



Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica

**“DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE ARSÉNICO, CADMIO Y PLOMO EN MACA
(*Lepidium meyenii*) EXPENDIDA EN EL MERCADO 10 DE OCTUBRE DURANTE
EL PERÍODO DE JUNIO - OCTUBRE 2016”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

Presentado por:

Espinoza Dominguez Judith

Quispe Huillca Yessica

Asesor:

QF.Tox. Lizano Gutierrez, Jesus Victor

LIMA-PERÚ

2016

DEDICATORIA

Dedicado a nuestros padres, hermanos y personas que siempre confiaron en nosotros y que fueron el motor de nuestros deseos de superación, también por su incanzable apoyo en lograr nuestros sueños.

AGRADECIMIENTO

A nuestros profesores y tutores por su incansable apoyo todos estos años y por guiarnos por los senderos del saber.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRAFICOS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACTS	xiii
I. INTRODUCCION	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	2
1.3 HIPÓTESIS.	3
1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL	3
1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	3
1.4 VARIABLES.	3
1.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.	3
1.4.2 VARIABLES DEPENDIENTE.	3
II. MARCO TEÓRICO.	4
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.2 BASE TEÓRICA	6
2.2.1 MACA.	6
2.2.1.1 Taxonomía de la maca.	7
2.2.1.2 Morfología de la maca.	7

2.2.1.3	Composición de la maca.	9
2.2.1.4	Actividades biológicas de la maca.	10
2.2.2	<i>ARSÉNICO.</i>	11
2.2.2.1	Toxicocinética.	12
2.2.2.2	Toxicodinamia.	13
2.2.3	<i>CADMIO</i>	14
2.2.3.1	Toxicocinética.	15
2.2.3.2	Toxicodinamia	16
2.2.4	<i>PLOMO</i>	18
2.2.4.1	Toxicocinética.	20
2.2.4.2	Toxicodinamia	21
III.	PARTE EXPERIMENTAL	23
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
3.2	MÉTODO	23
3.3	POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO	29
3.3.1	<i>POBLACIÓN</i>	29
3.3.2	<i>MUESTRA</i>	29
3.4	REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO.	29
3.4.1	<i>REACTIVOS</i>	29
3.4.2	<i>MATERIALES</i>	30
3.4.3	<i>INSTRUMENTOS Y EQUIPOS</i>	30
3.5	TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	30
3.5.1	<i>TÉCNICA OPERATORIA</i>	30
3.5.1.1	Espectroscopia de Absorción Atómica.	30
3.5.1.2	Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito.	31
3.5.1.3	Fundamento de Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (FIAS).	32

3.5.2	<i>PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</i>	33
3.5.2.1	Preparación de la muestra	33
3.5.2.2	Digestión Asistida por Microondas	33
3.5.2.3	Determinación de arsénico, cadmio y plomo.	34
IV.	RESULTADOS	35
V.	DISCUSIONES	68
VI.	CONCLUSIONES.	69
VII.	RECOMENDACIONES	70
VIII.	BIBLIOGRAFIA	71
IX.	ANEXOS	73

ÍNDICE DETABLAS

TABLA 1: Variables e indicadores	4
TABLA 2: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....	35
TABLA 3: Datos estadísticos de la concentración de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyanii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....	37
TABLA 4: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Arsénico.....	39
TABLA 5: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....	42
TABLA 6: Determinación cuantitativa de Cadmio en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....	45
TABLA 7: Datos estadísticos de la concentración de Cadmio en maca (<i>Lepidium meyanii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....	47
TABLA 8: Determinación cuantitativa de Cadmio en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Cadmio.....	49
TABLA 9: Determinación cuantitativa de Cadmio en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....	52
TABLA 10: Determinación cuantitativa de Plomo en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expandida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....	55

<i>TABLA 11: Datos estadísticos de la concentración de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....</i>	<i>57</i>
<i>TABLA 12: Determinación cuantitativa de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Plomo.....</i>	<i>59</i>
<i>TABLA 13: Determinación cuantitativa de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....</i>	<i>62</i>

ÍNDICE DE GRAFICOS

<i>GRÁFICO 1: Hojas compuestas de <i>Lepidium meyenii</i>.....</i>	<i>7</i>
<i>GRÁFICO 2: Morfología de la Maca.....</i>	<i>9</i>
<i>GRÁFICO 3: Toxicodinamia del Arsénico.....</i>	<i>14</i>
<i>GRÁFICO 4: Diagrama de flujo del Cadmio.</i>	<i>18</i>
<i>GRÁFICO 5: Vías de absorción, distribución y eliminación del Plomo en el organismo humano.....</i>	<i>21</i>
<i>GRÁFICO 6: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de Arsénico.</i>	<i>25</i>
<i>GRÁFICO 7: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de Cadmio.</i>	<i>27</i>
<i>GRÁFICO 8: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de Plomo.....</i>	<i>28</i>
<i>GRÁFICO 9: Espectrofotometría de Absorción Atómica.</i>	<i>31</i>
<i>GRÁFICO 10: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.</i>	<i>36</i>
<i>GRÁFICO 11: Concentración mínima, máxima y promedio de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....</i>	<i>38</i>
<i>GRÁFICO 12: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Arsénico.....</i>	<i>40</i>
<i>GRÁFICO 13: Resultado porcentual de la concentración de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Arsénico.....</i>	<i>41</i>
<i>GRÁFICO 14: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (<i>Lepidium meyenii</i>) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....</i>	<i>43</i>

<i>GRÁFICO 15: Resultado porcentual de la concentración de Arsénico en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....</i>	<i>44</i>
<i>GRÁFICO 16: Determinación cuantitativa de Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.</i>	<i>46</i>
<i>GRÁFICO 17: Concentración mínima, máxima y promedio de Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....</i>	<i>48</i>
<i>GRÁFICO 18: Determinación cuantitativa de Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Cadmio.</i>	<i>50</i>
<i>GRÁFICO 19: Resultado porcentual de la concentración de Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Cadmio.....</i>	<i>51</i>
<i>GRÁFICO 20: Determinación cuantitativa de Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).</i>	<i>53</i>
<i>GRÁFICO 21: Resultado porcentual de la concentración de Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....</i>	<i>54</i>
<i>GRÁFICO 22: Determinación cuantitativa de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.</i>	<i>56</i>
<i>GRÁFICO 23: Concentración mínima, máxima y promedio de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.....</i>	<i>58</i>
<i>GRÁFICO 24: Determinación cuantitativa de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Plomo.....</i>	<i>60</i>

<i>GRÁFICO 25: Resultado porcentual de la concentración de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de Plomo.....</i>	<i>61</i>
<i>GRÁFICO 26: Determinación cuantitativa de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).</i>	<i>63</i>
<i>GRÁFICO 27: Resultado porcentual de la concentración de Plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).....</i>	<i>64</i>
<i>GRÁFICO 28: Relación entre la concentración de Cadmio y Arsénico en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre.....</i>	<i>65</i>
<i>GRÁFICO 29: Relación entre la concentración de Plomo y Arsénico en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre.....</i>	<i>66</i>
<i>GRÁFICO 30: Relación entre la concentración de Plomo y Cadmio en maca (Lepidium meyenii) expendida en el mercado 10 de Octubre.....</i>	<i>67</i>

RESUMEN

La maca (*Lepidium meyenii*) es una planta que crece sobre los 4000 metros de altitud en los Andes Centrales del Perú, presenta diferentes variedades de acuerdo al color de su hipocótilo. Las partes comestibles de la planta han sido utilizadas desde hace 2000 años como alimento básico de los pueblos y en los últimos años se ha difundido las propiedades que le dan realce a su valor nutricional.

Por ello realizamos el estudio en 28 muestras para determinación cuantitativamente la concentración de Arsénico, Cadmio y Plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio - octubre 2016. La concentración promedio de Arsénico 0,38 mg/kg con cifras mínimas de 0,17 mg/kg y máximas 0,67mg/kg; la concentración promedio de Cadmio es 0,32 mg/kg con cifras mínimas de 0,06 mg/kg y máximas de 0.62 mg/kg y la concentración promedio de Plomo 0,34 mg/kg con cifras mínimas 0,12 mg/kg y máximas de 0,67 mg/kg.

Los valores hallados son: El 29 % de las muestras analizadas de maca (*lepidium meyenii*) supera el valor permitidos por MERCOSUR para As (0,50 mg/kg); el 14 % de las concentraciones de Cd en maca (*lepidium meyenii*) superan el valor permitido dado por MERCOSUR para Cd (0,50 mg/kg) y para Pb el 29 % superan el valor permitido dado por MERCOSUR en las muestras analizadas.

Palabras claves: Maca, Arsénico, Cadmio, Plomo, MERCOSUR.

ABSTRACTS

The maca (*Lepidium meyenii*) is a plant that grows on the 4000 meters of altitude in the Central Andes of Peru, presents different varieties according to the color of its hypocotyl. The edible parts of the plant have been used for 2000 years as the staple food of the villages and in recent years has spread the properties that enhance its nutritional value.

For this reason, we carried out a study with 28 samples for the quantitative determination of the concentration of arsenic, cadmium and lead in maca (*Lepidium meyenii*) sold in market October 10 during the period July - October 2016. The values found are compared to the value allowed by the Southern Common Market (MERCOSUR).

Keywords: Maca, arsenic, cadmium, lead, MERCOSUR.

I. INTRODUCCION

La maca (*Lepidium meyenii*) es una planta que crece sobre los 4000 metros de altitud en los Andes Centrales del Perú, presenta diferentes variedades de acuerdo al color de su hipocótilo. La presente revisión resume los resultados de estudios sobre los efectos de la maca en la función sexual, la espermatogénesis, la función reproductiva femenina, la memoria, la depresión y la ansiedad, como energizante y contra la hiperplasia benigna de próstata, osteoporosis y síndrome metabólico. Se discute también su efecto antienvjecimiento y la seguridad en su consumo. ⁽¹⁾ Se han demostrado diferencias en el efecto de las variedades negra, amarilla y roja de maca. La maca negra es la que mejores resultados presenta sobre la espermatogénesis, la memoria y contra la fatiga, mientras que la maca roja es la variedad que mejor revierte la hiperplasia benigna de próstata y la osteoporosis inducida experimentalmente. ⁽²⁾

Además, la maca reduce los niveles de glucosa, y su consumo se relaciona con la reducción de la presión arterial y un mejor puntaje de salud. Estudios experimentales han demostrado que el consumo a corto como a largo plazo no muestra toxicidad tanto in vivo como in vitro. A pesar que los estudios experimentales han demostrado que la maca presenta diversos efectos benéficos, son necesarios más estudios clínicos para confirmar estos resultados.

Los metales pesados encontrados en alimentos provienen de diversas fuentes, las más importantes son: el suelo contaminado en el que se producen los alimentos para el hombre y los animales; los lodos residuales, los fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en agricultura. ⁽³⁾

Para el presente estudio utilizaremos antecedentes del genero *Lepidium*, ya que no existe estudios realizados para maca (*Lepidium meyenii*), siendo este un producto oriundo del Perú. Con este estudio se busca sentar un precedente. Se toma como indicador los valores para bulbos y raíces establecidos por el MERCOSUR (Mercado Común del Sur), los metales que hallaremos son As, Pb, Cd y la investigación se realizó en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Norbert Wiener y el procesamiento de la muestra en el Laboratorio Cetox.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

¿Cuáles son las concentraciones de As, Cd y Pb en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Generales.

Determinar la concentración de Arsénico, Cadmio y Plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de Junio - Octubre 2016.

1.2.2 Objetivos específicos.

- ❖ Determinar si las concentraciones de Arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre en el periodo Junio-Octubre 2016 superan los límites dados por MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- ❖ Determinar si las concentraciones de Cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre en el periodo Junio-Octubre 2016 superan los límites dados por MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- ❖ Determinar si las concentraciones de Plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en Mercado 10 de Octubre 2016 superan los límites dados por MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- ❖ Establecer una correlación entre las concentraciones de Arsénico, Cadmio y Plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre en el periodo Junio – Octubre 2016.

1.3 HIPÓTESIS.

1.3.1 Hipótesis General

La maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de Junio - Octubre 2016, presentan concentraciones de As, Cd y Pb superiores a las dadas por el MERCOSUR

1.3.2 Hipótesis Específicas

- ❖ La maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre contienen As en concentraciones superiores al valor permitido por el MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- ❖ La maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre contienen Cd en concentraciones superiores al valor permitido por el MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- ❖ La maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre contienen Pb en concentraciones superiores al valor permitido por el MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- ❖ Existe correlación entre las concentraciones de As, Cd y Pb en la maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre en el periodo de Junio – Octubre de 2016.

1.4 VARIABLES.

1.4.1 Variable Independiente.

La maca (*Lepidium meyenii*) proveniente del Mercado 10 de Octubre, periodo Junio – Octubre 2016.

1.4.2 Variable Dependiente.

Concentración de arsénico, cadmio y plomo.

TABLA 1: Variables e indicadores.

VARIABLES	INDICADORES
<i>Concentración de arsénico</i>	MERCOSUR (Mercado Común del Sur) = 0,50 mg/kg.
<i>Concentración de cadmio</i>	MERCOSUR (Mercado Común del Sur) = 0,50 mg/kg.
<i>Concentración de plomo</i>	MERCOSUR (Mercado Común del Sur) = 0,40 mg/kg.

MARCO TEÓRICO.

1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el 2010 en Colombia se realizó un estudio con el fin de establecer el nivel de contaminación por metales pesados (MP), se llevó a cabo una caracterización florística y análisis de la matriz de residuos (MR) y muestras de tejidos vegetales en el morro de basuras de Moravia en Medellín, un antiguo botadero de basuras habitado desde 1984 por más de 17.000 personas. Se identificaron más de 65 especies vegetales, la mayoría de ellas herbáceas, agrupadas en 28 familias. El contenido de MP en 14 diferentes muestras de MR varió considerablemente, yendo de 121 y 9.600 ppm de Hg y Pb, respectivamente. El contenido promedio de MP en la MR siguió el orden: Pb > Ni > Cr > Hg > Cd. Hubo absorción de MP en diversas especies vegetales, alcanzando valores máximos de 1,0; 123,7; 263,7 ppm en el caso de Hg, Pb y Cr, respectivamente. Sin embargo, a excepción de *Lepidium virginicum*, los valores de factores de bioconcentración estimados no fueron mayores que 1.0. Dada su cobertura y adaptación a las condiciones del antiguo basurero, *Bidens pilosa*, *Urochloamaxima* y *L. virginicum*, se evidencian como especies adecuadas para el proceso de revegetación del Morro de Moravia. Aún después de 24 años desde la clausura del basurero, se encontraron altos contenidos de MP tanto en la MR como en los tejidos vegetales muestreados. Dado que estudios complementarios a este han mostrado que aún existe producción de lixiviados en Moravia y que existe

transferencia activa de metales pesados a la fauna presente en Moravia, existe la necesidad de implementar medidas de reducción de la contaminación en este sitio. ⁽⁴⁾

En el 2011 en Pakistan se realizó un estudio sobre los metales pesados esenciales y no esenciales como el Mg, Zn, Fe, Ni, Cu, Cr, Pb y Cd, se analizaron cuantitativamente en plantas medicinales seleccionadas, que incluyen, *Acorus calamus*, *Artemisia annua*, *Chenopodium foliosum*, *Cupressus arizonica*, *Euphorbia helioscopia* L, *Lepidium sativum*, *Nerium oleander*, *Ranunculus mariculatus*, *stans* *Tecoma*, *Urtica dioica* mediante el uso de espectrometría de absorción atómica. El objetivo principal de este estudio fue cuantificar metales pesados esenciales y no esenciales en hierbas seleccionadas, que se utilizan ampliamente en la preparación de productos a base de hierbas y extractos estandarizados. Una alta concentración de Fe (26,52 ppm) y Mn (94,40 ppm) fueron encontrados en *Nerium oleander*, Zn (77,00 ppm) en *Lepidium sativum*; y altas concentraciones de K (94,600 ppm) y Na (400 ppm) se encontraron en *Tecomastans*. La concentración de otros metales pesados en particular Cu, Ni y Pb también se encontraron en mayores concentraciones en las hierbas seleccionadas. El objetivo principal del presente estudio fue evaluar el contenido de metales tóxicos y su nivel de concentración que puedan tener efectos adversos en la salud humana, además de proporcionar una información científica. ⁽⁵⁾

Otro estudio se llevó a cabo para evaluar la contaminación de cinco metales pesados (As, Cd, Cr, Pb y Zn) en cinco diferentes tipos de verduras de hoja verde como la mostaza (*Brassica campestris*), de creos de jardín (*Lepidium sativum*), el hinojo (*Foeniculum vulgare*), cilantro (*Coriandrum sativum*), y la espinaca (*Spinacia oleracea*) recogidos de diferentes sitios de mercado de Katmandú. Se usó el espectrómetro de absorción atómica para determinar las concentraciones de estos metales en un total de 45 vehículos de prueba. Los resultados mostraron una importante acumulación de metales pesados en las raíces y brotes de hojas de los vegetales. La gama de

diversos metales fue 0,9-12,0, 02.07 a 12.05 y de 16,8 a 158,7 ppm en las raíces y de 3,2 a 19,1, 5.3- 32.9 y 23.9-223.1 ppm en los brotes de hojas de las verduras de prueba para Cd, Pb y Zn, respectivamente. Sin embargo, los niveles de As y Cr se encontraron por debajo de los límites de detección. Los resultados revelaron que las concentraciones medias de todos los metales (ambos brotes y raíces de hoja conjuntamente) y las verduras se encuentran en el orden de su abundancia como Zn> Pb> Cd. También encontraron que los niveles de Pb y Cd superan los límites máximos permisibles establecidos por la FAO / OMS para el consumo humano. También se investigó la ingesta diaria de metales pesados a través del consumo de los vegetales. Desde el presente estudio, se llegan a la conclusión de que un plan de seguimiento y una evaluación del riesgo para la salud son necesarios para evaluar los niveles de concentración de metales en los vegetales con el fin de desarrollar las medidas adecuadas para reducir la excesiva acumulación de estos metales en la cadena alimentaria. ⁽⁶⁾

1.6 BASE TEÓRICA

1.6.1 Maca.

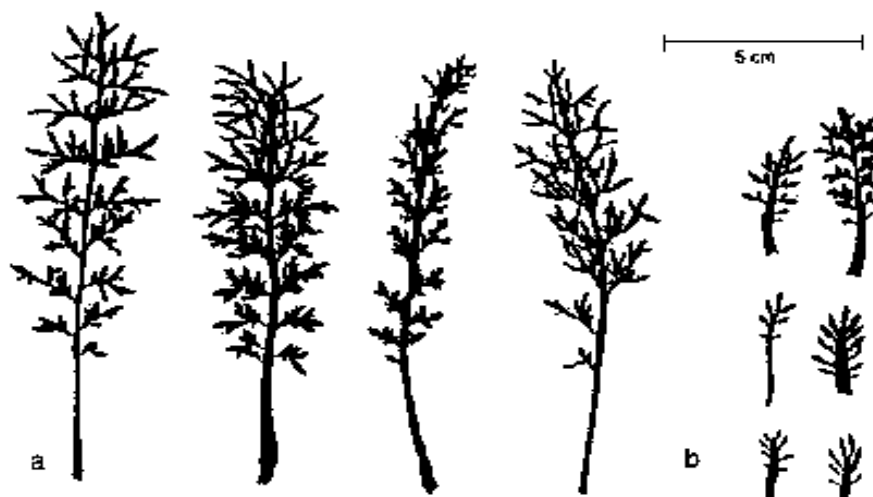
La familia de las Crucíferas, presenta 350 géneros y más de 2500 especies repartidas en todo el mundo, entre ellas, la más conocida es 'la maca'. La flora peruana tiene 22, considerando al género *Lepidium* con 13 especies. Su cultivo está restringido a los departamentos de Junín; en las localidades de Huayre, Carhuamayo, Uco, Ondores y Junín y Pasco; en Ninacaca y Vico. También en las partes altas del valle del Mantaro. Estas zonas están ubicadas a 4 000 y 4 450 msnm que corresponden al piso ecológico de la puna, la cual se caracteriza por tener temperaturas promedios entre 4 y 7 °C, alta irradiación solar, frecuentes heladas, vientos fuertes y suelos ácidos (pH < 5). ⁽⁸⁾

1.6.1.1 Taxonomía de la maca.

La descripción original efectuada por Walpers en 1843 y que pone el nombre de *Lepidium meyenii* Walp. a la colección hecha por Meyenii cerca de la planicie de Pisacona en Puno, no corresponde a la forma cultivada que se tiene en el centro del Perú. ⁽⁹⁾

- ❖ Clase : Magnoliopsida
- ❖ Sub Clase : Dilleniidae
- ❖ Orden : Capparales
- ❖ Familia : Brassicaceae
- ❖ Género : *Lepidium*
- ❖ Especie : *Lepidium meyenii* walp.
- ❖ Nombre vulgar: La maca

GRÁFICO 1: Hojas compuestas de *Lepidium meyenii*.



1.6.1.2 Morfología de la maca.

La planta es una roseta con una raíz pivotante que forma con el hipocotilo un órgano de almacenamiento subterráneo que es la parte comestible. Las hojas son compuestas y muestran dimorfismo; en

plantas vegetativas son grandes y en plantas reproductivas son muy reducidas.

