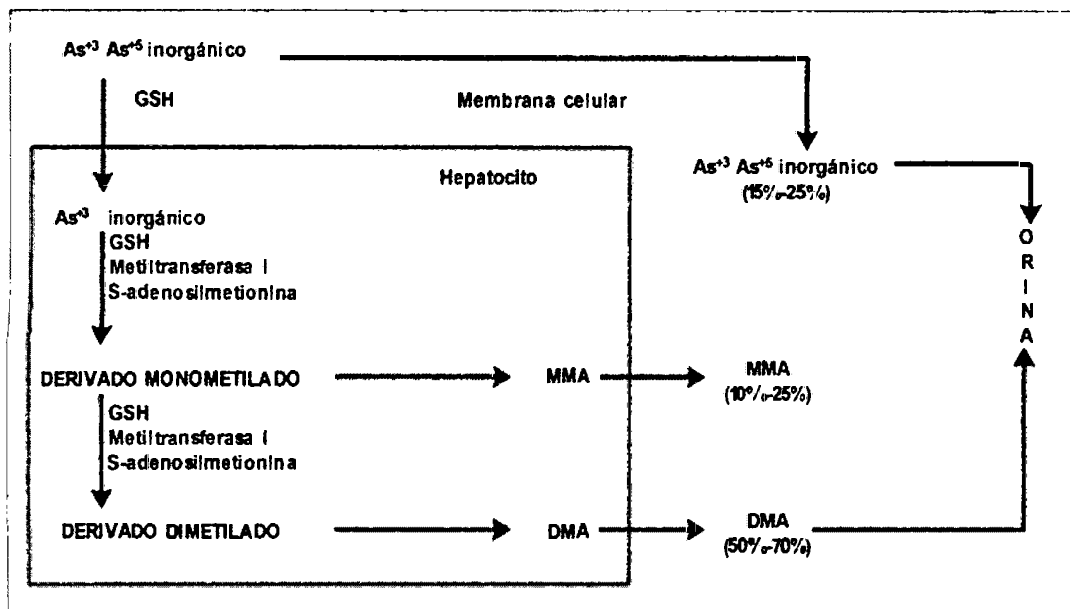
Una vez que ingresa el arsénico por vía digestiva, inhalada o cutánea

permanece brevemente en la sangre para distribuirse mayormente en hígado, riñones, tracto digestivo pero una porción del arsénico es eliminado por la orina de forma inorgánica (Mappers, 1977), se considera que la principal respuesta defensiva del organismo es inactivarlo mediante mecanismos de metilación que puede dividirse en dos etapas (Albert, 1997).

- **Reacciones de reducción para convertir el  $As^{+5}$  en  $As^{+3}$**
- **Reacciones de metilación oxidativa que transforman el  $As^{+3}$**

La metilación del arsénico requiere una reducción de  $As^{+5}$  a  $As^{+3}$ ; enseguida la adición del primer grupo metilo para obtener ácido monometilarsónico (MMA); ésta es seguida por una segunda reducción de  $MMA^{+5}$  a  $MMA^{+3}$  previa a la segunda metilación en la que se obtiene ácido dimetilarsínico (DMA). Se propone a la S-adenosil metionina como donador de los grupos metilo y el glutatión reducido (GSH) como principal agente reductor transformador de As (Albert, 1997).

Entre los factores que pueden influir en la capacidad de metilación está la dosis de exposición, una dieta alta en metionina y proteínas y el probable polimorfismo genético unido al sexo y de las enzimas metilantes (metiltransferasa), pues se ha encontrado mayor inducción en mujeres. Cuando la capacidad de este mecanismo de detoxificación es rebasado se presentan efectos tóxicos (Hsueh, 1997). Se ha encontrado un incremento significativo en la cantidad de MMA y una disminución de DMA que son excretados en la orina de individuos que han estado expuestos crónicamente a altas concentraciones de As en agua de bebida lo que se interpreta como un factor para adquirir mayor capacidad de tolerancia al arsénico (Hopenhayn et al, 1996).



**Gráfico 03: Biotransformación del Arsénico Inorgánico. Albert, 1997.**

Aunque se acepta que la metilación de arsénico inorgánico es un mecanismo de detoxificación, se ha observado que algunas especies orgánicas del arsénico presentan efectos tóxicos. Esto sucede con DMA, el cual es un agente teratogénico en ratas, causa daño pulmonar, degeneración de la corteza renal y necrosis de los túbulos proximales. El DMA ocasiona ruptura del ADN probablemente por la formación de radicales peróxidos, así como por entrecruzamiento entre el ADN y proteínas. Estos datos sugieren que durante el proceso de metilación, pueden formarse metabolitos reactivos capaces de afectar macromoléculas críticas, por lo cual es necesario realizar estudios específicos para establecer su toxicidad (Albert, 1997). Una vez metilado el arsénico es eliminado por orina en forma de DMA (50-70%), otra parte se excreta sin metilar, y otra más queda asociado a proteínas. Mediante estudios de orina de hámster, el tiempo de residencia de este tóxico es de 28.6 horas para arsénico inorgánico, 7.4 horas para MMA y 5.6 horas para DMA (Styblo, 1995).

La capacidad de detoxificación mediante metilación se sobrepasa cuando



la dosis administrada es mayor de 0.05 mg/kg/día en forma de  $\text{As}^{+3}$  y sobreviene la intoxicación (Toxicological Profile of Arsenic, 2000).

Es de considerable importancia la entrada de arsénico a través de alimentos de origen marino en donde se encuentra en alta concentración (0.1 a 90  $\mu\text{g/g}$ ) en formas metiladas. Estos compuestos son absorbidos en el tracto gastrointestinal; se ha determinado que el 78.3% de una dosis oral de 500  $\mu\text{g}$  de MMA y 75.1% de una dosis semejante de DMA fue excretada por orina en 4 días. En poblaciones que consumen alimentos marinos como parte normal de su dieta, como los japoneses, excretan el 90% de estos compuestos en 72 horas, otras formas inocuas del arsénico son arsenobetaina y arsenocolina (arsénico de pescado) que también son rápidamente eliminadas por la orina.

### **2.2.7 Efectos del arsénico en la salud y toxicidad**

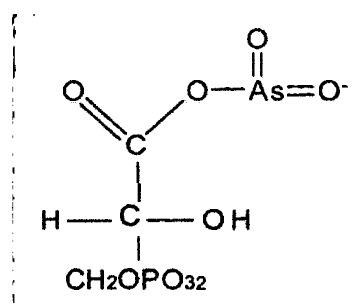
En general, los gases derivados de la arsina poseen el mayor riesgo tóxico, seguido de cerca por los arsenitos (compuestos inorgánicos trivalentes).

Los compuestos inorgánicos pentavalentes (arsenatos) son menos tóxicos que los arsenitos, mientras que los compuestos orgánicos (metilados) pentavalentes representan a los insecticidas arsenicales de menor riesgo.

Los arsenicales pentavalentes son relativamente solubles en agua y son absorbidos a través de las membranas mucosas. Los arsenicales trivalentes que tienen una mayor solubilidad en lípidos, son absorbidos más rápidamente a través de la piel. Sin embargo, los envenenamientos por absorción cutánea de cualquiera de estas formas han sido muy raros. La ingestión ha sido la forma usual de envenenamiento, pero la eficiencia de la absorción depende de la forma física del compuesto, sus características de solubilidad, el pH gástrico, la movilidad gastrointestinal y las transformaciones microbianas del intestino. El contacto con

arsina ocurre primordialmente por medio de inhalación y sus efectos tóxicos pueden ocurrir también con otros arsenicales mediante la inhalación de aerosoles. La toxicidad del arsénico depende de su estado de oxidación y de la dosis suministrada, manifestándose como intoxicación aguda o crónica (Gisbert, 2004).

El arsénico se liga compartiendo su carga equivalente con la mayoría de los no metales teniendo una mayor afinidad con oxígeno, sulfuro con los metales como calcio y plomo. Forma compuestos trivalentes y pentavalentes orgánicos estables. En su comportamiento bioquímico se asemeja al fósforo, puede sustituirlo en el ciclo de Krebs y provocar desajustes en el metabolismo energético. El arsénico (arsenato) bloquea la glucólisis, en el paso de fosforilación a nivel sustrato en la reacción catalizada por la glucosa 3 fosfato deshidrogenasa; puede reemplazar al fosfato en su unión al tioesterintermediario, rico en energía. El enlace tioester se hace con un grupo -SH proporcionado por una histidina de la enzima gliceraldehido 3 fosfato deshidrogenasa (Streyer, 1988). El producto de esta reacción es el 1-arseno-3- fosfoglicerato que es inestable, a diferencia del 1-3-bifosfoglicerato (Gráfico 04).



**Gráfico 04: 1-Arseno-3-Fosfoglicerato. Streyer, 1988.**

Como resultado la glucólisis procede pero se pierde el ATP formado normalmente en la conversión de 1-3-bifosfoglicerato en 3 fosfoglicerato y se libera energía en forma de calor, reacción conocida como arsenolisis. Esta es una razón convincente para la elección del fósforo sobre el arsénico en la evolución de las

biomoléculas ya que los fosfatos tienen mayor estabilidad cinética (Murria, 1988).

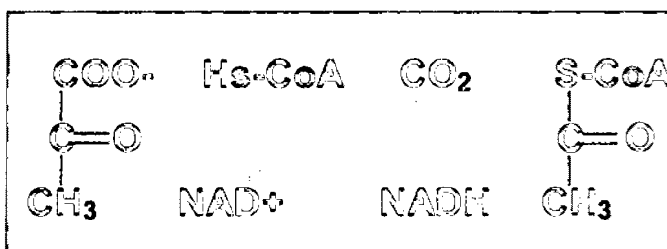
Otra reacción que es bloqueada por el arsénico en forma de arsenito es la catalizada por la  $\alpha$ -cetoglutarato deshidrogenasa en el ciclo de Krebs, inhibiendo la deshidrogenación del  $\alpha$ -cetoglutarato así como su descarboxilación y síntesis de  $\text{NADH}^+ \text{H}^+$ . Independientemente cual sea su vía de entrada, del 95 al 99% del arsénico inicialmente se encuentra localizado en los glóbulos rojos unido a la globina (Córdova, 2000). Este paso es transitorio, rápidamente sale de la sangre en 24 horas y se distribuye hacia el hígado, riñón, pulmones, paredes del tracto gastrointestinal y bazo. Se encuentran pequeñas cantidades a nivel muscular y tejido nervioso. Se une en forma más estable a la transferrina entorpeciendo la eritropoyesis (síntesis de eritrocitos) siendo esta la causa por la cual provoca depresión de la médula ósea; el efecto se manifiesta como anemia y leucopenia (Armstrong, 1984).

El blanco celular del arsénico es la mitocondria y ahí se acumula, inhibe la deshidrogenasa succínica y desacopla la fosforilación oxidativa; el resultado es una pérdida de los niveles de ATP que afecta virtualmente a toda función celular, como por ejemplo a la bomba de sodio-potasio, provocando un desbalance en estos electrolitos, síntesis de proteínas (IRIS, 2003). Por un mecanismo semejante provoca desbalance del calcio permitiendo su entrada a la célula en forma excesiva; este elemento es cofactor en el funcionamiento de proteasas y lipasas, lo que viene a afectar a la membrana celular esencialmente formada por fosfolípidos y proteínas (Toxicological Profile for Arsenic, 2000).

