



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

“ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN TRES ALIMENTOS (PAPAS (*Solanum tuberosum*), MAÍZ (*Zea mays*) Y LECHE CRUDA) PRODUCIDAS EN LAS ZONAS AFECTADAS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA (GUANO - PENIPE)”

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR

XIMENA MAGDALENA CARRIÓN SAMANIEGO

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a DIOS quien me ha dado la vida para seguir viendo las maravillas creadas en este mundo.

A mis PADRES y a mi familia SANTIAGO y mi querida hija ALEJANDRA.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud al personal Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Bioquímica y Farmacia de la Facultad de Ciencias, quienes colaboran en mi formación profesional.

Un profundo agradecimiento al personal de Laboratorio CESTTA en especial al Dr. Roberto Erazo, Director de Tesis a quien debo un reconocimiento especial porque con su experiencia y capacidad fortaleció mis conocimientos, los mismos que serán bien aprovechados a lo largo de mi vida profesional.

A la Dra. Olga Lucero, que es para mí un privilegio trabajar bajo su manto de experiencia y sabiduría y de igual forma al Dr. Carlos Pilamunga quien con su guía de conocimiento académico y práctica profesional me ha brindado una acertada dirección.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN TRES ALIMENTOS PAPAS (*Solanum tuberosum*), MAÍZ (*Zea mays*) Y LECHE CRUDA PRODUCIDAS EN LAS ZONAS AFECTADAS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA (GUANO - PENIPE)”, de responsabilidad de la señorita egresada Ximena Magdalena Carrión Samaniego, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Edmundo Caluña DECANO FAC. CIENCIAS	-----	-----
Dr. Carlos Donoso DIRECTOR ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA	-----	-----
Dr. Roberto Erazo DIRECTOR DE TESIS	-----	-----
Dra. Olga Lucero MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----
Dr. Carlos Pilamunga MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----
Tc. Carlos Rodriguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	-----	-----
NOTA DE TESIS	-----	

Yo, Ximena Magdalena Carrión Samaniego, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

XIMENA MAGDALENA CARRIÓN SAMANIEGO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Abs	Absorbancia
ADN	Ácido desoxirribonucleico
Ar	Argón
AN	Abundancia natural
As	Arsénico
atm	Atmosfera
C	Concentración
°C	Grados centígrados
CESTTA	Centro de Servicio Técnico y Transferencia Tecnológica Ambiental
Conc.	Concentrado
dl	Decilitro
σ	Desviación estandar
ED	Energía de desintegración
EFAA	Espectrofotometría de Absorción Atómica
eV	Electrón voltio
FAAS	Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GH-AAS	Generador de hidruros al espectrómetro de absorción atómica
Ho	Hipótesis nula
Hi	Hipótesis alterna
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
iso	Isótopo

K	Kelvin
Kg	Kilogramo
KJ	Kilojulio
l	Litro
\bar{X}	Media
M	Molar
M ₁ R ₁	Muestra uno
M ₁ R ₂	Muestra uno repetición dos
M ₁ R ₃	Muestra uno repetición tres
M ₂ R ₁	Muestra dos repetición uno
M ₂ R ₂	Muestra dos repetición dos
M ₂ R ₃	Muestra dos repetición tres
M ₃ R ₁	Muestra tres repetición uno
M ₃ R ₂	Muestra tres repetición dos
M ₃ R ₃	Muestra tres repetición tres
m ³	Metro cúbico
μ	Micra
μl	Micro litro
mg	Miligramo
ml	Mililitro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MSMA	Mono sódico
N	Normal
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana

%	Porcentaje
$\underline{\Omega}$	Ohmio
OMS	Organización Mundial de la Salud
Pa	Pascal
PD	Producto de desintegración
pm	Pacómetro
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón
pH	Potencial de Hidrógeno
s	Segundo
SI	Sistema internacional de unidades
STP	Estándar
ug	Microgramo
W	Watio
$\underline{\Omega}$	Ohmio

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

1	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	Toxicología de alimentos.....	1
1.1.1	Fundamentos de la toxicología.....	1
1.1.2	Metales tóxicos en alimentos.....	2
1.2	El arsénico.....	2
1.2.1	Características generales.....	2
1.2.2	Propiedades.....	3
1.2.3	Arsénico en el medio ambiente.....	5
1.2.4	Ciclo del arsénico.....	6
1.2.5	Exposición humana.....	8
1.2.6	Manifestaciones clínicas.....	9
1.2.6.1	Metabolismo.....	9
1.2.6.1.1	Absorción.....	9
1.2.6.1.2	Distribución.....	10
1.2.6.1.3	Biotransformación.....	10
1.2.6.1.4	Excreción.....	11
1.2.7	Mecanismo de acción.....	11
1.2.8	Efectos sobre la salud.....	11
1.2.9	Tipos de intoxicación.....	12
1.2.9.1	Intoxicación aguda.....	12
1.2.9.2	Intoxicación crónica.....	13
1.2.10	Indicadores biológicos.....	15

1.2.10.1	Indicadores de dosis interna.....	15
1.2.11	Tratamiento de intoxicación por arsénica.....	17
1.2.12	El arsénico en las plantas.....	18
1.2.13	Fitotoxicidad.....	18
1.2.14	Toma del arsénico.....	19
1.2.15	Traslocación.....	20
1.2.16	Niveles de arsénico en distintos cultivos.....	20
1.2.17	Metabolismo del arsénico.....	22
1.2.18	Contenido de arsénico en algunos vegetales.....	22
1.2.19	Contaminación de la leche por arsénico.....	25
1.2.20	Niveles permitidos de concentración de arsénico en alimentos.....	25
1.3	Volcán Tungurahua.....	26
1.3.1	Geografía.....	27
1.3.2	Historia eruptiva del volcán Tungurahua.....	27
1.3.3	Ceniza volcánica.....	29
1.3.4	Población afectada por la erupción del volcán Tungurahua.....	30
1.3.5	Alimentos afectados por contaminación de ceniza volcánica en los cantones Guano y Penipe.....	31
1.3.5.1	Papas (<i>solanum tuberosum</i>).....	31
1.3.5.1.1	Descripción.....	32
1.3.5.1.2	Valor nutritivo.....	33
1.3.5.2	Maíz (<i>zea mays</i>).....	34
1.3.5.2.1	Descripción.....	35
1.3.5.2.2	Valor nutritivo.....	37
1.3.5.3	Leche cruda.....	36
1.3.5.3.2	Valor nutritivo.....	37
1.4	Determinación espectrofotométrica de arsénico por absorción atómica con generador de hidruros.....	37
1.4.1	Absorción atómica.....	37
1.4.2	Componentes del equipo de absorción atómica.....	39
1.4.3	Determinación de la concentración.....	41

1.4.4	Esquema óptico.....	42
1.4.5	Lámparas de cátodo hueco.....	43
1.4.6	Dispositivo térmico para obtener gas térmico.....	44
1.4.7	Atomización por llama	44
1.4.8	Corrección con lámpara de deuterio.....	45
1.4.9	Corrección del ruido de fondo con lámpara de deuterio.....	45
1.4.10	Interferencias físicas.....	46
1.4.11	Interferencias espectrales.....	46
1.4.12	Interferencias químicas.....	46
1.4.13	Sensibilidad y límite de detección.....	47
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	48
2.1	Lugar de investigación.....	48
2.2	Materiales, Equipos y reactivos.....	48
2.2.1	Materia biológica.....	48
2.2.2	Equipos.....	48
2.2.3	Reactivos.....	50
2.3	Métodos.....	50
2.3.1	Parte experimental.....	50
2.3.1.1	Obtención de la muestra.....	50
2.3.1.1.1	Primera zona de muestreo Cantón Guano.....	51
2.3.1.1.2	Segunda zona de muestreo Cantón Penipe.....	54
2.3.1.2	Tratamiento de muestras en el laboratorio.....	57
2.3.1.3	Metodología de digestión de las muestras.....	58
2.3.1.4	Determinación de arsénico en ceniza volcánica.....	58
2.3.1.5	Determinación del porciento de recuperación de arsénico en el alimento.....	59
2.3.1.6	Preparación de soluciones estándares de arsénico.....	61
2.3.1.7	Preparación de soluciones para lectura de muestra.....	63
2.3.1.8	Procedimiento de lecturas de concentración de arsénico.....	63
2.3.1.9	Cuantificación de arsénico por espectrofotometría de absorción atómica...	63
2.3.1.9.1	Calibración.....	64

2.3.1.9.2	Determinación.....	64
2.3.1.9.3	Análisis estadístico.....	64
2.3.1.9.3.1	Análisis de varianza.....	64
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
3.1	Resultados de la concentración de As en papas (<i>Solanum tuberosum</i>)...	66
3.2	Resultados de la concentración de As en maíz (<i>Zea mays</i>).....	69
3.1	Resultados de la concentración de As en leche cruda.....	72
3.4	Resultados de la concentración de As promedio de las tres muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>).....	75
3.5	Resultados de la concentración de As promedio de las tres muestras de maíz (<i>Zea mays</i>).....	79
3.6	Resultados de la concentración de As promedio de las tres muestras de leche cruda.....	83
3.7	Resultados de la concentración de As del total de muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>).....	87
3.8	Resultados de la concentración de As del total de muestras de maíz (<i>Zea mays</i>).....	89
3.9	Resultados de la concentración de As del total de muestras de leche cruda	90
CONCLUSIONES		92
RECOMENDACIONES		94
RESUMEN		95
SUMARY		96
BIBLIOGRAFÍA		97

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Propiedades Físico Químicas del As	3
TABLA N° 2	Valores promedio de la concentración de As en hortalizas (Zimapan).	23
TABLA N° 3	Valores promedio de la concentración de As en frutas (Zimapan).....	24
TABLA N° 4	Características del Volcán Tungurahua	26
TABLA N° 5	Parroquias afectadas en el Cantón Penipe.....	30
TABLA N° 6	Parroquias afectadas en el cantón Guano.....	30
TABLA N° 7	Cultivos perdidos en los cantones Guano y Penipe.....	30
TABLA N° 8	Animales afectados en los cantones Guano y Penipe.....	31
TABLA N° 9	Taxonomía de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	31
TABLA N° 10	Componentes de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	33
TABLA N° 11	Taxonomía del maíz (<i>Zea mays</i>).....	34

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	Etiquetado de la muestra de maíz - Santa Fé de Galán.....	52
CUADRO N° 2	Etiquetado de la muestra de papas -Santa Fé de Galán.....	53
CUADRO N° 3	Etiquetado de la muestra de leche cruda -Santa Fé de Galán.....	54
CUADRO N° 4	Etiquetado de la muestra de maíz - Matus.....	55
CUADRO N° 5	Etiquetado de la muestra de papas -Matus.....	56
CUADRO N° 6	Etiquetado de la muestra de leche cruda -Matus.....	57
CUADRO N° 7	Concentración de As en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la Parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	66
CUADRO N° 8	Concentración de As en papas (<i>solanum tuberosum</i>) de la Parroquia de Matus, Cantón Penipe.....	68
CUADRO N° 9	Concentración de As en maíz (<i>zea mays</i>) de la Parroquia Santa Fé de Galán, Cantón Guano.....	69
CUADRO N°10	Concentración de As en maíz (<i>zea mays</i>) de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	71
CUADRO N°11	Concentración de As en leche cruda de la Parroquia Santa Fé de Galán Cantón Guano.....	72
CUADRO N°12	Concentración de As en leche cruda de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	74
CUADRO N°13	Concentración de As promedio de las tres muestras en papas (<i>solanum tuberosum</i>) de la Parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	75
CUADRO N°14	Prueba de tukey en la determinación de la concentración de As en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la Parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	76
CUADRO N°15	Concentración de As promedio de las tres muestras en papas (<i>solanum tuberosum</i>) de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	77
CUADRO N°16	Prueba de tukey en la determinación de la concentración de As en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la Parroquia Matus, Cantón Penipe	78
CUADRO N°17	Concentración de As promedio de las tres muestras en maíz (<i>zea</i>	

	<i>mays</i>) de la Parroquia Santa Fé de Galán, Cantón Guano.....	79
CUADRO N°18	Prueba de tukey en la determinación de la concentración de As en maíz (<i>Zea mays</i>) de la Parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	80
CUADRO N°19	Concentración de As promedio de las tres muestras en maíz (<i>zea mays</i>) de la Parroquia Santa Fé de Galán, Cantón Matus, Cantón Penipe.....	81
CUADRO N°20	Prueba de tukey en la determinación de la concentración de As en maíz (<i>Zea mays</i>) de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	82
CUADRO N°21	Concentración de As promedio de las tres muestras en leche cruda de la Parroquia Santa Fé de Galán, Cantón Guano.....	83
CUADRO N°22	Prueba de tukey en la determinación de la concentración de As en leche cruda de la Parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	84
CUADRO N°23	Concentración de As promedio de las tres muestras en leche cruda de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	85
CUADRO N°24	Prueba de tukey en la determinación de la concentración de As en leche cruda de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	86
CUADRO N°25	Concentración de As promedio del total de muestras de papas (<i>solanum tuberosum</i>) en las Parroquias Santa Fé de Galán y Matus... ..	87
CUADRO N°26	Concentración de As promedio del total de muestras de maíz (<i>zea mays</i>) en las Parroquias Santa Fé de Galán y Matus.....	89
CUADRO N°27	Concentración de As promedio del total de muestras de leche cruda en las Parroquias Santa Fé de Galán y Matus.....	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO No. 1	Análisis de la Concentración de As en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	67
GRÁFICO No. 2.	Análisis de la Concentración de As en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	68
GRÁFICO No. 3	Análisis de la Concentración de As en maíz (<i>Zea mays</i>) de la Parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	70
GRÁFICO No. 4	Análisis de la Concentración de As en maíz (<i>Zea mays</i>) de la Parroquia Matus, Cantón Penipe.....	71
GRÁFICO No. 5	Análisis de la Concentración de As en leche cruda de la Parroquia Santa Fé de Galán, Cantón Guano.....	73
GRÁFICO No. 6	Análisis de la Concentración de As en leche cruda de la parroquia Matus, Cantón Penipe.....	74
GRÁFICO No. 7	Análisis de la concentración de As promedio de las tres muestras en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	76
GRÁFICO No. 8	Análisis de la concentración de As promedio de las tres muestras en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Matus, Penipe.....	78
GRÁFICO No. 9	Análisis de la concentración de As promedio de las tres muestras en maíz (<i>Zea mays</i>) de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	80
GRÁFICO No. 10	Análisis de la concentración de As promedio de las tres muestras en maíz (<i>Zea mays</i>) de la parroquia Matus, Cantón Penipe.....	82
GRÁFICO No. 11	Análisis de la concentración de As promedio de las tres muestras en leche cruda de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano.....	84
GRÁFICO No. 12	Análisis de la concentración de As promedio de las tres	

	muestras en leche cruda de la parroquia Matus, Cantón Penipe.....	86
GRÁFICO No. 13	Análisis de la concentración de As promedio del total de muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) en las parroquias Santa Fé de Galán y Matus.....	88
GRÁFICO No. 14	Análisis de la concentración de As promedio del total de muestras de maíz (<i>Zea mays</i>) en las parroquias Santa Fé de Galán y Matus.....	89
GRÁFICO No. 15	Análisis de la concentración de As promedio del total de muestras de leche cruda en las parroquias Santa Fé de Galán y Matus.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1	Biotransformación del As.....	7
FIGURA No. 2	Ciclo del As.....	8
FIGURA No. 3	Distribución de principales componentes de la papa.....	34
FIGURA No. 4	Componentes fundamentales de un equipo de AA.....	40
FIGURA No. 5	Curva de Calibración.....	42
FIGURA No. 6	Esquema óptico de haz simple.....	43
FIGURA No. 7	Lámparas de cátodo hueco.....	44

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA No. 1	Leche cruda.....	36
FOTOGRAFÍA No. 2	Espectrofotómetro de AA.....	40
FOTOGRAFÍA No. 3	Sector Santa Fé de Galán, Cantón Guano.....	51
FOTOGRAFÍA No. 4	Sector Santa Matus, Cantón Penipe.....	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No. 1	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo en Santa Fé de Galán y Matus (papas).....	109
ANEXO No. 2	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo en Santa Fé de Galán y Matus (maíz).....	111
ANEXO No. 3	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo en Santa Fé de Galán y Matus (leche).....	113
ANEXO No. 4	Resultado de Análisis Laboratorio CESTTA.....	114

INTRODUCCIÓN

El Volcán Tungurahua que desde agosto de 1999 ha retomado su actividad eruptiva se ha convertido en un tópico de importancia para diversos tipos de investigaciones y análisis de cómo la presencia de los metales pesados presentes en las emanaciones volcánicas están afectando a las zonas aledañas al mismo. Este interés de los efectos que puede producir surgió como resultado de la preocupación del tiempo que este lleva en actividad y las consecuencias que puede acarrear si no se da un respectivo control. (68)

La provincia de Chimborazo conocida desde siempre como una zona agrícola y pecuaria brinda productos a todas las regiones del país, sin embargo zonas como Guano y Penipe en los últimos años han sentido de cerca la furia del volcán, con emanaciones fuertes de ceniza volcánica que son potenciales generadores de contaminación natural por arsénico de aguas superficiales, sedimentos y suelos en donde este elemento puede quedar retenido y ser absorbido por las plantas y así incorporarse en las cadenas tróficas, todo este tipo de contaminación ha causado un impacto negativo sobre los cultivos, en donde dichos agricultores se han visto afectados únicamente en su productividad, más no en la calidad e inocuidad de los alimentos que están expendiendo.(65)

Son muy pocos los estudios de arsénico en alimentos que se encuentran en literatura, es este el motivo de la presente investigación con el fin de identificar la inocuidad que estos presentan en las regiones con alto contenido de ceniza volcánica que es razón contaminante de As en el sector de la Parroquia Santa Fé de Galán pertenecientes al Cantón Guano y de la Parroquia Matus del Cantón Penipe en sus productos papas (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y leche cruda que son los alimentos propios de nuestra mercado, es por esto que con su análisis es importante conocer si sus resultados se encuentran dentro de los límites que están establecidos por NTE - INEN, el cual establece un valor máximo de Arsénico en alimentos de 0.1 mg/Kg, (32)

Dicha determinación requiere del análisis por espectrofotometría de absorción atómica, que la Facultad de Ciencias ofrece en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (**CESTTA**).

De los resultados de esta investigación se concluye que la concentración de As analizada en la ceniza volcánica de 110 ppb es uno de los principales contaminantes que presentan los cultivos de los sectores analizados, observándose una diferencia significativa en la concentración de As de los alimentos en cuanto a la cercanía del Volcán Tungurahua, demostrándose también que dichas concentraciones se encuentran por debajo de los límites establecidos por la normas ecuatorianas del INEN.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 TOXICOLOGÍA DE ALIMENTOS

1.1.1 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. (41).

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. (74)(75).

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, ya 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, etc. (75).

1.1.2 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. (74).

1.2 EL ARSÉNICO

1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El arsénico es un elemento químico cuyo símbolo es As y el número atómico es 33. En la tabla periódica de los elementos se encuentra en el quinto grupo principal. Se presenta raramente sólido, principalmente en forma de sulfuros. Pertenece a los metaloides, ya que muestra propiedades intermedias entre los metales y los no metales. Se conocen compuestos de arsénico desde la antigüedad, siendo extremadamente tóxico, aunque se emplean como componentes en algunos medicamentos. (58).

1.2.2 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 ó

hidrógeno, ó inorgánico, cuando se combina con oxígeno, cloro, o sulfuro; la importancia radica en que el arsénico orgánico es menos tóxico. Para mas detalle ver la tabla N° 1 (58)(60).

TABLA N°1 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DEL As

[Germanio](#) - **Arsénico** - [Selenio](#)

[P](#)

As

[Sb](#)



[Tabla completa](#)

General

[Nombre, símbolo, número](#) Arsénico, As, 33

[Serie química](#) [Metaloides](#)

[Grupo, periodo, bloque](#) 15, 4, p

[Densidad, dureza Mohs](#) 5727 kg/m^3 , 3,5

gris metálico

[Apariencia](#)



Propiedades atómicas

[Masa atómica](#) 74,92160 u

Radio medio[†] 115 pm

[Radio atómico calculado](#) 114 pm

[Radio covalente](#) 119 pm

[Radio de Van der Waals](#) 185 pm

Configuración electrónica	[Ar]3d ¹⁰ 4s ² 4p ³				
Estados de oxidación (óxido)	+ -3,5 (levemente ácido)				
Estructura cristalina	Romboédrico				
Propiedades físicas					
Estado de la materia	Sólido				
Punto de fusión	1090 K (816,8°C)				
Punto de ebullición	887 K (613,8°C)				
Entalpía de vaporización	34,76 kJ/mol				
Entalpía de fusión	369,9 kJ/mol				
Presión de vapor	__ Pa a __ K				
Velocidad del sonido	__ m/s a __ K				
Información diversa					
Electronegatividad	2,18 (Pauling)				
Calor específico	330 J/(kg*K)				
Conductividad eléctrica	3,45 10 ⁶ m⁻¹•Ω⁻¹				
Conductividad térmica	50 W/(m*K)				
1º Potencial de ionización	947,0 kJ/mol				
2º Potencial de ionización	1798 kJ/mol				
3º Potencial de ionización	2735 kJ/mol				
4º Potencial de ionización	4837 kJ/mol				
5º Potencial de ionización	6043 kJ/mol				
6º Potencial de ionización	12310 kJ/mol				
Isótopos más estables					
iso.	AN	periodo de semidesintegración	MD	ED MeV	PD

⁷⁵ As	100%	Isótopo estable con 42 neutrones
Valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario. †Calculado a partir de distintas longitudes de enlace covalente, metálico o iónico.		