- ❖ **Flores.** Son pequeñas con pedicelo largo, actinomorfas y bisexuales.
- ❖ **Inflorescencia.** Básicamente formada por racimos compuestos (Panicula) aunque en estado de primera floración se pueden observar flores solitarias, pequeños racimos simples y muy raras veces pequeños racimos compuestos.
- ❖ **Cáliz.** Dialisépalo regular, con cuatro sépalos persistentes, cóncavo y de color que varía entre verdoso, violáceo y verdoso-violáceo.
- ❖ **Corola.** Formada por dos estambres con anteras amarillentas de dehiscencia longitudinal y cuatro nectáreos verdosos ubicados en la base del ovario, dos a cada lado de los estambres.
- ❖ **Gineceo.** De ovario súpero, ancho y ligeramente aplanado, dos locular, dos carpelar, con la parte estilar muy reducida y el estigma pequeño, globoso y abultado. Presencia de tabique que divide al ovario en dos porciones iguales. La placentación es tabical superior.
- ❖ **Fruto.** Es una silícula dehiscente la cual contiene dos semillas pequeñas, de color que varía entre amarillo naranja y marrón oscuro. ^(10,11)

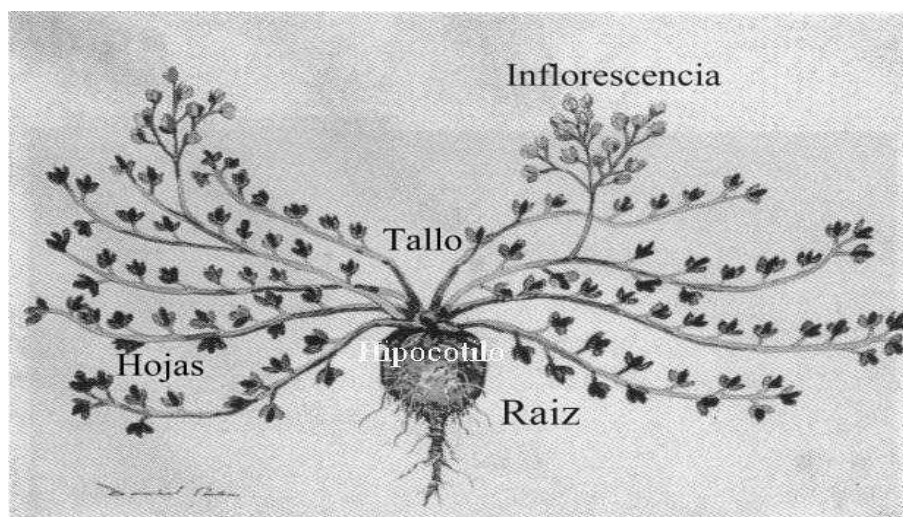


GRÁFICO 2: Morfología de la Maca.

1.6.1.3 Composición de la maca.

Las partes comestibles de la planta han sido utilizadas desde hace 2000 años como alimento básico de los pueblos y en los últimos años se ha difundido las propiedades que le dan realce a su valor nutricional. La composición de la raíz de maca (*Lepidium meyenii Walp*) en polvo deshidratado presentan carbohidratos, estos están compuestos de 23,4% de sacarosa, 1,55% de glucosa, 4,56% de oligosacáridos y 30,4% de polisacáridos. ⁽¹²⁾

En la raíz de maca existen 18 o 19 aminoácidos, resaltando que 7 de ellos son esenciales y su contenido es más alta que en las papas y zanahorias. El contenido de ácidos grasos insaturados, como linoleico y oleico es de 52,7% a 60,3% de ácidos grasos totales. Los minerales encontrados por 100 g de materia seca de maca destacan: calcio 247 mg, fósforo 183 mg y hierro 14,7 mg. ⁽¹³⁾

Algunos investigadores atribuyen que las raíces de maca contienen varios metabolitos secundarios de interés, incluyendo los macaenos y macamidas, glucosinolatos, alcaloides, ésteres de ácidos grasos y fitoesteroles. ⁽¹⁴⁾

1.6.1.4 *Actividades biológicas de la maca.*

- a) Función sexual:** La maca, particularmente extractos lipídicos, mejora la conducta sexual en roedores ^(15,16); sin embargo estos resultados no han podido ser reproducidos en posteriores estudios ^(18,19). La maca gelatinizada (1,5 o 3,0 g/día) en varones normales, mejora el deseo sexual a partir de las 8 semanas de administración, tiempo largo para un tratamiento sobre mejora del deseo sexual ⁽²⁰⁾. En cambio, el uso de extracto de maca mejora el deseo sexual en varones deportistas a las dos semanas de tratamiento ⁽²¹⁾. En un estudio doble ciego usando un extracto de maca seca (2,4 g/día) por doce semanas se observa un pequeño pero significativo efecto de la maca sobre la disfunción eréctil leve ⁽²²⁾.
- b) Efecto sobre la función reproductiva femenina:** La maca no afecta la tasa de implantación en ratonas, ni genera mayor número de óvulos por ciclo, ni afecta el desarrollo normal de los embriones preimplantacionales ⁽²³⁾. Sin embargo, las ratonas que recibieron extracto acuoso de maca presentaron un mayor número de crías que las del grupo control. Lo mismo se ha observado en cobayos tratados con 90 g de maca/día durante 100 días. En peces, también se ha mostrado que la maca favorece la supervivencia de alevinos y juveniles ^(24,25).
- c) Energizante:** En ratas machos recién destetadas y tratadas con extracto acuoso de maca amarilla (400, 800 o 1,200 mg maca/kg peso) durante 30 días, no se muestra efecto sobre la prueba de nado forzado que mide la resistencia física. La cocción se realizó por 30 minutos ⁽²⁶⁾.

Igualmente, hay efecto sobre la resistencia física suplementando con harina de maca fermentada o con extracto acuoso de maca utilizando dosis muy altas. El extracto lipídico soluble de maca amarilla (100 mg/kg) durante tres semanas, aumentó la

resistencia física, medida en términos del tiempo en que llega a la fatiga, en un 41% del valor del control ⁽²⁷⁾, en cambio, con el extracto hidroalcohólico de maca negra el incremento de la resistencia física es mayor al 500%. Se ha reportado que el uso de fitoestrógenos en la dieta, acelera el tiempo de apertura vaginal en las ratonas. El tratamiento con maca no afecta esta variable, por lo que el consumo de hipocótilos de maca no afecta la maduración sexual.

d) Próstata: En un estudio se evaluó el efecto de un extracto acuoso liofilizado de la maca roja en HPB (hiperplasia prostática) inducida por Enantato de testosterona en ratas adultas de la cepa Holtzman y la maca roja fue capaz de revertir este efecto sobre la próstata, siguiendo un patrón dosis–respuesta, sin afectar el peso de las vesículas seminales. En este mismo estudio, un grupo control positivo recibió finasteride reduciendo tanto el peso de la próstata como de las vesículas seminales. Estos resultados sugieren que la maca no actúa sobre la 5 alfa reductasa, sino probablemente dentro de la célula en factores de transcripción o tal vez en la vía estrogénica⁽²⁸⁾.

1.6.2 Arsénico.

El Arsénico (As) es un metaloide que puede presentarse en tres estados alotrópicos: gris, negro y amarillo. El más estable es el gris, como una masa cristalina, de aspecto metálico, brillante y frágil. El estado negro es un polvo amorfo que a 360° se convierte al estado gris. El As amarillo es una forma cristalina metaestable que se oxida a temperatura ambiente por la acción del aire y revierte al estado gris por la acción de la luz. Los compuestos más utilizados en la industria son el anhídrido arsénico, arseniato de calcio, tricloruro de arsénico y los arsenitos. El As no es insoluble agua, pero sí en los ácidos fuertes. ⁽²⁹⁾

El As se oxida fácilmente en presencia de humedad, recubriéndose de una capa de anhídrido arsenioso. Su combustión da también humos de

anhídrido arsenioso, muy tóxicos. Reacciona con los halógenos, formando trihalogenuros; y con el azufre, formando los sulfuros de arsénico. Algún estado alotrópico es sensible a la acción de la luz, así como algún trihalogenuro. El producto es atacado por los ácidos fuertes (níttrico, sulfúrico) que disuelven. Con las siguientes sustancias puede dar lugar a reacciones violentas; con riesgo de explosión o inflamación: con los cloratos, bromatos o iodatos de calcio, bario, magnesio, sodio, potasio y zinc; pentafluoruro de bromo, trifluoruro de bromo, azida de bromo, carburos de cesio y rubidio, cloro, flúor, trióxido de cromo, monóxido de cloro, trifluoruro de cloro, litio, ácido hipocloroso, tricloruro de nitrógeno, tribromuro de nitrógeno, nitrato potásico, permanganato potásico, nitrato de plata, peróxidos de sodio y potasio, etc. ⁽³⁰⁾

1.6.2.1 Toxicocinética.

El As se absorbe por todas las vías con la eficacia suficiente para producir toxicidad aunque la preferente es la vía digestiva con una eficacia superior al 90%. A través de la piel intacta la absorción es escasa aunque se facilita con la irritación que la propia sustancia produce.

En la sangre se encuentra en el interior de los hematíes y unido a las proteínas plasmáticas. El aclaramiento desde la sangre se produce en tres fases: la primera rápida, con una desaparición del 90% en 2-3 h; la segunda, de hasta 7 días; y la tercera, más lenta. ⁽³¹⁾ Tras una dosis aguda se produce una distribución a todos los órganos con una mayor concentración en hígado y riñón. Tras exposición crónica se alcanzan altas concentraciones en piel, pelo y uñas por su rico contenido en cisteínas.

La vía metabólica de las formas inorgánicas es la metilación mediante metiltransferasas produciéndose ácido metilarsónico y dimetilarsínico. La forma pentavalente debe ser primero reducida a trivalente. La principal ruta de eliminación es la orina, y una pequeña

cantidad lo hace por las heces, bilis, sudor, células descamadas, pelo y leche. ⁽³²⁾

1.6.2.2 Toxicodinamia.

Los mecanismos fundamentales de acción tóxica del As son:

- ❖ Interacción con los grupos sulfhidrilos de las proteínas, alterando varias rutas enzimáticas: el arsénico trivalente inhibe el complejo piruvato deshidrogenasa, con disminución de la producción de acetilcoenzima A y de la síntesis de ATP en el ciclo del ácido cítrico.
- ❖ Sustitución del fósforo en varias reacciones bioquímicas: el Arsénico pentavalente compite con el fosfato en los sistemas de transporte intracelular y desacopla la fosforilación oxidativa llegando a formar ADP-arsenato en lugar de ATP.

Es un tóxico de los capilares muy potente, destruyendo la integridad microvascular y provocando con ello exudación de plasma, edemas e hipovolemia. ⁽³³⁾

Muchos otros enzimas se inhiben por el As: monoamino-oxidasa, lipasa, fosfatasa ácida, arginasa hepática, colinesterasa y adenilciclase, aunque tienen menos importancia clínica.

El As es un agente carcinogénico humano (Grupo 1), causante de tumores epidermoides en la piel y el pulmón. ⁽³⁴⁾

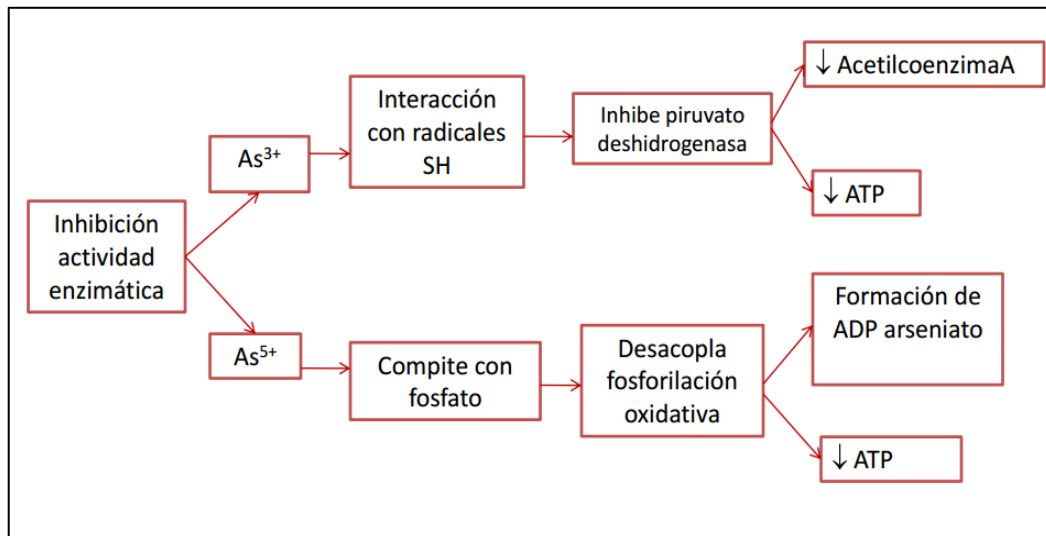


GRÁFICO 3: Toxicodinamia del arsénico

1.6.3 Cadmio

El cadmio (Cd, número atómico 48, masa atómica 111,40) es un elemento que se encuentra en la naturaleza asociado a muchos minerales. Este elemento pertenece al grupo II B de la tabla periódica y se encuentra en el subgrupo que incluye también al zinc y al mercurio. Se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Su número de valencia es + 2. ⁽³⁵⁾ La solubilidad de las sales de cadmio en agua es muy variable, ya que los halogenuros, el sulfato y el nitrato son relativamente solubles mientras que el óxido, el hidróxido y el carbonato son prácticamente insolubles en agua. ⁽³⁶⁾

El Cd tienen una presión de vapor elevada por lo que durante su refinación y fundición, se libera óxido de cadmio, que constituye un elevado peligro potencial para la salud. Es uno de los mayores agentes tóxicos asociados a contaminación ambiental e industrial, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico: ⁽³⁷⁾ Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente, bioacumulación,

persistencia en el medio ambiente y viaja grandes distancias con el viento y en los cursos de agua.

El Cd es un elemento relativamente raro que algunas actividades humanas liberan en la atmósfera, la tierra y el agua. En general, las dos fuentes principales de contaminación son la producción y utilización de Cd y la eliminación de desechos que contienen Cd. El aumento del contenido de Cd en los suelos incrementa la absorción de Cd en las plantas; de esta manera, la exposición humana a través de cultivos agrícolas es susceptible al incremento del Cd presente en el suelo. Las plantas absorben una mayor cantidad de Cd del suelo cuando el pH del suelo es bajo. Los organismos alimentarios comestibles que viven en libertad, como los crustáceos y los hongos, acumulan Cd naturalmente. Como en los seres humanos, en los caballos y en algunos animales terrestres salvajes aumenta la concentración de Cd en el hígado y los riñones. El consumo regular de estos productos puede incrementar la exposición. ⁽³⁵⁾

1.6.3.1 Toxicocinética.

La vida media del Cd²⁺ en el cuerpo humano es de aproximadamente 15 a 30 años). El Cd²⁺ entra al torrente sanguíneo por absorción a nivel del estómago o del intestino luego de la ingesta de agua o comida contaminada o por absorción a nivel de los pulmones después de la inhalación. Usualmente llega a la sangre alrededor del 1 al 5% del Cd²⁺ que es ingerido por la boca, mientras que, se absorbe alrededor del 30 al 50% del que es inhalado.

Una vez absorbido el Cd es transportado hasta el hígado donde induce la síntesis de proteínas de bajo peso molecular ricas en azufre (metalotioneínas). La metalotioneína es el “medio de transporte” del Cd en el plasma sanguíneo. Es la responsable de su casi despreciable tasa de excreción y de la acumulación del metal en los tejidos.

La acumulación de Cd en riñón e hígado depende de la intensidad, del tiempo de exposición y del estado óptimo de la función de excreción renal. En ambos casos se ha encontrado incremento con la edad. En las células, el Cd se une a la metalotioneína, proteína cuyo peso molecular es de 6 945 u (7 000 dalton) y que contiene 26 grupos SH libres por molécula, debido a la gran proporción de residuos de cisteína. La función principal de esta microproteína es la protección del sistema enzimático celular, aunque se le ha descrito otra función, cual es la de unirse específicamente al Cd y a otros metales pesados.

Su síntesis en hígado, riñón e intestinos es inducida por el Cd y se conoce por estudios experimentales que el complejo cadmio-metalotioneína es más tóxico para los túbulos renales. Paradójicamente, cuando la metalotioneína se sintetiza en las células, las protege de la toxicidad del Cd, pues inactiva el metal. Se ha demostrado también escasa capacidad del riñón para sintetizarla, lo que hace insuficiente para fijar el Cd y da lugar a aparición de las manifestaciones tóxicas.

Las principales vías de excreción son orina y heces. Por orina, diariamente se elimina 0.007% del contenido corporal y por heces 0.03%. La vida media de excreción urinaria es de hasta 40 años. Tan sólo una pequeña fracción del Cd del compartimento sanguíneo y otra del hígado, a través de la vía biliar, se elimina por heces. ^(36,37)

1.6.3.2 Toxicodinamia

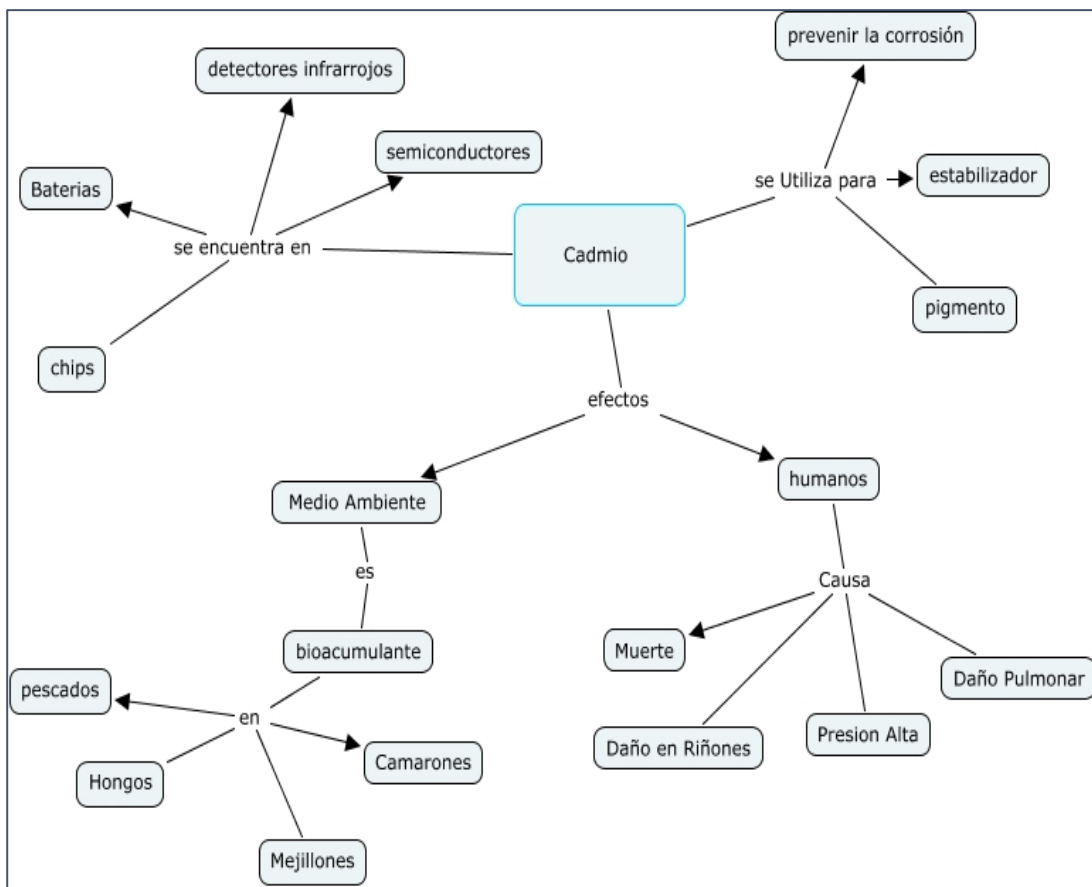
Entre las manifestaciones específicas, el Cd tiene efectos bien establecidos en los riñones, los huesos y los pulmones; se tiene menos evidencia de sus efectos neurotóxicos, teratogénicos o alteradores del sistema endocrino. Uno de los indicios más típicos y tempranos de la larga exposición al Cd es el daño que sufre la función renal. Con él, la reabsorción en los túbulos renales proximales está afectada y se manifiesta con una intensa proteinuria

tubular, que puede resultar en una excreción de proteínas 10 veces superior a lo normal de proteínas totales, y hasta 1,000 veces de las de bajo peso molecular, como la beta-2 microglobulina.⁽³⁸⁾

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

En cuanto a las manifestaciones gastrointestinales, la administración oral de 10 mg de Cd puede originar trastornos gastroduodenales con náusea y vómito como respuesta inmediata, aunque la dosis oral aguda con efectos mortales para un adulto es superior a 350 mg. Además, se han descrito alteraciones en las actividades enzimáticas del hígado. Aparentemente, el Cd no ejerce ninguna acción directa sobre la hematopoyesis; más bien parece tener efecto de interferencia en la absorción del hierro de los alimentos. Estos efectos se manifiestan principalmente por una disminución en la concentración de hemoglobina; sin embargo, estos efectos son reversibles. En un número limitado de estudios epidemiológicos, se han examinado las asociaciones entre el Cd y la aparición de otros cánceres dependientes de hormonas, como los de mama y endometrio.⁽³⁸⁾

GRÁFICO 4: Diagrama de flujo del cadmio.