Después de dos semanas de continua administración de arsenicales (antiguamente para fines terapéuticos) piel, pelo y huesos acumulan arsénico.

La acumulación en las uñas es debido a que éstas tienen gran cantidad de

grupos tioles proporcionados por la histidina (Gráfico 05) sobre los que tiene predilección el arsénico y forma las llamadas Estrias de Mess (IRIS, 2003; Boyer, 2000); en casos extremos las uñas se vuelven quebradizas y se pierden fácilmente. Este tóxico puede atravesar la barrera placentaria siendo las concentraciones de arsénico en la sangre del cordón umbilical equivalentes a las concentraciones sanguíneas maternas. Puede atravesar también la barrera hemato encefálica pero no puede atravesar la barrera testicular.



**Gráfico 05: Inhibición de la deshidrogenación del α-cetoglutarato deshidrogenasa en el ciclo de Krebs. Streyer, 1988.**

Se ha encontrado también que el arsénico en forma de arsenito afecta a los receptores de glucocorticoides bloqueando su actividad, esto incluye al mecanismo hormonal que regula la glucosa sanguínea, y por lo tanto puede ser factor que predisponga a diabetes (Josephson, 2001). Este tóxico tiene fuerte acción sobre las arteriolas capilares produciendo vasodilatación parálitica, lo que explica los síntomas de entumecimiento por la intoxicación; si esto se presenta en las arteriolas de manos y pies provoca la enfermedad de Raynould.

#### **a) Síntomas del Envenenamiento Agudo**

Los síntomas aparecen dentro de 30 a 60 minutos (Curtis et al, 2001), pero pueden retrasarse por varias horas. Un olor a ajo en el aliento y en las heces fecales puede ayudar a identificar el tóxico en pacientes severamente envenenados. Hay un sabor metálico presente en la boca la mayoría de las veces,

ardor en los labios y disfagia. Predominan efectos gastrointestinales adversos, con vómitos, dolor estomacal, y diarrea sangrienta o como de agua de arroz, estos son los síntomas más comunes (Córdova, 2000). Los efectos gastrointestinales incluyen, la formación de vesículas y eventualmente esfacelo de la mucosa de la boca, faringe y esófago.

Los cuales son resultado de un metabolito arsenical generalmente en los vasos sanguíneos, causando dilatación y aumento de la permeabilidad capilar y particularmente en la vasculatura esplénica. El sistema nervioso central también es comúnmente afectado durante el contacto agudo. Los síntomas pueden comenzar con dolor de cabeza, mareo, letargo, y confusión. Pueden progresar incluyendo espasmos y debilidad muscular, hipotermia, letargo, delirio, y convulsiones (Feldman et al, 1979). Daño renal el cual manifiesta por proteinuria, hematuria, glicosuria, oliguria, residuos en la orina.

Si se sobrevive al envenenamiento, el paciente desarrollará hepatomegalia, melanosis, supresión de la médula ósea, hemólisis y polineuropatía como resultado del daño al sistema nervioso periférico. Un envenenamiento fatal puede ser provocado por una dosis oral de 10 mg/Kg de trióxido de arsénico, según el estado físico y el contenido estomacal. Para niños basta con una dosis de 0.5 mg/Kg (IRIS, 2003).

#### **b) Síntomas de Envenenamiento Crónico**

Las manifestaciones cardiovasculares incluyen shock, cianosis y arritmia cardíaca, las cuales se deben a la acción tóxica directa y a los disturbios electrolíticos. El daño hepático se puede manifestar por un incremento de las enzimas del hígado e ictericia. La lesión en los tejidos hematopoyéticos puede causar anemia, leucopenia y trombocitopenia (Armstrong et al, 1984) La muerte

ocurre de uno a tres días después de iniciarse los síntomas y generalmente el resultado es fallo circulatorio, aunque el fallo renal también puede ser contribuyente. Si el paciente sobrevive, éste puede sentir entumecimiento en las manos y en los pies como una secuela retardada de contacto agudo así como comezón y parestesia dolorosa.

Esta neuropatía del sistema sensorio motor que incluye debilidad muscular y espasmos, típicamente empieza de una a tres semanas después del contacto. La debilidad muscular no debe ser confundida con el síndrome Guillain-Barre. El envenenamiento crónico de arsénico debido a la absorción repetida de cantidades tóxicas tiene una aparición insidiosa de efectos clínicos que pueden ser difíciles de diagnosticar. Las manifestaciones neurológicas cutáneas y no específicas son usualmente más prominentes que los efectos gastrointestinales que caracterizan el envenenamiento agudo. Puede ocurrir fatiga y debilidad muscular así como anorexia y pérdida de peso. Una señal común es la hiperpigmentación y tiende de ser acentuada en áreas que generalmente están más pigmentadas así como la ingle y la areola.

Hiperqueratosis es otra señal común especialmente en la palma de las manos y en la planta de los pies. Edema subcutáneo de la cara, párpados y tobillos así como estomatitis, estrías blancas a lo largo de las uñas (líneas de MEES), y algunas veces pérdida de uñas y pelo son otros signos de contacto crónico y continuo (IRIS, 2003; Boyer, 2000). En ocasiones éstas pápulas hiperqueratóticas pueden resultar en transformaciones malignas (Yeh et al, 1968).

Después de años de contacto dermatológico, se han encontrado células basales carcinomas, células escamosas generalmente en áreas protegidas del sol. Síntomas neurológicos también son comunes con el contacto crónico. Una

característica destacada puede ser la neuropatía periferal manifestada por parestesia, dolor, anestesia. Puede comenzar con síntomas sensoriales de las extremidades bajas y progresar a debilidad muscular y eventualmente parálisis y desgaste muscular. Aunque poco común, se puede desarrollar encefalopatía con disturbio del habla y mentales muy parecidos a aquellos evidenciados en deficiencia de tiamina conocido como el síndrome de Wernickes (Feldman et al, 1979).

Otros sistemas son afectados por la toxicidad arsénica. Los daños hepáticos reflejados en la hepatomegalia e ictericia pueden progresar a cirrosis Hipertensión portal y ascitis. El arsénico tiene una toxicidad glomerular y tubular directa que resulta en oliguria, proteinuria y hematuria. Se han informado anomalías electrocardiográficas (prolongación del intervalo Q-T) y enfermedad vascular periferal. Ésta última incluye acrocianosis, el fenómeno de Raynaud, y gangrena. Anomalías hematológicas incluyen anemia, leucopenia, y trombositopenia. Esta última secuela de altas dosis de arsénico incluye cáncer de la piel y un alto riesgo de cáncer del pulmón (Yeh et al, 1968).

### **c) Confirmación de Envenenamiento**

#### **➤ En Orina**

El arsénico en la orina se puede separar en fracciones orgánicas e inorgánicas para ayudar a determinar la fuente de contacto y ayudar con la guía del tratamiento. Algunos autores relacionan la concentración de arsénico en orina con la excreción de creatinina en este caso se considera normal hasta 0.05 mg/g Las concentraciones de arsénico en la sangre, orina y otros materiales biológicos se pueden medir por medio de incineración seca o húmeda, seguido de una espectrometría de absorción atómica. Este último método es el preferido, en donde los niveles de arsénico urinario en individuos no expuestos son menores a 10 µg/L

(IRIS, 2003).

➤ **En Sangre**

Las muestras de sangre tienden a estar correlacionadas con las muestras de orina durante las primeras etapas crítica de ingestión, pero debido a que el arsénico desaparece rápidamente de la sangre, la muestra de orina de 24 horas permanece como el método preferido para la detección y continua observación. Donde una excreción de arsénico que exceda sobre 100 µg al día debe ser considerada sospechosa y la prueba debe ser repetida. Excreciones sobre 200 µg al día reflejan una ingestión tóxica, a no ser que se hayan ingerido mariscos. Una dieta rica en mariscos, principalmente durante las primeras 48 horas, pudiera generar un nivel de excreción de orina de 24 horas tan alto como de 200 µg al día y muchas veces hasta más alto. La mayoría del arsénico marino que es excretado es de forma metilada (arsenobetaina) y no es considerado extremadamente tóxico (IRIS, 2003).

➤ **En Cabello**

Las muestras de cabello también han sido usadas para evaluación del contacto crónico. Los niveles de personas no expuestas generalmente son 1mg/kg; los niveles en individuos con envenenamiento crónico varían entre 1 y 5mg/kg. Las muestras de cabello deben ser estudiadas con cautela debido a factores externos de contaminación ambiental tales como la contaminación del aire, la cual puede aumentar los niveles de arsénico (IRIS, 2003).

**d) Tratamiento**

❖ **Descontaminación Dérmica**

Lavar el insecticida arsenical de la piel y el cabello con abundante cantidad de agua y jabón. Enjuague la contaminación ocular con agua clara. Si la irritación persiste, obtenga cuidado médico especializado.



#### ❖ **Descontaminación Gastrointestinal**

Si el insecticida arsenical se ha ingerido dentro de la primera hora del tratamiento, se deberá considerar la descontaminación gastrointestinal. Debido a que el envenenamiento por ingestión casi siempre resulta en diarreas profusas, no es apropiado generalmente administrar un catártico.

#### ❖ **Fluidos Intravenosos**

Se usan para restaurar la hidratación adecuadamente, mantener el flujo urinario, y corregir el desbalance de electrolitos. Observe continuamente el ingreso/egreso para evitar una sobrecarga de fluidos. Si ocurre insuficiencia renal aguda, revise los electrolitos de la sangre regularmente. Es posible que sea necesario administrar tratamientos de oxígeno y transfusiones de sangre para combatir el shock.

#### ❖ **Monitoreo Cardiopulmonar**

Monitoree el estado cardíaco para detectar arritmias ventriculares incluyendo intervalos Q-T alargados y taquicardia ventricular, y miocardiopatía

#### ❖ **Terapia de Quelación**

En caso de envenenamiento sintomático de arsénico se indica generalmente la administración de Dimercaprol (BAL). Monitoree la excreción de arsénico en la orina mientras se esté administrando cualquier agente quelante. Tan pronto la excreción de 24 horas disminuya a menos de 50 µg por día, es recomendable suspender la terapia de quelación (Casarett, 1980; Córdova, 2000).

### **2.2.8 Arsénico en los vegetales**

La presencia de arsénico en vegetales ha sido muy poco estudiada, y la normatividad al respecto no hace mención de este toxico ni en Perú ni en otros países. En la bibliografía se encontraron estudios de contenido de arsénico en

vegetales (Prieto-García et al, 2005), en ninguno de ellos se cita la normatividad. Los trabajos se reducen a describir técnicas de digestión y en algunos casos muestran las concentraciones de arsénico en vegetales.

Por considerarlo de importancia y muy relacionado con la finalidad de esta investigación, se resumen a continuación los resultados obtenidos por Prieto-García sobre arsénico en vegetales, en el 2005 en México.