1.2.3 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. (59).

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 (FeAs_2), rejalgar (As_4S_4) y oropimente (As_2S_3). (56).

El contenido de arsénico de la corteza terrestre está entre 1.5 y 2 mg/kg, siendo el elemento número veinte en la lista de los elementos más abundantes. (29).

Los suelos sin contaminar contienen entre 0.2 y 40 mg As/kg, mientras suelos que han sido tratados con As pueden contener más de 550 mg As/kg. (49)(48).

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. (22)(10)(23).

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. (65).

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. (23).

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. (29)(48)(14)(50).

1.2.4 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 al los cuerpos de agua, incrementando su movilidad en el ambiente. La biotransformación del arsénico puede producir compuestos altamente volátiles y venenosos, tales como arsina (AsH_3), dimetilarsina ($\text{Has}(\text{CH}_3)_2$) y trimetilarsina ($\text{As}(\text{CH}_3)_3$). Como lo detalla la figura N° 1 (62).

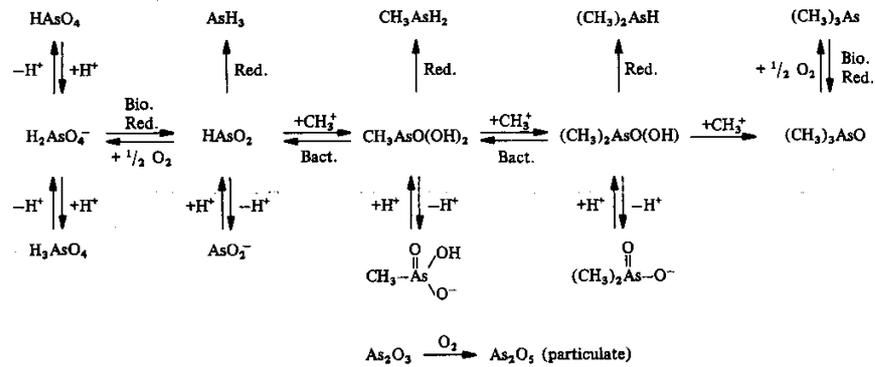


Fig. 1. Summary of environmental chemistry of arsenic [17]

FIGURA N°1. BIOTRANSFORMACIÓN DEL AS

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 rápidas 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 la figura N° 2 (24)(63).

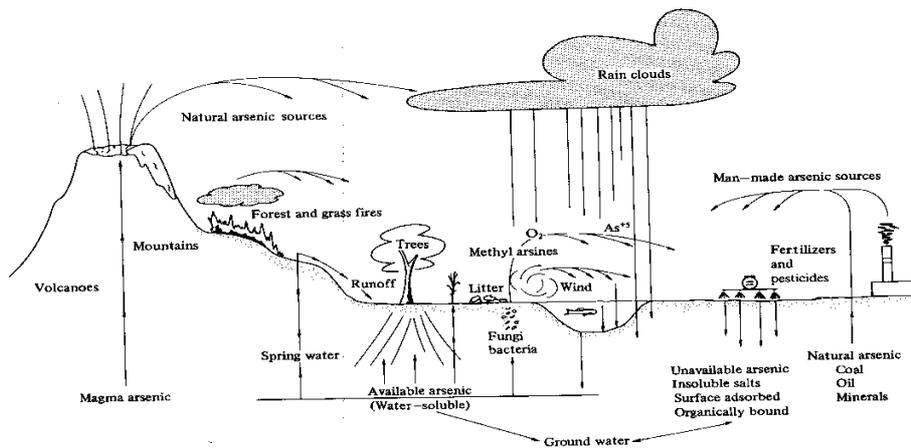


Fig. 3. Environmental transfer of arsenic [10]

FIGURA N2. CICLO DEL As

1.2.5 EXPOCICIÓN HUMANA

Hay muchas fuentes naturales y artificiales de arsénico. En la corteza terrestre abundan un gran número de minerales conteniendo arsénico. Los más comunes son: piritas sulfo-arsenicales, $FeAsS$ ($As = 46\%$); arsenopirita, $FeAs$ ($As = 73\%$) y arsenosulfuros As_2S_3 , As_4S_4 , ($As = 60-70\%$). El contenido medio de As en el suelo varía de 2 a 5 mg/Kg, pero en las regiones con erupciones volcánicas recientes puede llegar hasta 20 mg/Kg. El arsénico está presente en el orden de trazas en aguas de diferente procedencia: el agua de mar contiene generalmente de 0,006 a 0,03 mg/Kg, el agua de río desde niveles no detectables hasta 0,23 mg/Kg y el agua del grifo desde prácticamente indetectable hasta 0,1 mg/Kg (pero en general inferior a 0,005 mg/Kg). Las plantas contienen As en cantidades variables, las más ricas en este metaloide son las verduras y legumbres cultivadas en suelos tratados con compuestos arsenicales.(51)

El arsénico se encuentra en el organismo humano normalmente en cantidades del orden de trazas, con una estimación del contenido corporal de aproximadamente de 10-20 mg. Se desconoce la función biológica, si es que existe, de estas cantidades "normales" de As en el

hombre. Las fuentes ambientales principales de la contaminación por arsénico son la incineración del carbón y la fusión de los metales. (31)(37).

El arsénico se utiliza en numerosos procesos industriales: industria química, fabricación de vidrio o cristales especiales, como plaguicida y en los fármacos. También se encuentra presente en la obtención del cobre y en los minerales de oro y plomo. La exposición laboral a arsénico puede ocurrir en cualquier proceso en que se utilice. La posibilidad de exposición más grave a los humos y polvo, se da en la fusión de los minerales metálicos y en la fabricación y uso de plaguicidas conteniendo arsénico. Se ha encontrado que las concentraciones ambientales de arsénico en las industrias de fundición varía entre 0,005 y 20 mg/m³. (31).

1.2.6 MANIFESTACIONES CLÍNICAS

1.2.6.1 METABOLISMO

El metabolismo del arsénico en el hombre es bastante complejo, ya que su destino en el organismo depende del tipo de compuesto y su forma química.

1.2.6.1.1 ABSORCIÓN

La admisión del arsénico inorgánico y sus compuestos en el hombre, ocurre principalmente por la ingestión o la inhalación de las partículas en suspensión conteniendo arsénico. La absorción de arsénico a partir del tracto gastrointestinal, puede tener lugar después de la ingestión de alimentos, agua o fármacos conteniendo este metaloide o como consecuencia de la inhalación y posterior aclaramiento mucociliar. La absorción gastrointestinal depende de si los compuestos de arsénico están en solución o como partículas insolubles. Los datos en los humanos y en los animales indican que el As se absorbe en pocas horas por encima del 90% de la dosis ingerida del arsénico inorgánico disuelto (tri o pentavalente). (16)(45).

En el caso del trióxido de arsénico, que es ligeramente soluble en agua, la absorción gastrointestinal es más lenta y depende del tamaño de partícula y del pH del jugo gástrico.

Los compuestos orgánicos de arsénico contenidos en los productos del mar, se absorben rápidamente después de la ingestión.

Se ha investigado mucho menos la absorción del arsénico después de la inhalación. La retención, deposición y absorción en el sistema respiratorio dependen, una vez más, del tamaño y solubilidad de las partículas inhaladas. En los animales, se ha encontrado que todos los compuestos de arsénico generalmente existentes, son aclarados por los pulmones con una vida media de pocos días. (43).

1.2.6.1.2 DISTRIBUCIÓN

Después de la absorción a través de los pulmones o el tractogastrointestinal, el arsénico se distribuye rápidamente por la sangre.

Como consecuencia del intercambio fácil de valencia in vivo del arsénico inorgánico (trivalente en pentavalente y viceversa), el reparto en los tejidos es algo similar para las diferentes formas químicas. En el hombre, así como en la mayoría de las especies animales, el arsénico se distribuye uniformemente por todos los órganos y tejidos, excepto pelo y uñas, en donde se ha observado un tiempo de retención más largo, aunque después de la exposición puede concentrarse inicialmente más en el hígado, riñón y en los pulmones. (3)(47).

1.2.6.1.3 BIOTRANSFORMACIÓN

La biotransformación del arsénico depende del tipo de compuesto y de su forma química. El arsénico inorgánico trivalente se oxida in vivo, como se pone de manifiesto por el hallazgo de arsénico pentavalente en la orina de los humanos y de los animales expuestos a arsenito. (25)(2).

Tanto el arsénico trivalente como el pentavalente, este último probablemente después de reducirse a trivalente, son metilados en el organismo a los ácidos metilarsónico (AMMA) y dimetilarsínico (ADMA), que pueden considerárseles como productos de detoxificación, ya

que tienen la afinidad más baja para los constituyentes tisulares que la de sus precursores. (1)

Los hallazgos experimentales sugieren que están implicadas dos actividades enzimáticas diferentes en la metilación del arsénico inorgánico en los mamíferos. Aunque el ácido dimetilarsínico parece resultar de la metilación del ácido monometilarsónico, no puede excluirse, la posibilidad de que estos metabolitos se produzcan por dos caminos completamente independientes. (6).

1.2.6.1.4 EXCRECIÓN

La excreción del arsénico absorbido se realiza principalmente por la orina. Sólo se excreta una pequeña cantidad en las heces. La excreción tiene lugar en tres fases, con vidas medias de alrededor de 24 h., 84 h. y 8 días, respectivamente. (43).

1.2.7 MECANISMO DE ACCIÓN

El arsénico es fácilmente absorbido por el tracto digestivo y distribuido en el cuerpo como un complejo de proteína (α -globulina)-arsénico, es un tóxico protoplasmático que se une a los grupos sulfhidrilo, inhibiendo a varias enzimas, especialmente las del metabolismo celular y las de la respiración, este posee un efecto de dilatación y aumento de la permeabilidad capilar del intestino. (8).

1.2.8 EFECTOS SOBRE LA SALUD

La exposición al arsénico puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. Es sugerido que la toma de significantes cantidades de

arsénico inorgánico puede intensificar las posibilidades de desarrollar cáncer, especialmente las posibilidades de desarrollo de cáncer de piel, pulmón, hígado, linfa.

A exposiciones muy altas puede causar infertilidad y abortos en mujeres, puede causar perturbación de la piel, pérdida de la resistencia a infecciones, perturbación en el corazón y daño del cerebro tanto en hombres como en mujeres. Finalmente, el Arsénico inorgánico puede dañar el ADN. El Arsénico orgánico no puede causar cáncer, ni tampoco daño al ADN. Pero exposiciones a dosis elevadas puede causar ciertos efectos sobre la salud humana, como es lesión de nervios y dolores de estómago. (57).

1.2.9 TIPOS DE INTOXICACIÓN

1.2.9.1 INTOXICACIÓN AGUDA

La intoxicación aguda por arsénico no es frecuente en el puesto de trabajo, pero puede suceder por el manejo inadecuado de los compuestos, ingestión inadvertida de productos contaminados o accidentes. La severidad de la intoxicación depende de la dosis, vía de absorción y cuando se ingiere en forma particulada, del tamaño de la partícula y de la solubilidad en agua del compuesto.

Se ha descrito con frecuencia la ingestión accidental o voluntaria de los arsenicales inorgánicos, principalmente del trióxido de arsénico. La lesión más importante es un daño gastrointestinal grande que conduce a vómitos y diarrea graves. Otros síntomas y signos agudos son los calambres musculares, edema facial y alteraciones cardíacas. Puede producirse rápidamente un "shock" como resultado de la deshidratación, seguido de un colapso sistémico. Los síntomas pueden aparecer en pocos minutos después de la exposición, si el compuesto de arsénico está en disolución, pero pueden retardarse varias horas si está en forma sólida, dependiendo mucho la velocidad de absorción de su solubilidad.

Los efectos subagudos afectan principalmente a los sistemas respiratorio, gastrointestinal, cardiovascular y hematopoyético (con anemia y leucopenia, especialmente granulocitopenia). En los supervivientes, se desarrolla frecuentemente una neuropatía

sensorial periférica a las pocas semanas después de la ingestión. la dosis fatal de trióxido de arsénico ingerido está entre 70 y 180 mg. (51).

Los datos humanos sobre las diferencias de toxicidad entre el arsénico trivalente y pentavalente son escasas. Se cree en el desarrollo de una cierta tolerancia frente a la intoxicación aguda por exposiciones repetidas a largo plazo con dosis bajas. Sin embargo, este fenómeno no está bien documentado en la literatura científica.

La exposición a compuestos de arsénico irritantes y vesicantes en el aire, tales como el trióxido de arsénico, tricloruro de arsénico y gases de guerra arsenicales, se conocen como causantes de daño agudo en las membranas mucosas del sistema respiratorio y en las zonas de la piel expuesta. En estos casos aparece irritación severa de la mucosa nasal, laringe y bronquios, así como conjuntivitis y dermatitis.

El gas arsenamina es un tóxico hemolítico potente. La exposición aguda se caracteriza por náuseas, vómitos, dolor de cabeza, respiración difícil, hemoglobinuria y "shock" en las 2 a 24 horas después de la exposición. Aproximadamente después de las 24 horas se produce generalmente la oliguria o anuria, debido al bloqueo de los túbulos renales inundados por la hemoglobina. (11)

1.2.9.2 INTOXICACIÓN CRÓNICA

Los efectos crónicos, después de la exposición prolongada a arsénico, no constituyen un síndrome clínico bien definido. En la exposición crónica a arsénico por ingestión de alimentos, agua o medicamentos, los síntomas son parcialmente diferentes a los observados en la exposición después de la inhalación.

Síntomas abdominales vagos, enrojecimiento de la piel, pigmentación e hiperqueratosis, dominan el cuadro clínico. A menudo se presentan anemia, leucopenia, afecciones hepáticas e incluso vasculares. (46).

Estos cambios vasculares no se han citado en la exposición laboral a arsénico. Sin embargo, se han encontrado alteraciones vasculares periféricas en forma de endangitis obliterante y

acrodermatitis atrófica, en viñadores y trabajadores empleados en la fabricación de insecticidas conteniendo arsénico inorgánico. (15).

En los trabajadores de la fundición expuestos a polvo de arsénico, se han citado efectos en la circulación periférica de las extremidades, manifestada por lividez en los dedos (fenómeno de Raynaud) y el incremento en la prevalencia de la reactividad vasoespástica (manifestada por una presión sanguínea baja en los dedos después de un enfriamiento local). (21).

La afección hepática se ha observado más comúnmente en las personas expuestas durante largo tiempo a la ingestión oral que en las expuestas por inhalación, particularmente en los viñadores, por considerar que también han estado expuestos al consumir vino contaminado. También se ha atribuido el daño hepático, con evolución hacia la cirrosis, a la ingestión de arsénico inorgánico en personas que habían consumido alimentos o habían sido tratadas con fármacos antiasténicos conteniendo As, tales como la solución de Fowler (licor arsenical, Farmacopea Británica 1983, solución de arsenito conteniendo 7,6 g As/L). (51).

Determinadas lesiones de la piel se han atribuido a la exposición crónica de los compuestos inorgánicos de arsénico, existiendo algunas diferencias dependiendo de la modalidad de la exposición. En la exposición ambiental a arsénico, las lesiones de la piel pueden aparecer como una irritación local. Las lesiones en la membrana mucosa son las que se citan comúnmente como perforaciones del tabique nasal, después de la exposición crónica por inhalación de arsénico. La irritación de las membranas mucosas también se extiende a la laringe, tráquea y bronquios, habiéndose encontrado daño en el tracto respiratorio, particularmente en los trabajadores de la fundición que habían estado expuestos a niveles de arsénico inorgánico de hasta 7 mg/m³, así como a humos y polvo inorgánico. (31).

Las enfermedades del sistema nervioso periférico, se encuentran frecuentemente en los individuos que han superado una intoxicación oral aguda y subaguda por compuestos inorgánicos de arsénico o fármacos. Algunas veces se han citado alteraciones electromiográficas en personas que viven en áreas fuertemente contaminadas por arsénico. (30).

También se han observado ocasionalmente desórdenes similares después de una exposición laboral elevada a arsénico inorgánico, pero muy pocos estudios han tratado los posibles efectos neurológicos después de la exposición laboral prolongada a niveles bajos de arsénico. (51).

Generalmente la polineuropatía arsénica afecta a los nervios longitudinales de las piernas, caracterizándose por una disfunción motora y parestesia. En los casos menos severos sólo tiene lugar una neuropatía sensorial o unilateral. También se ha afirmado la implicación de los nervios craneales (pérdida de la audición), como un efecto de la sobreexposición a arsénico en los niños que viven en áreas contaminadas por arsénico. (1).

Todos los efectos citados anteriormente son atribuibles al arsénico inorgánico. Se conoce menos la toxicidad a largo plazo de los compuestos orgánicos de arsénico. La medicación con algunos compuestos orgánicos arsenicales, como el ácido (2-amino-2-oxietil)- amino fenil arsónico (Tryparsamida), han inducido efectos laterales, principalmente en el sistema nervioso central. (51).

1.2.10 INDICADORES BIOLÓGICOS

1.2.10.1 INDICADORES DE DOSIS INTERNA

La exposición humana o el contenido corporal de arsénico, se ha evaluado midiendo la concentración de arsénico total en sangre, pelo y orina, Dependiendo de la fuente (aire ambiental o industrial, agua potable o alimentos) y la duración de la exposición, estos indicadores biológicos tienen significado diferente. (40).

La determinación mediante concentraciones sanguíneas de As solo es útil a los pocos días de una exposición aguda y no para la valoración de una exposición crónica. Esto se debe a la poca vida media que tiene el As en sangre. Niveles sanguíneos menores de 7 $\mu\text{g}/\text{dl}$, se consideran normales. Los niveles de As en sangre solo son detectables durante las primeras 2 a 4 horas después de la ingestión, después ninguna forma de As es detectable en sangre o suero. No obstante es importante para detectar un incremento de As por exposición laboral,

ya que un aumento de As en sangre indica exposición reciente a elevadas concentraciones del tóxico. (12).

Para medir una exposición actual o reciente el mejor indicador que podemos usar es el As urinario, aunque hay que tener en cuenta que los pescados y moluscos incrementan mucho la concentración de As en la orina, por lo que al hacer una analítica sería importante no ingerir este tipo de alimentos durante al menos 48 h. antes de su realización. Teniendo en cuenta esto y estudiando de manera más detallada el As inorgánico y no el total, para no dar una sobreestimación por la elevada presencia de compuestos organoarsenicales en orina, se podría decir que los valores normales de As en orina serían de alrededor de 20 $\mu\text{g/l}$; más de 200 $\mu\text{g/l}$ indicarían una exposición elevada y más de 500 $\mu\text{g/l}$ serían concentraciones tóxicas. (9).

Para la valoración de exposiciones pasadas el mejor indicador es el As en el pelo, o incluso en las uñas, aunque la interpretación de los datos se podría complicar dándonos resultados erróneos debido a posibles contaminaciones externas de la muestra. No obstante en el pelo valores menores de 0,1 mg As/100g. son considerados normales. (34).

Antes de la realización de ninguna prueba para el análisis de la muestra, es necesario la preparación de la misma. Para ello, adicionamos a la muestra HNO_3 concentrado evaporando hasta sequedad para posteriormente llevar a un horno mufla con objeto de incinerar la muestra. La temperatura que se debe alcanzar es de aproximadamente 425°C , la cual

mantenemos 12 h. Tras este periodo de tiempo se deberían obtener unas cenizas blancas que humedecemos con agua para posteriormente añadir HCl o HNO_3 . Con ello se pretende disolver totalmente las cenizas, agitando si fuera necesario. Si las cenizas no fueran totalmente blancas adicionamos HNO_3 al 10%, evaporamos nuevamente y repetimos el proceso de calcinación en el horno mufla. Cuando tenemos las cenizas blancas y disueltas aforamos las muestras a 25 ml de una disolución de 6M HCl, quedando de esta manera listas para su análisis. (4)(5).

1.2.11 TRATAMIENTO DE INTOXICACIÓN POR ARSÉNICO

La terapéutica en la intoxicación oral aguda se fundamenta en la aspiración y lavado gástrico con volumen controlado, tratamiento del shock, del edema pulmonar y del daño del miocardio o hepático en su caso. El antídoto de elección y arma más eficaz en el tratamiento es el BAL[®] (dimercaprol) que libera el As de las combinaciones enzimáticas reanudando la actividad bioquímica y favoreciendo su eliminación al aumentar su solubilidad al unirse con el BAL[®], reduciendo su toxicidad. (13).

Se utiliza a dosis de 1.5 a 3 mg/Kg/dosis, según severidad puede resultar beneficioso. En general el primer día una dosis cada 4 horas distanciando las dosis en los días siguientes hasta la desaparición de los síntomas. Este antídoto debe administrarse tanto a pacientes sintomáticos como asintomáticos que hayan tomado una dosis tóxica o cuando cuantificamos arsenurias superiores a 200 mg/l. Para estos casos también cabe la posibilidad de administrar ácido dimercaptosuccínico (análogo del BAL) ya que es también eficaz y además menos tóxico. (4).

En el caso de intoxicaciones crónicas lo que se aconseja es la administración de penicilamina (Cupripen[®]), 250 mg cada 6 h.