1.6.4 Plomo

El plomo es un metal pesado de color grisáceo, de aspecto color brillante al corte pero toma un aspecto mate rápidamente por oxidación. Es muy dúctil y maleable. Funde a 327°C y hierve a 1525 °C. (39)

Su absorción gastrointestinal puede variar entre el 1 y el 80 %, dependiendo de:

- ❖ Especie animal afectada.
- ❖ Composición de la dieta.
- ❖ Factores nutricionales.
- ❖ Edad: en seres humanos adultos se absorbe 4 -11% y en niños puede llegar hasta el 50%.

- ❖ Dosis administrada.
- ❖ Tipo de compuesto de Pb. (Acetato > cloruro > lactato > carbonato > sulfito > sulfato > fosfato). ⁽⁴⁰⁾

Se distribuye a través de la barrera hematoencefálica, pudiendo llegar al cerebro (sobre todo en animales jóvenes). También llega al feto y, en pequeñas cantidades, a la leche.

Se acumula en hígado, riñones y huesos, de donde puede ser movilizado en épocas de deficiencia de calcio (por ejemplo osteoporosis en humanos)

Se elimina por heces, aunque muy lentamente (se produce bioacumulación). La vida media de eliminación del plomo en ovejas en periodo de lactación es de 250 días. En ganado vacuno es de entre 95 y 760 días y en seres humanos es de entre 2 y 18 años. Se produce acumulación en hígado, riñones (sobre todo en la corteza renal) y, en menor medida, en músculo.

Las materias primas se contaminan a través de la absorción del plomo que hay en el suelo, cuya concentración puede estar aumentada a causa de la acción humana. Se trata principalmente de regiones industrializadas en las que hay actividad minera o metalúrgica, pinturas industriales, pilas, incineradoras o residuos urbanos aplicados en tierras de cultivo. ⁽⁴¹⁾

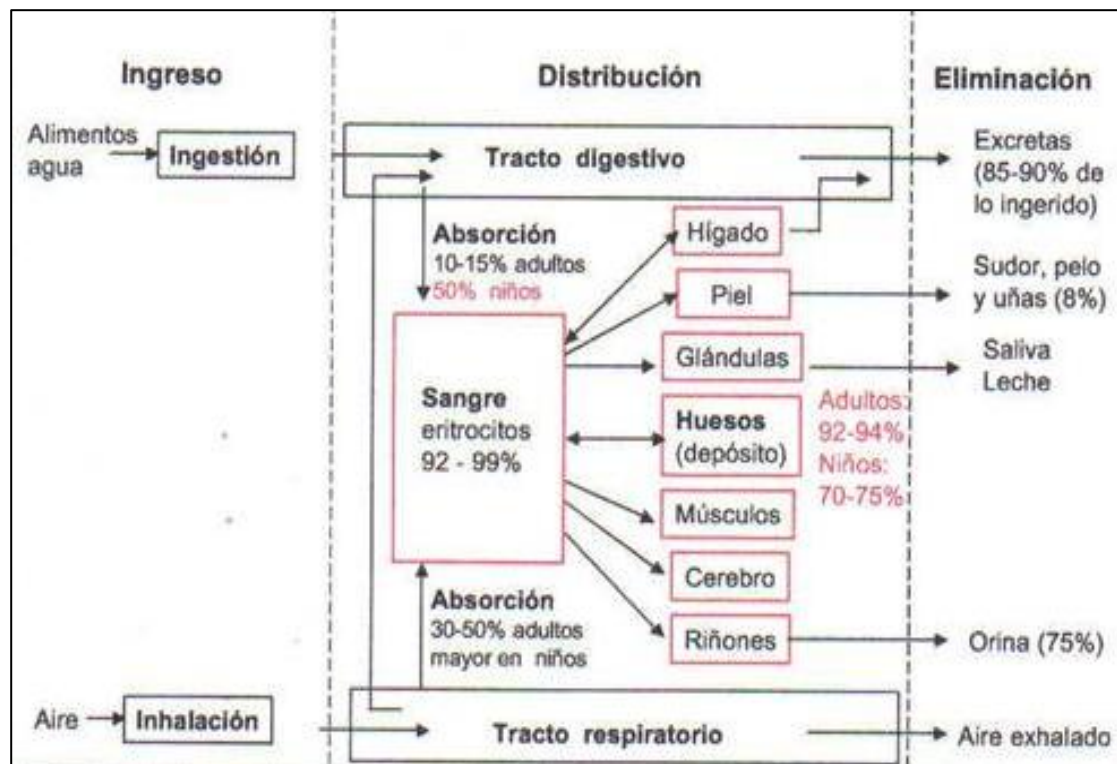
El plomo se acumula sobre todo en las raíces y menos en los tallos y hojas.

Los vegetales que mayores concentraciones de Pb pueden presentar son, de mayor a menor concentración: Pasto > heno > ensilado de maíz > ensilado de pasto > resto de forrajes > pulpa de remolacha > cebada.

1.6.4.1 Toxicocinética.

El plomo puede ser inhalado y absorbido a través del sistema respiratorio o ingerido y absorbido por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea del plomo inorgánico es mínima, pero el plomo orgánico si se absorbe bien por esta vía. Después de la ingestión de plomo, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa o inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50 % mientras que en el adulto es de 10%. Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada. El plomo cruza la placenta y la barrera hematoencefálica. Finalmente se excretará por orina en un 90%, y en menor cantidad en la bilis, piel, cabello, uñas, sudor y leche materna. Hay que recordar que en el hueso está depositado el 90% del plomo y que una disminución de la plumbemia sin quelación indica esta distribución a tejido blando y hueso. ^(41,42)

GRÁFICO 5: Vías de absorción, distribución y eliminación del plomo en el organismo



humano.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS).

1.6.4.2 Toxicodinamia

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhídrico, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar parece ser que el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.

Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. Por otro lado, el plomo es tóxico para las enzimas dependientes del zinc, los órganos más sensibles a

la toxicidad son el sistema hematopoyético, el sistema nervioso central y el riñón. Interfiere con la síntesis del hem, ya que se une a los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas como son la aminolevulínico deshidratasa, coproporfirinógeno oxidasa y la ferroquelatasa; siendo el resultado final, el aumento de las protoporfirinas como la zinc-protoporfirina (ZPP) y la anemia.

A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva.

Varias funciones del sistema nervioso central están comprometidas, principalmente porque el plomo altera en muchos pasos el metabolismo y función del calcio como explicamos previamente. El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal. ⁽⁴³⁾

II. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

❖ *Descriptiva:*

Se basa en las situaciones, actitudes predominantes a través de la descripción de las actividades, objetos y procesos conocidos.

❖ *Transversal:*

Nuestras variables presentes en el estudio para la determinación de arsénico, cadmio y plomo se midieron en un momento y tiempo definido.

❖ *Prospectivo:*

La maca expendida en el Mercado 10 de Octubre se recolecto después de la planeación.

2.2 MÉTODO

a) *Determinación de Arsénico por Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (FIAS).*

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
Tipo de Sistema	Generación de Hidruros (FIAS).
Elemento	As
Matriz	HCl 30%
Corriente de Lamp.	8.00mA
Longitud de Onda	193.70nm
Ancho de corte	2.00 nm
Tamaño de Apertura	Reducido
Modo de Instrumento	Apagar Abs. BC

PARAMETROS DE CALIBRACIÓN	
Modo de Calibración	LS Lineal a través de Cero
Muestra fuera de rango de acción	No
Unidades de Conc.	ppb
Punto decimal de Conc.	2
Falla de Calibración	No
Acción de fallo de cal.	Parar
Medir muestra en Blanco después de Cal.	No
Auto-guardar método después de cal.	Si

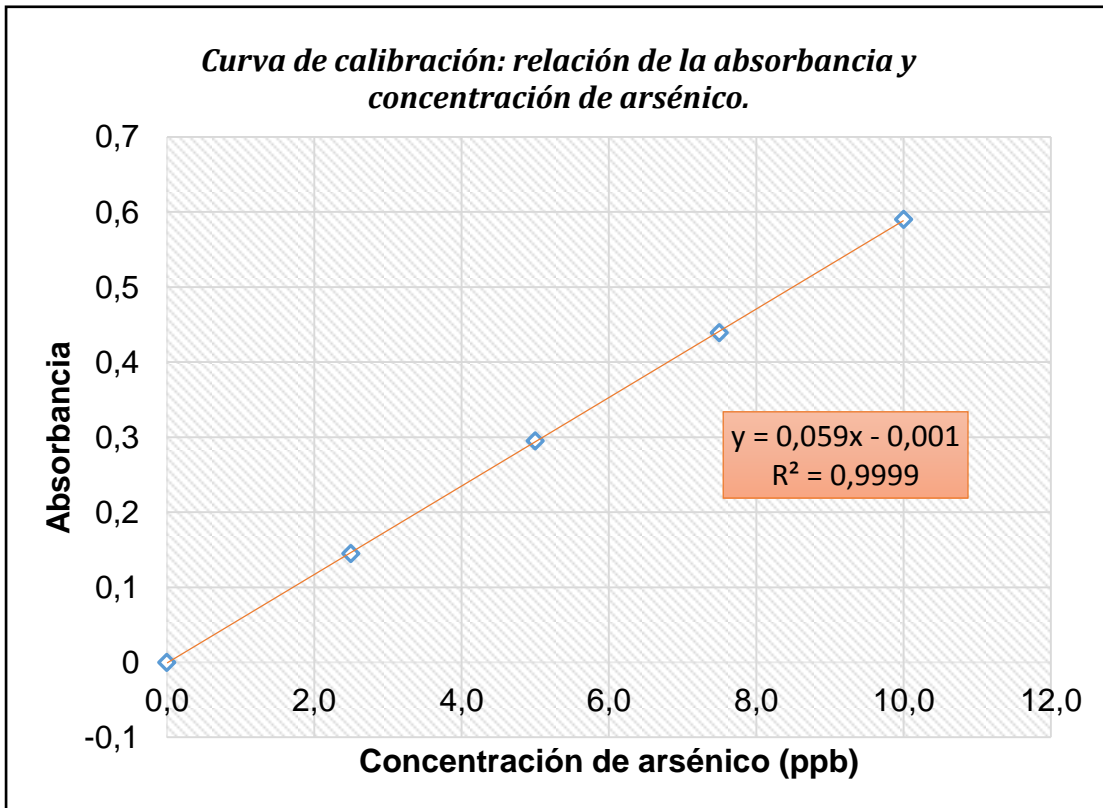
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
Modo de Medición	Integración
Introducción de Muestras	Manual.
Constante de Tiempo	0.00 s
Replicas	3

PARAMETRS CONTROL DE FLAMA	
Tipo de Flama	Aire- Acetileno
Combustible	1.100 l/min
Flujo de Aire	11.10
Angulo de Quemador	0.00 °

❖ **Calibración completa:**

Muestra Etiquetada	Conc. As (ppb)	Media Abs
Cal. Blanco	-----	0.0000
Estándar 1	2.50	0.145
Estándar 2	5.00	0.295
Estándar 3	7.50	0.439
Estándar 4	10.00	0.590

GRÁFICO 6: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de arsénico.



b) *Determinación de cadmio por horno de grafito.*

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<i>Tipo de Sistema</i>	Horno
<i>Elemento</i>	Cd
<i>Matriz</i>	Ácido Fosfórico.
<i>Corriente de Lámpara.</i>	3,00mA
<i>Longitud de Onda</i>	228,80nm
<i>Ancho de corte</i>	2,00 nm
<i>Tamaño de Apertura</i>	Reducido
<i>Modo de Instrumento</i>	Encender Abs. BC

PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE MUESTRA	
<i>Modo de Medición</i>	Área máxima.
<i>Introducción de Muestras</i>	Automático
<i>Constante de Tiempo</i>	0,00
<i>Replicas</i>	1

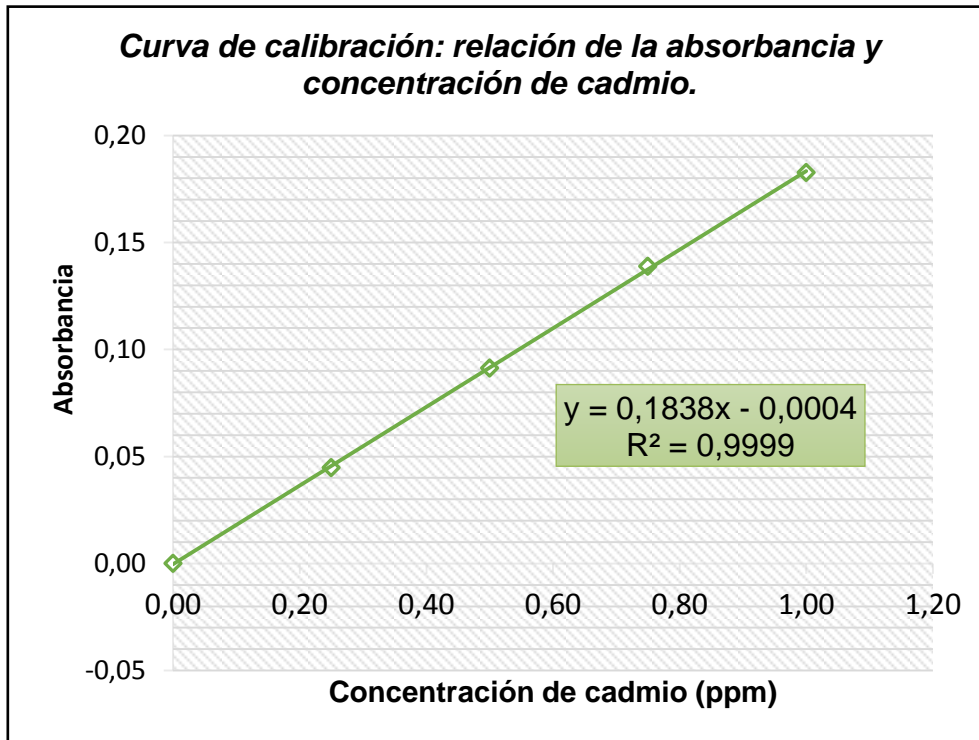
PARAMETROS DE CALIBRACIÓN	
<i>Modo de Calibración</i>	LS Lineal a través de Cero
<i>Muestra fuera de rango de acción</i>	No
<i>Unidades de Conc.</i>	ppm
<i>Punto decimal de Conc.</i>	2
<i>Falla de Calibración</i>	No
<i>Acción de fallo de cal.</i>	Continuar.
<i>Medir muestra en Blanco después de Cal.</i>	No
<i>Auto-guardar método después de cal.</i>	Si

❖ **Calibración completa:**

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0.0087, **R²:** 0.9997, **R:** 0.9999, **Conc.** = 5.4585 *Abs.

Muestra Etiquetada	Conc. Cd (ppm)	Media Abs
<i>Cal. Blanco</i>	-----	0,0000
<i>Estándar 1</i>	0,25	0,0448
<i>Estándar 2</i>	0,50	0,0913
<i>Estándar 3</i>	0,75	0,1388
<i>Estándar 4</i>	1,00	0,1827

GRÁFICO 7: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de cadmio.



c) *Determinación de plomo por Horno de grafito.*

PARÁMETROS DE INSTRUMENTO	
<i>Tipo de Sistema</i>	Horno
<i>Elemento</i>	Pb
<i>Matriz</i>	Ácido Fosfórico.
<i>Corriente de Lámpara</i>	5.00mA
<i>Longitud de Onda</i>	283,30nm
<i>Ancho de corte</i>	0.50nm
<i>Tamaño de Apertura</i>	Reducido
<i>Modo de Instrumento</i>	Encender Abs. BC

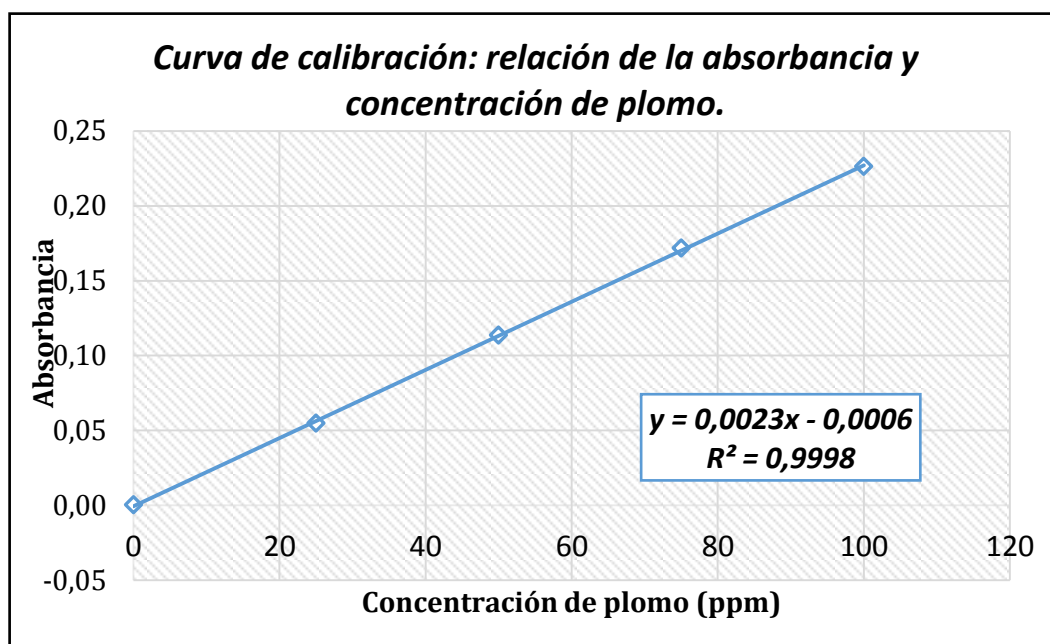
PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	
<i>Modo de Calibración</i>	LS Lineal a través de Cero
<i>Muestra fuera de rango de acción</i>	No
<i>Unidades de Conc.</i>	Ppm
<i>Punto decimal de Conc.</i>	2
<i>Falla de Calibración</i>	No
<i>Acción de fallo de cal.</i>	Continuar
<i>Medir muestra en Blanco después de Cal.</i>	No
<i>Auto-guardar método después de cal.</i>	No

❖ **Calibración completa:**

Modo de calibración: LS Lineal A través de Cero, **Error máx.:** 0,6331, **R²:** 0,9998, **R:** 0,9999, **Conc.** = 439.6764*Abs.

Muestra Etiquetada	Conc. Pb (ppm)	Media Abs.
<i>Cal Blanco</i>	-----	0,0000
<i>Estándar 1</i>	25,00	0,0547
<i>Estándar 2</i>	50,00	0,1135
<i>Estándar 3</i>	75,00	0,1717
<i>Estándar 4</i>	100,00	0,2261

GRÁFICO 8: Curva de calibración: relación de la absorbancia y concentración de plomo.



2.3 POBLACION Y MUESTRA DE ESTUDIO

2.3.1 Población

28 puestos de venta de maca (*lepidium meyenii*) del Mercado 10 de Octubre.

2.3.2 Muestra

Se recolectó 28 muestras de maca (*Lepidium meyenii*) con 50gr de cada puesto expendida en el Mercado 10 de Octubre.

2.4 REACTIVOS, MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPO.

2.4.1 Reactivos

- ❖ Agua ultra pura Tipo I, usada para la preparación de reactivos y limpieza los materiales de vidrio.
- ❖ Ácido nítrico ultra puro 65%.
- ❖ Ácido clorhídrico ultra puro 35%.
- ❖ Agua oxigenada 30vol.
- ❖ Solución stock: 1000mg/L de As como $As(NO_3)_2$
- ❖ Solución stock: 1000mg/L de Cd como $Cr(NO_3)_3$
- ❖ Solución stock: 1000mg/L de Pb como $Ni(NO_3)_2$
- ❖ Solución modificante: Ácido Fosfórico (1%) ultra puro.
- ❖ Hidróxido de Sodio.
- ❖ Boro hidruro de Sodio Q.P
- ❖ Ioduro de Potasio Q.P

2.4.2 Materiales

- ❖ Fiolas Clase A de 25 y 100 mL
- ❖ Bolsas ziploc con cierre hermético rotulado
- ❖ Papel whatman 0.45u
- ❖ Matraz aforado de 100 mL
- ❖ Matraz de 100 mL
- ❖ Pipetas automáticas de 100µL – 1000µL
- ❖ Pipetas automáticas de 500µL – 5000µL
- ❖ Tips de 100µL – 1000µL
- ❖ Tips de 500µL – 5000µL

2.4.3 Instrumentos y Equipos

- ❖ Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito Perkin Elmer Analyst 600.
- ❖ Digestor Microondas Multiwave.
- ❖ Campana extractora.
- ❖ Balanza eléctrica.
- ❖ Destilador de agua.