**Cuadro 01: Niveles de Arsénico en algunos cultivos.**

Especie	Nombre común	Parte	As mg.kg-1
<i>Thymus vulgaris</i>	(tomillo)	Hoja.	5.35
<i>Origanum majorana</i>	(mejorana)	Hoja	7.07
<i>Patroselinum crispum</i>	(perejil)	Hoja	10.73
<i>Petroselinum crispum</i>	(perejil)	Tallo	4.42
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	(epazote)	Hoja	12.39
<i>Coriandrum sativum</i>	(cilantro)	Hoja	2.67
<i>Brassica oleracea</i>	(col)	Hoja	<0.018
<i>Lactuca sativa</i>	(lechuga)	Hoja	<0.018
<i>Bata vulgaris</i>	(acelga)	Hoja	<0.018
<i>Sachiu medula</i>	(chayote)	Pulpa	7.9
<i>Chenopodium nutalliae</i>	(huauzoltle)	Hoja	<0.018
<i>Chenopodium nutalliae</i>	(huauzoltle)	Tallo	<0.018
<i>Lycopersicon sp.</i>	(tomate)	Hoja	7.85
<i>Lycopersicon sp.</i>	(tomate verde)	verde)	3.95
<i>Allium cepa</i>	(cebolla)	Bulbo	0.73
<i>Lycopersicon sp.</i>	(tomate rojo)	Fruto	1.55
<i>Lycopersicon sp.</i>	(tomate rojo)	Hoja	1.49
<i>Raphanus sativus</i>	(rábano)	Fruto	<0.018
<i>Raphanus sativus</i>	(rábano)	Hoja	0.007
<i>Opuntia nopalea</i>	(nopal)		<0.018
<i>Citrus sinenses</i>	(naranja)	Fruto	8.44
<i>Prunos persica</i>	(durazlo)	Tallo	<0.0175
<i>Punica granatum</i>	(granada)	Hoja	7.12
<i>Cucurbita ficifolia</i>	(chilacayote)	Fruto	10.74
<i>Musa paradisiaca</i>	(plátano)	Fruto	2.54
<i>Manilkara zapota</i>	(nispero)	Hoja	6.04
<i>Psidium guajava</i>	(guayabo)	Hoja	8.42
<i>Persea americana</i>	(aguacate)	Flor	5.73
<i>Persea americana</i>	(aguacate)	Hoja	8.18
<i>Citrus aurantifolia</i>	(cas illter limón)		0.94
<i>Opuntia nopalea</i>	(pulpa)	nopal)	<0.018
<i>Cymbopogon citratos</i>	(telimon)	Hoja	2.54
<i>Cymbopogon citratos</i>	(telimon)	Tallo	6.16
<i>Matricaria chamomilla</i>	(manzanilla)	Tallo	0.49
<i>Artamisa abrotanum</i>	(toronjil)	Tallo	7.87

Fuente: Prieto-García et al, 2005.

## 2.3 PAPA

### 2.3.1 Etimología

CIP (1999), define La palabra “papa blanca” es un préstamo del término quechua papa. Del cruce entre batata (*Ipomoea batatas*), palabra originaria de la isla La Española, y papa resulta "patata", nombre que, por la similitud de formas, le

fue aplicado en un principio por los conquistadores tanto a la papa como a la batata. Papa aparece por escrito por primera vez hacia 1540. Por su parte, patata se usa en 1606 con el significado de batata y sólo a partir del siglo XVIII con el significado de papa.

Se dice que en España y la Nueva España se prefirió usar el nombre patata para evitar ofender a los papas; así en la mayor parte de España se llaman patatas, excepto en las Islas Canarias y Andalucía, donde predomina la palabra papa, al igual que en el resto de los países hispanohablantes.

### **2.3.2 Descripción**

- **Hojas y flores de la papa**

CIP (1999), *Solanum tuberosum* es una planta anual, de tallo erecto, que puede medir hasta 1 m de altura. Sus hojas son compuestas, con 7 folíolos de forma lanceolada, con grados variables de pilosidad. Las flores tienen forma de estrella y sus pétalos están fusionados. El color de la flor puede ser blanco, rosado o violeta con el centro amarillo. Su fruto es una baya verde, de forma semejante a un tomate pero mucho más pequeño, que contiene en su interior unas 400 semillas. La parte que se consume es un tubérculo, es decir, un engrosamiento subterráneo de los tallos que sirve para almacenar sustancias de reserva.

Los tubérculos están cubiertos por una exodermis que aparece al romperse la epidermis que va engrosándose con el tiempo. Sobre su superficie existen "ojos", hundimientos para resguardar las yemas vegetativas que originan los tallos, que están dispuestos forma helicoidal. Además, hay orificios que permiten la respiración, llamados lenticelas.

### **2.3.3 Expansión de la papa y sus derivados a nivel mundial**

CIP (1999), Antes de la época incaica y en tierras peruanas se desarrolló

una técnica para deshidratar la papa por un proceso de liofilización muy natural, lo que permitía su almacenamiento en grandes cantidades, por tiempo prolongado, en espacios relativamente reducidos. En la época del incanato se la almacenaba en los tambos. La papa deshidratada de esta forma se conocen como chuño (del quechua chuño = "arrugado"), lo mismo que una variedad altiplánica muy apta para este proceso por su alto contenido de fécula y la fécula misma. Según Santiago Antúnez de Mayolo, los pobladores del imperio incaico comían las papas con cáscara pues creían que pelarlas provocaba en ellas un terrible llanto.

El cronista Pedro Cieza de León, contemporáneo de Francisco Pizarro, la describió en 1550 y se cree que la llevó desde el antiguo Perú a España en 1554 como curiosidad. En 1573 se plantó en el Hospital de Sevilla para proporcionar comida a los enfermos. Llevada a Roma en 1588, el naturalista Charles de l'Ecluse la describe como una "pequeña trufa" o "tartuffoli". Thomas Hariot, hacia 1586, llevó a Inglaterra ejemplares procedentes de las costas de Colombia.

Hacia fines del siglo XVI ya era un alimento común en Italia, Alemania, Polonia y Rusia; no así en Francia donde sólo la belleza de sus flores permitió su permanencia, pues se dice, que María Antonieta las convirtió en el adorno favorito para su cabello. Sería el farmacéutico y gastrónomo Antoine Parmentier quien popularizara el consumo de la papa en ese país. Parmentier era conocido por sus banquetes ofreciendo la papa como novedad alimenticia.

Posteriormente se adoptó su cultivo en la Irlanda del siglo XVII. En dicha centuria, Europa soportó los efectos de unos inviernos duros que afectaron a la producción agrícola; a ello se unieron las enfermedades y las guerras, lo que redujo sensiblemente la mano de obra disponible para el campo. Estas penurias tuvieron una cierta prolongación en el siglo XVIII, a las que se sumó la inestabilidad social y

política de Francia. Durante el siglo XIX llegó a ser el alimento base de la población. Napoleón I pudo reunir y alimentar grandes ejércitos merced al rendimiento de la papa como alimento y cuando se desató en las Islas Británicas una plaga de tizón de la papa, entre 1846-1848, que destruyó todas las cosechas, se produjo una gran hambruna que causó la muerte de más de un millón de irlandeses y la emigración de otro millón.

#### **2.3.4 Cultivo**

- **Usos**

La papa es un alimento muy consumido, como protagonista del plato en purés de patata o patatas rellenas y también como guarnición.

La subespecie expandida por Europa se caracteriza por ser un alimento insípido que toma sabor al mezclarse con especias o al freírse con aceite. Se caracteriza por ser muy barata.

- **Composición**

Aunque depende de la variedad cultivada, el tubérculo se compone básicamente de 72-75% de agua, 16-20% de fécula en forma de almidón, 2,0-2,5% de sustancias nitrogenadas, 0,15% lípidos y 1,0-1,8% de fibra dietética como celulosa. Otro compuesto presente en él es la solanina, producida en pequeñas cantidades (menos de 0,2 mg/g de producto), pero que se incrementa hasta 1 mg/g o más en determinadas condiciones (por exposición prolongada a la luz o lesiones mecánicas). Aunque a estas concentraciones la patata es tóxica, el pelado y el tratamiento térmico (como la cocción o la fritura) permiten destruir esta sustancia; sin embargo, permanece su sabor amargo.

**Cuadro 02: Tabla de composición de la papa**

Papa cruda (con piel)	o	Patata
Valor medio por cada 100 g		nutricional
Agua	82 g	
Valor calórico	70 kcal	
Proteínas	2	g
Glúcidos	19	g
Lípidos	0,1 g	
Provitamina	A 5	mg
Vitamina	B1 0,11	mg
Vitamina	B2 0,04	mg
Vitamina	B6 0,25	mg
Vitamina	C 19,5	mg
Vitamina PP	1,2 mg	
Hierro	1,8	mg
Calcio	9	mg
Magnesio	10	mg
Fósforo	26	mg
Potasio	255	mg
Sodio	2,4 mg	
Fibras	1,4 g	

Fuente: Prieto-García, et al 2005

- A partir de la fermentación de los tubérculos se obtiene una variedad del vodka.
- Por deshidratación por congelación se produce el llamado chuño.
- El chuño es el antecedente de los actuales purés instantáneos de papas (usados por los aliados en la Segunda Guerra Mundial y luego difundidos en todo el mundo).
- Descubierta por Matías Bodino en su viaje en una caja repleta de papa hacia Buenos Aires en año 1650. Él descubrió que al ingerir esta substancia su cuerpo aumentaba el volumen considerablemente.

### 2.3.5 Variedades

CIP (1999), existen cientos de variedades naturales o casi naturales (las casi naturales son las derivadas de la selección realizada por el ser humano

aunque sin ninguna modificación genética ni ninguna hibridación transgénica artificialmente inducida).

Estos tubérculos se guisan, se sancochan, se asan, se saltean, se fríen. Intervienen en purés, en cremas, en sopas, suflés, croquetas y tortillas. Los expertos han desarrollado miles de variedades de papa, pero pronto van quedando obsoletas por la aparición de otras con mayor rendimiento y adaptabilidad, de manera que sólo se consumen unas pocas decenas.

Las distintas variedades se pueden diferenciar por el color de la epidermis y de la pulpa, la resistencia a enfermedades, el largo del ciclo de cultivo y los requerimientos nutritivos, entre otras características de relevancia productiva. Rasgos irrelevantes para la producción, pero que sirven para identificar cultivares, son el color de las flores, la rugosidad de la epidermis y la profundidad de los ojos.

Los cultivares modernos suelen ser de forma redondeada, con la piel amarilla o rosada, la pulpa blanca o amarilla y los ojos poco profundos. En los países altiplánicos de origen del cultivo también se conocen variedades tradicionales con estas formas, pero además existen muchas otras de piel púrpura, azul o bicolor, de carne azulada, violeta o amarilla y de formas alargadas, curvas o casi esféricas.

Debido a la "nouvelle cuisine", existe un interés renovado por las papas de colores poco habituales para agregar novedad o para adornar los platos y están saliendo al mercado cultivares que recuperan las características antiguas. Los siguientes son ejemplos de variedades de patatas:

- **Papa Canchán**

También llamada rosada por el color de su cáscara. No es más cara que la papa blanca pero tiene mejor textura. Sirve muy bien para el locro o la huatia, y es



apropiada para preparar la papa rellena, plato de la gastronomía de Perú. Esta variedad es resistente a la racha y está adaptada a las condiciones de la Sierra Central, hasta 2700 m, y en la costa central del Perú.

- **Papa Tomasa**

Es una papa de ojos morados similar a la “yungay”, cuando su cáscara es un poco áspera es muy rica cuando se sancocha. Es una variedad que ya no se cultiva mucho, pero todavía hay en zonas como la que proviene de los valles de Huancavelica y Ascensión.