Para intoxicaciones por arsenamina ninguno de los tratamientos anteriores es eficaz ya que en estos casos debe realizarse una transfusión de sangre para evitar la hemólisis o hacer una exanguinotransfusión.

Para el resto de los casos el tratamiento es sintomático prestando especial atención al shock, hipotensión y arritmias (en las que no es aconsejable administrar quinidina o procainamida pues el As prolonga el intervalo QT), al coma, etc. (8).

1.2.12 EL ARSÉNICO EN LAS PLANTAS

Los compuestos de As han sido usados en agricultura como pesticidas, insecticidas, herbicidas o defoliantes durante muchos años. Los arsenicales orgánicos han reemplazado, en la mayoría de los casos, a los inorgánicos como herbicidas selectivos o generales. Son aplicados en proporciones más bajas que los arsenicales inorgánicos y de este modo se reducen en general los problemas asociados con la acumulación de arsénico en suelos agrícolas, pero puntualmente pueden persistir y merecen ser estudiados. (48).

La acumulación de arsénico en las plantas puede estar afectada por muchos factores, incluyendo las especies de plantas, el tipo de compuestos utilizados, los métodos de aplicación, las condiciones del suelo y la aplicación de fertilizantes. Es raro que la acumulación de arsénico en las plantas alcance niveles perjudiciales para los seres vivos, porque invariablemente el crecimiento es reducido antes de que el contenido alcance niveles tóxicos.

1.2.13 FITOTOXICIDAD

La fitotoxicidad del arsénico viene determinada por la forma química presente en el suelo. El arsenito es más fitotóxico que el arseniato y ambos son mucho más fitotóxicos que el metanoarsoniato monosódico (MSMA) y el ácido cacodílico (CA). Si los arsenicales son aplicados foliarmente, entonces el CA es el más fitotóxico. (38).

La fitotoxicidad de los residuos de arsénico está influenciada más por las formas químicas que presentan que por su cantidad. Es raro que la disminución de una cosecha pueda ser correlacionada con el arsénico total del suelo. (55)(39).

Los diferentes compuestos varían en su disponibilidad y por tanto, en su toxicidad; siendo el arsénico soluble en agua más fitotóxico que otros más fuertemente enlazados. La textura del suelo es un factor importante en la determinación de la fitotoxicidad del arsénico añadido al suelo.

Los compuestos orgánicos de As son aplicados en proporciones considerablemente más bajas que los inorgánicos, resultando menos fitotóxicos para los cultivos. Los herbicidas, en cuya composición interviene el ácido metanoarsónico monosódico (MSMA) o el ácido cacodílico (CA), son aplicados, a ciertos cultivos, más de tres veces en una misma estación, en proporciones que no exceden los 4.5 kg de MSMA por Hectárea o los 5.6 kg de CA por Hectárea.

1.2.14 TOMA DEL ARSÉNICO

En raíces, todos los aniones son fuertemente adsorbidos a la superficie de la membrana, posteriormente sigue una conducción metabólica, una transferencia selectiva al simplasto y por último son transportados a la parte superior de la planta. (26).

En particular la adsorción del arsenito y del arseniato en la superficie radicular externa es bastante rápida e intensa, obteniéndose de esta forma concentraciones muy altas de arsénico en las raíces de plantas que se desarrollan en cultivo hidropónico. (49).

Una posible solución que se sugiere es la destoxificación bioquímica del elemento en el interior de las plantas, según la cual, el arseniato dentro de las células sería metilado y convertido en un derivado trimetilado de la ribosa. (27).

Un tema importante al considerar la posible competencia en la toma de nutrientes desde la disolución del suelo, entre el As y distintos compuestos del suelo, es el de la fertilización. La adición de nutrientes al suelo puede causar competencia entre los elementos por los sitios de fijación y por la toma de las raíces. La adición de fertilizantes puede afectar significativamente a la disponibilidad del arsénico del suelo: si tenemos niveles altos de As la adición de N y P o N, P y K aumenta la disponibilidad de As. Los niveles son significativamente reducidos por la adición de carbonato de calcio. (52).

1.2.15 TRANSLOCACIÓN

Una vez el arsénico ya ha sido absorbido por la planta, los compuestos de dicho elemento (particularmente como arsénico pentavalente), fluyen a través de la planta en pocas horas, moviéndose tanto simplástica (transporte activo de citoplasma a citoplasma) como apoplásticamente (transporte extracelular). (50).

Los pasos a seguir por los citados compuestos cuando son absorbidos por la raíz:

raíz → xilema → hojas → floema, hojas → floema → raíces, parte aérea, xilema.

El transporte de arsenito desde las raíces está limitado por su alta toxicidad para las membranas radiculares. El arseniato es más rápidamente adsorbido y translocado, debido a su menor toxicidad para las raíces.

1.2.16 NIVELES DE ARSÉNICO EN DISTINTOS CULTIVOS

Los residuos más altos de arsénico se encuentran en las raíces de plantas (por ejemplo remolacha y rábano), con valores intermedios en las partes altas vegetativas (espinacas e hierbas), y las semillas comestibles y los frutos contienen los niveles más bajos de arsénico. (53)(48).

Los residuos de arsénico en plantas pueden ser relacionados con los niveles de arsénico en el suelo, pero existen muchas dificultades para obtener buenas correlaciones. Los resultados de Woolson, nos indican que existe una mejor correlación entre el arsénico disponible del suelo y el contenido de toda la planta que con el contenido correspondiente a la zona comestible. El contenido de arsénico de maíz creciendo en arena es 10 veces superior al de maíz creciendo en un suelo limoso. Los últimos valores se reflejan en los niveles de arsénico disponible del suelo. Sus resultados enfatizan la importancia de los efectos del suelo en la toxicidad de los compuestos arsenicales añadidos y residuales. (54).

Existen diferencias en la toma de arsénico y en la variación de las concentraciones en planta según las especies vegetales. Hay también una diferencia en la toma entre cultivos de invierno y de verano, incluso con los mismos niveles de arsénico disponibles. (19).

Una explicación que se ha sugerido es que el frío y la humedad del invierno hacen que la transpiración y absorción de agua y arsénico sea mucho menor que la que se da en cultivos de verano. Sin embargo, para otros autores como Wauchope aunque la toma de elementos traza, en general, depende tanto de la especie de planta como de la disponibilidad del elemento, existen pocas diferencias en la toma de arseniato y arsenito entre distintas especies de plantas superiores y las concentraciones de sus tejidos son proporcionales a los contenidos de arsénico en la disolución nutritiva o a la concentración de arsénico disponible del suelo. (49).

Incluso cuando se han usado aplicaciones elevadas en experimentos, el contenido de arsénico en cultivos raramente ha subido por encima de los niveles normales, y ciertamente nunca por encima de los niveles recomendados. (17)(39).

Se puede concluir que el mayor peligro de la presencia de pesticidas arsenicales es que disminuyen la productividad más bien que crean un peligro para la toma de arsénico por parte de los consumidores de estos vegetales. (17).

1.2.17 METABOLISMO DEL ARSÉNICO

Como el arsénico es químicamente similar al fósforo, es probable que participe en muchas reacciones celulares. Compuestos organoarsenicales específicos, por ejemplo, arsenobetaína, arsenocolina o arsenolípidos se han encontrado en algunos organismos, y el arsénico se ha demostrado que reemplaza al fósforo en los grupos fosfatos del DNA. (23).

Sin embargo, la incorporación del arsénico en los procesos metabólicos en las plantas superiores ha recibido poca atención. El arsenito es tan tóxico que simplemente destruye todos los tejidos con los que entra en contacto, probablemente por reacción con los grupos

sulfhidrúlicos de las proteínas, causando degradación de membranas, disrupción de las funciones de la raíz e incluso muerte celular y rápida necrosis si el contacto ha sido foliar. (49).

La acción del arseniato es, sin embargo, más sutil y delicada. Se conoce que desacopla la fosforilación en la mitocondria, inhibe la absorción foliar de otros elementos químicos, y tiene un profundo efecto en los sistemas enzimáticos. (49).

Cuando uno considera la variedad de reacciones en las plantas que incluyen grupos sulfhidrúlicos y fósforo, fácilmente aprecia el número de vías en las cuales el arsenito y el arseniato pueden interferir en los procesos fisiológicos y bioquímicos que constituyen el crecimiento. El mecanismo de fitotoxicidad de los arsenicales orgánicos no se conoce muy bien, pero se ha sugerido que afectan al contenido de aminoácidos, a la respiración, a la síntesis de clorofila, pero de momento no se ha podido demostrar rotundamente ninguna de estas hipótesis.

1.2.18 CONTENIDO DE ARSÉNICO EN ALGUNOS VEGETALES

Debido a la gran importancia de la inocuidad de los alimentos respecto al contenido de metales, la determinación de éstos ha adquirido mayor relevancia en las últimas décadas. Estudios establecidos en el contenido de arsénico en hortalizas cultivadas en Zimapan- Estado de Hidalgo, México se muestra en la tabla N° 2 (30).

TABLA N°2. VALORES PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN HORTALIZAS CULTIVADAS EN ZIMAPÁN

Especie	As (mg·kg ⁻¹)
<i>Brassica oleraceae</i> (Col) Hoja	<0,018
<i>Lactuca sativa</i> (Lechuga) Hoja	<0,018
<i>Beta vulgaris</i> (Acelga) Hoja	<0,018
<i>Sechium edule</i> (Chayote) Pulpa	7,90

<i>Sechium edule</i> (Chayote) Hoja	10,77
<i>Sechium edule</i> (Chayote) Tallo	5,05
<i>Chenopodium nutalliae</i> (Huauzontle) Hoja	<0,018
<i>Chenopodium nutalliae</i> (Huauzontle) Tallo	<0,018
<i>Lycopersicon</i> sp. (Tomate verde) Hoja	7,85
<i>Lycopersicon</i> sp. (Tomate verde) Fruto	3,95
<i>Allium cepa</i> (Cebolla) Bulbo	0,73
<i>Allium cepa</i> (Cebolla) Hoja	0,20
<i>Allium cepa</i> (Cebolla) Raíz	3,63
<i>Lycopersicon</i> sp. (Tomate rojo) Fruto	1,55
<i>Lycopersicon</i> sp. (Tomate rojo) Hoja	1,49
<i>Capsicum annuum</i> (Chile) Fruto	6,26
<i>Capsicum annuum</i> (Chile) Hoja	8,02
<i>Capsicum annuum</i> (Chile) Tallo	4,49
<i>Raphanus sativus</i> (Rábano) Fruto	<0,018
<i>Raphanus sativus</i> (Rábano) Hoja	0,007
<i>Opuntia nopalea</i> (Nopal)	<0,018

Estudios establecidos en el contenido de arsénico en frutas cultivadas en Zimapan- Estado de Hidalgo, Mexico se muestra en la tabla N° 3.

TABLA N°3. VALORES PROMEDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN FRUTAS CULTIVADAS EN ZIMAPÁN.

Especie	As (mg·kg ⁻¹)
<i>Citrus sinenses</i> (Naranja) Fruto	8,44

<i>Citrus sinenses</i> (Naranja) Hoja	0,003
<i>Prunus persica</i> (Durazno) Hoja	0,58
<i>Prunus persica</i> (Durazno) Tallo	<0,0175
<i>Punica granatum</i> (Granada) Hoja	7,12
<i>Punica granatum</i> (Granada) Tallo	5,64
<i>Cucurbita ficifolia</i> (Chilacayote) Fruto	10,74
<i>Cucurbita ficifolia</i> (Chilacayote) Tallo	<0,018
<i>Cucurbita ficifolia</i> (Chilacayote) Hoja	8,36
<i>Musa paradisiaca</i> (Plátano) Fruto	2,54
<i>Musa paradisiaca</i> (Plátano) Hoja	5,42
<i>Manilkara zapota</i> (Níspero) Fruto	2,82
<i>Manilkara zapota</i> (Níspero) 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> (Cáscara interna de limón)	0,94
<i>Citrus aurantifolia</i> (Cáscara externa de limón)	<0,018
<i>Citrus aurantifolia</i> (Limón) Hoja	9,07
<i>Opuntia nopalea</i> (Pulpa del fruto)	<0,018

1.2.19 CONTAMINACIÓN DE LA LECHE POR ARSÉNICO

El uso de materiales poco apropiados durante el ordeño, manipulación, almacenamiento y transporte de la leche, así como la contaminación de los alimentos y aguas que ingiere el animal, provocan contaminaciones con metales. Si bien es cierto que generalmente el animal actúa como un filtro biológico de los alimentos consumidos, las modernas técnicas analíticas han permitido la detección de trazas de diferentes elementos que

hasta no hace mucho resultaban imposibles de determinar. El arsénico puede llegar a la leche por un inadecuado manejo de productos tales como raticidas, pinturas e insecticidas que contienen este elemento. No obstante, algunos investigadores sostienen que el principal origen de su presencia en la leche es a través de animales que comen pastos u otros alimentos en zonas contaminadas. Este elemento tiene efectos acumulativos y gran afinidad por los glóbulos rojos de la sangre. (30).

1.2.20 NIVELES PERMITIDOS DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN ALIMENTOS

Los niveles permitidos para la leche son de 0,1 mg/kg en Gran Bretaña y 0,15 mg/kg en Australia.

La Comisión Mixta FAO/WHO del Codex Alimentarius a fijado la máxima ingesta tolerable de 2 µg/kg de peso corporal.

En Ecuador ,el límite máximo de Arsénico en alimentos es de 0.1 mg/Kg, según el NTE - INEN 269. (72)(32).

1.3 VOLCÁN TUNGURAHUA

Tungurahua (Quichua *Tunguri* (Garganta), *Rahua* (Fuego): Garganta de Fuego) es un estratovolcán activo situado en Ecuador. Se encuentra en la Cordillera Central de los Andes ecuatorianos, sus características se muestran con más detalle en la tabla N° 4.

TABLA N° 4. CARACTERÍSTICAS DEL VOLCÁN TUNGURAHUA

Tungurahua	
	
Elevación	5.023 m (16,479 ft)
País	 Ecuador
Cordillera	Andes
Coordenadas	 1°28'S, 78°26'O
Tipo	Estratovolcán

1.3.1 GEOGRAFÍA

El Tungurahua (5.023 metros) como se observa en la tabla N° 2, está localizado en la Cordillera Central de los Andes ecuatorianos. Notables montañas y volcanes cercanos son el Chimborazo (6.310 metros) y El Altar (5.319 metros). El Tungurahua es parte del Parque Nacional Sangay. (76).

1.3.2 HISTORIA ERUPTIVA DEL VOLCÁN TUNGURAHUA

Este volcán ha erupcionado incluso en nuestro siglo provocando grandes flujos de lodo y lava además de extensos mantos de ceniza que afectaron la serranía central del país. (66).

A continuación se describen los principales eventos ocurridos en tiempos históricos. (71).

1534- caen cenizas en la sierra

1557- Nuevas cenizas se levantan

1640- 1641- Nubes de ceniza preceden a una fuerte erupción.

1644- Se aprecian nuevas cenizas, no hay detalles

1645-1757- Nubes de ceniza de escasa importancia

1772- Nubes de ceniza y flujos cortos de piroclastos, se reactiva la actividad por 10 años

1773- Tres erupciones fuertes, en este año se formó el flujo lávico de Juiví Grande. 1776-

1777- Ocurre una fuerte erupción.

1857- Nuevas nubes de ceniza cubren su cráter.

1885- En tres ocasiones se elevan nubes de ceniza

1886- Grave erupción, fuertes proyecciones de cenizas, flujos piroclastos y lahares.

1900-1903- Escasas nubes de vapor y cenizas.

1916- Se presenta una fuerte erupción, los lahares inundan los valles; flujos piroclásticos viajan hasta 10 km Caen bombas volcánicas y cenizas

1917- Se presentan explosiones, bombas y cenizas

1918- Fuerte erupción, espectaculares flujos de lahares y piroclastos

1944- Explosiones de vapor y cenizas.

1999- Se encuentra en fase eruptiva, alerta naranja, presenta frecuente expulsión de ceniza y rocas.

2001- Febrero 23 del 2001.

2003- 6 de mayo.

Último reporte de erupción: abril 22 del 2004

En mayo de 2006, nuevas columnas de gas y cenizas, de aproximadamente dos kilómetros, se vieron aparecer sobre el cráter.

El 14 de julio de 2006 el Tungurahua inició su más violenta erupción desde 1999.

La actividad continuó, parcialmente limitada por casi un mes, hasta el 16 de agosto de 2006, una enorme explosión señaló el inicio de lo que parece ser el evento mayor de este proceso eruptivo. Una columna de lava de ocho kilómetros emergió del cráter. El volcán también dejó escapar inmensas cantidades de rocas ardientes y cenizas. La totalidad de la provincia del Tungurahua, incluyendo Ambato, Pelileo, Baños y la provincia del Chimborazo, incluyendo Riobamba y Penipe, fueron cubiertos de capas de rocas y cenizas. (76).

Pero constantemente las erupciones desde Agosto de 2006 que ha manifestado en grados considerables, y la pérdida sensible y trágica de vidas humanas, la frustración de sus sueños y esfuerzos de toda una vida de labores con sacrificio que ha golpeado fuertemente a los habitantes de este sector.

En la madrugada del día Miércoles 6 de febrero del 2008, el Volcán expreso su naturaleza nuevamente y dejando aflorar su fuerza, las familias desplazadas de los lugares afectados. (71).

El volcán Tungurahua es uno de los volcanes más activos de nuestro país, hoy mismo se encuentra en fase eruptiva y han sido evacuados algunas poblaciones cercanas, la actividad del Tungurahua se remonta a finales del Pleistoceno o Pleistoceno Tardío y en esta fase se construyó un cono con un diámetro de base de 14 Km. En una segunda fase desde hace por lo menos 14 mil años el Tungurahua creó un nuevo cono rápidamente hasta hace 2.995 años aproximadamente cuando sufrió un colapso lateral creando una avalancha estimada de 8 Km³.

En una tercera fase que se extiende hasta hoy en día, el cono del Tungurahua a vuelto a crecer hasta la altura de 5.020 m. (66).

Actualmente se presenta una erupción de abundante caída de cenizas, que alcanzan incluso varios metros de diámetro.

Los mayores peligros actualmente son los flujos de lodo y rocas que descienden por el lado noroeste del volcán y que frecuentemente obstruyen la carretera. Otro mayor problema son las caídas de ceniza que han causado graves pérdidas económicas a los campesinos de la zona. (66).

1.3.3 CENIZA VOLCÁNICA

En realidad la ceniza volcánica no es ceniza en modo alguno. Es roca pulverizada. Una capa de 1cm de espesor de ceniza seca en 1m², pesa hasta 20 kg al depositarse. A menudo contiene pequeñas partículas de lava ligera y extendida llamadas piedra pómez o escoria volcánica. Puede ser áspera, ácida, arenosa, vidriosa, maloliente y completamente desagradable. Aunque los gases normalmente se encuentran demasiado diluidos para construir un peligro a una persona normal, la combinación de gases ácidos y ceniza puede estar presente a algunos kilómetros de la erupción y causar daños pulmonares a pequeños infantes, ancianos y enfermos, o a quienes ya sufren de enfermedades respiratorias graves. Una densa caída de ceniza altera el suministro de energía. La repentina demanda multitudinaria de luz puede hacer que el servicio eléctrico se agote o falle. La ceniza obstruye las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas negras y todo tipo de maquinaria. Se amontona en carreteras, vías férreas y senderos, como la nieve, pero semeja arena suave y húmeda, que puede ser resbalosa. El peso de la ceniza puede colapsar techos. (61).

1.3.4 POBLACIÓN AFECTADA POR LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN TUNGURAGUA

La provincia de Chimborazo en especial los cantones de Penipe y Guano han sido los más afectados, así como sus cultivos como se observa en las tablas N° 5,6,7,8, (28).

TABLA N°5. PARROQUIAS AFECTADAS EN AL CANTÓN PENIPE

No.	PARROQUIAS	No. FAMILIAS	TOTAL PERSONAS
1	EL ALTAR	381	1142
2	BILBAO	94	337
3	PUELA	223	526
	TOTAL...	698	2005

TABLA N°6. PARROQUIAS AFECTADAS EN AL CANTÓN GUANO

No.	PARROQUIAS	No. FAMILIAS	TOTAL PERSONAS
1	ILAPO	529	1.983
2	GUANANDO	83	208
3	SAN JOSE DE CHAZO	36	118
4	SANTA FE DE GALAN	325	1.361
5	PROVIDENCIA	210	682
6	URBINA	450	2.250
7	SAN ANDRES	500	2.500
	TOTAL...	2.133	9.102

TABLA N°7. CULTIVOS PERDIDOS EN LOS CANTONES PENIPE Y GUANO

CULTIVOS	CANTON PENIPE ha.	CANTON GUANO ha.	TOTAL Has.
MAIZ	650	1.200	1.850
PAPA	320	2.366	2.686
CEREALES	150	592	742
HORTALIZAS	30	295	395
LEGUMINOSAS	220	280	500
FRUTALES	250	10	260
QUINUA	120		120
PASTOS	1.252	3.540	4.912

Fuente: SRS-DPACH MAG.