2.5 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

2.5.1 Técnica Operatoria

2.5.1.1 Espectroscopia de Absorción Atómica.

La Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA), tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda

determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes. La cantidad de fotones absorbidos, está determinada por la ley de Beer, que relaciona esta pérdida de poder radiante, con la concentración de la especie absorbente y con el espesor de la celda o recipiente que contiene los átomos absorbedores. ⁽⁴⁴⁾

Los componentes instrumentales de un equipo de espectrofotometría de absorción atómica son los similares a los de un fotómetro o espectrofotómetro de flama, excepto que en EAA se requiere de una fuente de radiación necesaria para excitar los átomos del analito. ⁽⁴⁴⁾

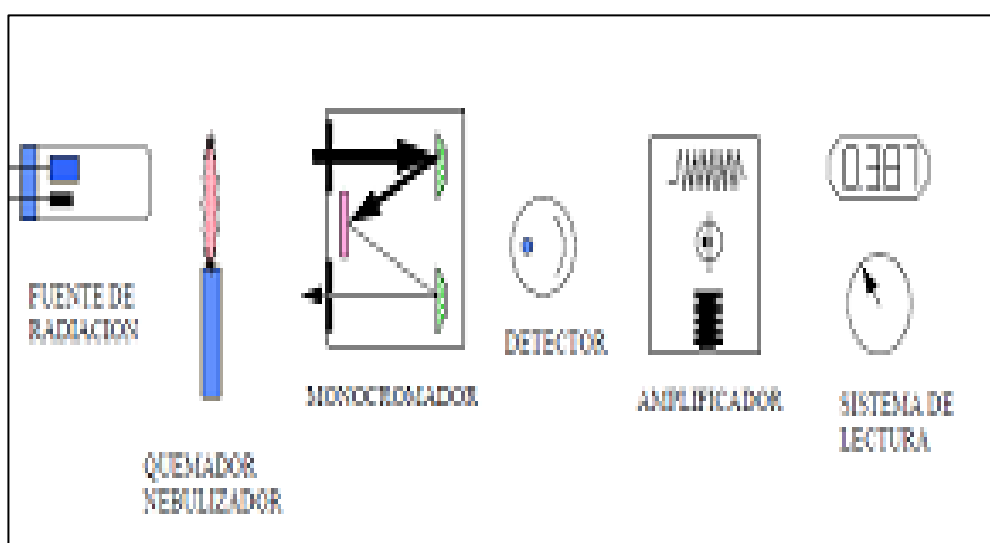


GRÁFICO 9: Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Fuente: MC Edmundo Rocha DR .Facultad De Ciencias Químicas UACH.

2.5.1.2 Espectrometría de Absorción atómica asociado a un Horno de Grafito.

El espectrómetro de absorción atómica por Horno grafito (GFAAS) permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 μ L) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas.

Habitualmente se analizan muestras de material biológico de origen clínico (sangre, suero, orina, biopsias hepáticas, etc.). Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza, como por ejemplo fármacos, alimentos (peces y carne) y productos industriales, y también en aguas de bebida y de acuíferos (determinación de la presencia de Cu, Cd, Pb, As, Hg, etc.) ⁽⁴⁵⁾

3.5.1.3 *Fundamento de Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros (FIAS).*

La técnica de absorción atómica con generación de hidruros permite cuantificar el orden de ppb o ultratrazas a elementos como As, Hg, Sn, Sb, Ga, Bi, Te, que tienen la propiedad de formar hidruros correspondientes.

La muestra disuelta en ácido diluido se mezcla con un agente reductor, tal como una solución de zinc y ácido clorhídrico, cloruro de estaño o boro hidruro de sodio. Esta reacción produce H atómico que reacciona con el As, Hg, Sn, Sb, Ga, Bi, Te para formar hidruros volátiles. El mecanismo de formación de los hidruros, es complicado.

Los hidruros volátiles son arrastrados por un gas portador como el nitrógeno a unas celdas de cuarzo, que es calentada con una llama de aire-acetileno a una temperatura optimizada para producir la atomización del analito.

Cuando los gases pasan a través del tubo calentado, ocurre una descomposición térmica, y se liberan los átomos del elemento.

Al pasar la luz emitida por la lámpara a través del conjunto de átomos, la absorción crece a medida que estos se producen, llega a un máximo y cae al consumirse el analito y agotarse los átomos de la celda de absorción. Se puede registrar el máximo de la absorción,

que corresponde a la altura de pico, o al área bajo la curva, para relacionarlas con la concentración del analito. ⁽⁴⁶⁾

2.5.2 Procedimiento de recolección de datos

2.5.2.1 Preparación de la muestra

- a) Limpieza de muestra:** Las 28 muestras de maca fueron lavadas con agua ultra pura y sellada en bolsas ziploc respectivamente rotuladas.
- b) Limpieza y acondicionamiento del material:** Todo el material de vidrio utilizado en este análisis después de su lavado fue enjuagado con ácido Nítrico y con agua ultrapura y finalmente secado en estufa.
- c) Cantidad de muestra a utilizar:** Se pesó 0,5 g de muestra y se colocó en un tubo de teflón al que se le adicionara 6mL Ácido Nítrico Ultra puro más 1mL Ácido Clorhídrico Ultrapuro y 0,5mL de Agua oxigenada Ultrapura al 30% se sella y es llevado al Digestor de Microondas a una potencia de 1600w, a un tiempo de 30 minutos y de 15 minutos de enfriamiento. Luego fueron transvasados a fiolas de 25mL y enrasados con agua ultrapura tipo I quedando listos para su correspondiente lectura al Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

2.5.2.2 Digestión Asistida por Microondas

El presente método emplea la vibración de los enlaces de las moléculas de agua cuando esos son expuestos a la radiación Microondas generando calor y por ende la destrucción de la materia orgánica.

Destrucción de la materia orgánica por el método del Digestión Asistida por Microondas: La primera etapa consiste en la digestión de la muestra (bolsitas filtrantes de manzanilla, té, anís, hierba luisa

y té verde) es decir la destrucción de la materia orgánica (DMO) por oxidación con la ayuda del digestor de microondas con el fin de romper la unión entre los metales y la materia orgánica.

2.5.2.3 *Determinación de arsénico, cadmio y plomo.*

- ❖ **Arsénico:** Se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 193,70 nm por Generador de Hidruros.
- ❖ **Cadmio:** Se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 228,80 nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con Deuterio.
- ❖ **Plomo:** Se empleó una lámpara de cátodo hueco a una longitud de onda de 283,30 nm con Horno de grafito y tubo de grafito con plataforma de L'vov, con corrección de fondo con Deuterio.

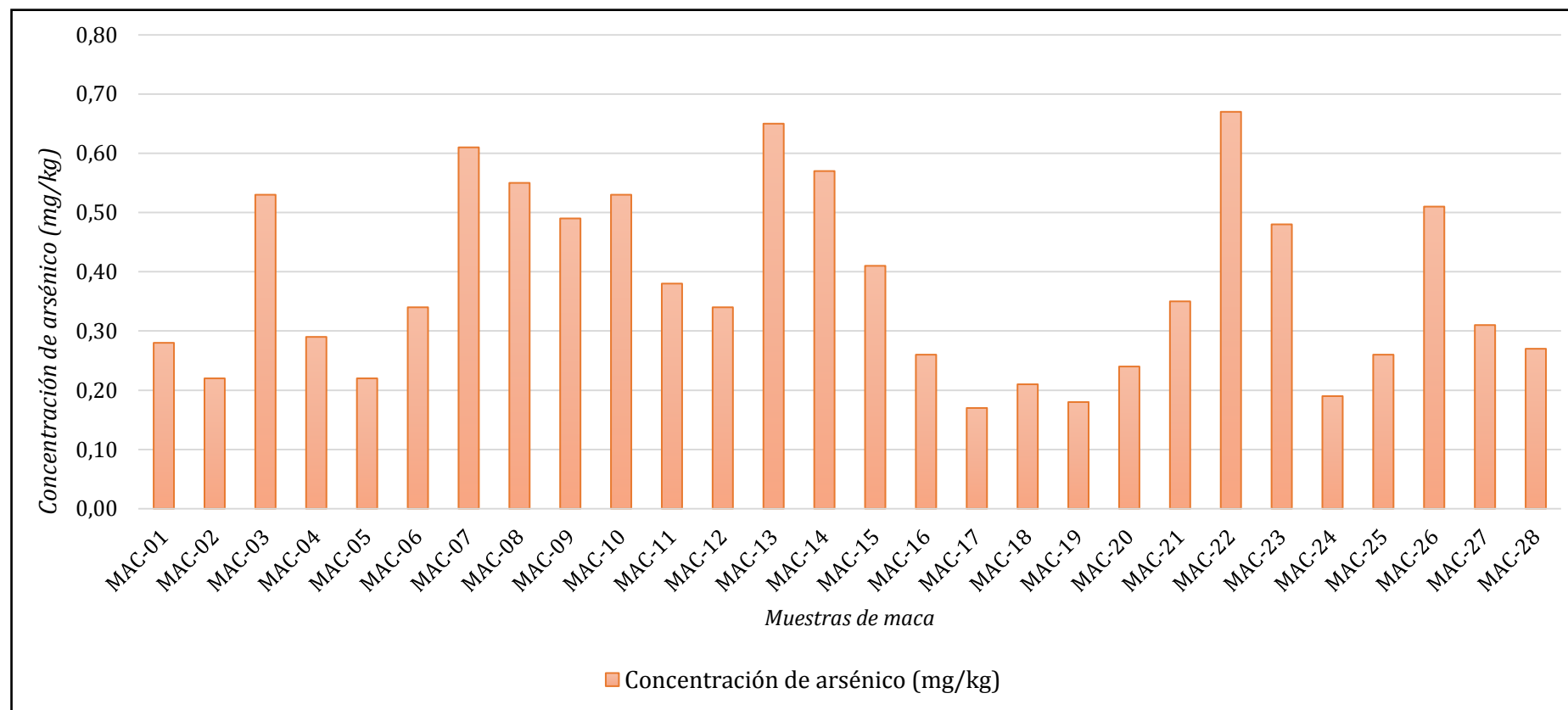
III. RESULTADOS

TABLA 2: Determinación cuantitativa de Arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expandida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSENICO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.28
2	MAC-02	0.22
3	MAC-03	0.53
4	MAC-04	0.29
5	MAC-05	0.22
6	MAC-06	0.34
7	MAC-07	0.61
8	MAC-08	0.55
9	MAC-09	0.49
10	MAC-10	0.53
11	MAC-11	0.38
12	MAC-12	0.34
13	MAC-13	0.65
14	MAC-14	0.57
15	MAC-15	0.41
16	MAC-16	0.26
17	MAC-17	0.17
18	MAC-18	0.21
19	MAC-19	0.18
20	MAC-20	0.24
21	MAC-21	0.35
22	MAC-22	0.67
23	MAC-23	0.48
24	MAC-24	0.19
25	MAC-25	0.26
26	MAC-26	0.51
27	MAC-27	0.31
28	MAC-28	0.27

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones cuantitativas de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expandida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

GRÁFICO 10: Determinación cuantitativa de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.



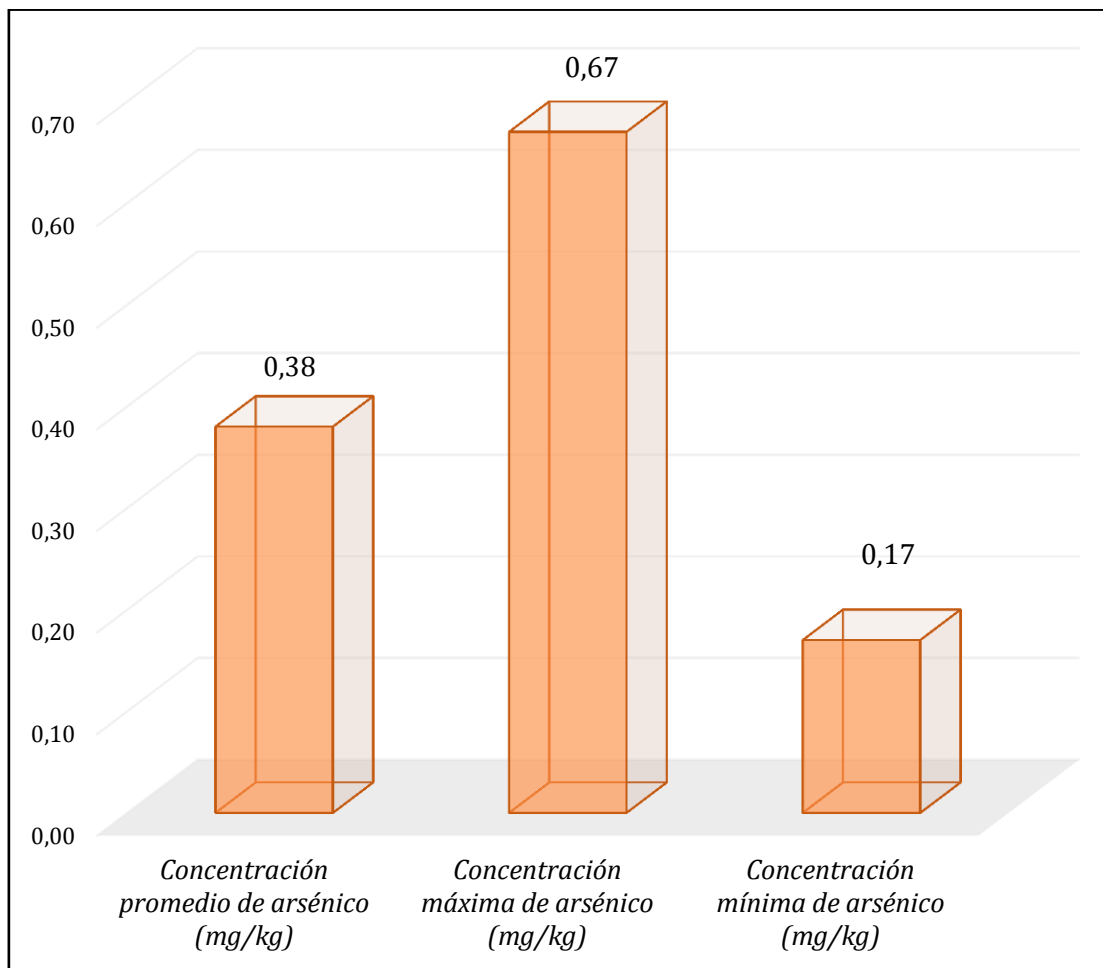
Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones cuantitativas de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

TABLA 3: Datos estadísticos de la concentración de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio–octubre 2016.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de arsénico (mg/kg) (n=28)
Parámetros de Centralización	Mediana	0.34
	Promedio (Media aritmética)	0,38
	Moda	0,22
Parámetros de Dispersión	Rango	0,50
	Varianza	0,024
	Desviación Estándar	0,16
Valor Máximo		0,67
Valor Mínimo		0,17

Interpretación: en la tabla se observa los valores estadísticos de las concentraciones de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016. Se determinó que la concentración promedio es 0,38 mg/kg; el valor que más se repite es 0,22 mg/kg y el rango es 0,50 lo que demuestra que los valores están muy dispersos.

GRÁFICO 11: Concentración mínima, máxima y promedio de arsénico en maca (Lepidium meyenii) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio- octubre 2016.



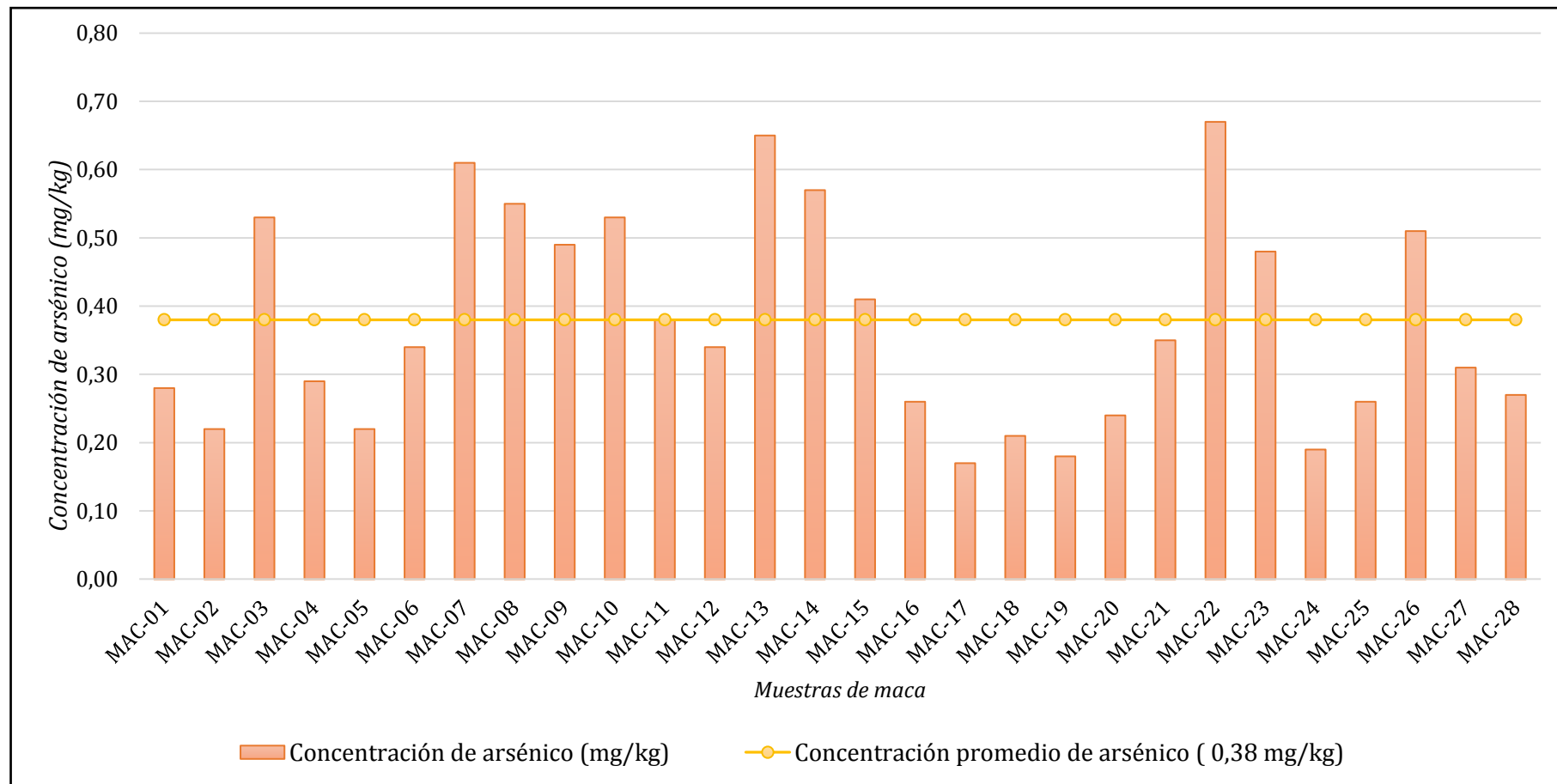
Interpretación: En el gráfico se observa la concentración promedio de arsénico (0,38 mg/kg); concentración mínima de arsénico (0,17 mg/kg) y la concentración máxima de arsénico (0,67 mg/kg) en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre.

TABLA 4: Determinación cuantitativa de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de arsénico.

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSENICO (mg/Kg)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSENICO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.28	0.38
2	MAC-02	0.22	0.38
3	MAC-03	0.53	0.38
4	MAC-04	0.29	0.38
5	MAC-05	0.22	0.38
6	MAC-06	0.34	0.38
7	MAC-07	0.61	0.38
8	MAC-08	0.55	0.38
9	MAC-09	0.49	0.38
10	MAC-10	0.53	0.38
11	MAC-11	0.38	0.38
12	MAC-12	0.34	0.38
13	MAC-13	0.65	0.38
14	MAC-14	0.57	0.38
15	MAC-15	0.41	0.38
16	MAC-16	0.26	0.38
17	MAC-17	0.17	0.38
18	MAC-18	0.21	0.38
19	MAC-19	0.18	0.38
20	MAC-20	0.24	0.38
21	MAC-21	0.35	0.38
22	MAC-22	0.67	0.38
23	MAC-23	0.48	0.38
24	MAC-24	0.19	0.38
25	MAC-25	0.26	0.38
26	MAC-26	0.51	0.38
27	MAC-27	0.31	0.38
28	MAC-28	0.27	0.38

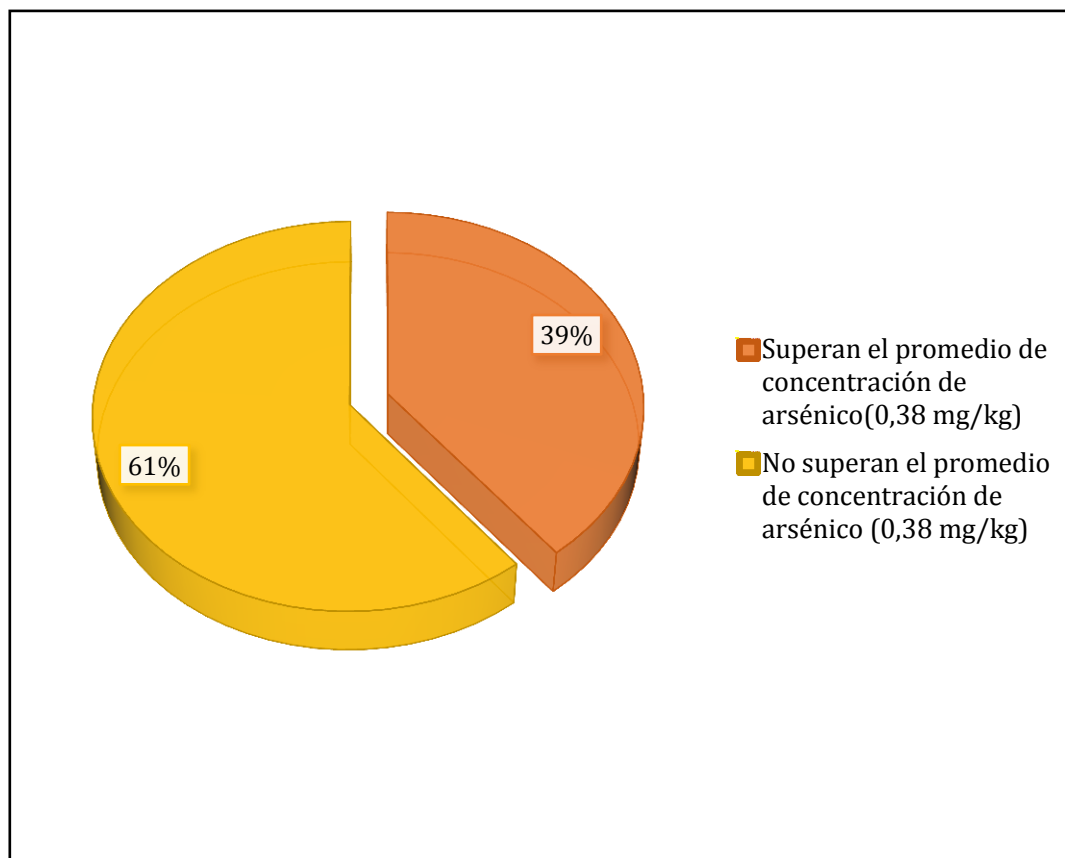
Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus la concentración promedio de arsénico (0,38 mg/kg).