- **Papa Yungay**

Es predominante en la zona de la sierra, entre sus cualidades tenemos que tolera condiciones adversas (suelo, clima, parásitos), tiene un buen rendimiento y también de “pulpa” blanca.

- **Papa Mariva**

Es una papa de características ideales para lograr las papas fritas más crocantes, de buen rendimiento, cultivada en la costa y la sierra.

### **2.3.6 Plagas y enfermedades**

La papa es susceptible a varias enfermedades:

- El tizón tardío, racha o mildiu de la papa, provocado por el hongo *Phytophthora infestans*; destruye las hojas y el tubérculo en la última fase de su crecimiento, manifestándose en manchas de un color plateado. Fue el responsable de la Gran hambruna irlandesa de 1840.
- El tizón temprano de la papa, provocado por el hongo *Alternaria solani*.
- La fusariosis, provocada por el hongo *Fusarium oxysporum*, que provoca que la piel de la papa, una vez recolectada, se arrugue.
- La sarna negra, causada por *Rhizoctonia solani*.

- La sarna común, causada por *Streptomyces scabies*.
- La podredumbre blanda, causada por *Pectobacterium carotovorum*.
- La podredumbre acuosa, causada por *Phytium ultirnum*.
- El marchitamiento, causada por *Verticillium spp.*
- El escarabajo de la papa, *Leptinotarsa decemlineata*, cuyas larvas y adultos son muy dañinos.
- Los pulgones, *Myzus persicae* y *Macroziphum euphorbiae*;
- El trips, *Frankliniella schultzei*.
- El gusano alambre, *Conoderus spp.*
- La mosca minadora, *Liriomyza huidobrensis*.
- El gorgojo de la papa, *Phyrdenus muriceus*.
- La polilla de la papa, *Phthorimaea operculella*.

### **2.3.7 Higiene**

Se desaconseja el consumo de papas atacadas por hongos así como de las papas que tienen algún tono verde, ya que contiene una dosis de toxinas (como la solanina) importante. Sobre todo, hace falta pelar la totalidad de la cáscara porque contiene una concentración en toxinas más elevada que en el fruto mismo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. UBICACIÓN**

La determinación de As en papa se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología y Toxicología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga durante los meses de Enero a Marzo del 2011.

#### **3.2. MATERIAL BIOLÓGICO**

Previamente realizado el cálculo del tamaño de muestra en el proyecto de tesis, se utilizaron 64 muestras de papa blanca tomadas al azar, en un peso de 500 gramos por cada muestra, de los cuales solo se utilizó 20 gramos por muestra, que fueron los pesos promedios para el análisis obtenidas del mercado mayorista "Nery García Zárate" del departamento de Ayacucho y de las localidades de Sachabamba y Chontaca.

#### **3.3. DISEÑO METODOLÓGICO**

##### **3.3.1. Recolección de muestra**

Las muestras de tubérculos de *Solanum tuberosum* "papa blanca" fueron recolectados al azar de los lugares de expendio del mercado Mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba.

### **3.3.2. Obtención, traslado y recepción de la muestra de papa**

Los tapers fueron lavados químicamente con agua y detergente, enjuagando con agua potable caliente, solución de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) al 20% y finalmente con agua destilada.

Los tres últimos enjuagues se realizaron dos veces; luego se colocaron en una estufa a  $60^\circ\text{C}$  hasta sequedad.

Se realizó la recolección de las muestras para su posterior cuantificación de arsénico.

### **3.3.3 Determinación espectrofotométrico de arsénico según Vasak y Sedivek**

#### **Fundamento**

Este método se basa en la liberación del arsénico bajo la forma de arsenamina la cual reacciona con el dietilditiocarbamato de plata formando un complejo de color rojo vino leído a 540 nm (Sirgerman, 1966; Vasak y Sedivek, 1953).

#### **Técnica Operatoria**

Las muestras de papa se lavaron con agua destilada y se secaron con papel secante, luego se pelaron y se cortaron finamente pesando 20 gramos en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL.

Luego se añadió 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado y 2 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (c), luego se homogenizó y se calentó en una plancha eléctrica hasta desprendimiento de humos rojizos, se enfrió y añadió 5 mL de  $\text{HNO}_3$  calentando nuevamente hasta desprendimiento de humos rojizos; esta operación se repitió tantas veces fue necesario para que la solución se vuelva translúcida (+ ó - 40 mL). Se evaporó a sequedad hasta obtener cenizas blancas. Luego se lavó dos veces con 100 mL de agua bidestilada para eliminar la acidez, hasta obtener cenizas blancas.

Luego se disolvió con  $\text{HNO}_3$  0.2 M y se transvasó a una fiola de 25 mL.

Se tomó 10 mL de esta solución y se colocó en el matraz del sistema generador de arsina, agregar 20 mL HCl concentrado. Luego se añadió 1 mL de solución de yoduro de potasio al 15%, se dejó en reposo por 2 min y se agregó luego 0,5 mL de solución de cloruro estañoso al 40% en HCl concentrado, dejando en reposo por 15 minutos, luego se incorporó 5 granallas de zinc y se cerró inmediatamente el sistema generador de arsina, al cual previamente se le colocó el algodón seco, embebido previamente con la solución saturada de acetato de plomo y se añadió 5 mL de solución de dietilditiocarbamato de plata en piridina, se dejó desprender el hidrogeno naciente por 1 hora.

La arsenamina formada reacciona con el reactivo argéntico el cual modifica su color paulatinamente hasta el color rojo o violeta. Luego se leyó esta solución a 540 nm frente a un blanco de reactivos.

#### - Obtención de la curva estándar

**Solución stock.**- 1.32 g de  $\text{As}_2\text{O}_3$  y se disolvió en 10 mL de NaOH al 40%, se trasvasó a una fiola de 1 L y se completó el volumen con agua destilada, a una concentración igual a 1000  $\mu\text{g As/mL}$ .

**Solución de Trabajo.**- Se tomó 1 mL de por la solución stock en una fiola de 1 L y se completó el volumen con  $\text{HNO}_3$  0.2 M.

**Curva estándar.**- Se midió 3, 5, 7, 10 y 15 mL de solución de trabajo en 5 sistemas generadores de arsina, en un sexto no se colocó nada (blanco) y se llevó a un volumen de 15 mL con  $\text{HNO}_3$  0.2 M cada sistema. Se realizó el método de Vasak y Sedivek. Luego se realizó las lecturas en el espectrofotómetro a 540 nm. Se calibró el instrumento con el blanco de reactivos al 0 de absorbancia (100% de transmitancia).

### **3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizó, el análisis de varianza, prueba de t (Student), gráficos estadísticos, todos con un nivel de confianza de 95% ( $p > 0.05$ ), de acuerdo a las tablas previamente elaboradas para su correspondiente análisis, y finalmente se procedió a las interpretaciones correspondientes así como las conclusiones, utilizando para ello la estadística descriptiva, y software estadísticos como, Microsoft Excel 2010, SPSS 19.

## **IV. RESULTADOS**

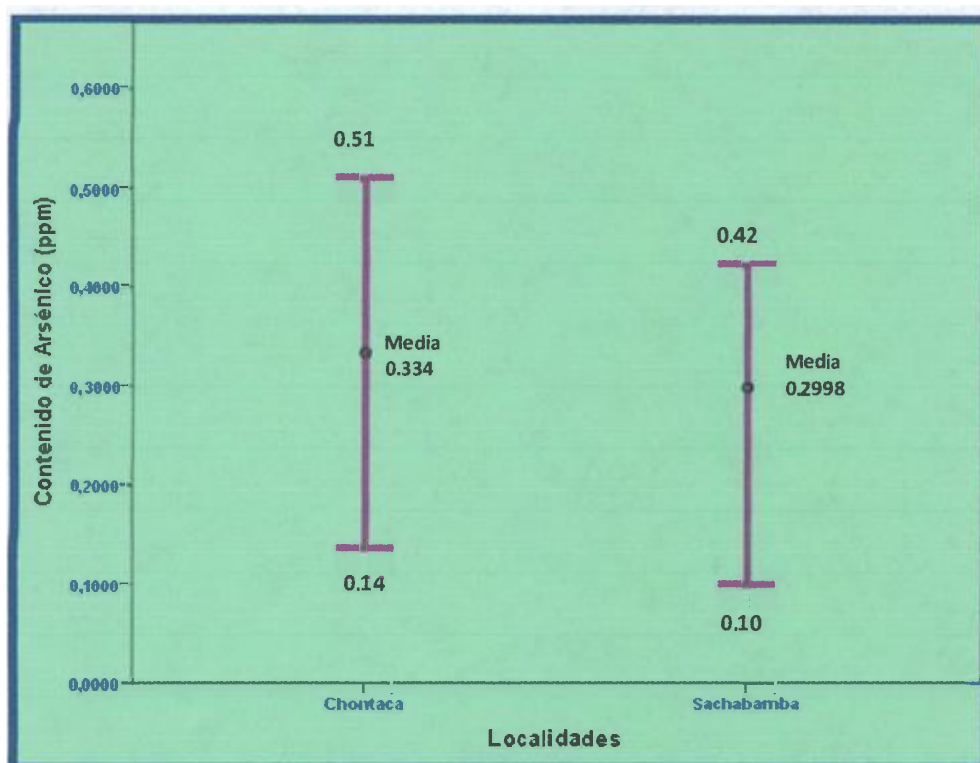


Gráfico 06: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en muestras de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.



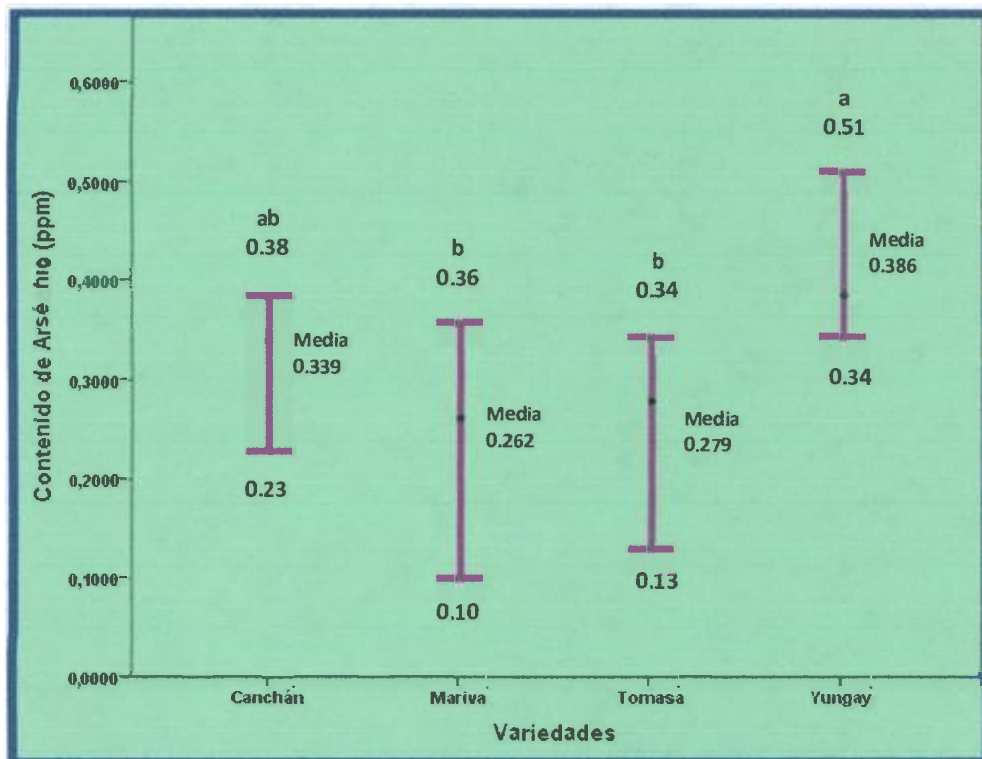


Gráfico 07: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.