TABLA N°8. ANIMALES AFECTADOS EN LOS CANTONES GUANO Y PENIPE

ESPECIES	CANTONES		TOTAL DE ANIMALES Unidad	ANIMALES PERDIDOS POR MUERTE
	PENIPE (Unidad)	GUANO (Unidad)		
BOVINOS	650	4.000	4.650	20
OVINOS	150	600	750	
PORCINOS	636	1.925	2.561	
ESPECIES MENORES	2.792	10.000	12.792	
AVES DE CORRAL	2.500	2.980	5.480	200
AVES DE POSTURA(GALPÓN)	30.000		30.000	

1.3.5 ALIMENTOS AFECTADOS POR CONTAMINACIÓN DE CENIZA VOLCÁNICA EN LOS CANTONES GUANO Y PENIPE

1.3.5.1 PAPAS (*Solanum tuberosum*) (73).

TABLA N°9 TAXONOMÍA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

Papa o patata



Papas

Clasificación científica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: [Asteridae](#)

Orden: [Solanales](#)

Familia: [Solanaceae](#)

Género: [Solanum](#)

Especie: *S. tuberosum*

Subespecies

- *S. tuberosum* ssp. *andigena*
 - *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*
-

1.3.5.1.1 DESCRIPCIÓN

S. tuberosum es una planta anual, su taxonomía se observa en la tabla N° 9, 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. (73).

Las condiciones de cultivo varían de unas especies y variedades a otras, pero por lo general prefiere suelos ricos en humus, sueltos y arenosos. La temperatura adecuada oscila entre los

10 y 25 ° C. No soporta temperaturas inferiores a los 0 ° C. el daño es extremo a - 5° C. Florece en primavera y principios de verano (según lugares). (70).

1.3.5.1.2 VALOR NUTRITIVO

Los principales componentes de la papa, rango y media que se aprecian en la tabla N° 10

TABLA N°10. COMPONENTES DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*)

Componentes	Rango %	Media
Agua	63.2 - 86.9	75.05
Sólidos totales	13.1 - 36.8	23.7
Proteína(Nitrógeno total + 6.25)	0.7 - 4.6	2
Glicoalcaloides (Solanina)	0.2 – 41	3-10(mg/100gr)
Grasa	0.02 - 0.20	0.12
Azúcares reductores	0.0 - 5.0	0.3
Total Carbohidratos	13.3 - 30.53	21.9
Fibra Cruda	0.17 - 3.48	0.71
Acidos Orgánicos	0.4 - 1.0	0.6
Ceniza	0.44 - 1.9	1.1
Vitamina C	1 - 54 mg/100gr	10-25(mg/100gr)

Pese al bajo contenido proteico en la papa, este tiene un alto valor biológico. Es rico en Lisina, Leusina e isoleucina. Es pobre en metionina y cistina. Presenta un alto contenido de vitamina C, tiamina 5, riboflavina y niacina. (69).

En la figura N° 3 se aprecia la distribución de los principales componentes de este tubérculo.

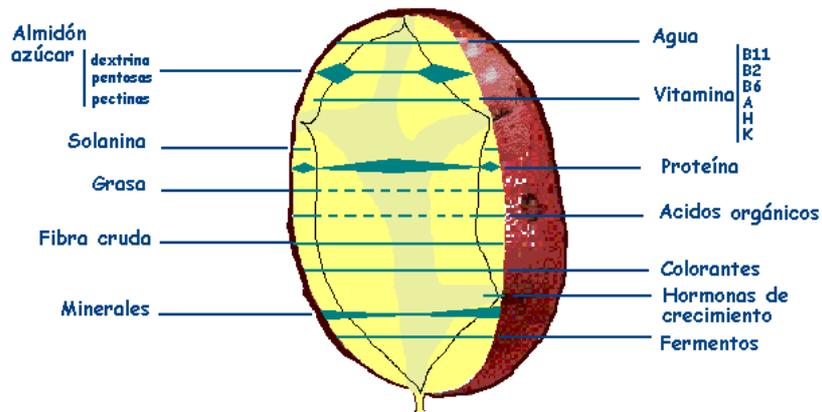


FIGURA N°3. DISTRIBUCIÓN DE PRINCIPALES COMPONENTES DE LA PAPA

1.3.5.2 MAÍZ (*Zea mays*)

TABLA N°11. TAXONOMÍA DEL MAÍZ (*Zea mays*)



Ilustración describiendo Z.

Reino: [Plantae](#)

División: [Magnoliophyta](#)

<u>Clase:</u>	<u>Liliopsida</u>
<u>Subclase:</u>	<u>Commelinidae</u>
<u>Orden:</u>	<u>Poales</u>
<u>Familia:</u>	<u>Poaceae</u>
<u>Subfamilia:</u>	<u>Panicoideae</u>
<u>Tribu:</u>	<u>Andropogoneae</u>
<u>Género:</u>	<u>Zea</u>
<u>Especie:</u>	<u>Z. mays</u>
	<i>mays</i>
<u>Clasificación científica</u>	

1.3.5.2.1 DESCRICIÓN

Zea mays es una planta monoica; sus inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en la misma planta. Si bien la planta es anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2,5 m de altura, con un tallo erguido, rígido y sólido. El tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. Las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta. Su taxonomía consta en la tabla N° 11.

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. (78).

1.3.5.2.2 VALOR NUTRITIVO

El valor nutritivo del maíz es muy similar al de otros cereales, siendo algo superior al de la harina de trigo. Estos dos cereales junto con el arroz, son los que más se consumen en el mundo.

El maíz es rico en su valor nutritivo porque contiene de un 60 a un 70% de almidón y azúcares; además de un 10% de sustancias nitrogenadas y de un 4 a un 8% de materias grasas. (77).

1.3.5.3 LECHE CRUDA



FOTOGRAFÍA N°1. LECHE CRUDA

1.3.5.3.1 DESCRIPCIÓN

La leche, ver fotografía N° es una secreción normal de las glándulas mamarias de todos los mamíferos. Su finalidad en la naturaleza es la nutrición de las crías del animal que la produce. Las necesidades nutricionales de las diversas especies varían, de manera que no es sorprendente que la leche de los diferentes mamíferos se diferencie por su composición. (33).

La leche es la base de numerosos productos, como la mantequilla, el queso o el yogur. Son muy frecuentes los empleos de los derivados de la leche que son utilizados en las industrias agroalimentarias, químicas y farmacéuticas: leche condensada, leche en polvo, caseína o lactosa. La leche de vaca se utiliza también en la alimentación animal. Está compuesta principalmente por agua, materia grasa, proteínas, hidratos de carbono (lactosa), calcio, minerales y sal. (67).

1.3.5.3.2 VALOR NUTRITIVO

Su diversificada composición, en la que entran grasas (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98% del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas, (caseína, albúminas y proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche) , la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca es una importante fuente de vitaminas (vitaminas A, B, D3, E). La vitamina D es la que fija el fosfato de calcio a dientes y huesos, por lo que se hace especialmente recomendable a los niños. El calostro es un líquido de color amarillento, rico en proteínas y anticuerpos, indispensables para la inmunización del recién nacido, pero a pesar de ello, industrialmente no tiene aplicación. (67).

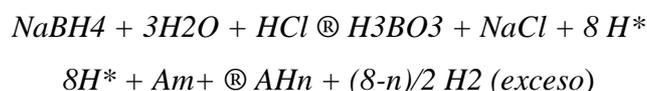
1.4 DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE ARSÉNICO POR ABSORCIÓN ATÓMICA CON GENERADOR DE HIDRUROS

1.4.1 ABSORCIÓN ATÓMICA

La Absorción atómica es una técnica capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos del Sistema Periódico . sus campos de aplicación son por tanto muy diversos. Este método se puede aplicar para la determinación de ciertos metales como: antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, arsénico, níquel, entre otros. Se emplea en el análisis de aguas, análisis de suelos, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria petroquímica, etc. (64).

La Espectrometría de Absorción Atómica de Llama (FAAS) es una técnica sencilla, el acoplamiento de un generador de hidruros al espectrómetro de absorción atómica (GH-AAS) aporta la sensibilidad requerida. (7).

La técnica de GH-AAS consta de tres etapas fundamentales: la generación y volatilización del hidruro, la transferencia del mismo y su posterior atomización en el espectrómetro de AA. La técnica más usual en generación del hidruro se consigue, tratando la muestra que contiene arsénico con una disolución de Borohidruro de sodio (NaBH₄) en medio ácido (HCl).



Donde H* es el hidrógeno nascente, "A" es el elemento formador de hidruro y "m" su estado de oxidación (que puede o no coincidir con "n" , el índice de coordinación).

Si bien, el reductor utilizado universalmente es el Borohidruro de sodio, la reacción es completa y rápida cuando se trata de la especie inorgánica As (III), en el caso de As(V) y las especies orgánicas Monometilarsénico (MMA) y Dimetilarsénico (DMA), la reacción es muy lenta por lo que es necesaria una reducción previa, para lo cual se utiliza yoduro de potasio o L-cisteína.

Entre los sistemas de generación de hidruros, los que combinan las ventajas de la inyección en flujo, con la posterior detección por espectrometría por absorción atómica, es de los más usadas en la determinación total de arsénico, porque es sensible, rápido y minimiza los efectos de las interferencias, si se lo compara con los métodos tradicionales. (18)

1.4.2 COMPONENTES DEL EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Según se observa en la figura N° 4

1. Una fuente de radiación que emita una línea específica correspondiente a la necesaria para efectuar una transición en los átomos del elemento analizado.
2. Un nebulizador, que por aspiración de la muestra líquida, forme pequeñas gotas para una atomización más eficiente.
3. Un Quemador, en el cual por efecto de la temperatura alcanzada en la combustión y por la reacción de combustión misma, se favorezca la formación de átomos a partir de los componentes en solución.
4. Un sistema óptico que separe la radiación de longitud de onda de interés, de todas las demás radiaciones que entran a dicho sistema.
5. Un detector o transductor, que sea capaz de transformar, en relación proporcional, las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señales eléctricas o de intensidad de corriente.
6. Una amplificador o sistema electrónico, que como su nombre lo indica amplifica la señal eléctrica producida, para que en el siguiente paso pueda ser procesada con circuitos y sistemas electrónicos comunes.
7. Por último, se requiere de un sistema de lectura en el cual la señal de intensidad de corriente, sea convertida a una señal que el operario pueda interpretar (ejemplo: transmitancia o absorbancia). Este sistema de lectura, puede ser una escala de aguja, una escala de dígitos, un graficador, una serie de datos que pueden ser procesados a su vez por una computadora, etc.

La EAA en flama es a la fecha la técnica más ampliamente utilizada (aunque cada vez más competida por la EEP) para determinar elementos metálicos y metaloides. Esta técnica tienen grandes convenientes y es de costo relativamente bajo, pudiéndose aplicar tal técnica a una gran variedad de muestras. El equipo utilizado se observa en la fotografía N° 2 (44).

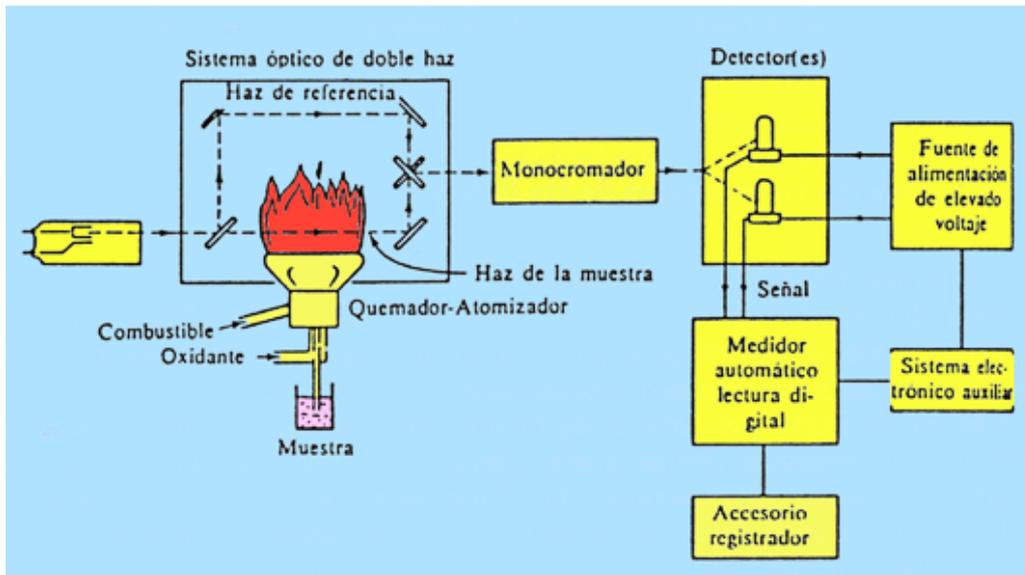


FIGURA Nº4. COMPONENTES FUNDAMENTALES DE UN EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA



FOTOGRAFÍA Nº 2 , ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

1.4.3 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN

La determinación de elementos es posible siempre que se pueda relacionar su concentración con la intensidad de la absorción o de la emisión luminosa correspondiente.

La absorbancia del elemento depende del número de átomos N° que quedan en el estado fundamental en el trayecto óptico. Se procede a realizar medidas comparativas con disoluciones patrón.

$$A = k l * c$$

Siendo A, la absorbancia; c, la concentración del elemento; kl , un coeficiente característico de cada elemento para la longitud de onda seleccionada.

La comparación se establece así con la relación de Lambert-Beer (aunque aquí no se calcula el coeficiente de absorptividad, \hat{a}). El equipo registra la absorbancia mediante la relación de las intensidades transmitidas en ausencia y presencia de la muestra.

La linealidad solo es efectiva para bajas concentraciones. Los métodos siguen protocolos clásicos con el establecimiento de una recta de calibrado a partir de disoluciones sintéticas de concentraciones crecientes de analito para los medios en los que el efecto matriz es despreciable, ver figura N° 5).

Si la matriz es compleja, será necesario reconstruir, para toda la gama de patrones, lo esencial del medio o también utilizar el método de adición de patrón, garantizando en este último caso la linealidad de la respuesta en absorbancia. (44)

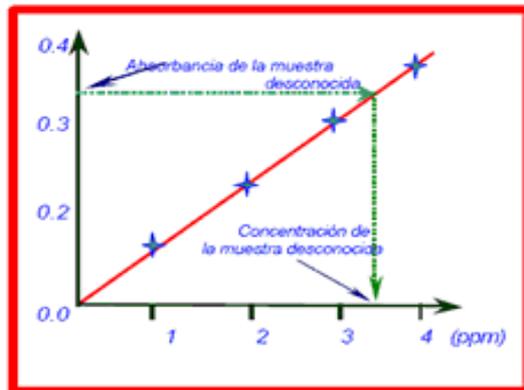


FIGURA N°5. CURVA DE CALIBRACIÓN .

1.4.4 ESQUEMA ÓPTICO.

El esquema óptico de un equipo de absorción atómica, mediante un modelo básico de haz simple incorpora cuatro partes fundamentales:

El haz luminoso procedente de la fuente (1) atraviesa la llama (2) en la que el elemento es llevado a estado atómico, antes de ser enfocado sobre la rendija de entrada de un monocromador (3) que selecciona un intervalo muy estrecho de longitudes de onda. El trayecto óptico termina en la ventana de entrada del detector (4). Ver figura N° 6.

En ausencia del elemento buscado en el recorrido óptico, el detector recibe toda la intensidad luminosa emitida por la fuente en el intervalo de longitudes de onda seleccionado por la rendija de entrada del sistema dispersivo.

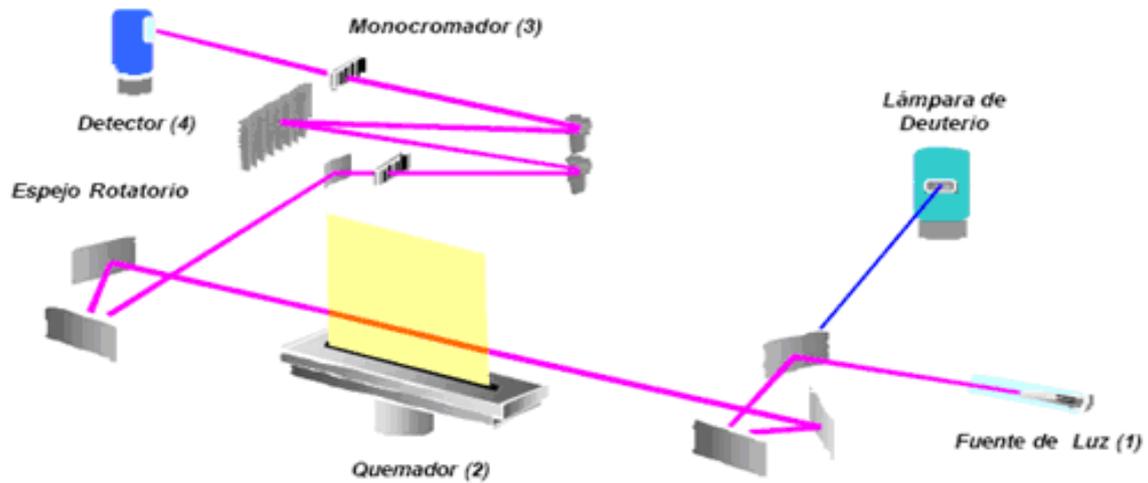


FIGURA N° 6. ESQUEMA ÓPTICO DE HAZ SIMPLE

1.4.5 LÁMPARAS DE CÁTODO HUECO.

Los equipos de absorción atómica utilizan lámparas de descarga en presencia de argón o de neón, utilizados como gas de llenado a presión de algunos cientos de pascales.

El espectro de emisión de estas fuentes incluye rayas intensas que dependen del elemento constituyente del cátodo. Así para analizar un elemento como el plomo, el cátodo deberá contener plomo.

Por eso existen lámparas diferentes con cátodos huecos constituidos por elementos puros y también por aleaciones o polvos fritos para las lámparas multielementales, ver figura N° 7.

El ánodo es de zirconio o de wolframio y la ventana de la lámpara es de vidrio Pirex o de sílice, según las longitudes de onda emitidas por el cátodo.

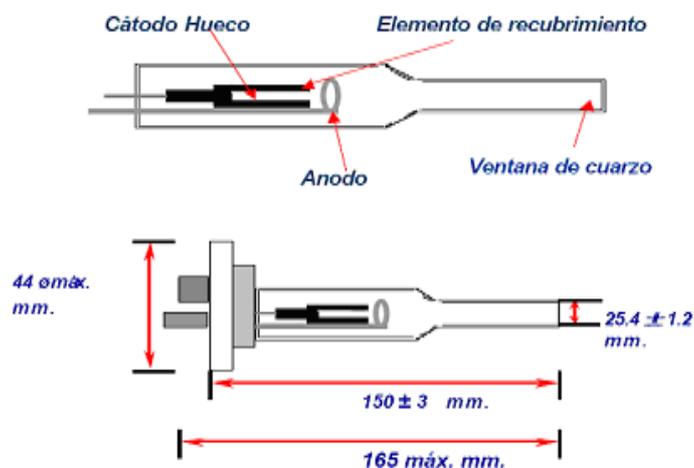


FIGURA N°7. LÁMPARA DE CÁTODO HUECO

1.4.6 DISPOSITIVO TÉRMICO PARA OBTENER GAS TÉRMICO.

Existen 3 formas para poder obtener el gas térmico: vaporización química, atomización electrotérmica, atomización por llama; siendo esta última la utilizada en la determinación de arsénico. (44)

1.4.7 ATOMIZACIÓN POR LLAMA.

Un quemador, conjunto mecánico robusto para resistir a posibles explosiones de gas, se alimenta por una mezcla combustible/comburente. Se obtiene una llama cuya base se inscribe en rectángulo de 10 cm. de longitud y 1 mm de anchura, alineado en su mayor dimensión con el eje óptico del equipo. La muestra en disolución acuosa se aspira en la mezcla gaseosa alimentando la llama. Esta se caracteriza por su reactividad química, por una temperatura máxima y por su espectro. Se utiliza frecuentemente la llama aire/acetileno. Para temperaturas más elevadas el aire se reemplaza por óxido nítrico N_2O .

La llama constituye un medio complejo en equilibrio dinámico. Los radicales libres presentes son el origen de un espectro de emisión y de un espectro de absorción en el dominio del UV próximo que pueden perturbar la observación de ciertos elementos. No

importa que tipo de llama sea adecuada para cada elemento. Finalmente la llama no homogénea conlleva el ajuste de la posición del trayecto óptico. (44)

1.4.8 CORRECCIÓN CON LÁMPARA DE DEUTERIO.

Además de la configuración óptica de doble haz que permite eliminar variaciones de intensidad luminosa de la fuente, se utiliza una segunda fuente policromática continua para determinar la absorción debida a la matriz y no al elemento medido. A la longitud de onda establecida para la determinación, la muestra nebulizada en el seno de la llama es alternativamente atravesada por la luz, procedente tanto de la lámpara de cátodo hueco como de una lámpara de deuterio que constituye una fuente continua.

Para ello se utiliza un espejo giratorio. Cuando se selecciona la lámpara de deuterio, prácticamente se evalúa solo el fondo de absorción, con un paso de banda una centena de veces más ancha que la raya de absorción seleccionada. Cuando se selecciona la lámpara de cátodo hueco, se mide la absorción total (fondo de absorción y absorción de la raya del elemento). Siendo aditivas la absorbancia, el equipo muestra el valor de absorción debida al elemento. (44).