GRÁFICO 12: Determinación cuantitativa de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de arsénico.



Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus la concentración promedio de arsénico (0,38 mg/kg).

*GRÁFICO 13: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de arsénico.*



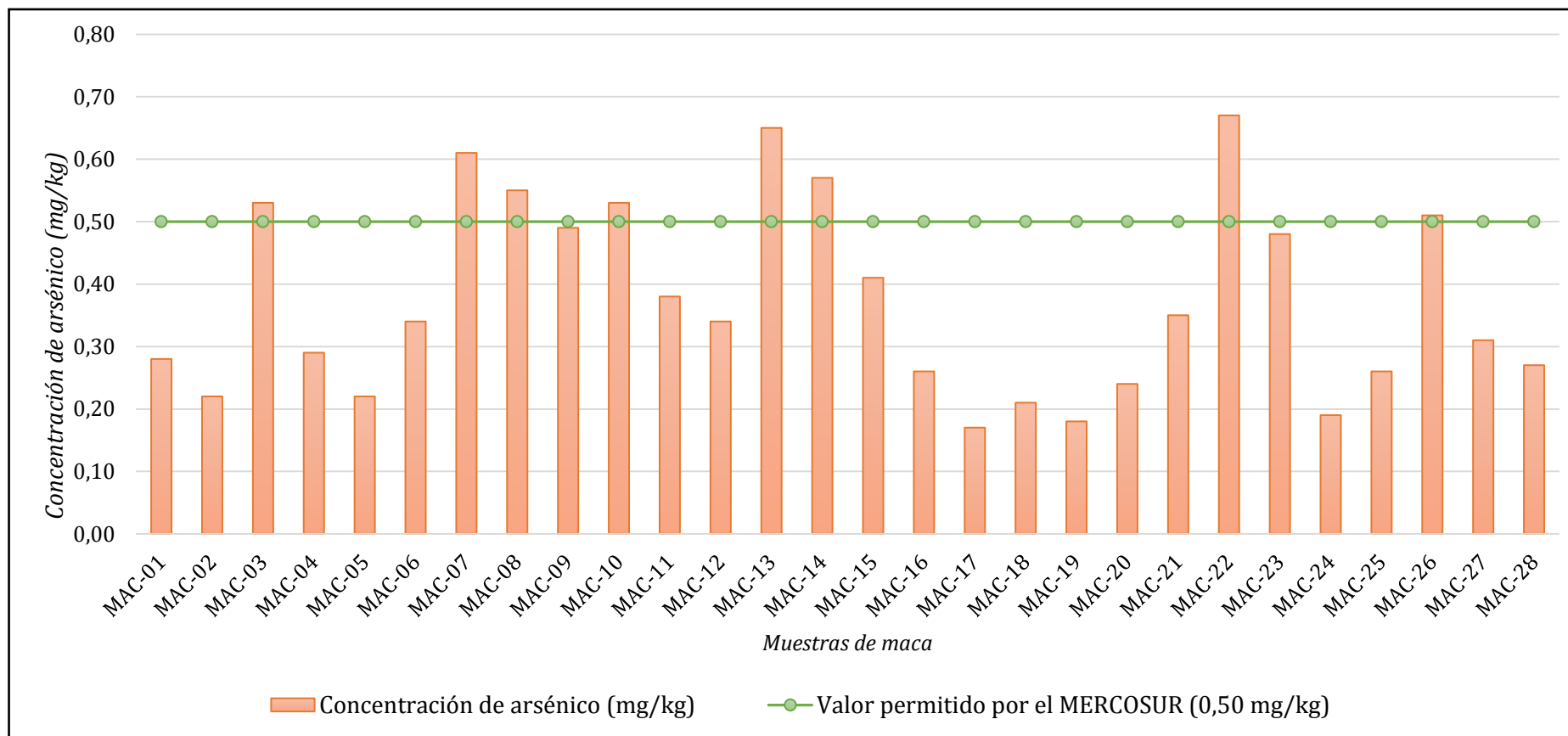
Interpretación: En el gráfico se observa que el 39 % de las muestras analizadas de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre supera la concentración promedio de arsénico (0,38 mg/kg).

TABLA 5: Determinación cuantitativa de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE ARSENICO (mg/Kg)	MERCOSUR PARA ARSENICO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.28	0.50
2	MAC-02	0.22	0.50
3	MAC-03	0.53	0.50
4	MAC-04	0.29	0.50
5	MAC-05	0.22	0.50
6	MAC-06	0.34	0.50
7	MAC-07	0.61	0.50
8	MAC-08	0.55	0.50
9	MAC-09	0.49	0.50
10	MAC-10	0.53	0.50
11	MAC-11	0.38	0.50
12	MAC-12	0.34	0.50
13	MAC-13	0.65	0.50
14	MAC-14	0.57	0.50
15	MAC-15	0.41	0.50
16	MAC-16	0.26	0.50
17	MAC-17	0.17	0.50
18	MAC-18	0.21	0.50
19	MAC-19	0.18	0.50
20	MAC-20	0.24	0.50
21	MAC-21	0.35	0.50
22	MAC-22	0.67	0.50
23	MAC-23	0.48	0.50
24	MAC-24	0.19	0.50
25	MAC-25	0.26	0.50
26	MAC-26	0.51	0.50
27	MAC-27	0.31	0.50
28	MAC-28	0.27	0.50

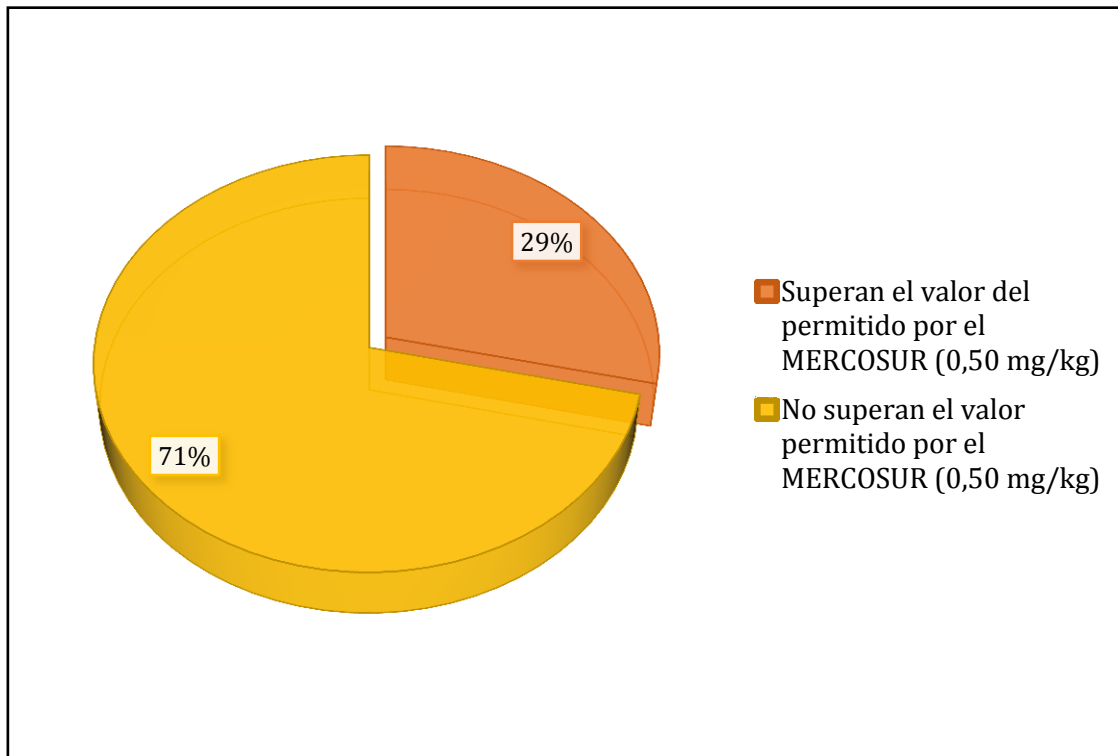
Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus el valor permitido por el MERCOSUR para arsénico (0,50 mg/kg).

GRÁFICO 14: Determinación cuantitativa de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).



Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus el valor permitido por el MERCOSUR para arsénico (0,50 mg/kg).

GRÁFICO 15: Resultado porcentual de la concentración de arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).



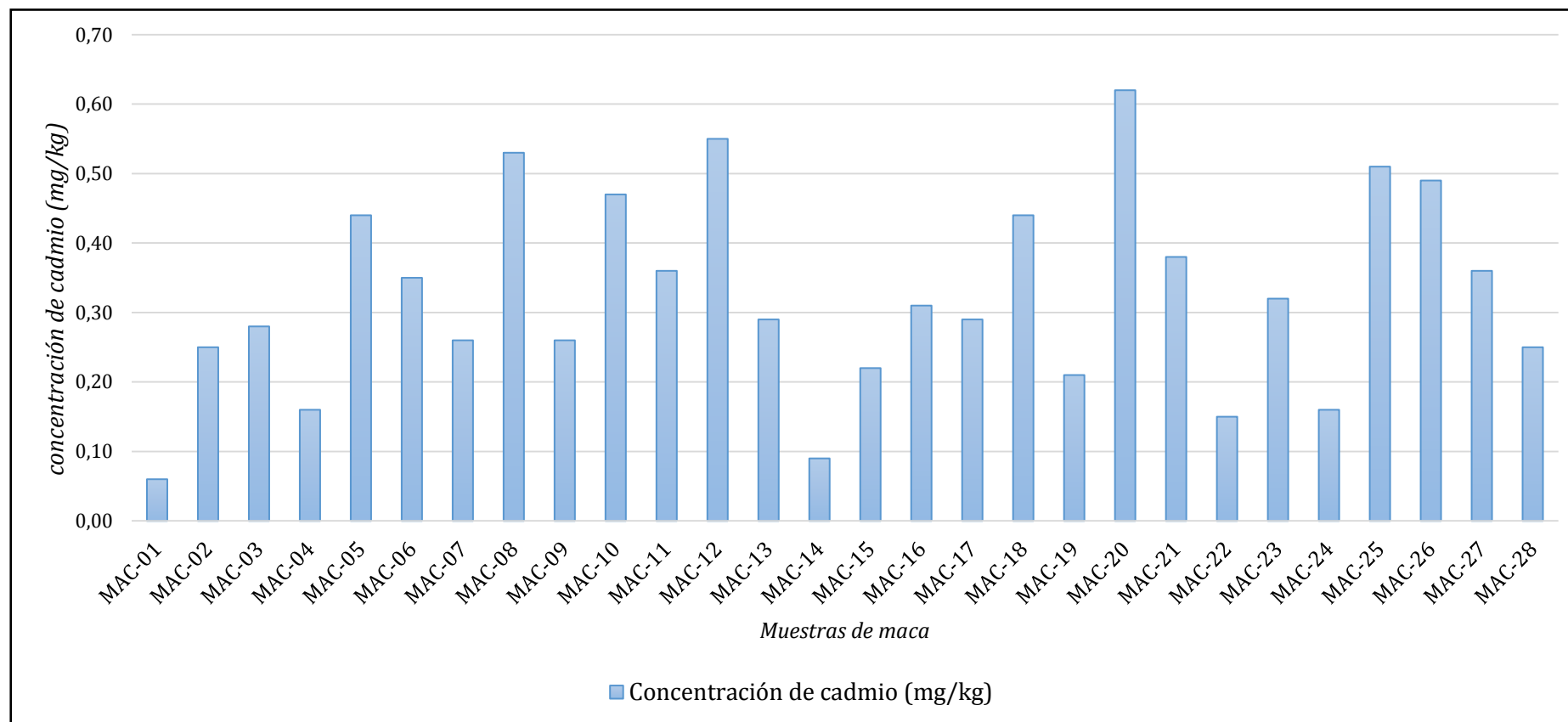
Interpretación: En el gráfico se observa que el 29 % de las muestras analizadas de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre supera el valor permitido por el MERCOSUR para arsénico (0,50 mg/kg).

TABLA 6: Determinación cuantitativa de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expandida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.06
2	MAC-02	0.25
3	MAC-03	0.28
4	MAC-04	0.16
5	MAC-05	0.44
6	MAC-06	0.35
7	MAC-07	0.26
8	MAC-08	0.53
9	MAC-09	0.26
10	MAC-10	0.47
11	MAC-11	0.36
12	MAC-12	0.55
13	MAC-13	0.29
14	MAC-14	0.09
15	MAC-15	0.22
16	MAC-16	0.31
17	MAC-17	0.29
18	MAC-18	0.44
19	MAC-19	0.21
20	MAC-20	0.62
21	MAC-21	0.38
22	MAC-22	0.15
23	MAC-23	0.32
24	MAC-24	0.16
25	MAC-25	0.51
26	MAC-26	0.49
27	MAC-27	0.36
28	MAC-28	0.25

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones cuantitativas de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expandida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

GRÁFICO 16: Determinación cuantitativa de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio - octubre 2016.



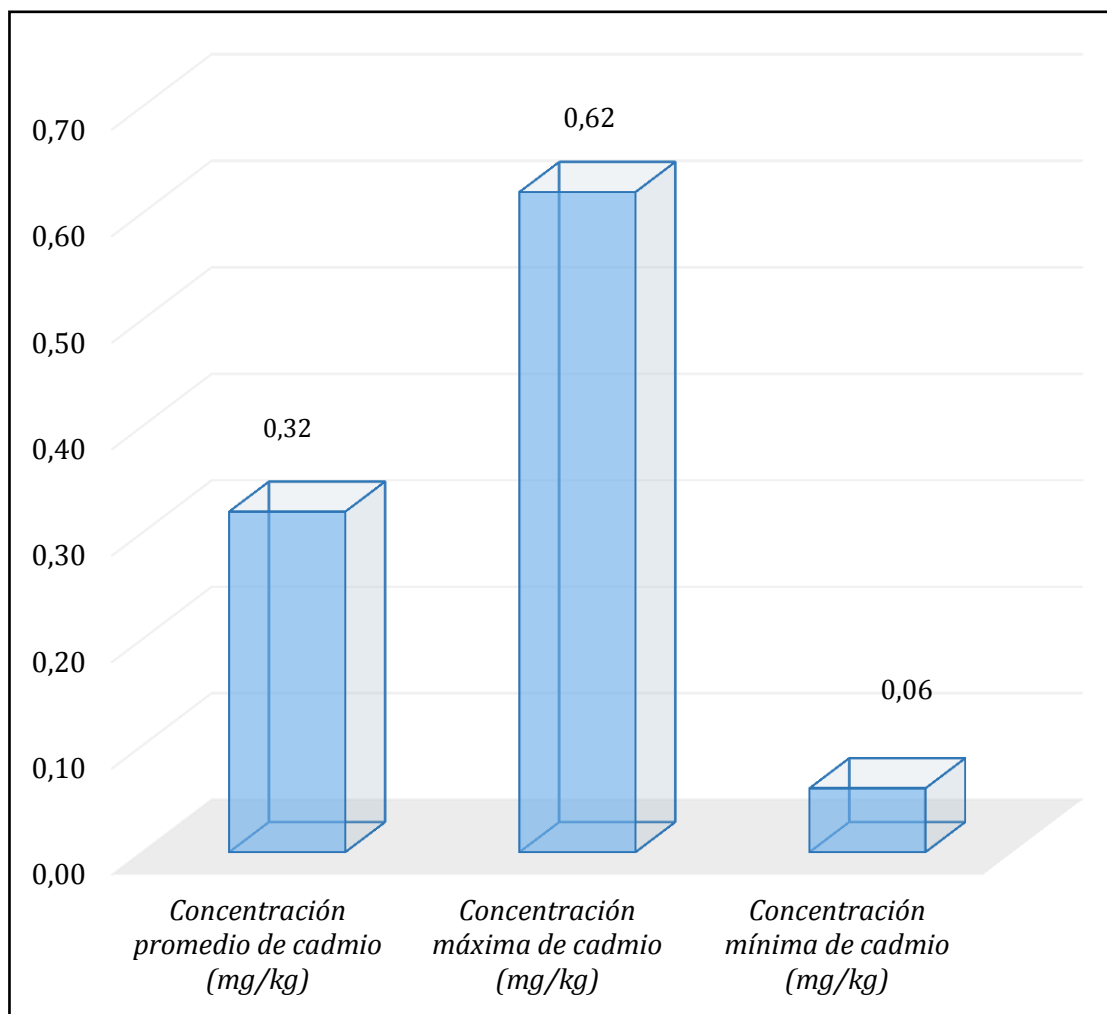
Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones cuantitativas de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio - octubre 2016.

TABLA 7: Datos estadísticos de la concentración de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de cadmio (mg/kg) (n=28)
Parámetros de Centralización	Mediana	0,30
	Promedio (Media aritmética)	0,32
	Moda	0,25
Parámetros de Dispersión	Rango	0,56
	Varianza	0,021
	Desviación Estándar	0,14
Valor Máximo		0,62
Valor Mínimo		0,06

Interpretación: en la tabla se observa los valores estadísticos de las concentraciones de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016. Se determinó que la concentración promedio es 0,32 mg/kg; el valor que más se repite es 0,25 mg/kg y el rango es 0,56 lo que demuestra que los valores están muy dispersos.

GRÁFICO 17: Concentración mínima, máxima y promedio de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio - octubre 2016.



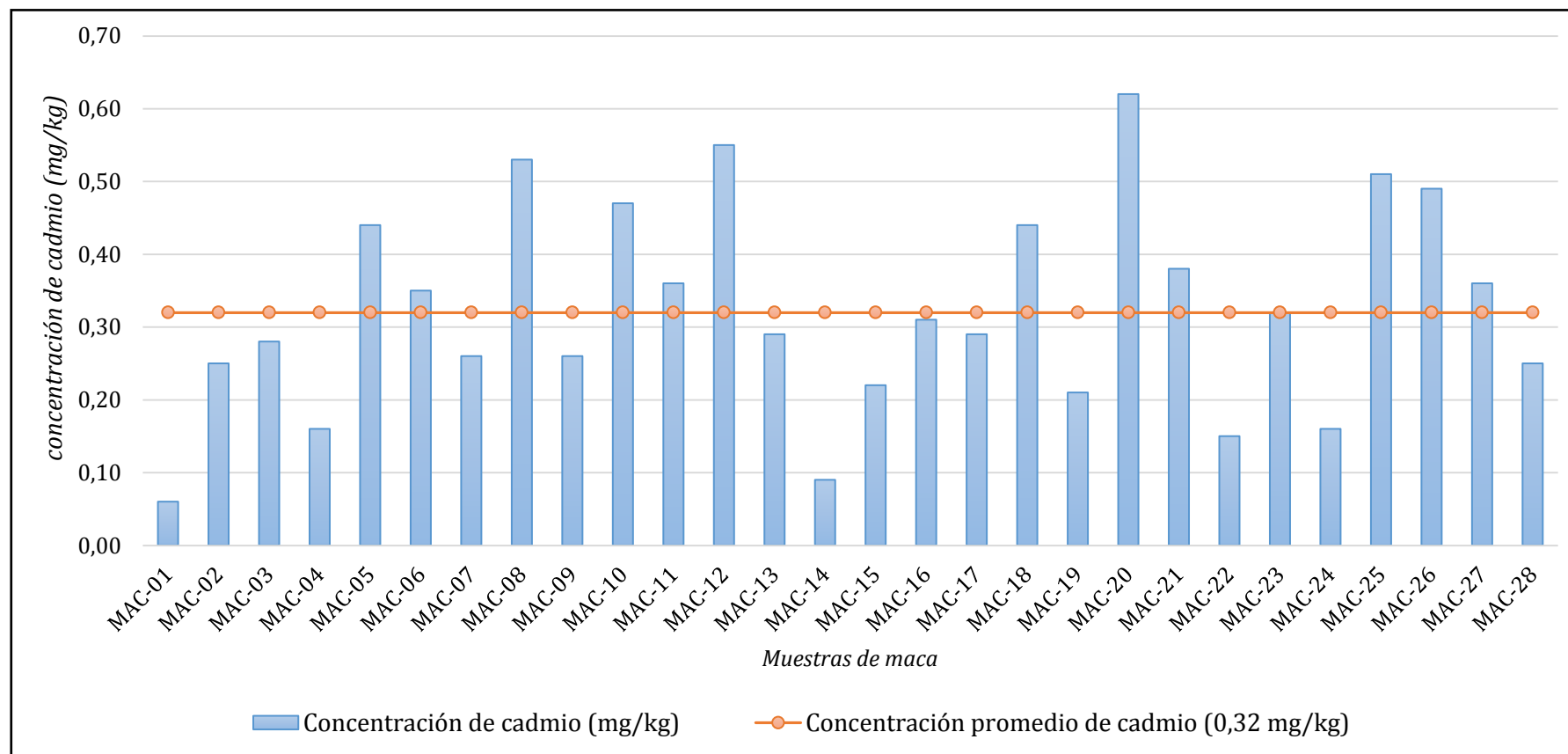
Interpretación: en el gráfico se observa la concentración promedio de cadmio (0,32 mg/kg); concentración mínima de cadmio (0,06 mg/kg) y la concentración máxima de cadmio (0,62 mg/kg) en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre.