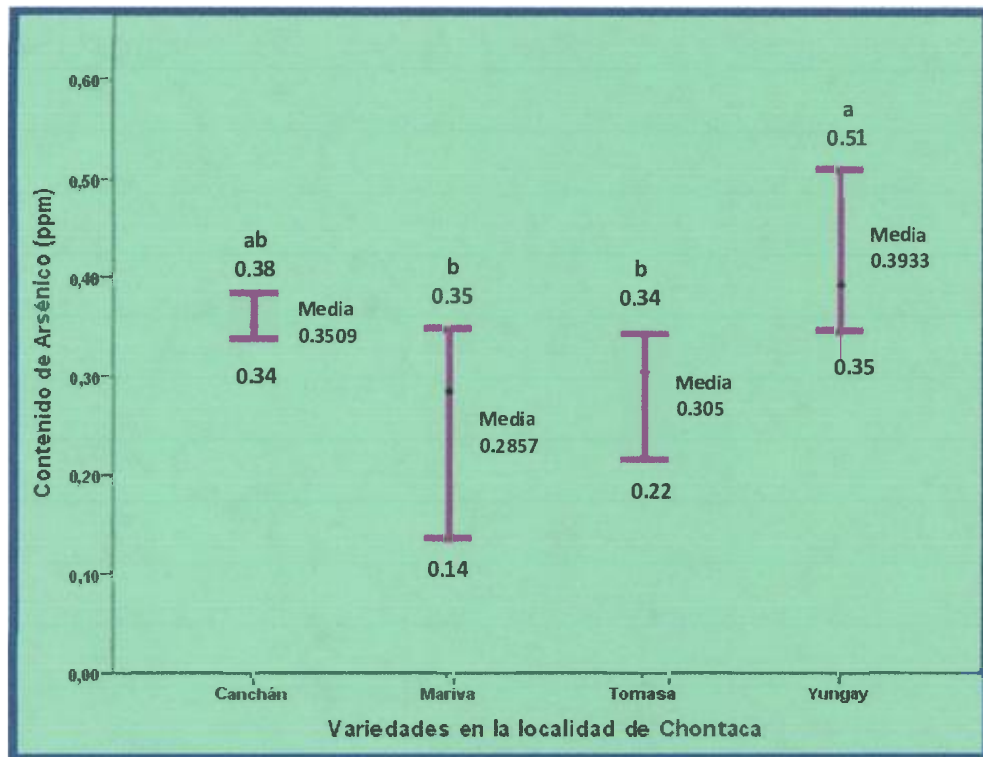


Gráfico 08: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate proveniente de la localidad de Chontaca. Ayacucho 2011.

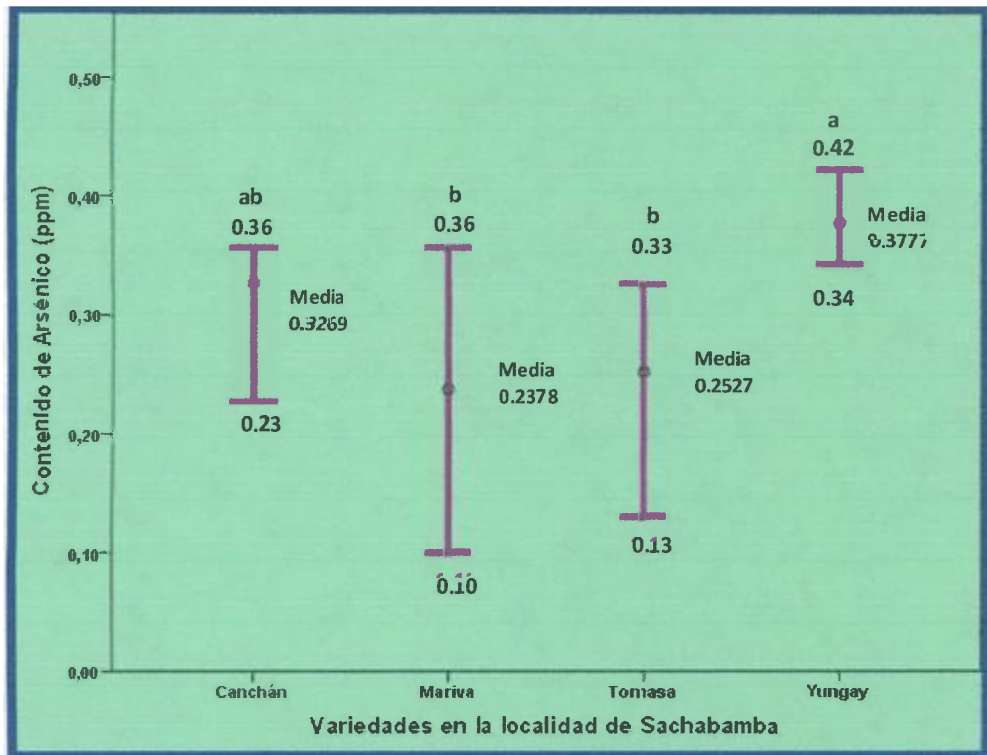


Gráfico 09: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate proveniente de la localidad de Sachabamba. Ayacucho 2011.

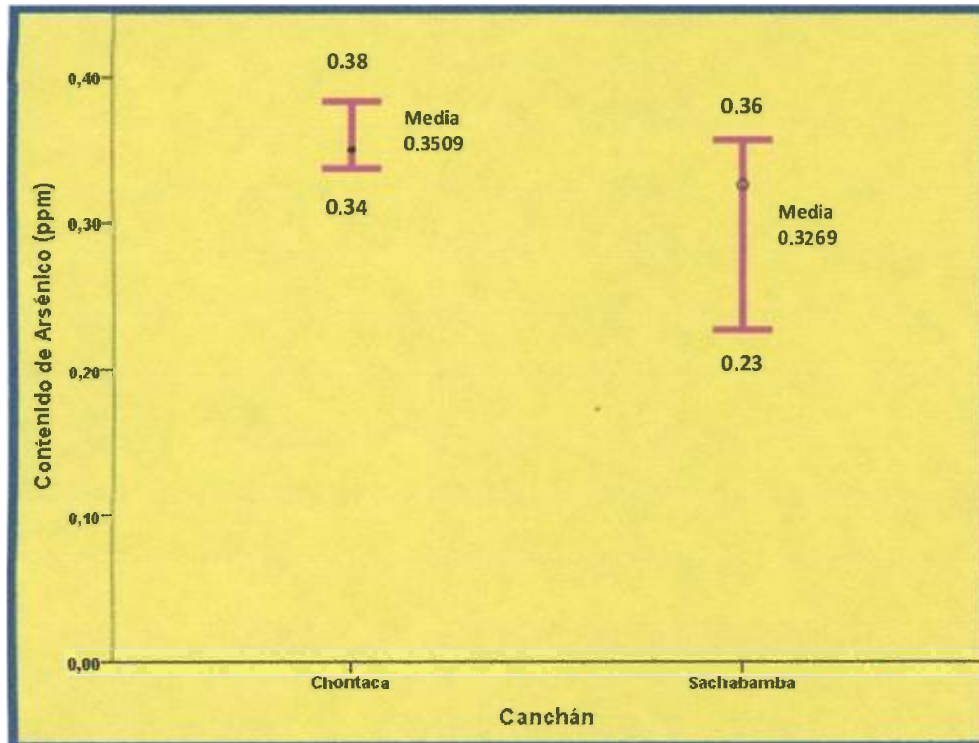


Gráfico 10: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en la variedad "canchán" de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.

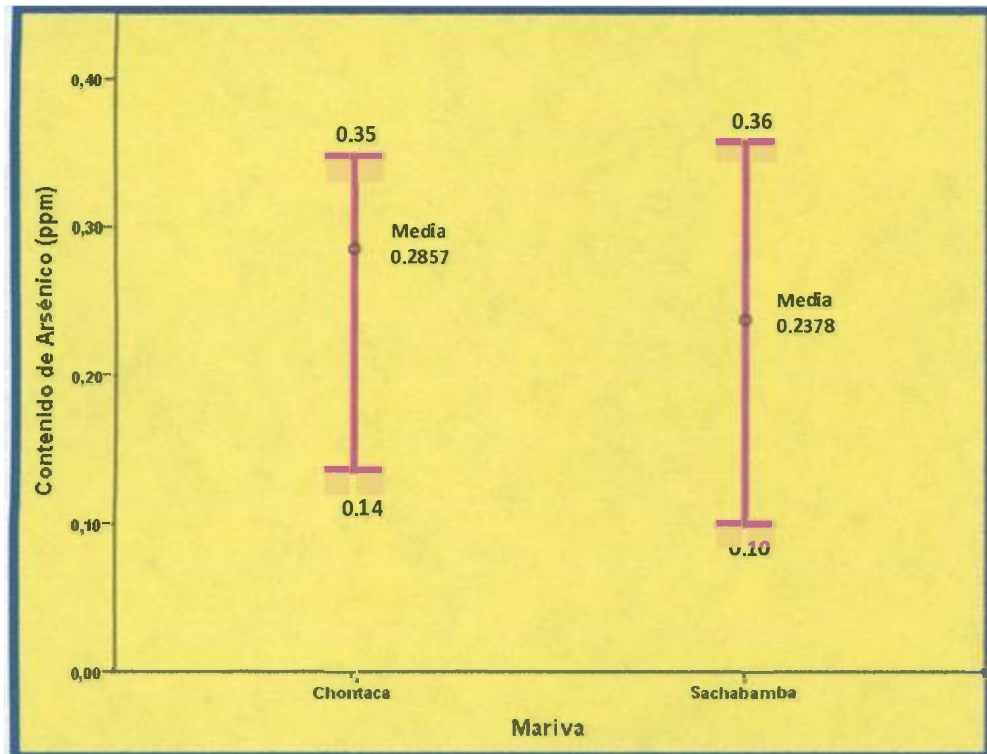


Gráfico 11: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en la variedad "mariva" de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.