1.4.9 CORRECCIÓN DEL RUIDO DE FONDO CON LÁMPARA DE CÁTODO HUECO DE PULSOS.

Cuando se aumenta bruscamente la intensidad de una lámpara de cátodo hueco por disminución de la resistencia del circuito de alimentación, el perfil de la raya de emisión cambia. La parte central del cátodo se vuelve muy caliente, la raya se ensancha por una parte y por otra se estrecha en su medio. Esta última propiedad procede del hecho de que el vapor de átomos, producido por el cátodo, reabsorbe una fracción de la luz emitida, en el mismo seno de la lámpara, en la parte más fría, a la misma longitud. Esta autoabsorción se utiliza aquí como método de corrección del fondo de absorción.

La corrección por medio de una lámpara de pulsos consiste, pues en comparar dos medidas. En régimen normal (10 mA), y con la muestra en la llama se accede a una medida

global del fondo de absorción y de la absorción del elemento, mientras que en régimen forzado (500 mA) sólo interviene el fondo de absorción. La diferencia entre las dos medidas de absorbancia permite calcular la absorción debida al único analito.(44).

1.4.10 INTERFERENCIAS FÍSICAS

Para determinar un elemento se selecciona, si es posible, la raya de emisión más intensa de la lámpara correspondiente; esta corresponde generalmente a la raya de resonancia. Así distintos factores aportados por la matriz pueden afectar la determinación y conducir a resultados erróneos.

1.4.11 INTERFERENCIAS ESPECTRALES.

Se refieren a las que se producen por superposición en la medida de la radiación: la seleccionada para la determinación y una raya secundaria perteneciente a otro elemento. (35).

1.4.12 INTERFERENCIAS QUÍMICAS.

La absorción atómica es muy sensible a efectos perturbadores. Cuando se investigan elementos a niveles trazas, es importante considerar la matriz en que se encuentran. Es necesario seguir protocolos bien establecidos si se quiere obtener resultados reproducibles.

Para corregir, se introducen en las disoluciones a nebulizar sales minerales o reactivos orgánicos. Estos modificadores de matriz pueden servir, por ejemplo, como “agentes liberadores” **R**, cuya acción se resume del siguiente modo:



El elemento **M** será más fácilmente liberado cuando más estable sea el compuesto **RX**.

Así, cuando se quiere determinar el calcio en una matriz rica en iones fosfato o en combinaciones refractarias que contienen aluminio, se añade cloruro de estroncio o de lantano.

El efecto buscado aquí es liberar el calcio y aumentar la volatilidad de la matriz para garantizar su eliminación más eficazmente en el transcurso de la etapa de descomposición. Para los equipos de horno de grafito, se puede, con este fin, añadir ácido etiléndiamino tetraacético (EDTA), que forma complejos 1:1 con los iones bivalentes, o nitrato de amonio cuando se está en presencia de una matriz que contiene mucho sodio. La finalidad del EDTA es aumentar la volatilidad de ciertos elementos interferentes. (35)

1.4.13 SENSIBILIDAD Y LÍMITE DE DETECCIÓN

La sensibilidad se define a partir del elemento seleccionado, como la concentración expresada en ug/mL que, en disolución acuosa, conduce a una disminución del 1% de la luz transmitida ($A = 0,0044$). Cuando es posible, se establecen las curvas de calibrado con concentraciones del orden de 20 a 200 veces este límite. El límite de detección corresponde a la concentración del elemento que da una señal cuya intensidad iguala a dos veces la desviación típica de una serie de al menos diez medidas hechas para el blanco analítico o sobre una disolución muy diluida (nivel de confianza del 95 %). Concretamente las concentraciones deben ser al menos diez veces superiores para tener medidas fiables. (36).

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.2.1 MATERIA BIOLÓGICO

Papas (*Solanum tuberosum*) (Gabriela)

Maíz (*Zea Mays*)

Leche cruda

2.2.2 EQUIPOS

- Estufa MEMMER
- Balanza Analítica
- Cabina extractora de gases UNIBLOC SHIMADZU AUX 222
- Digestor Simplicity THERMOLYNE TYPE 2220 HOT PLATE
- Sistema de filtrado MILLIPORE
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica con generación de hidruros (SHIMADZU)
- Refrigerador LG
- Cámara fotográfica *hp*

- Computador *hp*
- Mapa del terreno a muestrear
- Azadon
- Oz
- Balde
- Bolsas plásticas esterilizadas
- Marcadores
- Stikers
- Cinta adhesiva
- Guantes látex
- Mascarilla
- Gorro
- Mandil
- Rallador
- Espátula
- Erlenmeyers 250 MI
- Vasos de precipitación de 250 mL
- Pipetas volumétricas (1,2,3,4,5,6,10,20) mL
- Micropipeta
- Puntas para micropipetas
- Mortero con pistilo
- Pera de succión
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Reverbero
- Quitas ató
- Vidrio reloj
- Probetas
- Piceta
- Papel filtro

- Balones volumétricos (25, 50, 100, 500, 1000) mL
- Recipientes de plástico esterilizados.

2.2.3 REACTIVOS

- Ácido nítrico HNO_3
- Ácido clorhídrico HCl
- Agua deionizada
- Patrón de Arsénico 1000 ppm
- Estándares de arsénico (15, 20, 40, 50, 60) ppb
- Agua acidulada
- Agua destilada
- Agua bidestilada
- Borohidruro de sodio NaBH_4
- Ácido clorhídrico HCl 5M
- Gas Argón
- Gas Acetileno
- Agua grado HPLC

2.3 MÉTODOS

2.3.1 PARTE EXPERIMENTAL

2.3.1.1 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

2.3.1.1.1 PRIMERA ZONA DE MUESTREO CANTÓN GUANO



FOTOGRAFÍA N° 3. SECTOR DE SANTA FÉ DE GALÁN, CANTÓN GUANO

En la Parroquia Santa Fé de Galán con una distancia al Volcán Tungurahua de 17.3 Km, como se observa en la fotografía N° 3, el día 22 de Julio de 2008 se visitó la propiedad de 10 hectáreas del Sr. Ángel Gonzales, donde la distribución del cultivo de maíz de variedad amiláceo, se encontraba en 2 hectáreas de dicho terreno, la recolección de muestreo se la realizo con la técnica en X y en Z para así obtener una muestra de 1 Kg de muestra de maíz para su análisis, teniendo en cuenta que dicha selección y manejo de la muestra se le la hizo con sumo cuidado para que las propiedades del producto no sean afectadas.

Las muestras se colocaron cuidadosamente en recipientes limpios y secos y se las protegió contra cualquier daño mecánico o contaminación. Los envases utilizados fueron de plástico completamente esterilizados y éstos se los abrió justamente al momento de introducir la muestra y de manera inmediata se los cerró y se llevo una norma de etiquetado que tenía la información detallada en el cuadro N° 1.

CUADRO N°1. ETIQUETADO DE LA MUESTRA DE MAÍZ – SAN TA FÉ DE GALÁN

Nombre del Propietario	Sr. Ángel Gonzales
Lugar de toma de la muestra	Santa Fé de Galán
Extensión del terreno	2 hectáreas
Variedad de maíz	Amiláceo
Contenido Neto	1 Kg.
Sistema de riego	Goteo de lluvia constante y aspersión
Fecha	02 de Julio de 2008

La muestra envasada se la cubrió con papel aluminio y fue transportada al Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

El día 12 de Agosto de 2008 se visitó la propiedad antes mencionada, donde la distribución del cultivo de papas de variedad Gabriela, se encontraba en 2 hectáreas de dicho terreno, la recolección de muestreo se la realizo con la técnica en X en Z para así obtener 1 Kg de muestra de papa para su análisis, teniendo en cuenta que dicha selección y manejo de la muestra se le la hizo con sumo cuidado para que las propiedades del producto no sean afectadas.

Las muestras se colocaron cuidadosamente en recipientes limpios y secos y se las protegió contra cualquier daño mecánico o contaminación.

Los envases utilizados fueron de plástico completamente esterilizado y estos se los abrió justamente al momento de introducir la muestra y de manera inmediata se los cerró y se llevo una norma de etiquetado que tenía la información detallada en el cuadro N° 2.

CUADRO N°2. ETIQUETADO DE LA MUESTRA DE PAPAS – SANTA FÉ DE GALÁN

Nombre del Propietario	Sr. Ángel Gonzales
Lugar de toma de la muestra	Santa Fé de Galán
Extensión del terreno	2 hectáreas
Variedad de papa	Gabriela
Contenido Neto	1 Kg.
Sistema de riego	Goteo de lluvia constante y aspersión
Fecha	12 de Agosto de 2008

Los tubérculos envasados se los cubrió con papel aluminio y fueron transportados al Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

El día 15 de Noviembre de 2008 se realizó el muestreo en leche en la propiedad del Sr. Gonzales en donde dentro de sus 10 hectáreas de propiedad tenía 3 hectáreas de pasto para uso de sus 15 ganados vacunos de raza Holando que poseía entre los cuales se hizo un análisis de tiempo de permanencia en el sector para su debida selección, dicho estudio llevó a escoger los 3 ganados de mayor tiempo que era de 1 año, 2 meses de permanencia en la propiedad, los cuales tenían un tipo de alimentación del pasto del lugar, del agua recolectada de lluvia y de agua de riego propia del sector.

Una vez seleccionadas las vacas se procedió a la recolección de leche para el análisis pertinente, teniendo mucho cuidado en la utilización del material adecuado como guantes, envases esterilizados de plástico los cuales se los abrió justamente al momento de introducir la muestra y de manera inmediata se los cerró para evitar cualquier tipo de contaminación Los envases utilizados fueron y se llevo una norma de etiquetado que tenía la información detallada en el cuadro N° 3

CUADRO N°3. ETIQUETADO DE LA MUESTRA DE LECHE – SANTA FÉ DE GALÁN

Nombre del Propietario	Sr. Ángel Gonzales
Lugar de toma de la muestra	Santa Fé de Galán
Raza	Holando
Contenido Neto	1 L.
Tipo de alimentación	Pasto, agua lluvia y agua de riego
Fecha	15 de Noviembre de 2008

La muestra envasada se la cubrió con papel aluminio y fue transportada al Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

2.3.1.1.2 SEGUNDA ZONA DE MUESTREO CANTÓN PENIPE



FOTOGRAFÍA N° 4. SECTOR DE MATUS, CANTÓN PENIPE

En la parroquia Matus con una distancia al Volcán Tungurahua de 29.5 Km, el día 23 de Julio de 2008 se visitó la propiedad de 35 hectáreas del Sr. Marco Inca, como se muestra en la fotografía N° 4, donde la distribución del cultivo de maíz de variedad amiláceo, se encontraba en 6 hectáreas de dicho terreno, la recolección de muestreo se la realizo con la técnica en X y en Z para así obtener una muestra de 1 Kg de muestra de maíz para su análisis, teniendo en cuenta que dicha selección y manejo de la muestra se le la hizo con sumo cuidado para que las propiedades del producto no sean afectadas.

Las muestras se colocaron cuidadosamente en recipientes limpios y secos y se las protegió contra cualquier daño mecánico o contaminación. Los envases utilizados fueron de plástico completamente esterilizado y estos se los abrió justamente al momento de introducir la muestra y de manera inmediata se los cerró y se llevo una norma de etiquetado que tenía la información detallada en el cuadro N° 4.

CUADRO N°4. ETIQUETADO DE LA MUESTRA DE MAÍZ – MAT US

Nombre del Propietario	Sr. Marco Inca
Lugar de toma de la muestra	Matus
Extensión del terreno	6 hectáreas
Variedad de maíz	Amiláceo
Contenido Neto	1 Kg.
Sistema de riego	Aspersión
Fecha	05 de Julio de 2008

La muestra envasada se la cubrió con papel aluminio y fue transportada al Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

El día 15 de Agosto de 2008 se visitó la propiedad antes mencionada, donde la distribución del cultivo de papas de variedad Gabriela, se encontraba en 7 hectáreas de dicho terreno, la recolección de muestreo se la realizo con la técnica en X en Z para así obtener 1 Kg de muestra de papa para su análisis, teniendo en cuenta que dicha selección y manejo de la

muestra se le la hizo con sumo cuidado para que las propiedades del producto no sean afectadas.

Las muestras se colocaron cuidadosamente en recipientes limpios y secos y se las protegió contra cualquier daño mecánico o contaminación. Los envases utilizados fueron de plástico completamente esterilizado y estos se los abrió justamente al momento de introducir la muestra y de manera inmediata se los cerró y se llevo una norma de etiquetado que tenía la información detallada en el cuadro N° 5.

CUADRO N°5. ETIQUETADO DE LA MUESTRA DE PAPAS – MA TUS

Nombre del Propietario	Sr. Marco Inca
Lugar de toma de la muestra	Matus
Extensión del terreno	7 hectáreas
Variedad de papa	Gabriela
Contenido Neto	1 Kg.
Sistema de riego	Aspersión
Fecha	15 de Agosto de 2008

Los tubérculos envasados se los cubrió con papel aluminio y fueron transportados al Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

El día 17 de Noviembre de 2008 se realizó el muestreo en leche en la propiedad del Sr. Inca en donde dentro de sus hectáreas de propiedad tenía 19 hectáreas de pasto para uso de sus 70 ganados vacunos de raza Holando que poseía entre los cuales se hizo un análisis de tiempo de permanencia en el sector para su debida selección, dicho estudio llevó a escoger los 3 ganados de mayor tiempo que era de 4 año, 8 meses de permanencia en la propiedad, los cuales tenían un tipo de alimentación del pasto del lugar, de agua de riego propia del

sector. Una vez seleccionadas las vacas se procedió a la recolección de leche para el análisis pertinente, teniendo mucho cuidado en la utilización del material adecuado como guantes, envases esterilizados de plástico los cuales se los abrió justamente al momento de introducir la muestra y de manera inmediata se los cerró para evitar cualquier tipo de contaminación. Los envases utilizados fueron y se llevo una norma de etiquetado que tenía la información detallada en el cuadro N° 6.

CUADRO N°6 . ETIQUETADO DE LA MUESTRA DE LECHE – MATUS

Nombre del Propietario	Sr. Marco Inca
Lugar de toma de la muestra	Matus
Raza	Holando
Contenido Neto	1 L.
Tipo de alimentación	Pasto, agua de riego
Fecha	17 de Noviembre de 2008

La muestra envasada se la cubrió con papel aluminio y fue transportada al Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

2.3.1.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO

Una vez llegadas las muestras al laboratorio en condiciones asépticas se rallaron las muestras integra de papa para así obtener la muestra analítica del producto completo, se llevo a la balanza y se tomó 5 g de la misma, en el caso del maíz este se lo llevo a un molino en donde se obtuvo la harina y se pesó 3 g de muestra por ser completamente solida y tener gran cantidad de materia orgánica, en el caso de leche se tomaron 3 mL de muestra, previa homogenización.

2.3.1.3 METODOLOGÍA DE DIGESTIÓN DE LAS MUESTRAS

Para la determinación de metales pesados y arsénico en alimentos, es necesario la realización de una digestión de la muestra para liberar los elementos de interés de la matriz y así poder realizar el análisis. Según la norma NMX – AA- 051 – SCEL – 2001.

- a) Pesar 5g de muestra.
- b) Pasar a un erlenmeyer de 250 ml. Y agregar 10 ml de HNO₃ conc.
- c) Tapar con vidrio reloj y dejar en digestión por 12 h a temperatura ambiente.
- d) Agregar 10 ml de agua deionizada y 10 ml de HCl conc., tapar con vidrio reloj.
- e) Calentar a reflujo en parrilla a 100 C hasta reducir el volumen a 10 ml.
- f) Enfriar y aforar a 50 ml. El líquido debe ser transparente.
- g) Filtrar la muestra.

2.3.1.4 DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN LA CENIZA VOLCÁNICA

Según el método de ensayo PEE/LAB-Cestta- 186 Ceniza

- a) Pesar 1 g de muestra
- b) Agregar 100 ml de Ácido Nítrico
- c) Dejar reposar durante 15 minutos
- d) Dejar dos horas en el digestor
- e) Añadir 2 ml de agua desionizada
- f) Agregar 8 ml de Peróxido de Hidrógeno
- g) Dejar 2 horas en el digestor
- h) Aforar a 50 ml
- i) Filtrar

2.3.1.5 DETERMINACIÓN DEL PORCIENTO DE RECUPERACIÓN DE ARSÉNICO EN EL ALIMENTO

Según el método de ensayo PEE / LAB – CESTTA / 185

Se preparó una solución 1:1000 a partir de un patón de arsénico para absorción atómica de 1000ppm para obtener una solución de 1000 ppb.

Al agregar 2.5 ml y aforar a 50 ml de obtiene una concentración de 50 ppb

Para una corrida se procedió de la siguiente forma:

- a) Pesar 5g de muestra.
- b) Pasar a un erlenmeyer de 250 ml.
- c) Agregar 2.5 ml del estándar de 1000 ppb de Arsénico a la muestra.
- d) Agregar 10 ml de HNO₃ conc.
- e) Tapar con vidrio reloj y dejar en digestión por 12 h a temperatura ambiente.
- f) Agregar 10 ml de agua deionizada y 10 ml de HCl conc., tapar con vidrio reloj.
- g) Calentar a reflujo en parrilla a 100 C hasta reducir el volumen a 10 ml.
- h) Enfriar y aforar a 50 ml. El líquido debe ser transparente.
- i) Filtrar la muestra.

Obteniéndose así la muestra fortificada para determinar el porcentaje de recuperación de Arsénico en la digestión a realizarse. El intervalo es de 85 a 115 % de recuperación.

1 MUESTRA \longrightarrow 50 ppb As



46.4249

$$\% \text{ Recuperación} = \frac{VT - VP}{VT} (100)$$

VT = Valor teórico

VP = Valor práctico

a) PAPAS

$$50 \text{ ppb} - 46.4249 / 50 \text{ ppb} (100) = 7.1442$$

$$100 - 7.1442 = 92.85\% \text{ de Recuperación}$$

b) MAÍZ

Con dilución 1: 10, llevado a 25 ml

$$\text{Concentración Real } (10.6851) (10) = 106.51 / 2 = 53.0255$$

$$50 \text{ ppb} - 53.0255 / 50 \text{ ppb} (100) = 6.051$$

$$100 - 6.051 = 93.94\% \text{ de Recuperación}$$

c) LECHE

Con dilución 1: 10, llevado a 25 ml

$$\text{Concentración Real } (10.1418) (10) = 101.48 / 2 = 50.709$$

$$50 \text{ ppb} - 50.709 / 50 \text{ ppb} (100) = 1.418$$

$$100 - 1.418 = 98.58\% \text{ de Recuperación}$$

2.3.1.6 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES ESTÁNDARES DE ARSÉNICO

Preparación de agua acidulada:

14.1 ml de HNO_3 aforar a 1000 ml de Agua bidestilada.

Para aforar todos los estándares

A partir de 1000 ppm obtener un estandar de 1000 ppb o 1 ppb

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 10 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml de Arsénico} \longrightarrow 100 \text{ ml} \longrightarrow \text{Concentración de } \mathbf{10 \text{ ppm}}$$

Teniendo 10 ppm bajar la concentración a 1 ppm

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$10 \text{ ppm} \cdot V_1 = 1 \text{ ppm} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 10 \text{ ml de Arsénico} \longrightarrow 100 \text{ ml} \longrightarrow \text{Concentración de } \mathbf{1 \text{ ppm}}$$

Estandar de 15 ppb

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppb} \cdot V_1 = 15 \text{ ppb} \cdot 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 1.5 \text{ ml de Arsénico} \longrightarrow 100 \text{ ml} \longrightarrow \text{Concentración de } \mathbf{15 \text{ ppb}}$$

Estandar de 20 ppb

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppb} \cdot V_1 = 20 \text{ ppb} \cdot 100 \text{ ml}$$

$V_1 = 2.0$ ml de Arsénico \longrightarrow 100 ml \longrightarrow Concentración de **20 ppb**

Estandar de 40 ppb

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppb} \cdot V_1 = 40 \text{ ppb} \cdot 100 \text{ ml}$$

$V_1 = 4.0$ ml de Arsénico \longrightarrow 100 ml \longrightarrow Concentración de **40 ppb**

Estandar de 50 ppb

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppb} \cdot V_1 = 50 \text{ ppb} \cdot 100 \text{ ml}$$

$V_1 = 5.0$ ml de Arsénico \longrightarrow 100 ml \longrightarrow Concentración de **50 ppb**

Estandar de 60 ppb

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppb} \cdot V_1 = 60 \text{ ppb} \cdot 100 \text{ ml}$$

$V_1 = 6.0$ ml de Arsénico \longrightarrow 100 ml \longrightarrow Concentración de **60 ppb**

2.3.1.7 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LECTURA DE MUESTRA

Preparación de agua acidulada

- 14.1 ml de HNO_3 llevar a 1l de Agua destilada.

Preparación del boro hidruro de sodio

- 2.5 g de NaOH
- 2 g de Boro Hidruro
- Aforar a 500ml con Agua Destilada.

2.3.1.8 PROCEDIMIENTO DE LECTURAS DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO

Las lecturas fueron realizadas inmediatamente después de finalizada la preparación tanto de las muestras como de los estándares.

Parámetros instrumentales para la lectura:

- Longitud de onda: 193.87 nm
- Slit: 0.5 nm
- Modo de Lámpara: BGC-D2 (lámpara de cátodo hueco con corrección de fondo con lámpara de deuterio).
- Corriente de lámpara: 10 mA

2.3.1.9 CUANTIFICACIÓN DE ARSÉNICO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

Se inició la configuración operacional del instrumento, así como del sistema de captura de datos, permitiendo un período no menor a 20 minutos para el calentamiento de las lámparas de cátodo hueco.