TABLA 8: Determinación cuantitativa de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de cadmio.

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/Kg)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CADMIO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.06	0.32
2	MAC-02	0.25	0.32
3	MAC-03	0.28	0.32
4	MAC-04	0.16	0.32
5	MAC-05	0.44	0.32
6	MAC-06	0.35	0.32
7	MAC-07	0.26	0.32
8	MAC-08	0.53	0.32
9	MAC-09	0.26	0.32
10	MAC-10	0.47	0.32
11	MAC-11	0.36	0.32
12	MAC-12	0.55	0.32
13	MAC-13	0.29	0.32
14	MAC-14	0.09	0.32
15	MAC-15	0.22	0.32
16	MAC-16	0.31	0.32
17	MAC-17	0.29	0.32
18	MAC-18	0.44	0.32
19	MAC-19	0.21	0.32
20	MAC-20	0.62	0.32
21	MAC-21	0.38	0.32
22	MAC-22	0.15	0.32
23	MAC-23	0.32	0.32
24	MAC-24	0.16	0.32
25	MAC-25	0.51	0.32
26	MAC-26	0.49	0.32
27	MAC-27	0.36	0.32
28	MAC-28	0.25	0.32

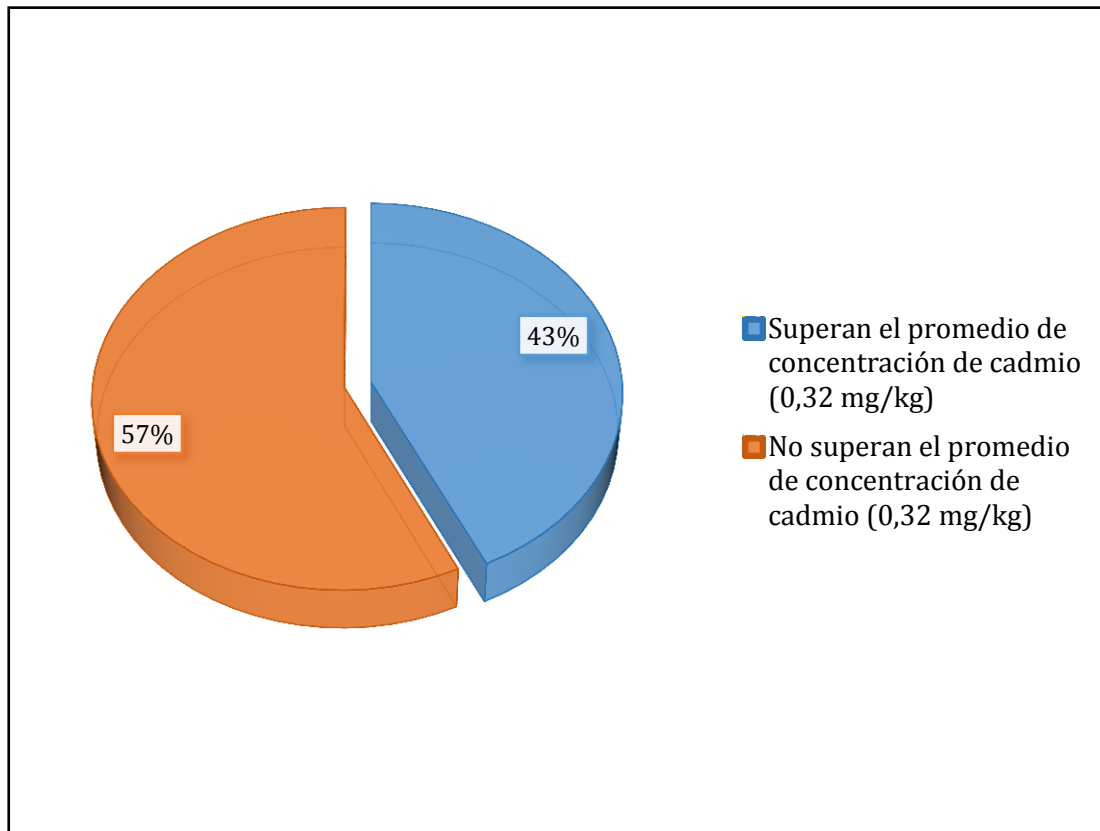
Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus la concentración promedio de cadmio (0,32 mg/kg).

GRÁFICO 18: Determinación cuantitativa de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de cadmio.



Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus la concentración promedio de cadmio (0,32 mg/kg).

*GRÁFICO 19: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de cadmio.*



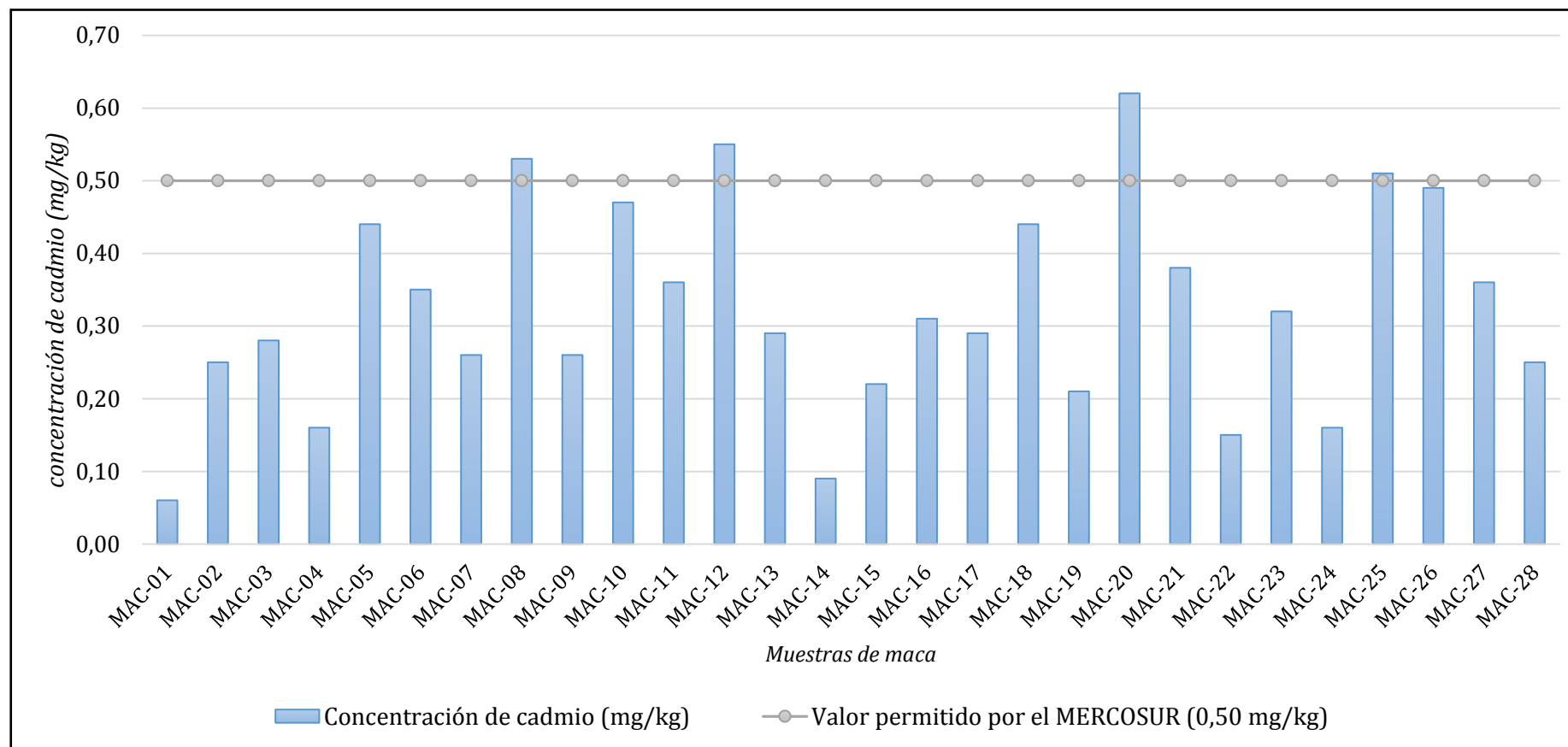
Interpretación: En el gráfico se observa que el 43 % de las muestras analizadas de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre supera la concentración promedio de cadmio (0,32 mg/kg).

TABLA 9: Determinación cuantitativa de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE CADMIO (mg/Kg)	MERCOSUR PARA CADMIO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.06	0.50
2	MAC-02	0.25	0.50
3	MAC-03	0.28	0.50
4	MAC-04	0.16	0.50
5	MAC-05	0.44	0.50
6	MAC-06	0.35	0.50
7	MAC-07	0.26	0.50
8	MAC-08	0.53	0.50
9	MAC-09	0.26	0.50
10	MAC-10	0.47	0.50
11	MAC-11	0.36	0.50
12	MAC-12	0.55	0.50
13	MAC-13	0.29	0.50
14	MAC-14	0.09	0.50
15	MAC-15	0.22	0.50
16	MAC-16	0.31	0.50
17	MAC-17	0.29	0.50
18	MAC-18	0.44	0.50
19	MAC-19	0.21	0.50
20	MAC-20	0.62	0.50
21	MAC-21	0.38	0.50
22	MAC-22	0.15	0.50
23	MAC-23	0.32	0.50
24	MAC-24	0.16	0.50
25	MAC-25	0.51	0.50
26	MAC-26	0.49	0.50
27	MAC-27	0.36	0.50
28	MAC-28	0.25	0.50

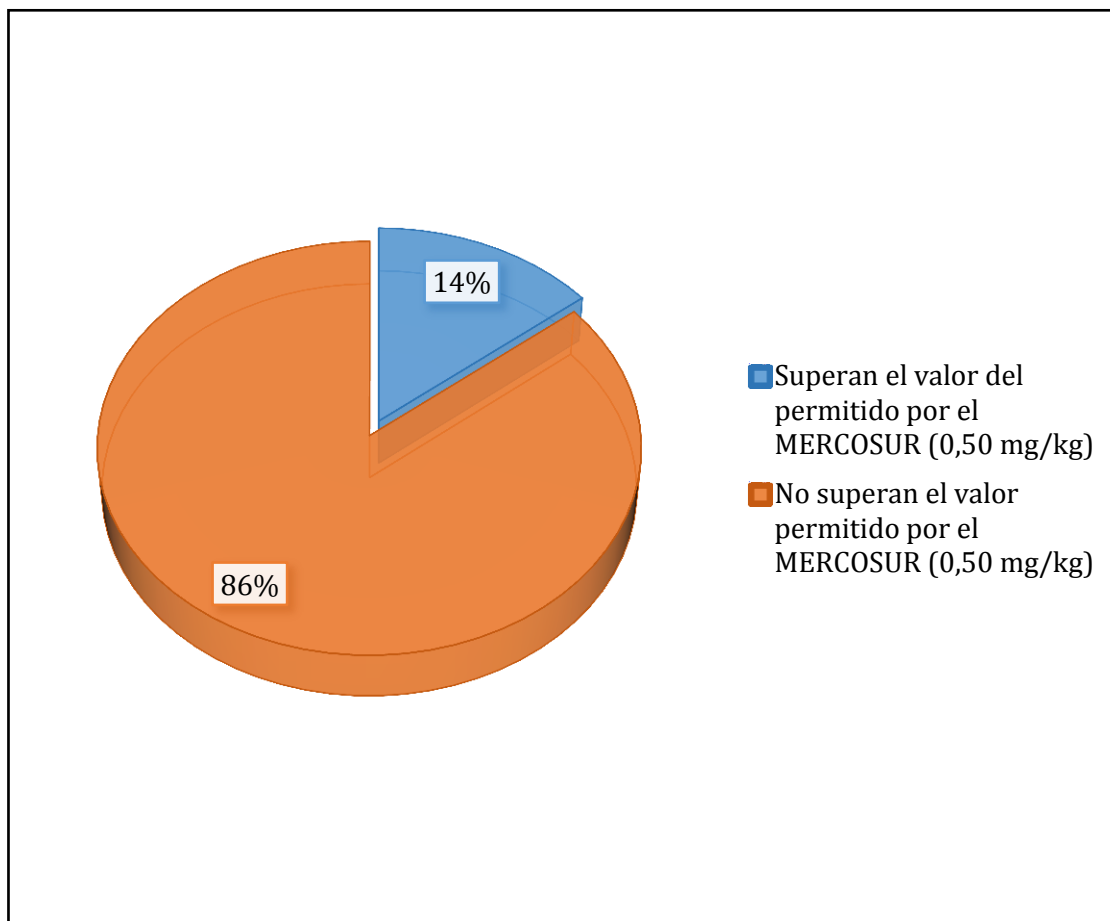
Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus el valor permitido por el MERCOSUR para cadmio (0,50 mg/kg).

GRÁFICO 20: Determinación cuantitativa de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).



Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus el valor permitido por el MERCOSUR para cadmio (0,50 mg/kg).

GRÁFICO 21: Resultado porcentual de la concentración de cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).



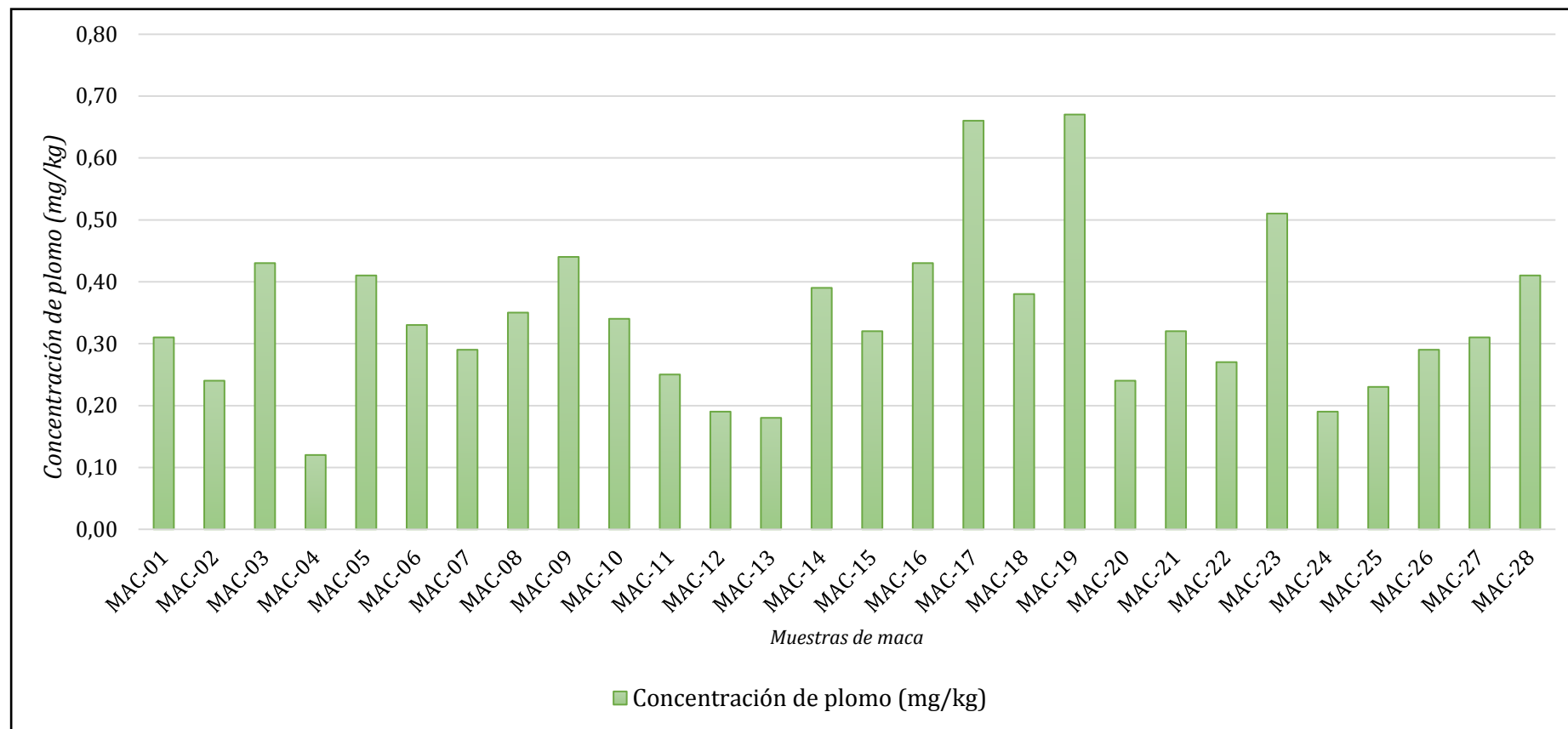
Interpretación: En el gráfico se observa que el 14 % de las muestras analizadas de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre supera el valor permitido por el MERCOSUR para cadmio (0,50 mg/kg).

TABLA 10: Determinación cuantitativa de plomo en maca (Lepidium meyenii) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.31
2	MAC-02	0.24
3	MAC-03	0.43
4	MAC-04	0.12
5	MAC-05	0.41
6	MAC-06	0.33
7	MAC-07	0.29
8	MAC-08	0.35
9	MAC-09	0.44
10	MAC-10	0.34
11	MAC-11	0.25
12	MAC-12	0.19
13	MAC-13	0.18
14	MAC-14	0.39
15	MAC-15	0.32
16	MAC-16	0.43
17	MAC-17	0.66
18	MAC-18	0.38
19	MAC-19	0.67
20	MAC-20	0.24
21	MAC-21	0.32
22	MAC-22	0.27
23	MAC-23	0.51
24	MAC-24	0.19
25	MAC-25	0.23
26	MAC-26	0.29
27	MAC-27	0.31
28	MAC-28	0.41

Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones cuantitativas de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

GRÁFICO 22: Determinación cuantitativa de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.



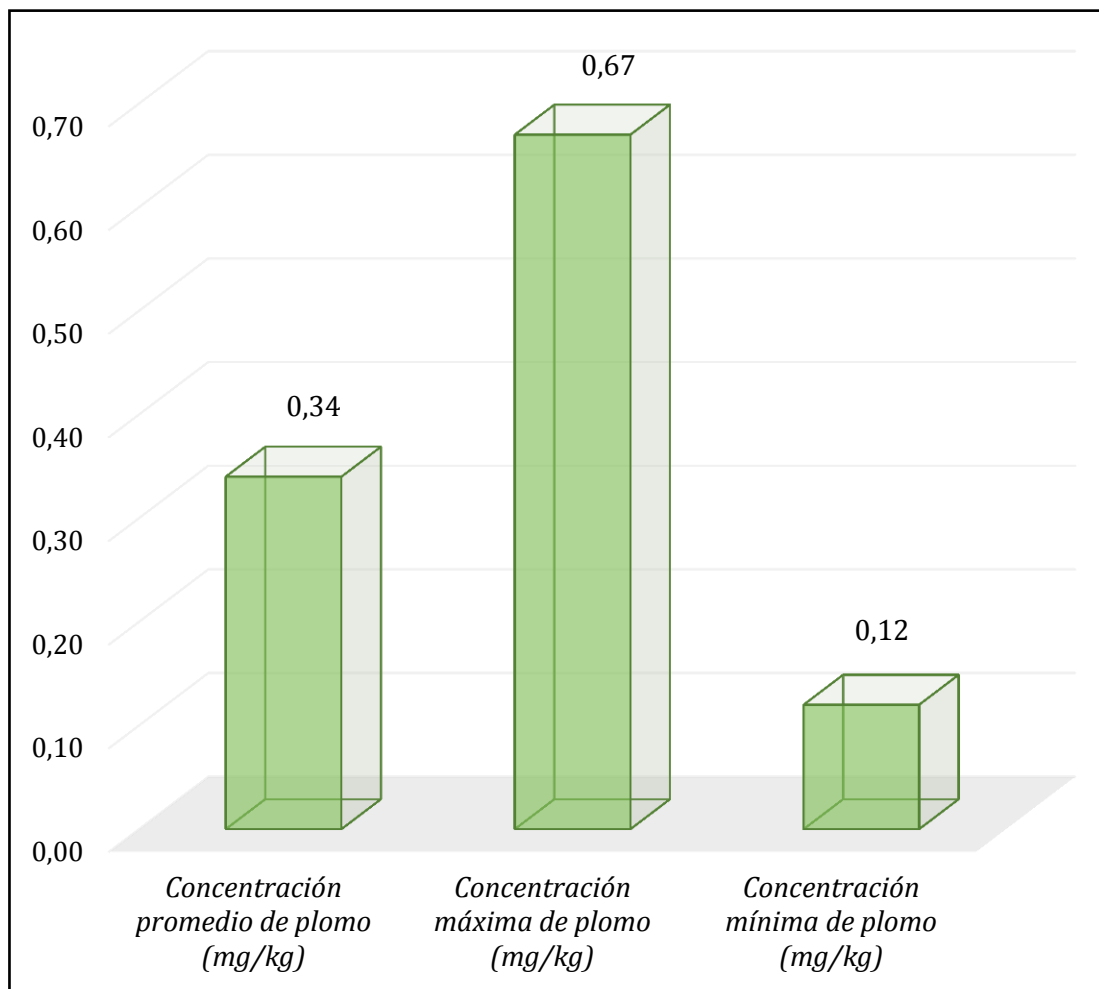
Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones cuantitativas de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

TABLA 11: Datos estadísticos de la concentración de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016.