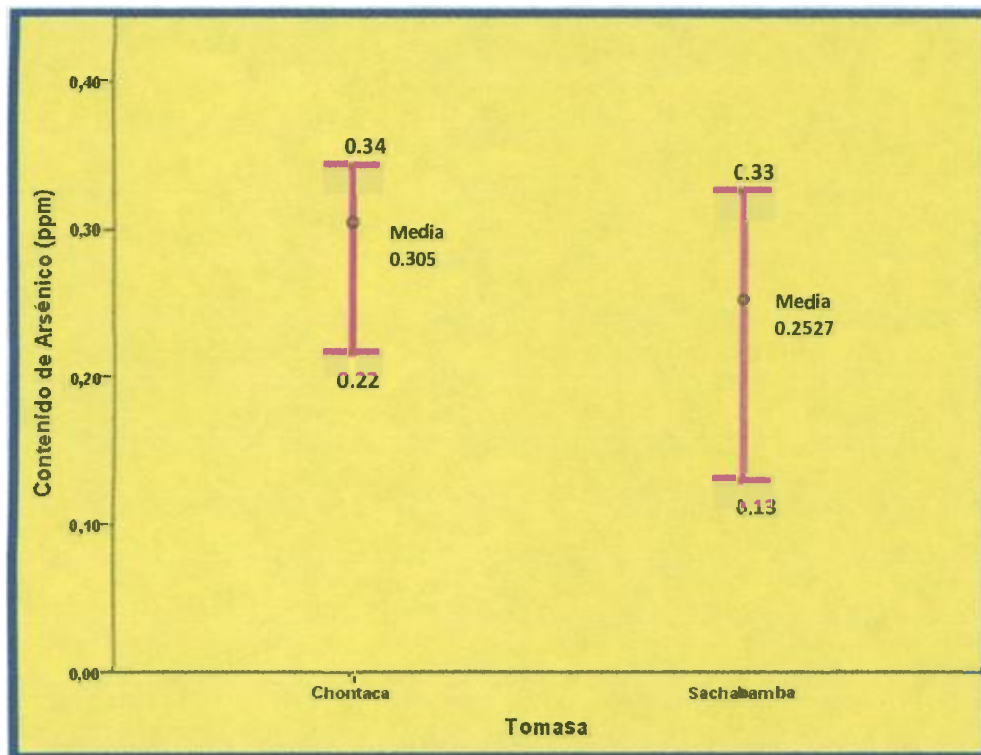


Gráfico 12: Niveles de arsénico ( $p > 0.05$ ) en la variedad "tomasa" de *Solanum tuberosum* "papa blanca" expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.

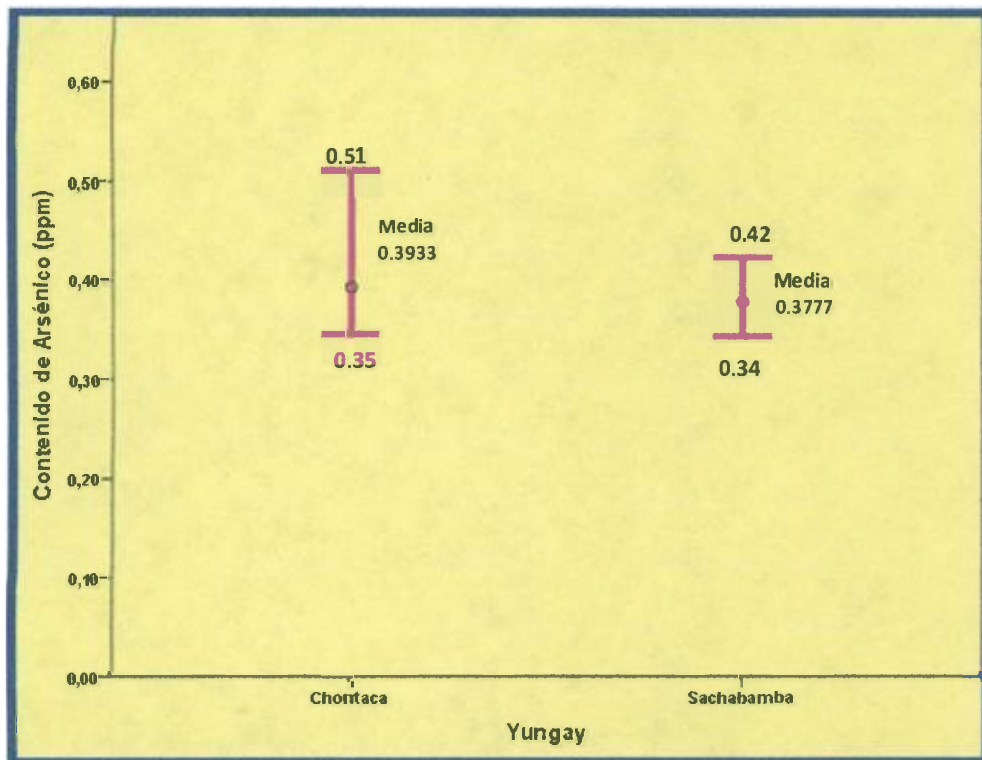


Gráfico 13: Niveles de arsénico ( $p > 0,05$ ) en la variedad “yungay” de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.

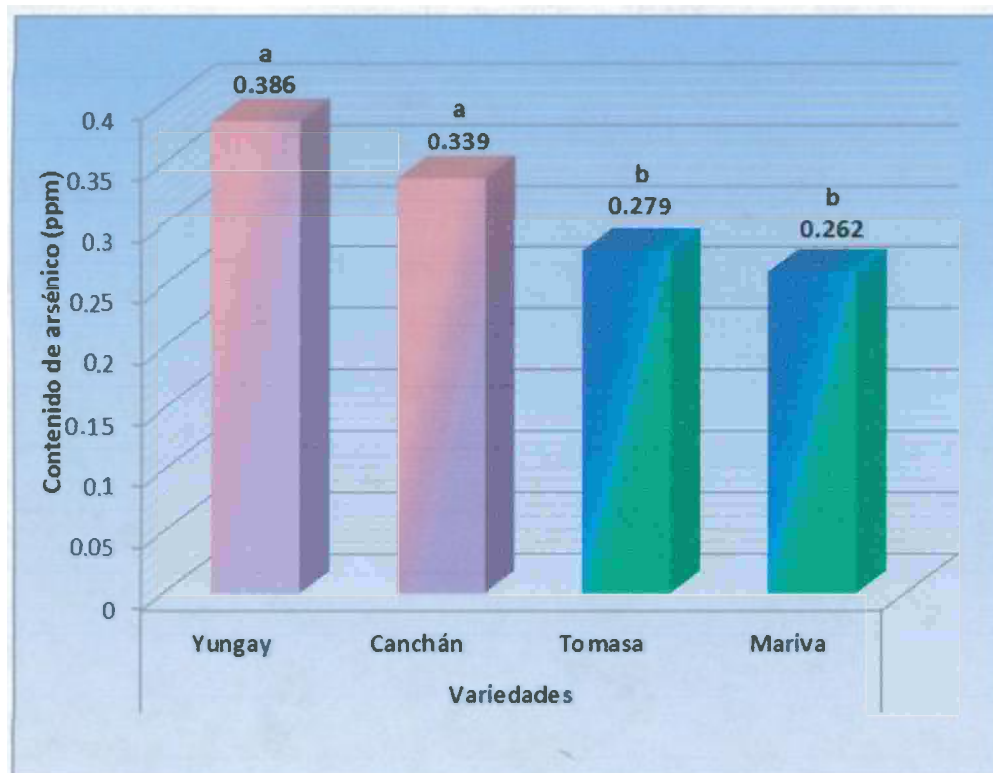


Gráfico 14: Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ) de los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho 2011.



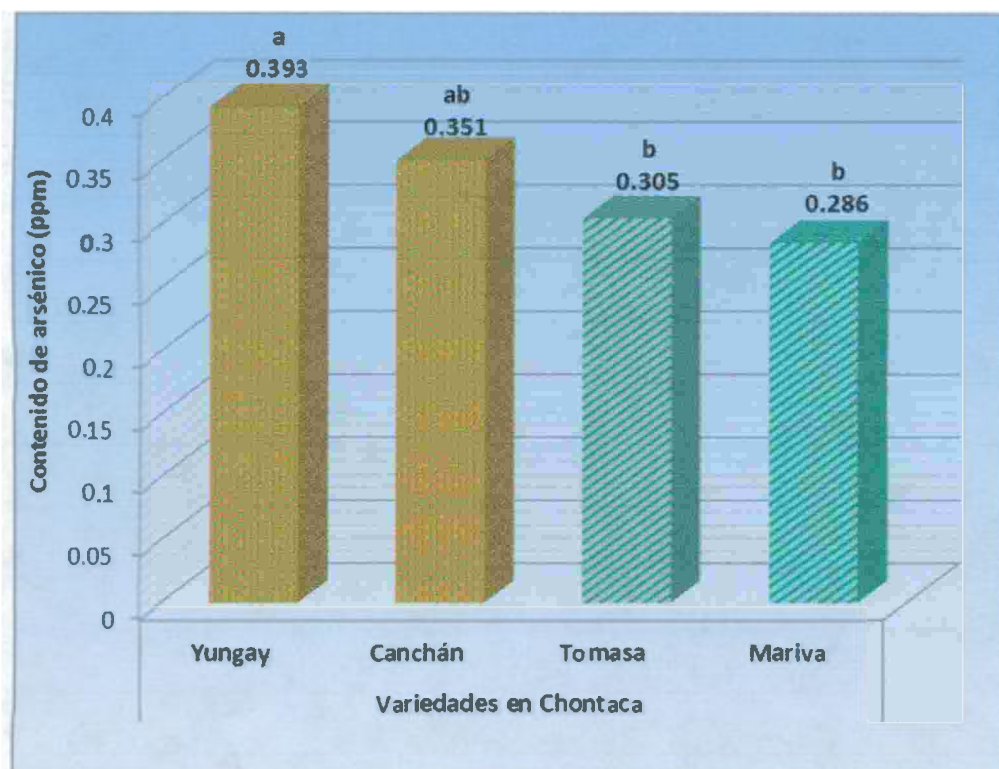


Gráfico 15: Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ) de los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate proveniente de la localidad de Chontaca. Ayacucho 2011.

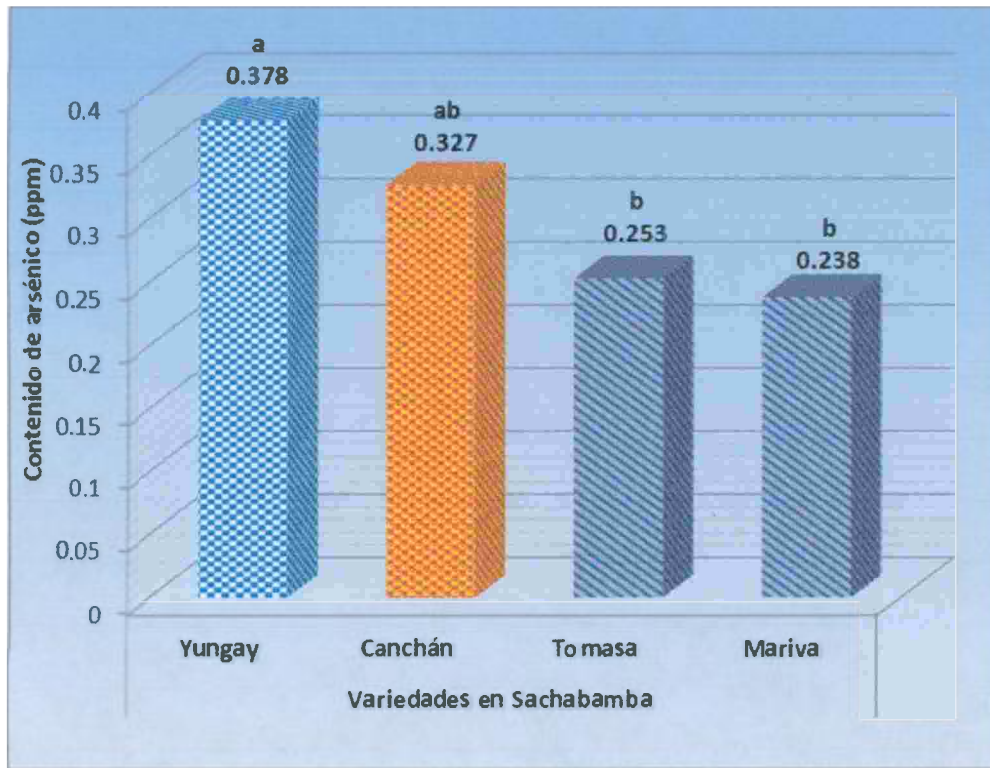


Gráfico 16: Prueba de Tukey ( $p > 0.05$ ) de los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate y proveniente de la localidad de Sachabamba. Ayacucho 2011.