2.3.1.9.1 CALIBRACIÓN:

Se verificó la sensibilidad del instrumento con las soluciones estándares preparadas en las concentraciones marcadas en el manual de operación. Es necesario comprobar que se tiene una calibración inicial y periódica aceptable.

Se Ajustó el instrumento a cero con el blanco de calibración y soluciones estándares de menor a mayor concentración y se registró al menos tres replicas de la absorbancia de cada uno. Se elaboró una curva de calibración leyendo o registrando los estándares del elemento y graficando absorbancia o altura del pico en función de la concentración, y mediante la computadora integrada al equipo se ajustó la curva mediante la ecuación de la recta ($y = mx + b$)

2.3.1.9.2 DETERMINACIÓN:

Introducir el blanco de reactivos, las muestras a analizar y registrar los valores de absorbancia. Se debe analizar al menos un blanco de reactivos con cada grupo de muestras.

2.3.1.9.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante:

2.3.1.9.3.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

ANOVA, que es un test estadístico ideado por Fisher, gran genio inglés que pensó hace más de 60 años como analizar datos simultáneamente cuando tenemos varios grupos y así poder ahorrar tiempo y dinero. Este análisis por lo tanto permite comprobar si existen diferencias entre promedios de tres o más tratamientos y para ello se calcula el valor de F, y es equivalente al test de Student, salvo que éste último solamente sirve para dos grupos.

El problema que desde ya tenemos que dejar establecido que cuando encontramos el valor de F sabremos si existen diferencias entre los grupos, pero no nos dice entre cuales grupos, y por eso debemos aplicar posteriormente otros tests, como se observa en los anexos 1, 2 y 3

TUKEY que se lo utiliza cuando:

- Cuando el tamaño de las muestras seleccionadas para cada grupo son iguales.

- Cuando el interés fundamental es comparar promedios entre dos grupos y son múltiples las comparaciones que estamos haciendo. Por lo tanto el test de Tukey es el más utilizado, y al parecer, el más recomendado por los estadísticos, aunque al parecer aún no hay acuerdo.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN PAPAS (*Solanum tuberosum*)

CUADRO N° 7. CONCENTRACIÓN DE As EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg	\bar{X}	σ
M1R1	0.02913		
M1R2	0.02959	0.02897	0.0007026
M1R3	0.02821		
M2R1	0.03098		
M2R2	0.03074	0.03097	0.0002350
M2R3	0.03121		
M3R1	0.05944		
M3R2	0.05604	0.05749	0.0001751
M3R3	0.05701		

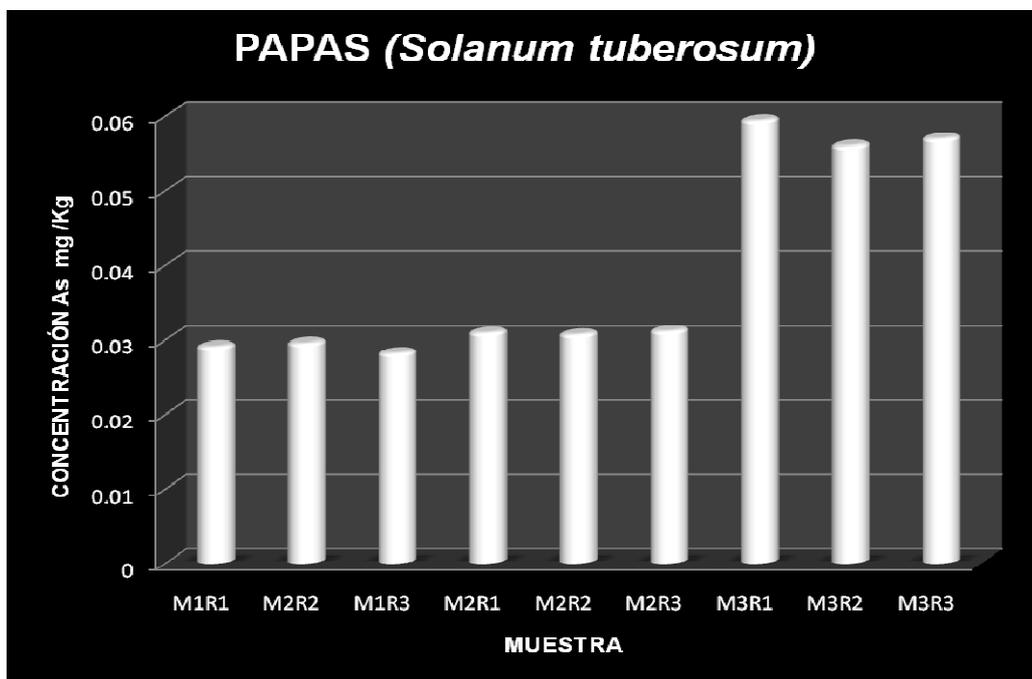


GRÁFICO N°1. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

Al evaluar los resultados expresados en el cuadro N° 7 y el gráfico N°1, de papas (*Solanum tuberosum*) en la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano se aprecia que el resultado de la concentración de arsénico de cada muestra concuerda con sus debidas repeticiones confirmándolo con el cálculo de la \bar{X} y de la σ , teniendo apenas una mínima diferencia sus resultados, estas discrepancias se deben a errores operacionales mas no de metodología por ello se pudo entonces realizar el promedio entre estas para así trabajar con muestras absolutas.

CUADRO N°. CONCENTRACIÓN DE As EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA DE MATUS, CANTÓN PENIPE

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg	\bar{X}	σ
M1R1	0.02134		
M1R2	0.02180	0.02187	0.0005735
M1R3	0.02248		
M2R1	0.04313		
M2R2	0.04290	0.04281	0.0003622
M2R3	0.04242		
M3R1	0.04195		
M3R2	0.04124	0.04124	0.0007050
M3R3	0.04054		

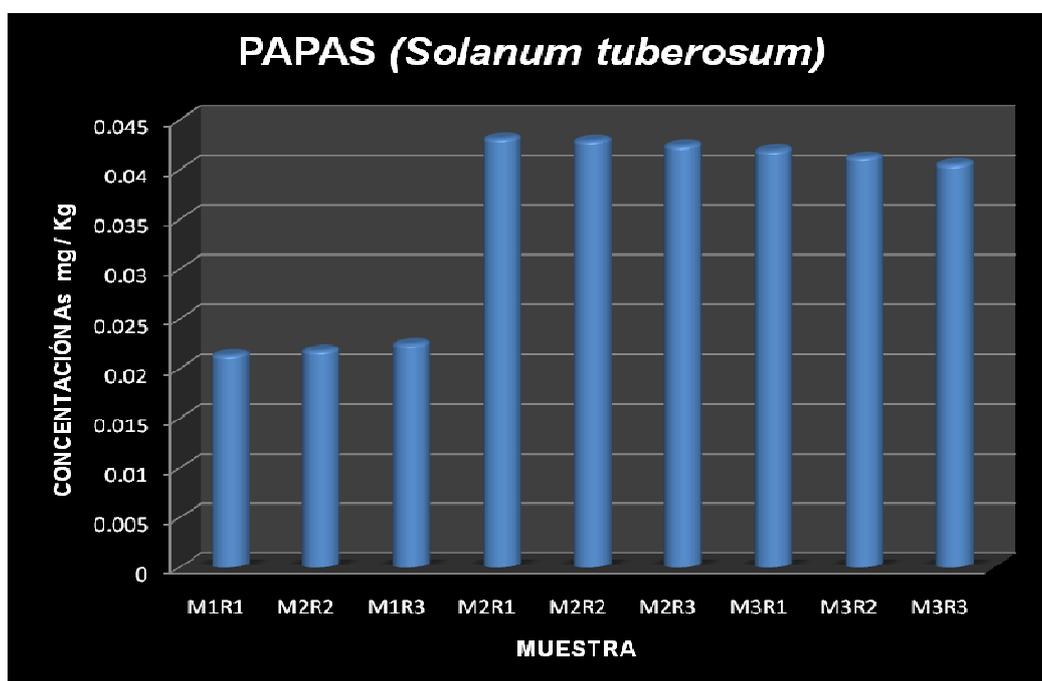


GRÁFICO N°. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

Al evaluar los datos en el gráfico N° 2, correspondiente al cuadro N° 8, de papas (*Solanum tuberosum*) en la parroquia Matus, Cantón Penipe se muestra que el resultado de la concentración de arsénico de cada muestra concuerda con sus debidas repeticiones teniendo su confirmación en el análisis del cálculo de la \bar{X} y de la σ , que indica mínimas diferencias en sus resultados, estas discrepancias se debe a errores operacionales mas no de metodología por ello se pudo entonces realizar el promedio entre estas para así trabajar con muestras absolutas.

3.2 RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN MAÍZ (*Zea mays*)

CUADRO N°9. CONCENTRACIÓN DE As EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg	\bar{X}	σ
M1R1	0.01161		
M1R2	0.01118	0.01192	0.0003955
M1R3	0.01237		
M2R1	0.01876		
M2R2	0.01992	0.01895	0.0008903
M2R3	0.01817		
M3R1	0.05987		
M3R2	0.06091	0.06154	0.002069
M3R3	0.06386		

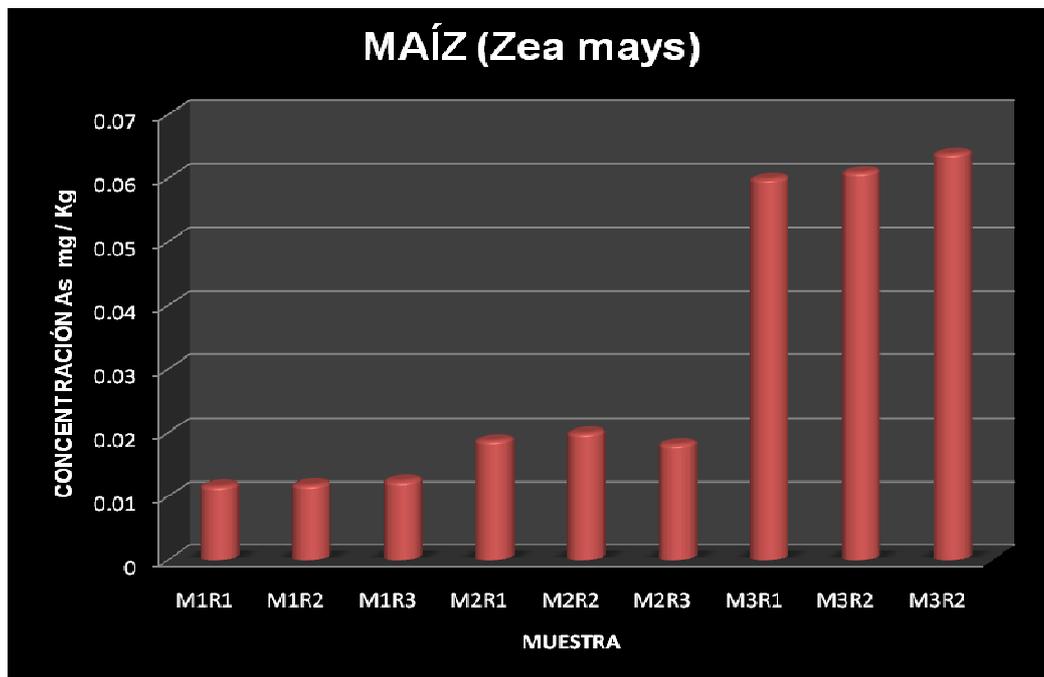


GRÁFICO N°3. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA . SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

Al evaluar los datos en el gráfico N° 3, y el cuadro N° 9, de maíz (*Zea mays*) de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano se observa que el resultado de la concentración de arsénico de cada muestra concuerda con sus debidas repeticiones teniendo apenas una mínima diferencia sus resultados del cálculo de la \bar{X} y de la σ , estas discrepancias se debe a equivocaciones operacionales mas no de metodología por ello se pudo entonces realizar el promedio entre estas para así trabajar con muestras absolutas.

CUADRO N°10. CONCENTRACIÓN DE As EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIP

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg	\bar{X}	σ
M1R1	0.02110		
M1R2	0.02012	0.02077	0.0005658
M1R3	0.02110		
M2R1	0.02995		
M2R2	0.02935	0.02994	0.0005950
M2R3	0.03054		
M3R1	0.03014		
M3R2	0.03054	0.03067	0.0006110
M3R3	0.03134		

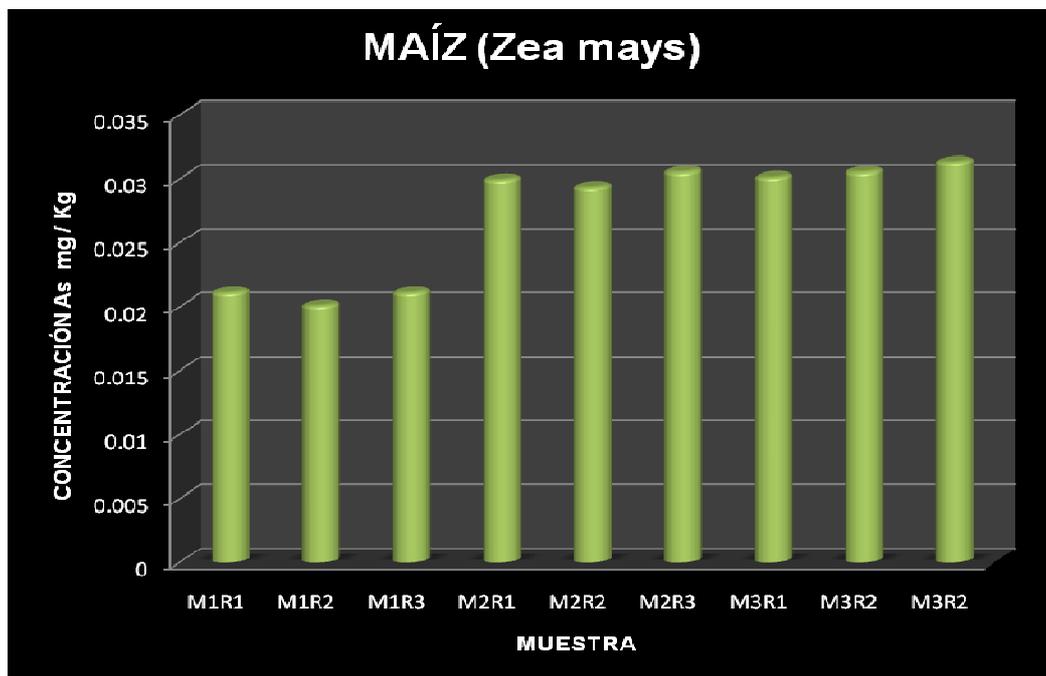


GRÁFICO N°. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA . MATUS, CANTÓN PENIPE

Al evaluarlos datos del cuadro N°10 y el gráfico N° 4, de maíz (*Zea mays*) de la parroquia Matus, Cantón Penipe se muestra que el resultado de la concentración de arsénico de cada muestra concuerda con sus debidas repeticiones teniendo apenas una mínima diferencia sus resultados la cual se indica en el cálculo de la \bar{X} y de la σ , estas discrepancias se debe a errores operacionales mas no de metodología por ello se pudo entonces realizar el promedio entre estas para así trabajar con muestras absolutas.

3.3 RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN LECHE CRUDA

CUADRO N°11. CONCENTRACIÓN DE As EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA SANTA FÉ DE GALÁN CANTÓN GUANO.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /l	\bar{X}	σ
M1R1	0.04786		
M1R2	0.04767	0.04754	0.0003899
M1R3	0.04711		
M2R1	0.02930		
M2R2	0.03114	0.03077	0.001324
M2R3	0.03187		
M3R1	0.02857		
M3R2	0.02893	0.02893	0.0003650
M3R3	0.02930		

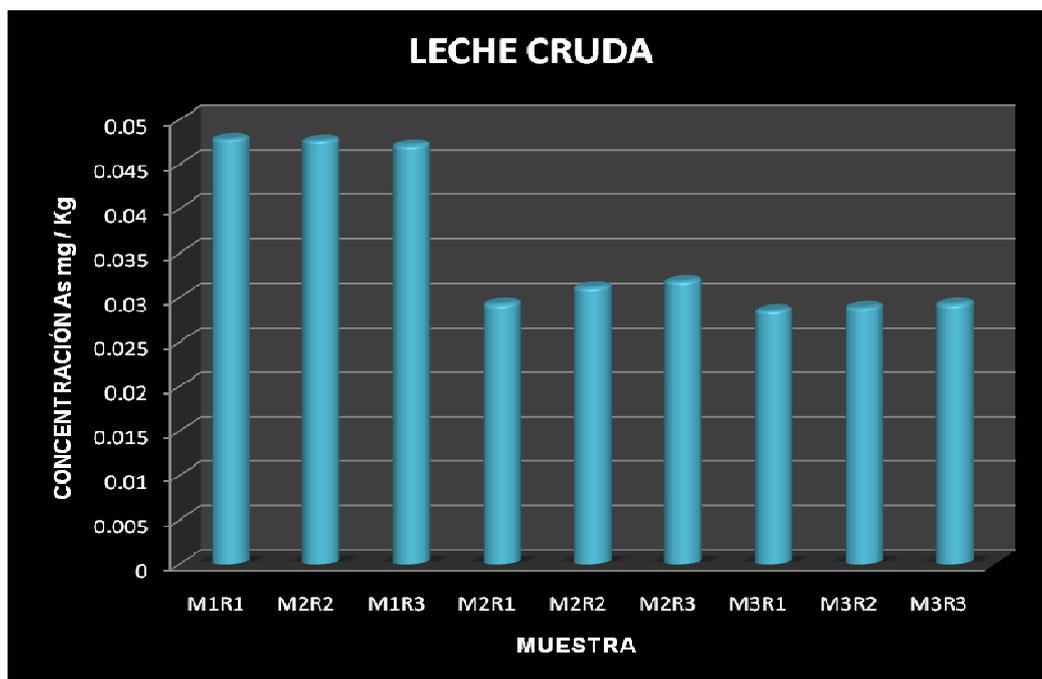


GRÁFICO N°5. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA SANTA FÉ DE GALÁN, CANTÓN GUANO

Al evaluar los datos del cuadro N° 11 en el gráfico N° 5, de leche cruda de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano observa que el resultado de la concentración de arsénico de cada muestra concuerda con sus debidas repeticiones teniendo apenas una mínima diferencia sus resultados calculados en cuanto a la \bar{X} y σ se trata, estas discrepancias se debe a equivocaciones operacionales mas no de metodología por ello se pudo entonces realizar el promedio entre estas para así trabajar con muestras absolutas.

CUADRO N°12. CONCENTRACIÓN DE As EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /l	\bar{X}	σ
M1R1	0.05313		
M1R2	0.05276	0.05212	0.001429
M1R3	0.05049		
M2R1	0.04374		
M2R2	0.04429	0.04429	0.0005600
M2R3	0.04486		
M3R1	0.03741		
M3R2	0.03815	0.03759	0.0004913
M3R3	0.03722		

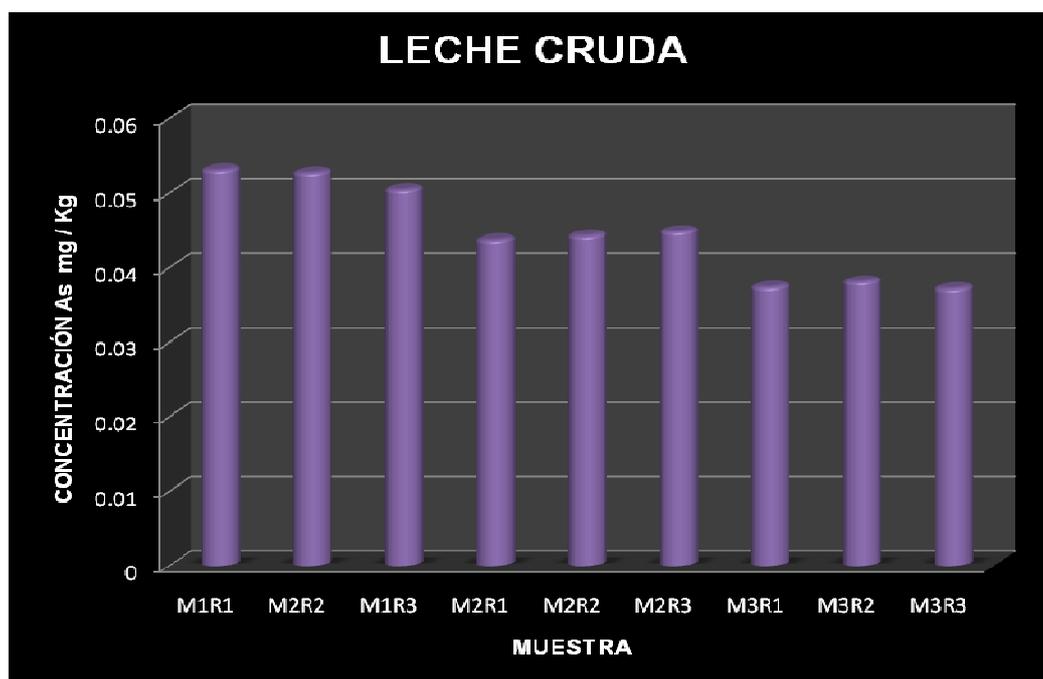


GRÁFICO N°6. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE

Al evaluar los datos del cuadro N° 12 y de la gráfica N° 6, de leche cruda de la parroquia Matus, Cantón Penipe se observa que el resultado de la concentración de arsénico de cada muestra concuerda con sus debidas repeticiones teniendo apenas una mínima diferencia mostrada en el cálculo de la \bar{X} y la σ , estas discrepancias se debe a errores operacionales mas no de metodología por ello se pudo entonces realizar el promedio entre estas para así trabajar con muestras absolutas.