DATO ESTADÍSTICO		Concentración de plomo (mg/kg) (n=28)
Parámetros de Centralización	Mediana	0,32
	Promedio (Media aritmética)	0,34
	Moda	0,31
Parámetros de Dispersión	Rango	0,55
	Varianza	0,017
	Desviación Estándar	0,13
Valor Máximo		0,67
Valor Mínimo		0,12

Interpretación: En la tabla se observa los valores estadísticos de las concentraciones de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio – octubre 2016. Se determinó que la concentración promedio es 0,34 mg/kg; el valor que más se repite es 0,31 mg/kg y el rango es 0,55 lo que demuestra que los valores están muy dispersos.

GRÁFICO 23: Concentración mínima, máxima y promedio de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre durante el período de junio - octubre 2016.



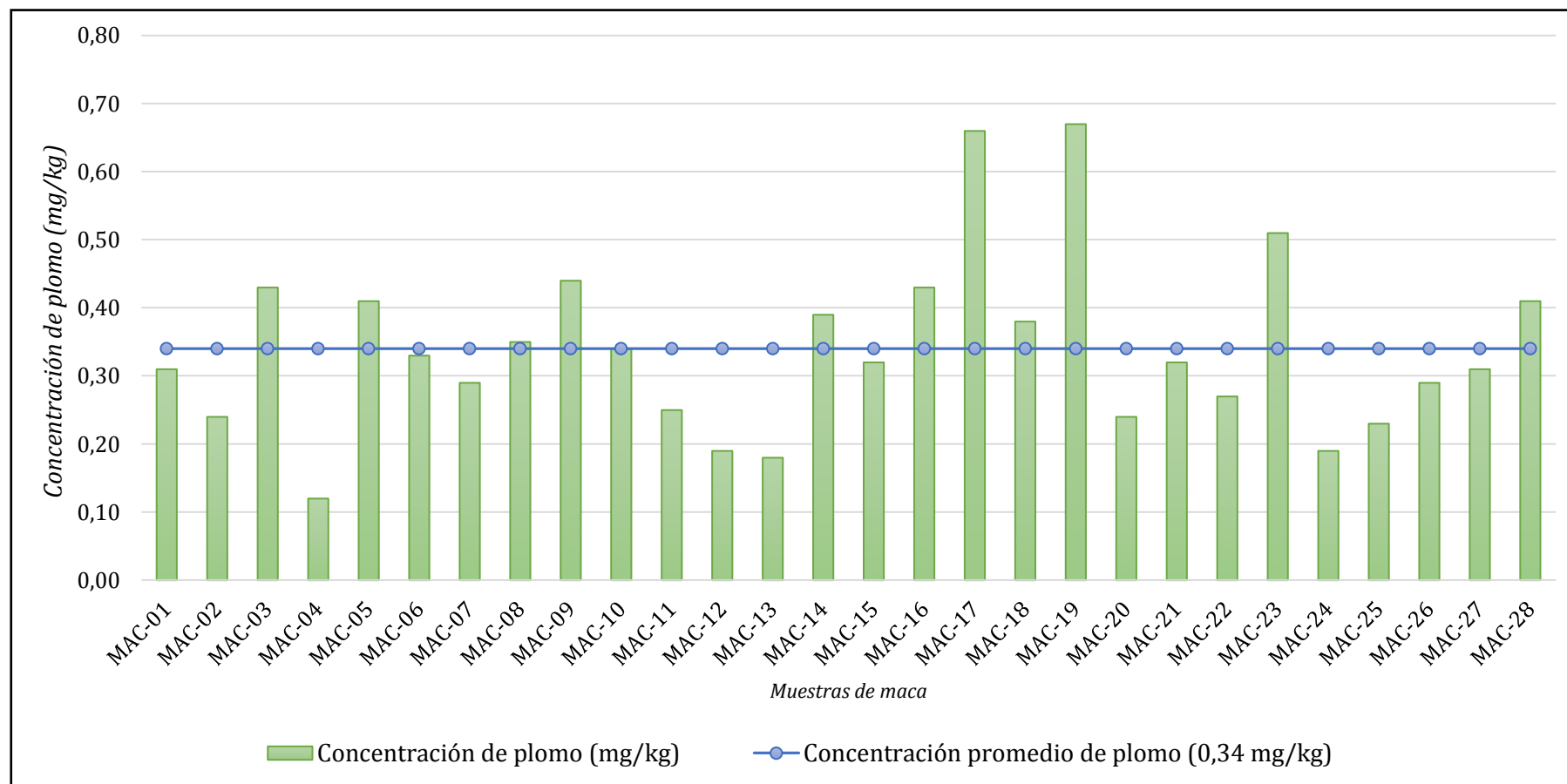
Interpretación: en el gráfico se observa la concentración promedio de plomo (0,34 mg/kg); concentración mínima de plomo (0,12 mg/kg) y la concentración máxima de plomo (0,67 mg/kg) en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre.

TABLA 12: Determinación cuantitativa de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de plomo.

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/Kg)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PLOMO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.31	0.34
2	MAC-02	0.24	0.34
3	MAC-03	0.43	0.34
4	MAC-04	0.12	0.34
5	MAC-05	0.41	0.34
6	MAC-06	0.33	0.34
7	MAC-07	0.29	0.34
8	MAC-08	0.35	0.34
9	MAC-09	0.44	0.34
10	MAC-10	0.34	0.34
11	MAC-11	0.25	0.34
12	MAC-12	0.19	0.34
13	MAC-13	0.18	0.34
14	MAC-14	0.39	0.34
15	MAC-15	0.32	0.34
16	MAC-16	0.43	0.34
17	MAC-17	0.66	0.34
18	MAC-18	0.38	0.34
19	MAC-19	0.67	0.34
20	MAC-20	0.24	0.34
21	MAC-21	0.32	0.34
22	MAC-22	0.27	0.34
23	MAC-23	0.51	0.34
24	MAC-24	0.19	0.34
25	MAC-25	0.23	0.34
26	MAC-26	0.29	0.34
27	MAC-27	0.31	0.34
28	MAC-28	0.41	0.34

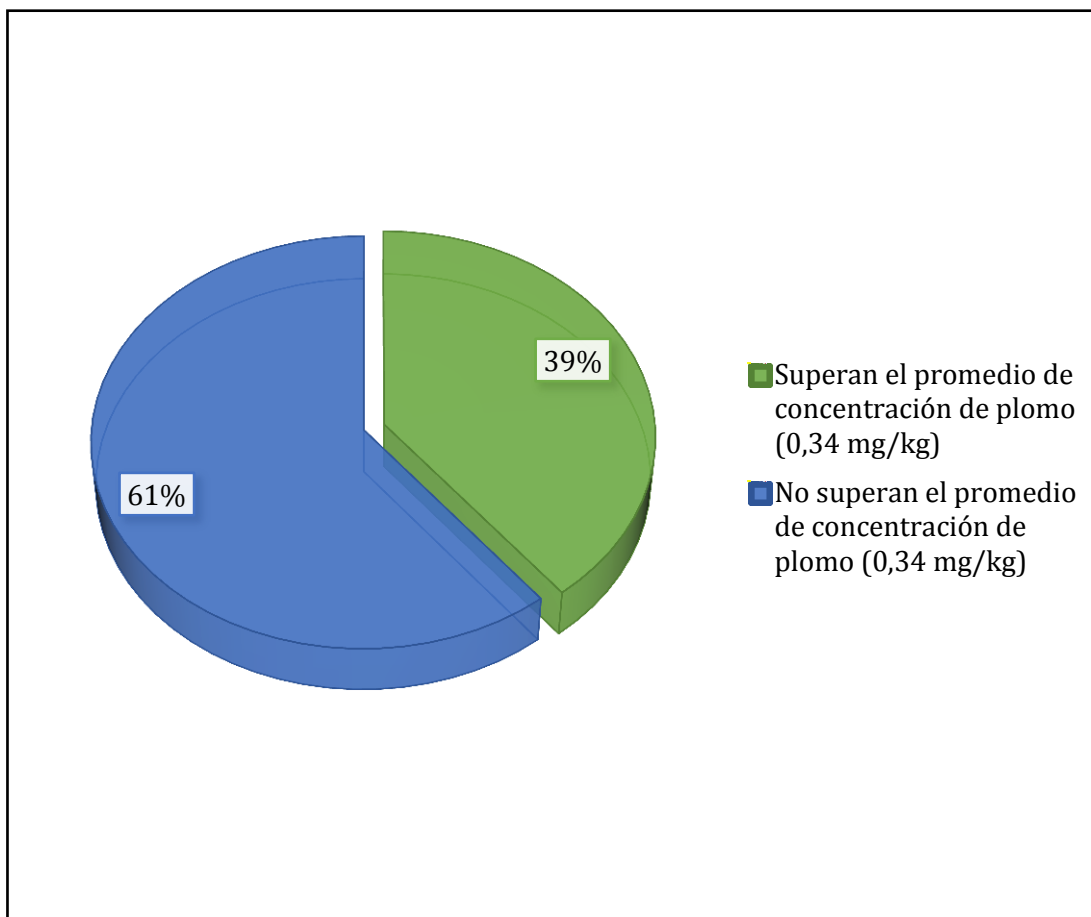
Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus la concentración promedio de plomo (0,34 mg/kg).

GRÁFICO 24: Determinación cuantitativa de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de plomo.



Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus la concentración promedio de plomo (0,34 mg/kg).

*GRÁFICO 25: Resultado porcentual de la concentración de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Concentración promedio de plomo.*



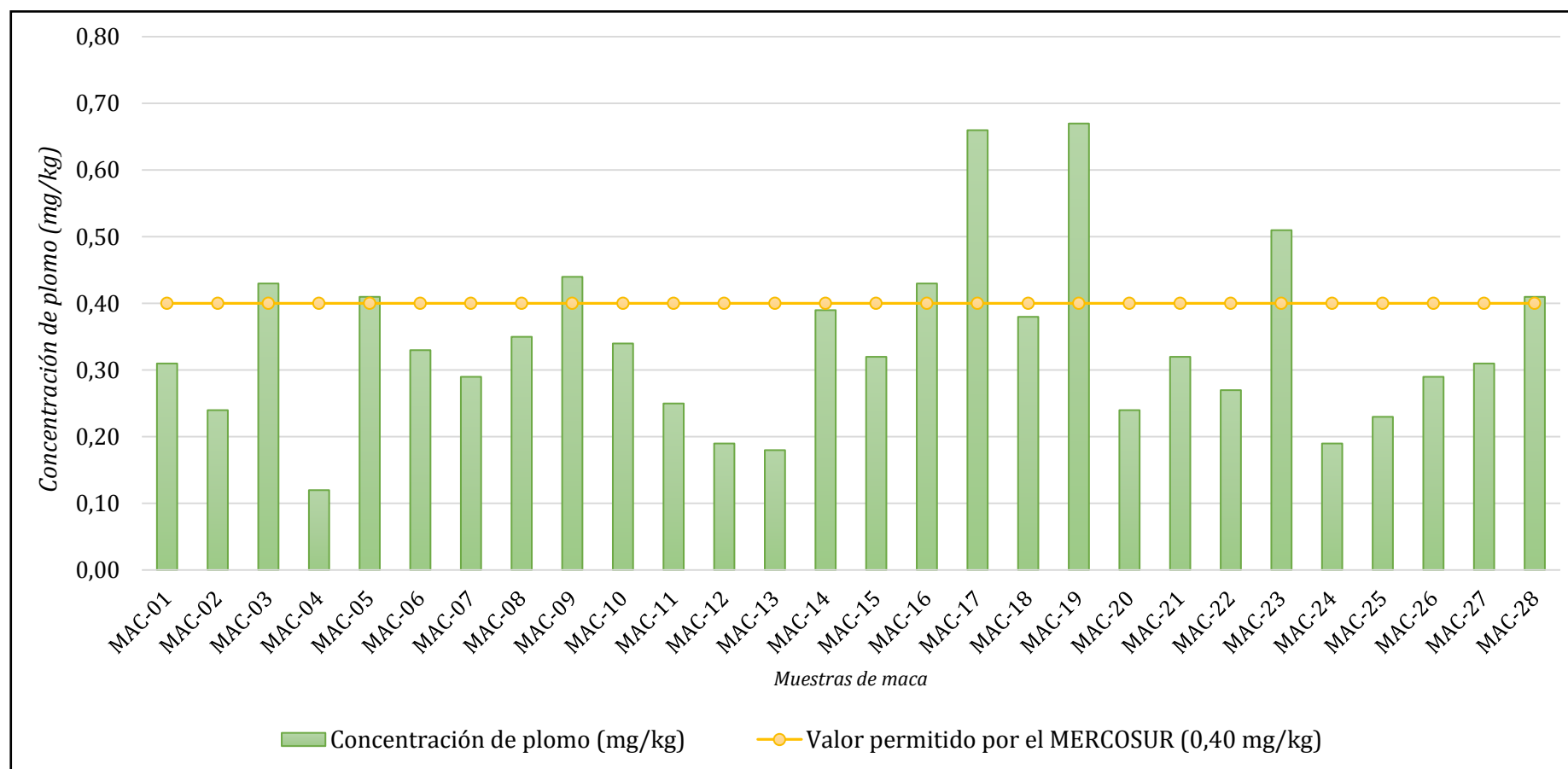
Interpretación: En el gráfico se observa que el 39 % de las muestras analizadas de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre supera la concentración promedio de plomo (0,34 mg/kg).

TABLA 13: Determinación cuantitativa de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

Nº	CODIGO	CONCENTRACIÓN DE PLOMO (mg/Kg)	MERCOSUR PARA PLOMO (mg/Kg)
1	MAC-01	0.31	0.40
2	MAC-02	0.24	0.40
3	MAC-03	0.43	0.40
4	MAC-04	0.12	0.40
5	MAC-05	0.41	0.40
6	MAC-06	0.33	0.40
7	MAC-07	0.29	0.40
8	MAC-08	0.35	0.40
9	MAC-09	0.44	0.40
10	MAC-10	0.34	0.40
11	MAC-11	0.25	0.40
12	MAC-12	0.19	0.40
13	MAC-13	0.18	0.40
14	MAC-14	0.39	0.40
15	MAC-15	0.32	0.40
16	MAC-16	0.43	0.40
17	MAC-17	0.66	0.40
18	MAC-18	0.38	0.40
19	MAC-19	0.67	0.40
20	MAC-20	0.24	0.40
21	MAC-21	0.32	0.40
22	MAC-22	0.27	0.40
23	MAC-23	0.51	0.40
24	MAC-24	0.19	0.40
25	MAC-25	0.23	0.40
26	MAC-26	0.29	0.40
27	MAC-27	0.31	0.40
28	MAC-28	0.41	0.40

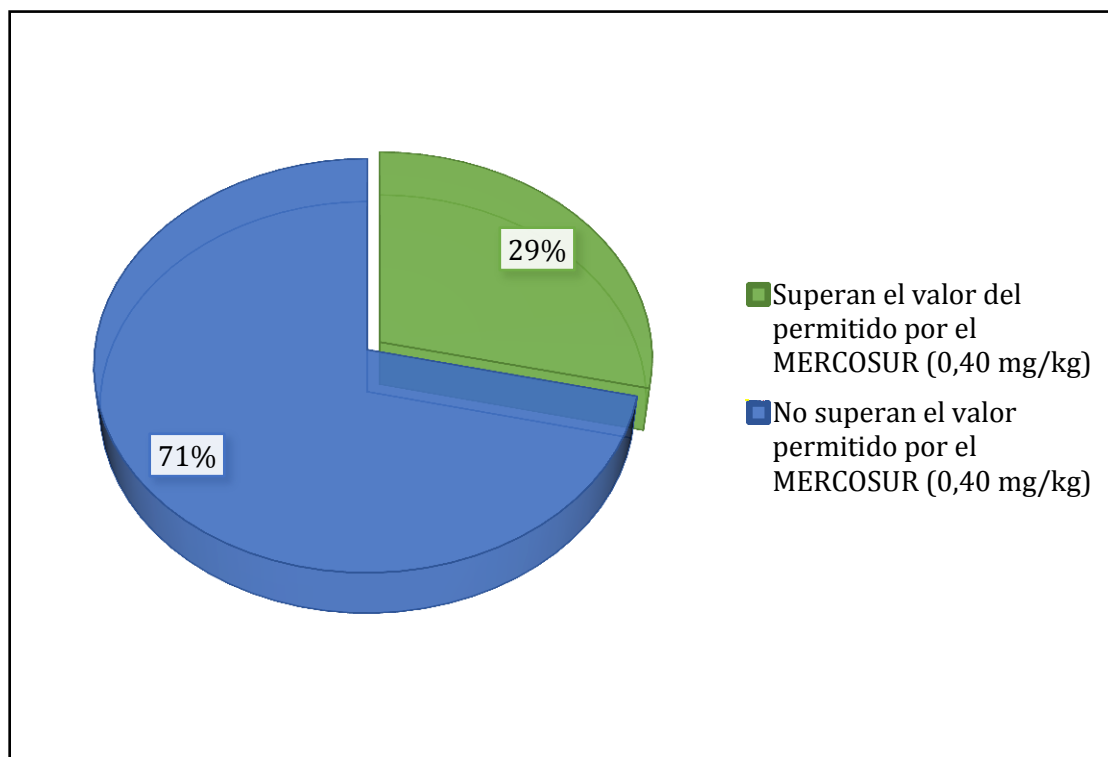
Interpretación: En la tabla se observa las concentraciones de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus el valor permitido por el MERCOSUR para plomo (0,40 mg/kg).

GRÁFICO 26: Determinación cuantitativa de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expandida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).



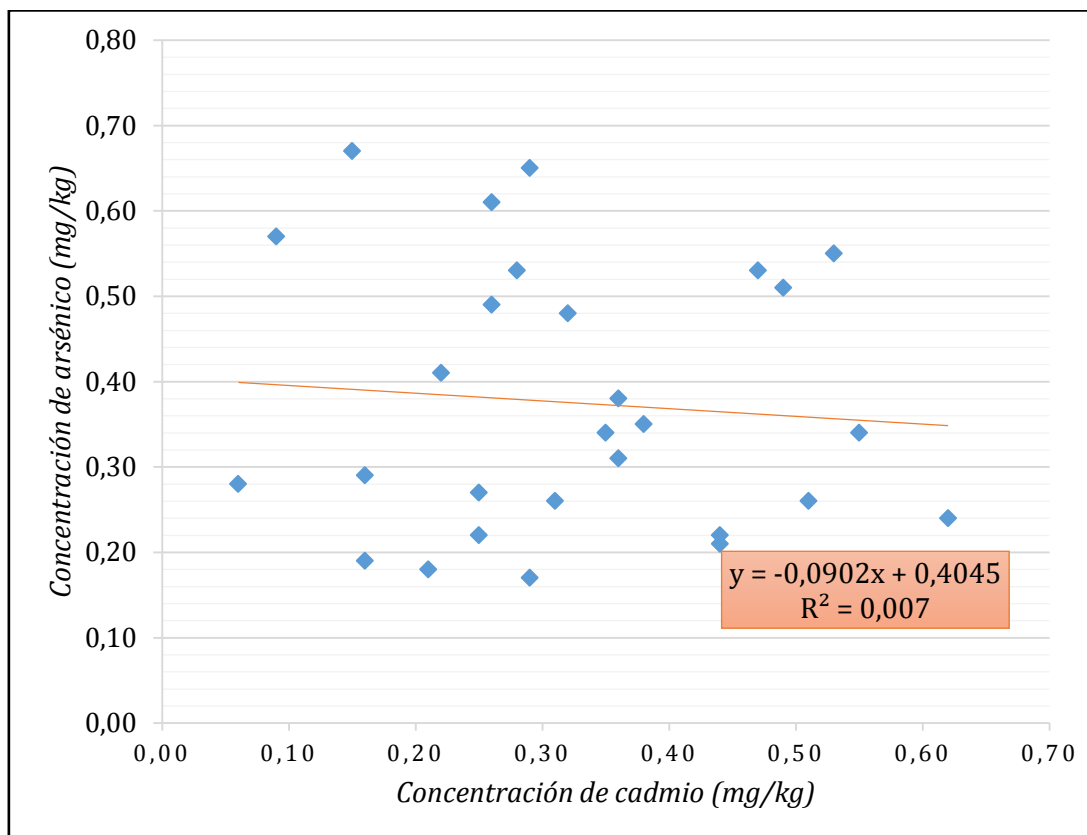
Interpretación: En el gráfico se observa las concentraciones de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expandida en el Mercado 10 de Octubre Versus el valor permitido por el MERCOSUR para arsénico (0,40 mg/kg).