## V. DISCUSIÓN

En el gráfico 06 se muestra los valores, máximo y mínimo de arsénico en muestras de papas según las localidades de procedencia, se observa que la proveniente de Chontaca presenta una media de 0.3337 ppm y la localidad de Sachabamba de 0.2988 ppm. Al realizar la prueba de prueba de Student (t) no se halló significancia estadística lo que quiere decir que estadísticamente los niveles de arsénico son iguales en ambas localidades.

El gráfico 07 muestra los valores, máximo y mínimo de arsénico en las cuatro variedades de papa, resaltando el hecho que la variedad "canchán" presentan valores medios de 0.3389 ppm, "mariva" 0.2618, "tomasa" 0.2789 y "yungay" 0.3855, resaltando el hecho de que en todas las variedades se hallaron valores dispersos. Al realizar análisis de varianza se halló que los niveles de arsénico presentan significancia estadística ( $p < 0.05$ ), por lo que se procedió a realizar la prueba de Tukey encontrándose que los niveles de dicha sustancia son mayores estadísticamente en las variedades de "canchán" y "yungay" en comparación con los niveles mostrados en "tomasa" y "mariva".

En el gráfico 08 se muestra los valores, máximos y mínimos de arsénico en cuatro variedades de papa provenientes de la localidad de Chontaca, se observa que el menor valor lo presentó la variedad "mariva" con 0.2857 y el máximo la variedad "yungay" con 0.3933. Al realizar análisis de varianza (Anexo

04) se halló alta significancia estadística ( $p < 0.05$ ), lo que nos indica de la existencia de diferencia en los niveles de arsénico, al realizar la prueba de Tukey donde se encontró que la variedad "yungay" presenta los mayores valores seguida de "canchán", mientras que los menores valores son "tomasa" y "mariva".

En el gráfico 09 se muestra los valores medios, máximos y mínimos de arsénico en cuatro variedades de papa provenientes de la localidad de Sachabamba, se observa que los menores niveles lo presentaron las variedades "mariva" y "tomasa" con medias de 0.2378 y 0.2527, respectivamente; mientras que los máximos valores fueron registrados en "yungay" con 0.3777. Al realizar análisis de varianza (Anexo 05 del anexo) se halló significancia estadística ( $p < 0.05$ ), lo que nos indica de la existencia de diferencia en los niveles de arsénico, al realizar la prueba de Tukey donde se encontró que la variedad "yungay" presenta los mayores valores seguida de "canchán", mientras que los menores valores son "tomasa" y "mariva".

En el gráfico 10 muestra los niveles de arsénico en la variedad "canchán" según las localidades de procedencia. Según la prueba Student (Anexo 08) realizada no se halló significancia ( $p > 0.05$ ), lo que se interpreta como que no existe diferencia de los niveles de arsénico en la variedad "canchán" según las localidades de donde procede.

En el gráfico 11 muestra los niveles de arsénico en la variedad "mariva" según las localidades de procedencia. Según la prueba Student realizada no se halló significancia ( $p > 0.05$ ), lo que se interpreta como que no existe diferencia de los niveles de arsénico en la variedad "mariva" según las localidades de donde procede.

En el gráfico 12 muestra los niveles de arsénico en la variedad "tomasa" según las localidades de procedencia. Según la prueba Student realizada no se

halló significancia ( $p > 0.05$ ), lo que se interpreta como que no existe diferencia de los niveles de arsénico en la variedad "tomasa" según las localidades de donde procede.

En el gráfico 13 muestra los niveles de arsénico en la variedad "yungay" según las localidades de procedencia. Según la prueba Student realizada no se halló significancia ( $p > 0.05$ ), lo que se interpreta como que no existe diferencia de los niveles de arsénico en la variedad "yungay" según las localidades de donde procede.

Galarreta (1994), en su trabajo de determinación de arsénico en papas en la zona de Junín y Lima, obtienen una media de 0.2572 ppm que es menor a la encontrada en el presente trabajo de investigación en la que obtuvimos una media de 0.32 ppm, lo que nos indica un grado de contaminación de 32 % con respecto al nivel máximo aceptable, esto sea posiblemente a las fuentes de contaminación en las áreas de cultivo que fueron estudiadas, además de los factores de absorción como son el pH, el contenido de arcilla o sustancias coloidales que pueden fijar las partículas de arsénico, otra forma que tiene mayor importancia es el uso de pesticidas que contienen arsénico en su composición que son utilizados en el cultivo de papa.

Santana y Meza (2004), en su trabajo de determinación de arsénico en comunidades agrícolas de los valles del Yaqui y Mayo, Sonora, México, halló un promedio de 0.4528 ppm en la papa lo que supera a nuestro trabajo de investigación esto posiblemente por ser una zona con alta actividad minera y que contaminan las aguas de riego por tanto hay una relación en cuanto a la contaminación del agua de riego y el cultivo.

Galarreta (1994) en su trabajo de determinación de arsénico en papas en la zona de Junín y Lima, afirma que la distribución de arsénico es mayor en la cáscara que en la pulpa, por lo tanto el pelado del fruto influencia en los

resultados del análisis, en nuestra presente técnica operatoria sucedió eso lo que implicó la reducción de nuestros resultados en cuanto a valores y se considera real ya que en la mayoría de hogares se consume la papa blanca sin cáscara.

El gráfico 14 de la prueba de Tukey para las variedades, muestra que la variedad “yungay” y “canchán” con 0.386 y 0.339 ppm de As respectivamente e iguales estadísticamente ambos, son las que tienen mayor contenido de As, superando estadísticamente en contenido a las variedades “tomasa” y “mariva” que contienen 0.279 y 0.262 ppm de As respectivamente y que asimismo son estadísticamente iguales ambas.

El gráfico 15 de la prueba de Tukey muestra que en la localidad de Chontaca, la variedad “yungay” y “canchán” con 0.393 y 0.351 ppm de As respectivamente e iguales estadísticamente ambos, son las que tienen mayor contenido de As, superando estadísticamente y en forma ligera en contenido a las variedades “tomasa” y “mariva” que contienen 0.305 y 0.286 ppm de As respectivamente y que asimismo son estadísticamente iguales ambas variedades.

El gráfico 16 de la prueba de Tukey muestra que en la localidad de Sachabamba, la variedad “yungay” con 0.378 ppm de As es la que tiene mayor contenido superando ligeramente a la variedad “canchán” con 0.327 ppm de As pero igual estadísticamente, dejando a las variedades “tomasa” y “mariva” que contienen 0.253 y 0.238 ppm de As respectivamente y que también son estadísticamente iguales ambas variedades. Este mayor contenido de As es posiblemente al demasiado uso de pesticidas en las localidades que afectan considerablemente el cultivo y por ende a los consumidores finales quienes son los afectados ya que el arsénico es absorbido paulatinamente y acumulado en el cuerpo y pudiendo llegar a ser nociva para la salud.

## VI. CONCLUSIONES

1. La "Papa blanca" *Solanum tuberosum*, expendidos en el mercado Nery García Zárate, provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba presentan diferentes niveles de arsénico.
2. El contenido medio de arsénico en tubérculos de papa blanca procedente de la localidad de Chontaca fue de 0.3337 ppm y de Sachabamba de 0,2988 ppm.
3. El contenido promedio de arsénico según variedad fue para "yungay" y "canchán" con 0.386 y 0.339 ppm respectivamente y para las variedades "tomasa" y "mariva" de 0.279 y 0.262 ppm respectivamente.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Seguir realizando pruebas en diferentes productos alimenticios de primera necesidad.
2. Realizar los estudios de evaluación de arsénico en alimentos en las zonas donde hay actividad minera y que se expenden en los mercados Ayacuchanos.
3. Dar a conocer a través de la prensa hablada y escrita el problema de la toxicidad del arsénico en la papa.
4. Dar a conocer a las autoridades los resultados para que tomen las medidas para evitar la contaminación por arsénico en la papa.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Abernathy, C.** 2001. World Health Organization. Environmental Arsenic. Office of Water, Office of science And Technology Health and Ecological Criteria Divisions Exposure and health effects. Estados Unidos.
2. **Albert, A.** 1997. Introducción a la Toxicología Ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, División de Salud y Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.
3. **Anawar, M; Akai, J; Komaki, J; Terao, H; Yosioka, T; Ishizuka, T; Safiullah, S; Kikuo, K.** 2003. Geochemical occurrence of arsenic in groundwater of Bangladesh sources and mobilization processes. Editorial J. Geochem. pp: 109-131.
4. **Armstrong, W; Stroube, B; Rubio T.** 1984. Outbreak of fatal arsenic poisoning caused by contaminated drinking water. Arch Environ Health. pp:276-279.
5. **Berg, M; Tran ,H; Nguyen, T; Pham, H; Schertenleib, R; Giger, W.** 2001. Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat. Environ. Sci. Technol. pp: 2621-2626.
6. **Boyer, R.** 2000. Conceptos de Bioquímica. 1ra. Edición. Editorial International Thomson. Madrid – España. pp 78-133.
7. **Calzada, B.** 1983. Métodos Estadísticos para la Investigación 3ra. Edición. Editorial Jurídica S.A. Lima-Perú.
8. **Casarett, D y Doull's, V.** 1980. Toxicology. "The basic science of poisons". II Edition. pp. 301. Macmillan Publishing Co, Inc.
9. **Centro Internacional de la Papa (CIP).** 1999. Principales Enfermedades, Nematodos a Insectos de la Papa. Lima – Perú.

10. **Chen, C; Chen, W; mu, M and Kuho L.** 1992. Cancer potential in liver lung, bladder and kidney due to ingested inorganic arsenic in drinking water. *Br J. Cancer research* 45: 5895-5899
11. **Cotton, A y Wilkinson, G.** 1998. *Química Inorgánica Avanzada*. Editorial Limusa. México.
12. **Córdova, D.** 2000. *Toxicología. Manual Moderno*. 4ª edición. pp. 248-252. Editorial Limusa. México.
13. **Curtis, D, Klasen, B. And Watkins, B.** 2001. *Manual de Toxicología*. Editorial Me Graw Hill Interamericana. pp 666, 668.
14. **Del Razo, L; Hernández, J; García-Vargas, G; Ostrosky-Wegman, P; Cortinas de Nava, C; Cebrián, M.** 1990. Urinary excretion of arsenic species in a human population chronically exposed to arsenic via drinking water. A pilot study In: Chappell, W.R., Abernathy, C.O., Cothorn. México.
15. **Espinoza, E y Lugo, E.** 2006. Evaluación del arsenómetro portátil Wag-WE10500 para la cuantificación de arsénico en agua. *Biotecnia vol VIII* pp 46-53 Universidad de Sonora. México.
16. **Josephson, J.** 2001. Arsenic and Endocrines. *Environmental Health Perspectives*. United States.
17. **Feldman, R; Niles, C; Nelly-Hayes, M; Sax, D; Dixon, J; Thomson, D And Landau, E.** 1979. Peripheral neuropathy in arsenics melter workers *Neurology*. 29 pp 939-944.
18. **Ferguson, J y Gavis, J.** 1972. A Review of the Arsenic Cicle in Natural Waters. *Empiroment*.1259-1274. Toronto - Canada.
19. **Galarreta, G.** 1994. Arsénico en Tubérculos de Papa de las Zonas de Junín (Valle del Mantaro) y Lima. Tesis Para Optar el Título de Químico Farmacéutico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú.
20. **Gisbert, J.** 2004. Arsénico. en *la Medicina Legal y Toxicología*. 2a. ed.