3.4 RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*Solanum tuberosum*)

CUADRO N°13. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg
M1	0.028976667
M2	0.030976667
M3	0.057496667

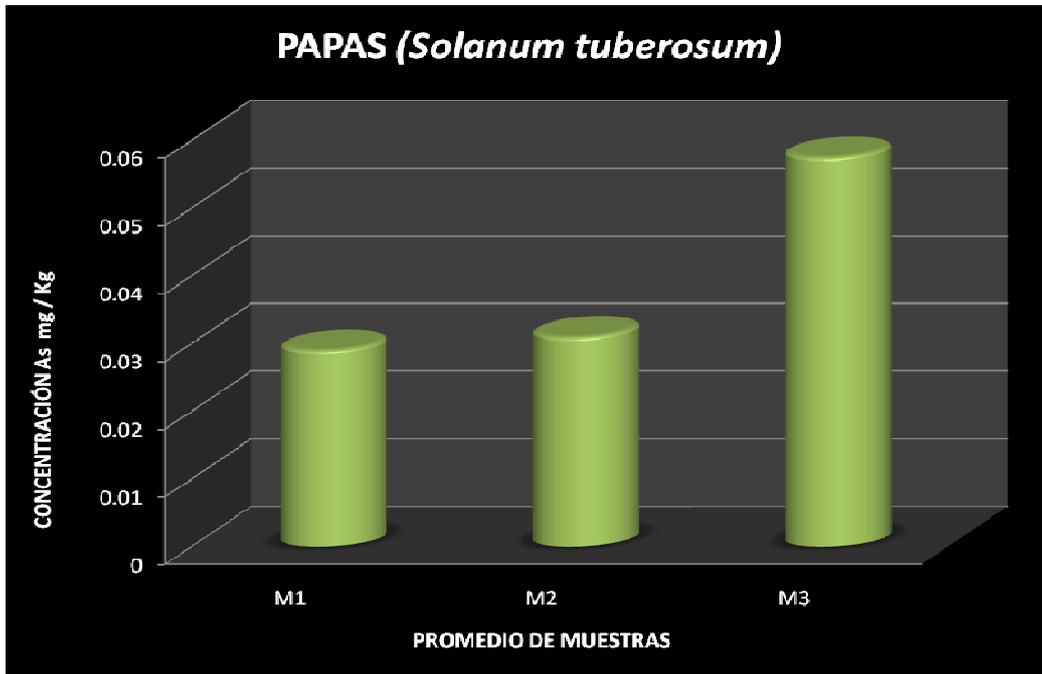


GRAFICO N7. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

CUADRO N°14. PRUEBA DE TUKEY EN LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE As LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO.

SANTA

Tukey HSD^a

RECINTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.10	3	.028977	
1.20	3	.030977	
1.30	3		.057497
Sig.		.144	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Al analizar el gráfico N° 7 de las muestras de papas (*Solanum tuberosum*) de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano, se determina similar concentración de arsénico en las muestras uno y dos pero ambas difieren de la muestra tres a pesar de haber sido tomadas del mismo sembrío pero de diferente cuadrante delimitado para la toma de muestras lo que

lleva a la conclusión que dicha diferencia puede deberse a factores externos de la siembra como la dirección del viento que lleva la ceniza, el agua de riego que esta tiene y la topografía del terreno siendo este irregular debido a sus peñas que lo caracterizan, determinando que la caída de ceniza se ve reflejada más en la zona 3 que esta se halla en la profundidad viendo que la gravedad influye también en la violenta acumulación de ceniza en los cultivos. Por dicha variedad se realizó el analices de varianzas mediante ANOVA el cual nos indica dichas variaciones y con esto el test de TUKEY nos permite ver las diferencias existentes entre los grupos analizados como lo muestra el cuadro N° 14

CUADRO N°15. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg
M1	0.021873333
M2	0.042816667
M3	0.041243333

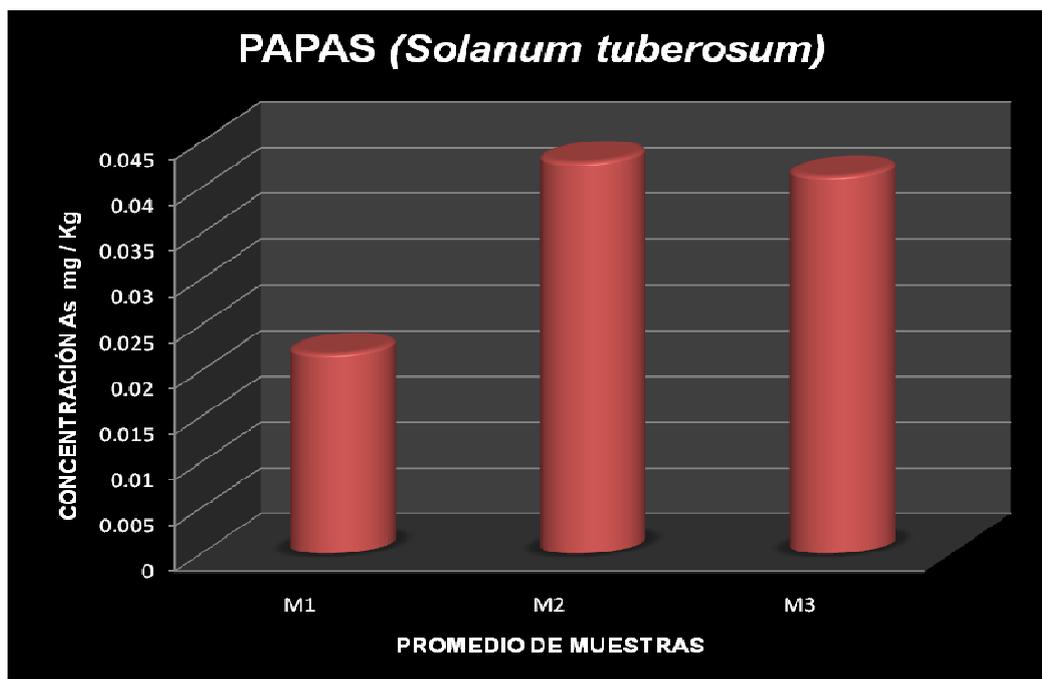


GRAFICO N°8. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA MATUS, PENIPE.

CUADRO N°16. PRUEBA DE TUKEY EN LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE As LAS TRES MUESTRAS EN PAPAS (*SOLANUM TUBEROSUM*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

MATUS

Tukey HSD^a

RECINTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1.10	3	.021873		
1.30	3		.041243	
1.20	3			.042817
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Al analizar el gráfico N° 8 de las muestras de papas (*Solanum tuberosum*) de la parroquia Matus, Cantón Penipe, se determina que las concentraciones de arsénico en las muestras

difieren significativamente entre los contenidos promedios evaluados como lo demuestra el cuadro N° 16

Debiéndose dichas variaciones a factores externos de la siembra como la dirección del viento que lleva la ceniza, el agua de riego que esta tiene y la topografía del terreno siendo este muy irregular, la densidad del contaminante y la lluvia.

3.5 RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*)

CUADRO N°17. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg
M1	0.011926667
M2	0.01895
M3	0.061546667

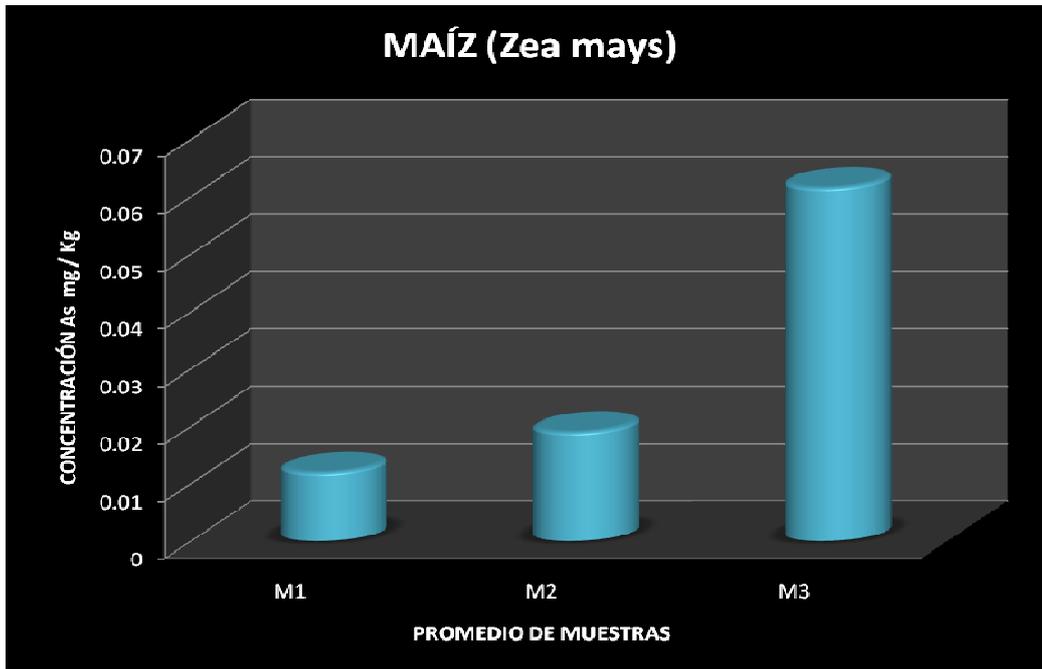


GRÁFICO N° 9. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO.

CUADRO N° 18. PRUEBA DE TUKEY EN LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE As LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

SANTA

Tukey HSD^a

RECINTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1.10	3	.011927		
1.20	3		.018950	
1.30	3			.061547
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

De los resultados obtenidos del análisis en el de laboratorio de la concentración de As promedio de las tres muestras en maíz (*Zea mays*) de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano se puede apreciar en el gráfico N° 9 , que la concentración difiere en las tres muestras significativamente variando sus resultados apreciando que la muestra tres difiere de la muestra dos y ambas a su vez de la uno como lo demuestra el estudio de ANOVA-Tukey, como se aprecia en el cuadro N° 18

CUADRO N°19. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /kg
M1	0.020773
M2	0.029946667
M3	0.030673333

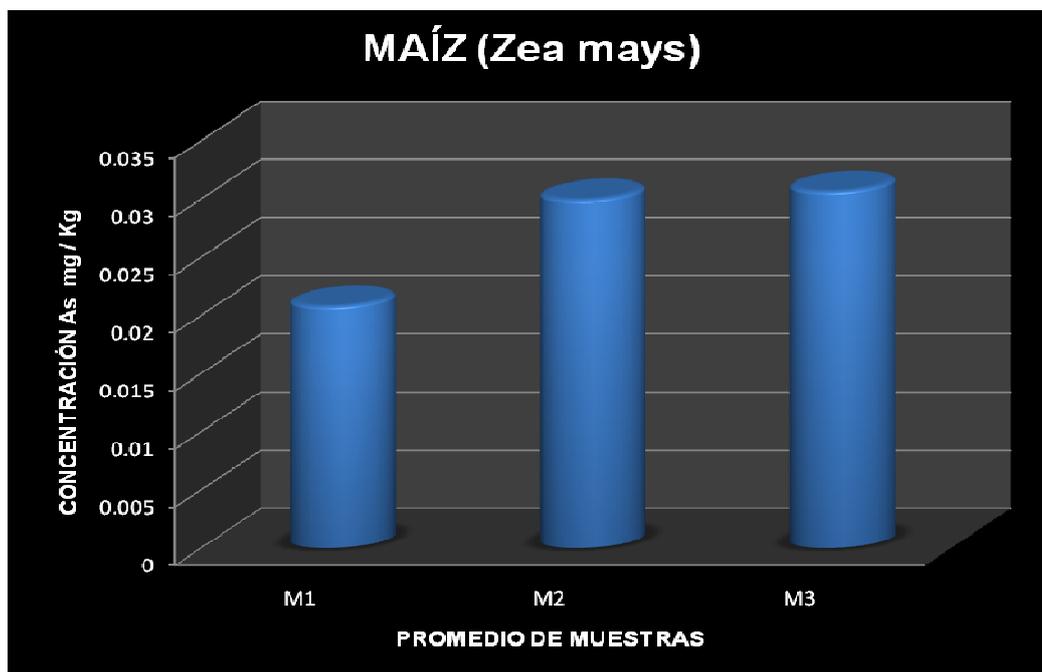


GRÁFICO N°10. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

CUADRO N°20. PRUEBA DE TUKEY EN LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE As LAS TRES MUESTRAS EN MAÍZ (*Zea mays*) DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

MATUS

Tukey HSD^a

RECINTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.10	3	.020773	
1.20	3		.029947
1.30	3		.030673
Sig.		1.000	.353

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Para fines comparativos se empleó el test ADEVA que constituye una prueba estadística para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, y mediante estas diferencias se

utilizó el test de Tukey para definir cuáles son las muestras que indican diferencias significativas como lo muestra el cuadro N° 20.

Para este fin el resultado de la concentración de As promedio de las tres muestras en maíz (*Zea mays*) de la parroquia Matus, Cantón Penipe, como lo muestra el Gráfico N° indica que la muestra dos y tres tienen una similitud y ambos difieren de la muestra uno significativamente demostrándose que dichas variaciones ocurren por factores propios de la naturaleza como es la manera de circulación del viento que arrastra la ceniza que va a plantarse en los cultivos del sector, la topografía del terreno, etc.

3.6 RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN LECHE CRUDA.

CUADRO N° 21. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /l
M1	0.047546667
M2	0.03077
M3	0.028933333



GRÁFICO N°11. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO.

CUADRO N°22. PRUEBA DE TUKEY EN LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE As LAS TRES MUESTRAS LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA SANTA FE DE GALÁN, CANTÓN GUANO

SANTA

Tukey HSD^a

RECINTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.30	3	.028933	
1.20	3	.030770	
1.10	3		.047547
Sig.		.076	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Al analizar la concentración de As promedio de las tres muestras en leche cruda de la parroquia Santa Fe de Galán, Cantón Guano como lo muestra el gráfico N° 11 , se determina una diferencia entre la muestra uno con respecto a las muestras dos y tres expresada también en el cuadro N° 22 , viéndose que dichas concentraciones pueden variar

debido a factores como metabolismo que presenta cada animal notándose también que dichos resultados se encontraban en límites altos sin embargo las muestras aún corresponden al límite permitido por el CODEX que es de 0.1 mg/Kg. Estos resultados interpretan el resultado de una alimentación contaminada del animal como es el pasto cubierto de ceniza y del agua de lluvia contaminada obviamente y agua de regadío.

CUADRO N°23. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

MUESTRA	CONCENTRACIÓN mg /l
M1	0.052126667
M2	0.044296667
M3	0.037593333



GRÁFICO N°12. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DE LAS TRES MUESTRAS EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE

CUADRO N°24. PRUEBA DE TUKEY EN LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE As LAS TRES MUESTRAS LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA MATUS, CANTÓN PENIPE.

MATUS

Tukey HSD^a

RECINTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1.30	3	.037593		
1.20	3		.044297	
1.10	3			.052127
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Al analizar la concentración de As promedio de las tres muestras en leche cruda de la parroquia Matus, Cantón Penipe como lo muestra el gráfico N° 12 , se determina una diferencia entre las lecturas de la concentración de arsénico en las tres muestras expresada

también en el cuadro N° 24 , viéndose que dichas concentraciones pueden variar debido a factores como metabolismo que presenta cada animal notándose también que dichos resultados se encontraban en límites altos sin embargo las muestras aún corresponden al límite permitido por el CODEX que es de 0.1 mg/Kg. Estos resultados reflejan el resultado de una alimentación contaminada, como es el pasto cubierto de ceniza, el agua de lluvia, el agua de regadío también contaminados.

3.7 RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DE As DEL TOTAL DE MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*)

CUADRO N° 25. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DEL TOTAL DE MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) EN LAS PARROQUIAS SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS.

PARROQUIA	SANTA FÉ DE GALÁN	MATUS
CONCENTRACIÓN	0.03915 mg /kg	0.035311111 mg /kg

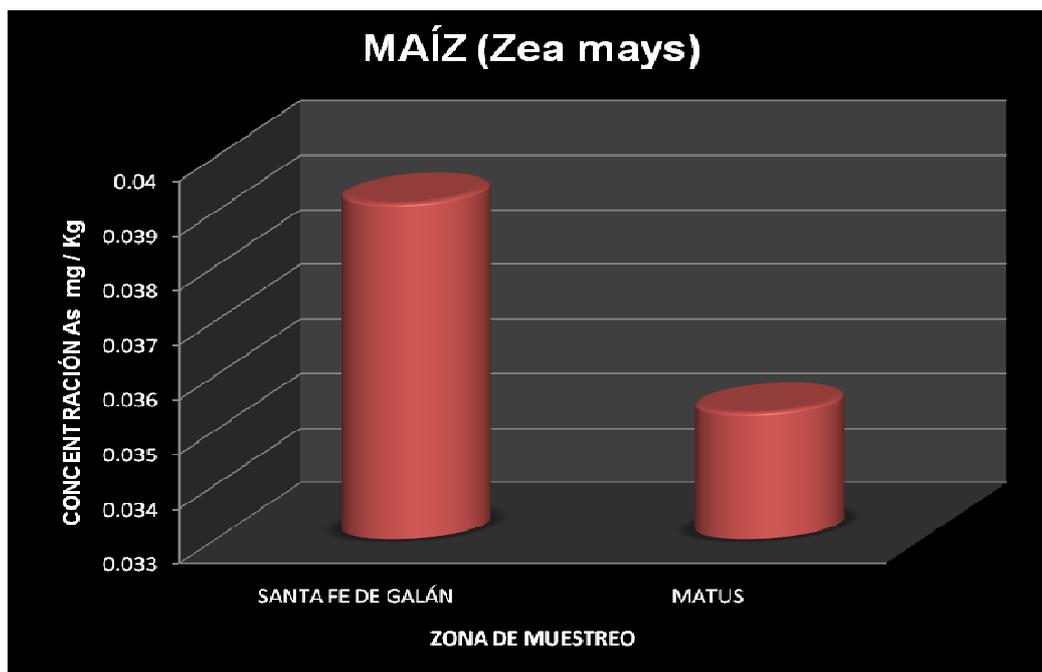


GRÁFICO N° 13. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DEL TOTAL DE MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) EN LAS PARROQUIAS SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS.

El resultado del Análisis de la concentración de As promedio del total de muestras de papas (*Solanum tuberosum*) en las parroquias Santa Fé de Galán y Matus como lo muestra la gráfica N° 13, indica claramente la significativa diferencia de la concentración de arsénico que existe entre ambas parroquias, debido a la distancia que existe del Volcán Tungurahua a las parroquias estudiadas lo que ha llevado a que los moradores del sector de Santa Fé de Galán con el fin de al menos recuperar su inversión de cultivo y con esperanza de algo de ganancia se ha optado por incremento en cuanto a fertilización se refiere llevando así una manera más de contaminar a los alimentos, sin embargo todos estos resultados se encuentran en valores que no superan la norma establecida de 0,1 mg/ Kg.

3.8 RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DE As DEL TOTAL DE MUESTRAS DE MAÍZ (*Zea mays*)

CUADRO N°26. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DEL TOTAL DE MUESTRAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN LAS PARROQUIAS SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS.

PARROQUIA	SANTA FÉ DE GALÁN	MATUS
CONCENTRACIÓN	0.03080778 mg /kg	0.027131111 mg /kg

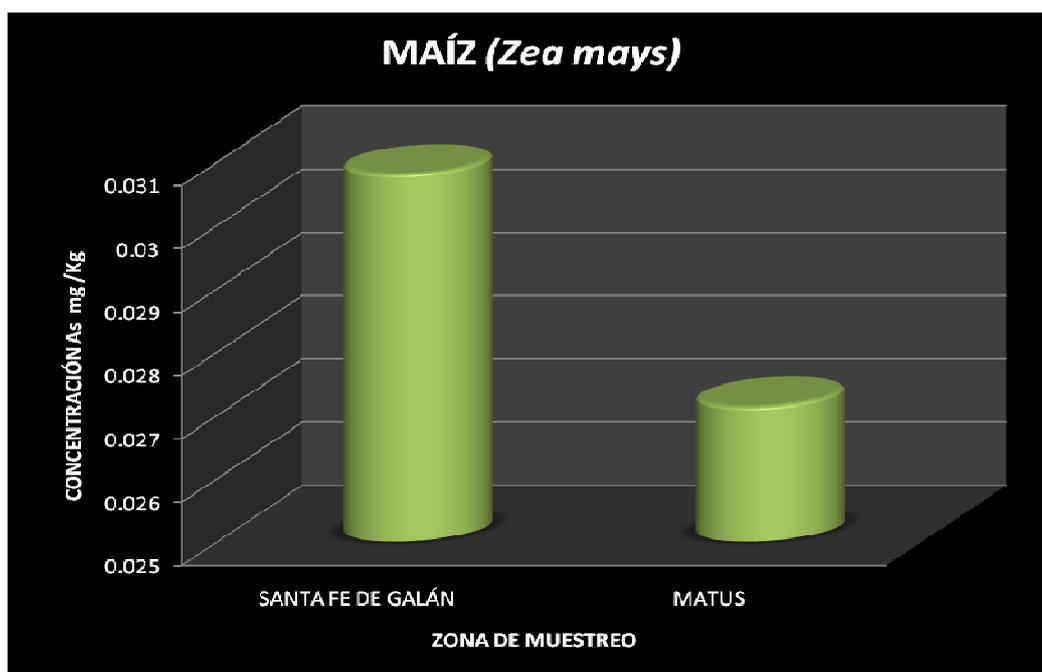


GRÁFICO N° 14. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DEL TOTAL DE MUESTRAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN LAS PARROQUIAS SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS.