*GRÁFICO 27: Resultado porcentual de la concentración de plomo en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre Versus Mercado Común del Sur (MERCOSUR).*



Interpretación: En el gráfico se observa que el 29 % de las muestras analizadas de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de octubre supera el valor permitido por el MERCOSUR para plomo (0,40 mg/kg).

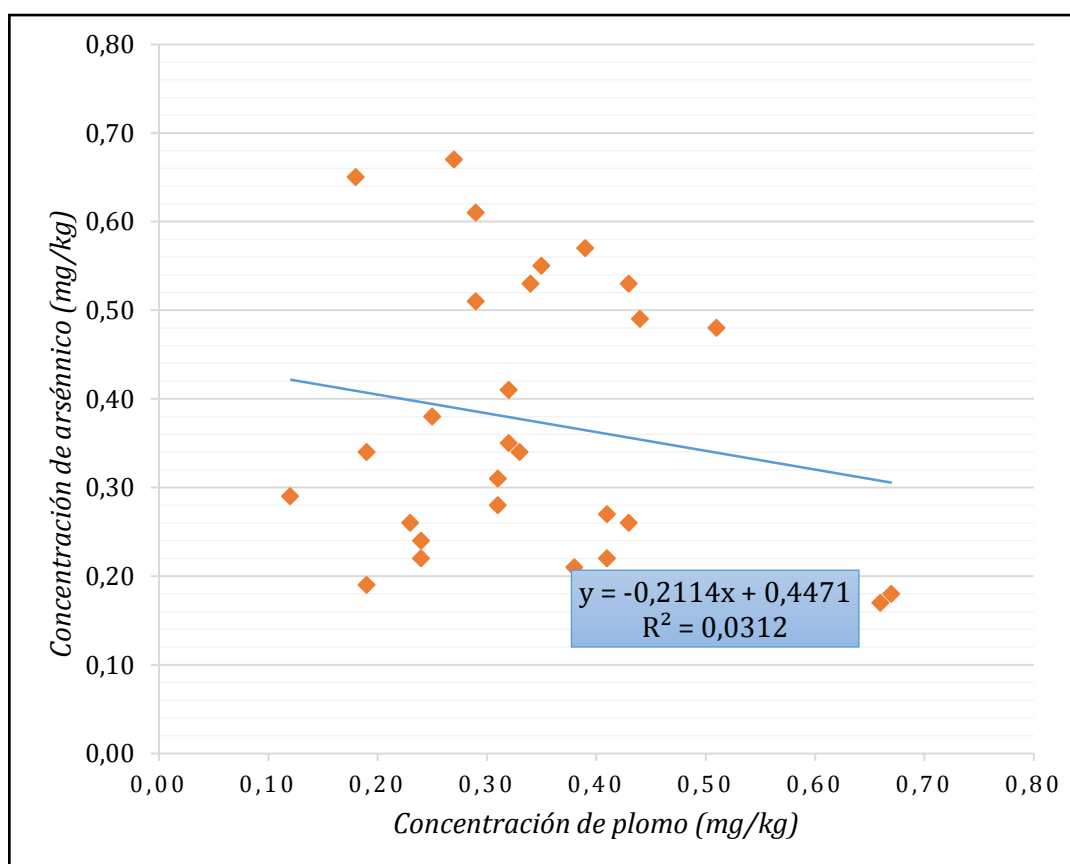
GRÁFICO 28: Relación entre la concentración de cadmio y arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre.



Coefficiente de correlación de Pearson = - 0,08

Interpretación: En el gráfico se observa que no existe relación entre la concentración de cadmio y arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre ya que al calcular el coeficiente de correlación de Pearson es - 0,08 siendo este un número negativo.

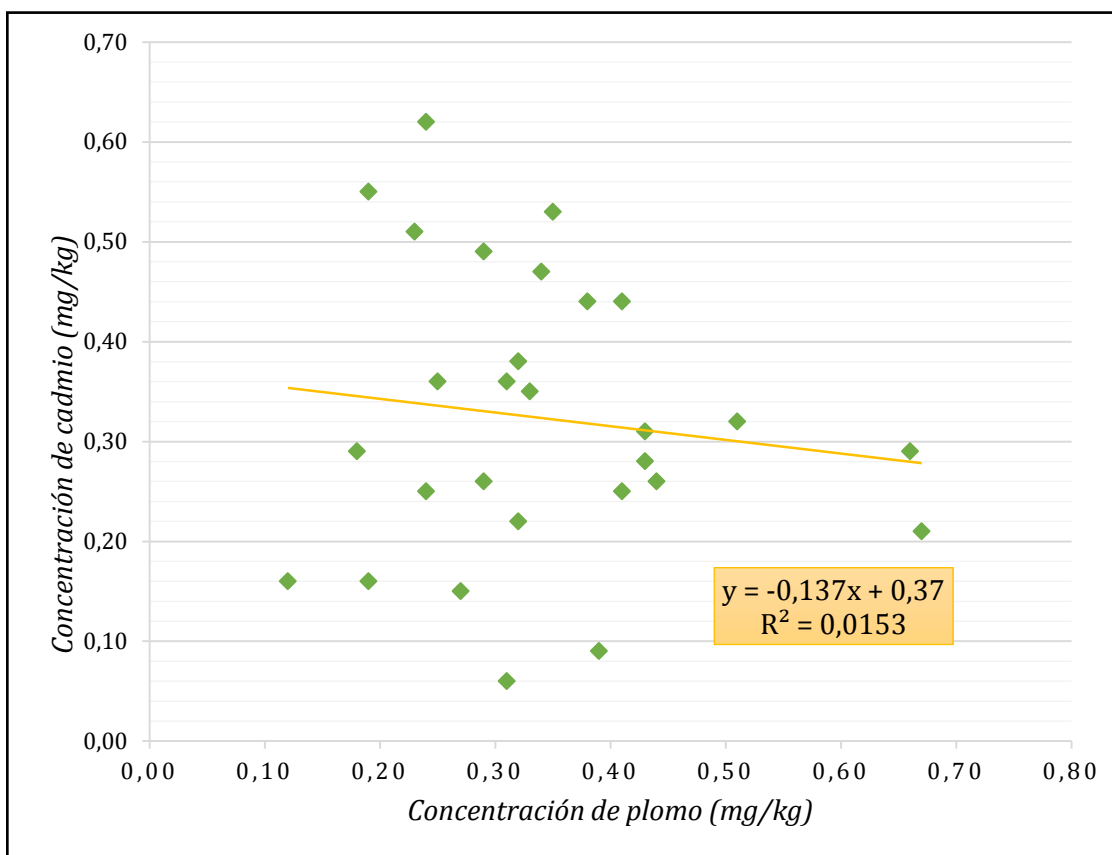
GRÁFICO 29: Relación entre la concentración de plomo y arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre.



Coefficiente de correlación de Pearson = - 0,18

Interpretación: En el gráfico se observa que no existe relación entre la concentración de plomo y arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre ya que al calcular el coeficiente de correlación de Pearson es - 0,18 siendo este un numero negativo.

GRÁFICO 30: Relación entre la concentración de plomo y cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre.



Coefficiente de correlación de Pearson = -0,12

Interpretación: En el gráfico se observa que no existe relación entre la concentración de plomo y cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre ya que al calcular el coeficiente de correlación de Pearson es - 0,12 siendo este un numero negativo.

IV. DISCUSIONES

La maca es un producto originario de los Andes Centrales del Perú, resistente a granizadas, heladas y sequías prolongadas. Se cultiva desde la época incaica en altitudes comprendidas entre los 3800 a 4500 m.s.n.m. Esta planta herbácea, presenta no sólo un alto valor nutricional sino también es valorada por su papel medicinal.

Por ello se realizó el presente estudio y vemos que en el grafico N° 11 la concentración de Cd se halló un valor mínimo de 0.06 y un valor máximo de 0.62 mg/kg en comparación con el estudio realizado en Katmandú en julio del 2013 realizado por (Pawan R, Neena M) donde la concentración mínima de Cd es de 0.9mg/kg y máxima es 12.0 mg/kg hallando valores muy superiores con nuestro trabajo.

En otro estudio realizado por (Sánchez, Msyane; Cogollo, A; Arroyave, C; Torre negra, R.D; Giraldo, A; Barahona, R.) en Colombia el año 2010 se halló que el valor promedio de Pb es de 1 mg/kg para la especie vegetal *lepidium virginicum* este valor comparado con nuestro trabajo donde en el grafico N° 23 el valor promedio para Pb es de 0.34 mg/kg, nuestros resultados son inferiores a los hallados en dicho estudio.

Y en otro trabajo realizado en Katmandú realizado por (Pawan R, Neena M) en el año 2013 la concentración de Pb se halló un valor mínimo de 2.07 mg/kg y un valor máximo de 12.05 mg/kg comparando estos valores con nuestros resultados donde las cifras del valor mínimo hallado es 0.12 mg/kg y el valor máximo es de 0.67 mg/kg teniendo como resultado cifras muy por debajo con este estudio.

También observamos que la correlación entre las variables de Pb vs Cd no existe, así como en las variables Cd vs As tampoco y en las variables Pb vs As de igual manera ya que son menores de 1.

V. CONCLUSIONES.

- ❖ El 29 % de las muestras de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre superan el valor permitido dado por MERCOSUR (0,50 mg/kg) para Arsénico.
- ❖ El 14 % de las muestras de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre superan el valor permitido dado por MERCOSUR (0,50 mg/kg) para cadmio.
- ❖ El 29 % de las muestras de maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre superan el valor permitido dado por MERCOSUR (0,40 mg/kg) para plomo.
- ❖ La concentración promedio para Pb en maca (*lepidium meyenii*) es de 0.34 mg/kg con cifras mínimas de 0.12 mg/kg y máximas de 0.67 de mg/kg,
- ❖ La concentración promedio para Cd en maca (*lepidium meyenii*) es de 0.32 mg/kg con cifras mínimas de 0.06 mg/kg y máximas de 0.62 mg/kg.
- ❖ La concentración promedio para As en maca (*lepidium meyenii*) es de 0.38 mg/kg con cifras mínimas de 0.17 mg/kg y máximas de 0.67 mg/kg.
- ❖ No existe relación entre la concentración de cadmio y arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre ya que el coeficiente de correlación de Pearson es - 0,08 siendo este un numero negativo.
- ❖ No existe relación entre la concentración de plomo y arsénico en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre ya que el coeficiente de correlación de Pearson es -0,18 siendo este un numero negativo lejano de la unidad.
- ❖ No existe relación entre la concentración de plomo y cadmio en maca (*Lepidium meyenii*) expendida en el Mercado 10 de Octubre ya que el coeficiente de correlación de Pearson es -0,12 siendo este un numero negativo.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Incentivar el estudio de este producto, debido a que no hay muchos antecedentes sobre la presencia de metales pesados en el cultivo de maca.
- ❖ Tener mayor control en la producción de maca, debido a la contaminación por el cual el uso de plaguicidas en los cultivos o las aguas contaminadas usadas en su regadío.
- ❖ Plantear la regulación o condiciones normativas para los cultivos de macas y sus derivados.
- ❖ Realizar posteriores estudios para la monitorización de la presencia de metales pesados en la maca y sus derivados.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Gonzales GF, Gonzales C, Gonzales-Castañeda C. *Lepidium meyenii* (Maca): a Plant from the Highlands of Peru – from tradition to science. Res ComplemMed. 2009; 16(6):373-80. doi: 10.1159/000264618.
2. Cieza de León P: Chronicle of Peru. First Part. London: Hakluyt Society; 1553.
3. Cobo B. History of the New World. Madrid: Biblioteca de Autores Españoles; 1956.
4. Sánchez, M.S.; Cogollo, A.; Arroyave, C.; Torre negra, R.D.; Giraldo, A.M.; Barahona, R. Diversidad Botánica y Contenido de Metales Pesados en la Matriz de Residuos y los Vegetales en el Basurero de Moravia en Medellín, Colombia. Rev. Fac.Nal.Agr.Medellín 63(1): 5209-5224. 2010.
5. Hussain I et al., Analysis of Heavy Metals in Selected Medicinal Plants from Dir, Swat and Peshawar Districts of Khyber Pakhtunkhwa. J.Chem.Soc.Pak., Vol. 33, No. 4, 2011.
6. Pawan R, Neena M. Heavy metal contamination in green leafy vegetables collected from different market sites of kathmandu and their associated health risks. ScientificWorld, Vol. 11, No. 11, July 2013.
7. ShuangqiaoJu, Jianping Yu, Yanqiong Ma, Yaling Yang, and Mousheng Liu. Rapid Determination of Cadmium and Lead in Maca (*Lepidium meyenii*) by Magnetic Solid-Phase Extraction and Flame Atomic Absorption Spectrometry. AnalyticalLetters Vol. 48, Iss. 16,2015.
8. Tello J, Hermann M, Calderón A. La maca (*Lepidium meyenii*Walp.) cultivo alimenticio potencial para las zonas altoandinas. Bol Lima. 1992;14:59-66.
9. Gonzales GF. Maca de la Tradición a la Ciencia. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2006.
10. Castaño MP. Maca (*Lepidium peruvianum* Chacon): composición química y propiedades farmacológicas. Rev Fitoterapia. 2008;8(1):23-30.

11. Dini, A.; Migliuolo, G.; Rastrelli, L.; Saturnino, P.; Schettino, O. 1994. Chemical composition of *Lepidium meyenii*. Food Chemistry 49: 347–349.
12. Wang, Y.; Wang, Y.; McNeil, B.; Harvey, L.M. 2007. Maca: An andean crop with multipharmacological functions. Food Research International 40: 783–92.
13. García R.M.; Gómez-Sánchez P.I.; Espinoza B.C.; Bravo R.F.; Ganoza M.L. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima, Perú.
14. Piacente, S.; Carbone, V.; Plaza, A.; Zampelli, A.; Pizza, C. 2002. Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 5621–5625.
15. Zheng BL, He K, Kim CH, Rogers L, Yu S, Huang ZY, *et al.* Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. Urology. 2000;55(4):598-602.
16. Cicero AF, Piacente S, Plaza A, Sala E, Arletti R, Pizza C. Hexanic Maca extract improves rat sexual performance more effectively than methanolic and chloroformic Maca extracts. Andrologia. 2002;34(3):177-9.
17. Lentz A, Gravitt K, Carson CC, Marson L. Acute and chronic dosing of *Lepidium meyenii* (Maca) on male rat sexual behavior. J Sex Med. 2007;4(2):332-9.
18. Clément C, Kneubühler J, Urwyler A, Witschi U, Kreuzer M. Effect of maca supplementation on bovine sperm quantity and quality followed over two spermatogenic cycles. Theriogenology. 2010;74(2):173-83.
19. Gonzales GF, Córdova A, Vega K, Chung A, Villena A, Góñez C, *et al.* Effect of *Lepidium meyenii* (MACA) on sexual desire and its absent relationship with serum testosterone levels in adult healthy men. Andrologia. 2002;34(6):367-72.
20. Stone M, Ibarra A, Roller M, Zangara A, Stevenson E. A pilot investigation into the effect of maca supplementation on physical activity and sexual desire in sportsmen. J Ethnopharmacol. 2009;126(3):574-6.

21. Zenico T, Cicero AF, Valmorri L, Mercuriali M, Bercovich E. Subjective effects of *Lepidium meyenii* (Maca) extract on well-being and sexual performances in patients with mild erectile dysfunction: a randomised, double-blind clinical trial. *Andrologia*. 2009;41(2):95-9.
22. Oshima M, Gu Y, Tsukada S. Effects of *Lepidium meyenii* Walp and *Jatropha macrantha* on blood levels of estradiol-17 β , progesterone, testosterone and the rate of embryo implantation in mice. *J Vet Med Sci*. 2003;65(10):1145-6.
23. Ruiz-Luna AC, Salazar S, Aspajo NJ, Rubio J, Gasco M, Gonzales GF. *Lepidium meyenii* (Maca) increases litter size in normal adult female mice. *Reprod Biol Endocrinol*. 2005;3(1):16.
24. Lee KJ, Dabrowski K, Rinchar J, Gomez C, Guz L, Vilchez C. Supplementation of maca (*Lepidium meyenii*) tuber meal in diets improves growth rate and survival of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) alevins and juveniles. *Aquaculture Res*. 2004;35(3):215-23.
25. Lee KJ, Dabrowski K, Sandoval M, Miller MJS. Activity-guided fractionation of phytochemicals of maca meal, their antioxidant activities and effects on growth, feed utilization, and survival in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Aquaculture*. 2005;244:293-301.
26. Suarez S, Oré R, Armas I, Rojas L, Trabucco J. Extracto acuoso de *Lepidium meyenii* WALP (maca) y su papel como adaptógeno en un modelo animal de resistencia física. *An Fac Med*. 2009;70(3):181-5.
27. Choi EH, Kang JI, Cho JY, Lee SH, Kim TS, Yeo IH, *et al*. Supplementation of standardized lipid-soluble extract from maca (*Lepidium meyenii*) increases swimming endurance capacity in rats. *J Funct Foods*. 2012;4:568-73.
28. Gasco M, Villegas L, Villegas L, Rubio J, Gonzales GF. Dose-response effect of Red Maca (*Lepidium meyenii*) on benign prostatic hyperplasia induced by testosterone enanthate. *Phytomedicine*. 2007;14(7-8):460-4.

- 29.** Determinación de arsénico, de sus compuestos en forma particulada y de vapores de trióxido de arsénico en aire - Método de generación de hidruros/Espectrofotometría de absorción atómica. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Edición 2012. [En línea]. [Fecha de acceso 02 de agosto del 2016]; Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA_035_A96.pdf.
- 30.** Indicadores biológicos para la valoración de la exposición humana a compuestos químicos industriales. Foa, A Colombi, M Maroni. Cancillería de Sanidad de Valencia. Ed 2005.
- 31.** Mealey J, Brownell Gl, Sweet Wh. Radioarsenic in plasma, urine normal tissues and intracranial neoplasms. Arch Neurol Psychiatry 1959; 8: 310-320.
- 32.** Mathieu P, BuchetJp, Roels Ha, Lauwerys R. The metabolism of arsenic in humans acutely intoxicated by As₂O₃: its significance for the duration of BAL therapy. ClinToxicol 1981; 18: 1067-1075.
- 33.** Yip L, Dart Rc. Arsenic. En: Sullivan JB, Krieger GR, editors. Clinical environmental health and toxic exposures. Philadelphia:Lippincott William and Wilkins, 2001: 858-866.
- 34.** Ford M. Arsenic. En: Goldfrank LR, Flomenbaum NE, Lewin NA, Weisman RS, Howland MA, Hoffman RS, editors. Goldfrank's Toxicologic Emergencies, 6^a edición. Stamford: Appleton and Lange, 1998: 1261-1273.
- 35.** Kjellstrom T, Nordberg GF. Kinetic model of cadmium metabolism. En: Fridberg L, Elinder CG, Kellstrom T, Nordberg GF, Eds. Cadmium and Health, A Toxicological and Epidemiological Appraisal. Vol I, Boca Raton, FL: CRC Press. 1985: 179-97.
- 36.** González E. Toxicocinética y evaluación de riesgos para la salud producidos por exposición a cadmio. Medicina y Seguridad del Trabajo. 1988. XXXV: 3-17.

37. WHO. Environmental Health Criteria 134, Cadmium, Geneva: WHO. 1992.
38. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. ISSN 1025 – 5583. Vol. 63, Nº 1 – 2002. Págs. 51 – 64.
39. Burriel Martí. (2006). «Química analítica de los cationes: Plomo». Química analítica cualitativa (18ª edición edición). Thomson. pp. 426–435.
40. Lead environmental aspects. Geneva, World Health Organization, 1989 (Environmental Health Criteria, No. 85).
41. Fichas sustancias indeseables alimentación animal plomo. ELIKA (Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria).2008.
42. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. [en línea]. 2005 [Fecha de acceso 21 de agosto de 2016]; 18(1):22-27. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspmi/v18n1/a05v18n1.pdf>.
43. Poma PA. . Intoxicación por plomo en humanos. Anales de la Facultad de Medicina [en línea]. 2008 [Fecha de acceso 29 de julio de 2016]; 69 (2):120-126. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v69n2/a11v69n2.pdf>.
44. Absorción y Emisión atómica. [en línea]. [Fecha de acceso 18 de julio del 2016]; URL disponible en:<http://www.qo.fcen.uba.ar/quimor/wp-content/uploads/Teorica%20168%20Absorci%C3%B3n%20y%20emisi%C3%B3n%20at%C3%B3mica.pdf>.
45. Espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito (GFAAS). [En línea]. [Fecha de acceso 22 de julio del 2016]. Disponible en: <http://w3.ua.es/ite/proyectos/proyectoGFAAAS/teoria/fundamentos.html>.
46. Espectroscopia atómica-El Principio analítico- Merck Millipore. [en línea]. [Fecha de acceso 12 de julio del 2016]. Disponible en: http://www.merckmillipore.es/chemicals/the-analytical-principle/c_K2eb.s10FCYAAAE dye1RbT2M?CountryName=Spain.

- 47.** Mercado Común del Sur – MERCOSUR. Mercosur [en línea]. [Fecha de acceso 12 de julio del 2016]. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_12-11.pdf
- 48.** Torres, R. Estudio nutricional de la macay su aplicación en la elaboración de una bebida base [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Agraria. Facultad de industrias alimentarias, 1984.
- 49.** Ardeles, B. Evaluación de la exportación de la maca en el Perú: 2002-2001 y sus perspectivas [Tesis] Lima: Universidad Nacional Agraria, Facultad de Economía y planificación, 2010.