Editorial Salvat. pp.708-718. Barcelona – España.

21. **Grant, C y Dobbs, A.** 1977. The Growth and Metal Content of Plants Grown In a Soil Contaminated by a Copper/Chrome/Arsenic Wood Preservative. *Environ Pollut.* 213-226.Canada.
22. **Hopenhayn, C, Biggs M, Smith, A, and Moore E.** 1996. Methylation Study of a Population Environmentally Exposed to Arsenic in Drinking Water. *Environmental Health Perspectives.* pp 620-628. United States.
23. **Hsueh, Y.** 1997. Serum  $\beta$ -carotene level, arsenic methylation capability, and incidence of skin cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention.* 589-596.Canadá.
24. **IRIS (Integrated Risk Information System).** 2003.  
(<http://www.epa.gov/iriswebp/iris/index.html>)
25. **Lancaster, R and Hugues, J.** 1971. Toxicity of Arsenic Present in Lake weed. *Enviro.* 14-25.Canada.
26. **Lepp, N.** 1981. Effect of Heavy Metals Pollution on Plants. 3ra edition. London. Science. Publishers. pp. 23-28.Londres.
27. **Mappers, R.** 1977. Experiments on Excretion of Arsenic in Urine. *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 267-272. United States.
28. **Murria, R; Peter, A; Mayes, B; Daryl, K; Cranner, R y Rodwell, V.** 1988. *Bioquímica de Harper* 11va edición. Editorial Manual Moderno. pp160-162. México.
29. **Narh, H.** 1977. Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants Arsenic.5taedición. pp. 34 - 54.Angola. Zimar.
30. **Prieto-García, F; Callejas, M; Lechuga, J; Gaytan, E y Barrado, E.** 2005. Acumulación en Tejidos Vegetales de Arsénico Proveniente de Aguas y Suelos de Zipán Estado de Hidalgo. Editorial Biagro. pp. 129-

135.México.

31. **Prince, J y Robert, C.** 1988. *Química, un Curso Moderno*. Editorial Merrill Publishing Co. pp 172. Columbus Ohio. Estados Unidos.
32. **Sancha, A y Castro, M.** 2001. *Arsenic in Latin America: occurrence, exposure, health effects and remediation*. Estados Unidos.
33. **Santana, M y Meza, M.** 2004. *Niveles de Arsénico en Comunidades Agrícolas de los Valles del Yaqui y Mayo, Sonora, México*. Trabajo de Investigación. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
34. **Smedley, P and Kinniburgh, D.** 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*. 517-568. Washington. Estados Unidos.
35. **Steven L; Maslak, P; Wang, Z; Jhanwar, S; Calleja, E; Dardashi, L; Corso, D; Deblasio, A; Gabrilove, J; Scheinberg, D; Pandolfi, P and Warrell, R.** 1998. Complete Remission After Treatment of Acute Promyelocytic Leukemia with Arsenic Trioxide. *HJ G The New England Journal of Medicine*. 339; 19. Inglaterra.
36. **Shibamoto, T y Bjeldanes, L.** 1996. *Introducción a la Toxicología de los Alimentos*. Acribia. Zaragoza. 159 – 162. España.
37. **Streyer, L.** 1988. *Bioquímica*. 3ra edición. Editorial Reverte. México.
38. **Styblo, M; Delnomdedieu, M and Thomas, D.** 1995. Biological mechanisms and toxicological consequences of the methylation of arsenic. In: *Toxicology of metals-biochemical aspects, Handbook of experimental pharmacology*. United States.
39. **Toxicological Profile for Arsenic.** 2000. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U.S. Department Of Health and Human Services. Public Health Service.
40. **Walsh, L and Keeney, D.** 1975. *Arsenical Pesticides* American Chemical

Society Washington. Estados Unidos.

41. **Wang, L and Huang, J.** 1994. Chronic arsenism from drinking water in some areas of Xinjiang, China. In: Nriagu," J.O. Arsenic in the Environment, Part II: Human Health and Ecosystem Effects. John Wiley, New York, pp.159 .172.
42. **Wauchope, R.** 1983. Uptake, Translocation and Phytotoxicity of Arsenic in Plants.2daedición. New York. pp 348-374. Estados Unidos.
43. **Wauchope, R. y Mc Dowell, L.** 1984. Adsorption of Phosphate, Arsenate, Methanearsonate, and Cacodylate by Lake and Stream Sediments: Comparisons With Soils. Environ. 499-504. Canada.
44. **Worcha, F.** 1981. Arsenic. Environmental Health Criteria , Geneva. Finland..46 – 55. Italia.
45. **Wyatt, C; López, V; Olivas, R y Méndez, O.** 1998. Excretion of Arsenic (As) in Urine of Children, 7-22 Years, Exposed to Elevated Levels of As in the City Water Supply in Hermosillo, Sonora, México. Environmental Research, Section A78, pp 19-24. México.
46. **Yeh, S; How, C and Lin, D.** 1968. Arsenical Cancer of skin. Histologic study with reference to Bowen's disease. Cancer. pp. 312-339.

#### **BIBLIOGRAFÍA – INTERNET**

1. **Acosta, G.** 2009.Arsénico.<http://es.wikipedia.org/wiki/Ars%C3%A9nico>
2. **Booner, H.** 2008. Arsénico en el medio ambiente.  
<http://www.lenntech.com/espanol/arsenico-en-el-medioambiente.htm>
3. **Dávila, F.** 1999. Ciclo del arsénico.  
[http://190.2.24.138/3/biblioteca/D.S.\\_N165\\_1999%20\\_Emision\\_arsenico](http://190.2.24.138/3/biblioteca/D.S._N165_1999%20_Emision_arsenico)
4. **Cifre, A.** 2009. Características físicas del arsénico.  
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=37>
5. **Hamamoto, E.** 2007. El arsénico en la serranía ecuatoriana.

[http://www.elmercurio.com.ec/web/titulares.php?nuevo\\_mes=01&nuevo.](http://www.elmercurio.com.ec/web/titulares.php?nuevo_mes=01&nuevo)

6. Toxicología de alimentos. 2006.

<http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/toxicolo/toxico/toxico.pdf>

7. **Sánchez, K.** 2006. Toxicología de alimentos.

[http://www.csgastronomia.edu.mx/profesores/ex\\_profesores/ncid](http://www.csgastronomia.edu.mx/profesores/ex_profesores/ncid)

## **ANEXOS**

**Anexo 01: Estadísticos descriptivos para los niveles de arsénico en muestras de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho. 2011.**

Localidad	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza (95%)		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Chontaca	32	0,3337	0,0635	0,0112	0,3108	0,3566	0,1365	0,5100
Sachabamba	32	0,2988	0,0863	0,0153	0,2677	0,3299	0,1000	0,4226
Total	64	0,3163	0,0772	0,0096	0,2970	0,3355	0,1000	0,5100

**Anexo 02: Estadísticos descriptivos para los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho. 2011.**

Variedad	n	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza (95%)		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Canchán	16	0,3389	0,0323	0,0081	0,3217	0,3561	0,2276	0,3839
Mariva	16	0,2618	0,0880	0,0220	0,2149	0,3087	0,1000	0,3576
Tomasa	16	0,2789	0,0656	0,0164	0,2439	0,3138	0,1300	0,3434
Yungay	16	0,3855	0,0403	0,0101	0,3640	0,4070	0,3430	0,5100
Total	64	0,3163	0,0772	0,0096	0,2970	0,3355	0,1000	0,5100



**Anexo 03: Estadísticos descriptivos para los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de Chontaca y Sachabamba. Ayacucho. 2011.**

Variedad de papa	Localidad	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza (95%)		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Canchán	Chontaca	8	0,3509	0,0153	0,0054	0,3381	0,3637	0,3381	0,3839
	Sachabamba	8	0,3269	0,0409	0,0145	0,2927	0,3611	0,2276	0,3576
	Total	16	0,3389	0,0323	0,0081	0,3217	0,3561	0,2276	0,3839
Mariva	Chontaca	8	0,2857	0,0740	0,0262	0,2239	0,3476	0,1365	0,3484
	Sachabamba	8	0,2378	0,0990	0,0350	0,1551	0,3206	0,1000	0,3576
	Total	16	0,2618	0,0880	0,0220	0,2149	0,3087	0,1000	0,3576
Tomasá	Chontaca	8	0,3050	0,0399	0,0141	0,2717	0,3383	0,2167	0,3434
	Sachabamba	8	0,2527	0,0779	0,0275	0,1876	0,3179	0,1300	0,3267
	Total	16	0,2789	0,0656	0,0164	0,2439	0,3138	0,1300	0,3434
Yungay	Chontaca	8	0,3933	0,0510	0,0180	0,3507	0,4359	0,3458	0,5100
	Sachabamba	8	0,3777	0,0273	0,0096	0,3549	0,4005	0,3430	0,4226
	Total	16	0,3855	0,0403	0,0101	0,3640	0,4070	0,3430	0,5100

**Anexo 04: Análisis de varianza de los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate provenientes de las localidades de “chontaca” y “sachabamba”. Ayacucho. 2011.**

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Sig.
Variedades	3	0.16	0.052	14.03	**
Error	60	0.22	0.004		
Total	63	0.38			

CV 11.2

**Anexo 05: Análisis de varianza de los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate proveniente de la localidad de “chontaca”. Ayacucho. 2011.**

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Sig.
Variedades	3	0.06	0.019	7.51	**
Error	28	0.07	0.002		
Total	31	0.13			

CV            8.0

**Anexo 06: Análisis de varianza de los niveles de arsénico en cuatro variedades de *Solanum tuberosum* “papa blanca” expendidos en el mercado mayorista Nery García Zárate proveniente de la localidad de “sachabamba”. Ayacucho. 2011.**

Fuentes de variación	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Sig.
Variedades	3	0.10	0.034	7.50	**
Error	28	0.13	0.005		
Total	31	0.23			

CV            12.6

**Anexo 07:** Foto de la venta de *Solanum tuberosum* “papa” en el mercado mayorista Nery García Zárate. Ayacucho. 2011



**Anexo 08:** Foto de muestras de papas utilizadas para el análisis de arsénico



**Anexo 09: Foto de muestras de papas preparadas**



**Anexo 10: Foto de las cenizas del evaporado a sequedad de la papa**



**Anexo 11: Foto del proceso de la disolución de las cenizas de papa**



**Anexo 12: Foto del equipo de Vasak y Sedivek para determinar arsénico**