El análisis de la concentración de As promedio del total de muestras de maíz (*Zea mays*) en las parroquias Santa Fé de Galán y Matus como lo muestra la gráfica N° 14 , indica

claramente la significativa diferencia de la concentración de arsénico que existe entre ambas parroquias debido a la distancia del terreno en relación con el Volcán Tungurahua, tal ha sido la pérdida de los cultivos que los moradores del sector de Santa Fé de Galán con el fin de al menos recuperar su inversión de cultivo han optado por incremento en cuanto a fertilización se refiere llevando así una manera más de contaminar a los alimentos, sin embargo todos estos resultados se encuentran en valores que no superan la norma establecida de 0,1 mg/ Kg.

3.9 RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN DE As DEL TOTAL DE MUESTRAS DE LECHE CRUDA.

CUADRO N° 27. CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DEL TOTAL DE MUESTRAS DE LECHE CRUDA EN LAS PARROQUIAS SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS.

PARROQUIA	SANTA FÉ DE GALÁN	MATUS
CONCENTRACIÓN	0.03575 mg /l	0.044672222 mg /l

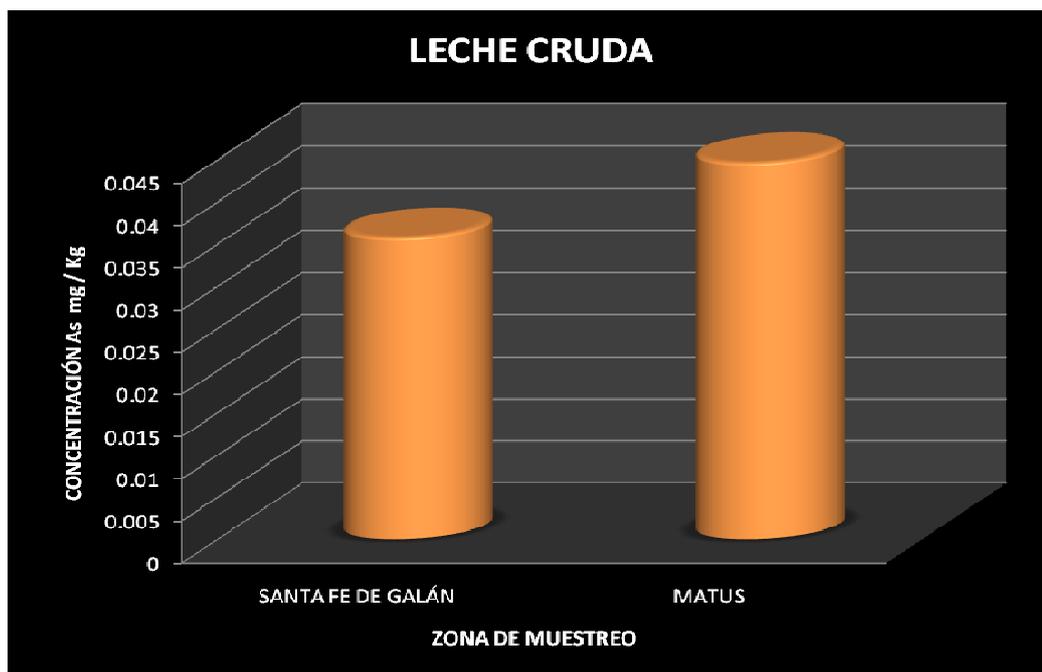


GRÁFICO N° 15. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE As PROMEDIO DEL TOTAL DE MUESTRAS DE LECHE CRUDA EN LAS PARROQUIAS SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS.

Al realizar el análisis comparativo de los resultados de la concentración de arsénico que muestra la gráfica N° 15, en las parroquias de Santa Fé de Galán y Matus en cuanto a leche cruda se refiere, nos da un resultado distinto al los alimentos cultivados que estaban determinados por la distancia al volcán Tungurahua que estos sectores tenían dándose cuenta aquí que el factor de permanencia en el sector del ganado vacuno también influye significativamente en la concentración de arsénico que presentan y determinándose también que al igual que en el hombre, la leche no constituye una vía importante de eliminación de As, y su distribución en el organismo sigue un modelo multicompartmental, donde sólo una pequeña fracción corresponde a la secreción láctea.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

1. La concentración de Arsénico en ceniza del volcán Tungurahua de 110 ppb representa contaminación de este metal a los alimentos que se encuentran expuestos en los cantones aledaños Guano y Penipe, siendo sus concentraciones; en papas del sector Guano 0,03915 mg /Kg, y del sector Penipe de 0.03511 mg /Kg, en maíz del sector Guano, 0.03080 mg /Kg y del sector Penipe de 0.02713 mg /Kg, en leche del sector Guano de 0.03575 mg /l y del sector Penipe de 0.04467 mg /l.
2. La aplicación de la técnica de digestión húmeda permitió digerir y oxidar la materia orgánica mediante la utilización de ácido nítrico y ácido clorhídrico, una vez dada esta predigestión las muestras no presentaron dificultades, se obtuvo una solución completamente transparente la cual permitió una fácil cuantificación por el método de espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros utilizado para la determinación de la concentración de Arsénico en alimentos que fue una técnica analítica de amplia sensibilidad.
3. En promedio los resultados obtenidos de la concentración de As en los alimentos cultivados demuestran que el contenido varía en dependencia a la distancia de la zona al volcán, es así que la Parroquia Santa Fe de Galán presenta mayor concentración de As que la parroquia Matus que se encuentra más distante, en cuanto a leche cruda la concentración muestra que la permanencia del ganado vacuno en el sector tiene gran importancia siendo en Parroquia Matus la concentración mayor por su tiempo de cuatro años ocho meses a diferencia de la Parroquia Santa Fé de Galán en donde su ganado no lleva más de un año dos meses,

y en promedio los resultados obtenidos de la concentración de As comparados con límites que están establecidos por NTE - INEN, el cual establece un valor máximo de Arsénico en alimentos de 0.1 mg/Kg, se concluye que dichos alimentos se encuentran por debajo de estos límites, por lo cual puede considerarse que este estudio es un avance significativo aplicable a inocuidad alimentaria

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

1. Determinar la concentración de Arsénico que se encuentra en los suelos de cultivo de las zonas aledañas al Volcán Tungurahua y de esta manera identificar el grado de influencia que tiene este resultado con la absorción en las plantas que se cultivan.
2. Realizar el análisis de metales pesados en los alimentos que se encuentran cerca del Volcán Tungurahua con el fin de determinar la inocuidad que estos presentan al estar expuesto a la ceniza volcánica por años y así mantener la seguridad alimentaria.
3. Identificar la concentración de Arsénico que se encuentra presente en personas que están expuestas a este metal por medio de análisis en sangre, pelos y uñas que es posible realizarlo por el método de espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros.

CAPÍTULO VI

6. RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se realizó la evaluación de la concentración de As en tres alimentos papas (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*) y leche cruda producidas en las zonas afectadas por el Volcán Tungurahua (Guano y Penipe), mediante el método científico, inductivo – deductivo con el interés de investigar la inocuidad que presentan dichos alimentos que son consumidos, realizándose el análisis por el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con generación de hidruros, en la Facultad de Ciencias, en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).

La obtención de la muestra se realizó con sumo cuidado para que las propiedades del producto no sean afectadas, el alimento se trabajo integro con 1 Kg de muestra cultivada y 5 ml de leche, a continuación se lo llevo a digestión húmeda, mediante el digestor Simplicity para así obtener la muestra para la lectura del equipo utilizado.

Siendo sus concentraciones;, en maíz del sector Guano, 0.03080 mg /Kg y del sector Penipe de 0.02713 mg /Kg, en leche del sector Guano de 0.03575 mg /l y del sector Penipe de 0.04467 mg /l. que se encontraron dentro de los límites establecidos por la norma ecuatoriana INEN de 0.1 mg / Kg .

SUMMARY

The present investigation, project dealt with the evaluation of the As concentration in three potato food (*Solanum tuberosum*), corn (*Zea mays*) and raw milk produced in the affected zones by the Tungurahua volcano (Guano and Penipe) using the method inductive, the analysis was carried out by Atomic Adsorption Spectrophotometry Method which hydrocarbide generation of metal and metalloid elements at the Science Faculty offered by the Technical Services and Environmental Technology Transference Center (CESTTA).

The sample obtainment was carried out with care so that the product properties would not be affected. The food was integrally treated with 1 Kg cultured sample and 5 ml milk. This was brought to the humid digestion to obtain the sample for the equipment reading.

The evaluating the results of arsenic concentration: in potatoes of Guano 0,03915 mg /Kg, and Penipe of 0.03511 mg /Kg, in corn of Guano, 0.03080 mg /Kg and Penipe 0.02713 mg /Kg, in milk of Guano 0.03575 mg /l and Penipe de 0.04467 mg /l, they were within the established limits by the Ecuadorian norm INEN of 0.1 mg / Kg.

CAPITULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

1. **BENCKO, V.** 1976. Biotransformation of As(III) to As(V): Arsenic Tolerance. Archives of Toxicology. España. 2 (1): 159-162. Enero - Junio.
2. **BENOTO, V.** 1977. Health Aspects of Burning Coal With a High Arsenic Content. Envirom. EEUU 3 (2): 386-395. Abril – Junio.
3. **BERTOLERO, F.; MARAFANTE, E. y EDEL, J.** 1981. Biotransformation and Intracellular Binding of Arsenic in Tissues of Rab-Bits After Intraperitoneal Administration of As: Toxicology. Canada. 1 (1): 35-44. Enero – Marzo.
4. **BÖRGEL, L.** 2000. Protocolos para el Manejo del Paciente Intoxicado. Chile: Ministerio de Salud. pp. 54 - 67
5. **BOUDENE, L.** 1990. Toxicidad de los Metales. 2ª. Ed. Barcelona: Omega, S.A. pp. 133-163.
6. **BUCHET, J. y LAUWERYS, R.** 1985. Study of Inorganic Arsenic Methylation by rat Liver in Vitro: Relevance for the Interpretation of Observations in Man: Archives of Toxicology. Canada. 2 (3): 125-129. Mayo – Junio.

7. **BURGUERA, M.; BURGUERA, J. y BRUNETTO, M.** 1991. Determination of Inorganic Arsenic (III) and Arsenic (V): Species by use of an Aluminium-Column Arsine Generator and Cold- Trapping. *Arsine Collection*. Canada 3(4): 105-128. Julio – Agosto.
8. **DUEÑAS, A.; MARTÍN, J. y GONZÁLEZ, A.** 2001. Intoxicaciones Agudas en Medicina de Urgencia y Cuidados Críticos. *Masson*. Barcelona. 2(1): 171-174 Enero - Junio
9. **ELLENHORN, J.; SCHONWALD, S. y ORDOG, G.** 1997. *Ellenhorn's Medical Toxicology*. 3a. ed. EEUU: William & Wilkins. pp. 1533-1633
10. **FERGUSON, J y GAVIS, J.** 1972. "A Review of the Arsenic Cicle in Natural Waters". *Empiroment*. Canada. 2(2): 1259-1274. Junio – Diciembre.
11. **FOÀ, V. y BERTOLERO, F.** 1983. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. 3a. ed. Ginebra: Parmeggiani. pp. 183-184.
12. **GARCÍA, C.** 1996 *Síntesis Diagnóstica de las Enfermedades Profesionales Producidas por Metales, Productos Químicos y Agentes Vivos*. 5a. ed. Madrid: Mapfre S.A. pp. 1-61
13. **GISBERT, J.** (1991). Arsénico. in *Medicina Legal y Toxicología*. 2a. ed. Barcelona Salvat. pp.708-718
14. **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. *Envirin. Pollut*. Canada. 2(1): 213-226. Enero – Junio.

15. **GROBE, J. 1976** Peripheral Circulatory Disorders and Acrocyanosis in Moselle Valley Vineyard Workers With Arsenic Poisoning. *Berufsdermatosen, Honduras*. 3(2): 78-84. Julio – Diciembre.
16. **ISHINISHI, N.; TSUCHIYA, K. y VAHTER M. 1986.** Handbook On The Toxicology of Metals, 2a. ed. Alemania. Friberg. Elsevier Science. pp 43-83.
17. **JACOBS, L.; KEENEY, D y WALSH, L. 1970.** Arsenic Residue Toxicity to Vegetable Crops Grown on Plainfield Sand. *Agron. Canada* 3 (1): 588-591. Enero – Mayo.
18. **JIMÉNEZ, A. 1996.** Determination of Total Arsenic and Selenium in Soils and Plants by Atomic Absorption Spectrometry with Hydride Generation and Flow Injection Analysis Coupled Techniques. 3a. ed. Canada. Papirah. pp. 764-768.
19. **JOHNSON, L y HITBOLD, A. 1969.** Arsenic Content of Soil and Crops Following Use of Methanearsonate Herbicides. *Soil Science, Australia*. 4 (2): 279-282. Marzo – Abril.
20. **JACOBS, L.; KEENEY, D. y WALSH, L. 1970.** “Arsenic Residue Toxicity to Vegetable Crops Grown on Plainfield Sand”. *Agron. Australia*. 2(1): 588-91.
21. **LAGERKVIST, B., LINDERHOLM, H., NORDBERG, G. 1986.** Vasospastic Tendency and Raynaud's Phenomenon in Smelter Workers Exposed to Arsenic. *Environ. Canada*. 3(1): 465-474. Enero – Marzo.

22. **LANCASTER, R., HUGUES, J.** 1971. "Toxicity of Arsenic Present in Lakeweed". *Enviro. Canada* 2 (1): 14-25. Enero – Julio.
23. **LEPP, N.** 1981. "Effect of Heavy Metals Pollution on Plants. 3a. ed. London. Science Publishers. pp. 23-28.
24. **MACKENZIE, F., LANTZY, R., PATERSON, V.** 1979. "Global Trace Metal Cycles and Predictions". *Environ. Canada.* 2 (1): 99-142. Enero – Junio.
25. **MEALEY, J., BROWNELL, G., SWEET, W.** 1959. Radioarsenic in Plasma, Urine, Normal Tissues and Intracranial Neoplasms. *Archives Psychiatry. Canada.* 2 (1): 310-320. Enero – Junio.
26. **MEHARG, A. y MACNAIR, M.** 1990. An Altered Phosphate Uptake System in Arsenate Tolerant *Holcus Lanatus L.* *New Phytol. Inglaterra.* 3 (1): 29-35. Enero - Marzo
27. **MEHARG, A. y MACNAIR, M.** 1991. Uptake, Accumulation and Translocation of Arsenate Tolerant and Non Tolerant *Holcus Lanatus L.* *New Phytol. EEUU.* 4 (2): 225-231. Abril – Julio.
28. **RIOS, J** 2008. Análisis del volcán Tungurahua. 1a. ed. Ambato – Ecuador: Americana. pp. 15 -32.
29. **NARH, H** 1977. Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants Arsenic. 5a. ed. Angola. Zimar. pp. 34 - 54.
30. **NAS, F** 1977. Medical and Biological Effects of Environmental Pollutants, Arsenic. Division of Medical Sciences. National Research Council, National Academy of Sciences, Washington. 6 (1): 35 – 59 . Enero – Febrero.

31. **NIOSH**: 1975. Occupational Exposure to Inorganic Arsenic. Whelfare. EEUU. 3(2): 12 – 45. Julio – Diciembre.
32. **NORP, A.** 1979. Conservas Vegetales Requisitos Generales. 1a. ed. Quito – Ecuador. America. pp. 78 – 79.
33. **POTTER, N.** 1978. La Ciencia de los Alimentos. Primera Edición 4a. ed. México. Edutex. pp. 379
34. **RAFIEE, S y ERICKSON, T.** 2002. Secretos de la Toxicología. Interamericana. México. 1 (1): 165-168. Enero – Diciembre.
35. **ROUESSAC, A.** 2003. Análisis Químico, Métodos y Técnicas Instrumentales Modernas; Interamericana. España. 3(2): 229-247. Marzo – Diciembre.
36. **ROUES, F .** 2003. Análisis Químico. Interamericana. España. 3(1) 149 – 162. Enero – Marzo.
37. **SABBIONI, E., GOETZ, L., SPRINGER,** 1983. Trace Metals from Coal-Fired Power Plants. Environ. Canada. 2 (1): 213-227. Enero – Junio.
38. **SACHS, R. y MICHAELS, J.** 1971. “Comparative Phytotoxicity Among Four Arsenical Herbicides”. Weed Science. Australia. 3 (1): 558-564. Enero – Marzo.
39. **SANDBERG, G. y ALLEN, I.** 1975. A Proposed Arsenic Cycle in a Agronomic Ecosystem American Chemical Society Symposium. Washington. 7(2): 55 – 72 Julio – Diciembre.

40. **SANZ, P.; NOGUÉ, S. y CORBELLA, J.** 1993. Metales: Toxicología Clínica. Springer-Verlag Ibérica. Barcelona. 3(1) 275-291. Enero – Julio.
41. **SHIBAMOTO, T. y BJELDANES, L.** 1996. Introducción a la Toxicología de los Alimentos. Acribia. Zaragoza. 3 (2): 159 – 162. Julio – Diciembre.
42. **SMITH, A y THORNE M.C.** 1990. Press Limited, Lancaster, for the Commission of the European Communities. Australia. 1 (2): 1-15. Enero – Junio.
43. **SMITH, A** 1996. Pharmacodynamic Models of Selected Toxic Chemical in Man MTP Press Limited. Lancaster . Australia 2 (1): 15. Enero – Julio.
44. **SKOOG, DOUGLAS A. Y LEARY, JAMES J.;** Análisis Instrumental. 2a. ed. España. Interamericana de España. pp. 227-271.
45. **THORNE, M., JACKSON, D., SMITH, A.** 1986. Pharmacodynamic Models of Selected Toxic Chemicals in Man. MTP Press Limited. Lancaster. Alemania. 2 (1): 30-102. Enero – Diciembre.
46. **TSENG, W.** 1977. Effects and Dose-Response Relationships of Skin Cancer and Blackfoot Disease with Arsenic. Environ, Canada. 2 (2): 109-119. Julio – Diciembre.
47. **VAHTER, M y MARAFANTE, E.** 1985. Reduction and Binding of Arsenate in Marmoset Monkeys. Archives of Toxicology. Canada. 3 (4): 119-124. Agosto – Diciembre.

48. **WALSH, L y KEENEY, D.** 1975. Arsenical Pesticides American Chemical Society. Washington. 2 (3): 124 – 153. Agosto – Septiembre.
49. **WAUCHOPE, R.** 1983. Uptake, Translocation and Phytotoxicity of Arsenic in Plants. 2a. ed. New York, N.Y. pp 348-374.
50. **WAUCHOPE, R. y McDOWELL, L.** 1984. “Adsorption of Phosphate, Arsenate, Methanearsonate, and Cacodylate by Lake and Stream Sediments: Comparisons With Soils”. Environ. Canada 2 (2): 499-504 Julio – Agosto.
51. **WENT, A.** 1981. Environmental Health Criteria. World Health Organization, Ginebra, 3 (1): 48 – 56. Enero - Diciembre.
52. **WOOLSON, E.** 1972. Effects of Fertiliser Materials and Combinations on the Phytotoxicity, Availability and Content of Arsenic in Corn. J. Science. Alemania. 1(1): 34 – 76. Enero – Diciembre.
53. **WOOLSON, E** 1973 Arsenic Phytotoxicity and Uptake in Six Vegetable Crops. Weeds Science. Alemania. 1 (1): 524-237. Enero – Diciembre.
54. **WOOLSON, E.** 1985. Persistence and Reactions of ¹⁴C-Cacodylic Acid in Soils. Environ. Alemania. 1 (1): 47-50. Enero –Diciembre.
55. **WOOLSON, E.; AXLEY, J. y KEARNEY, P.** 1971. Correlation Between Available Soil Arsenic, Estimated by Six Methods and Response to Corn (*Zea mays* L.) . Soil Science. Alemania. 2 (1): 35 – 52. Enero – Diciembre.

56. **WORCHA, F.** 1981. Arsenic". Environmental Health Criteria , Geneva. Finland. 3(2):
46 – 55. Julio – Diciembre.

BIBLIOGRAFÍA – INTERNET

57. **ARMENDARIS**, Asénico.

<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/As.htm>
2008.

58. **ACOSTA**, Arsénico.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ars%C3%A9nico>
20081205

59. **BOONER,H.** Arsénico en el medio ambiente

<http://www.lenntech.com/espanol/arsénico-en-el-medioambiente.htm>
2008

60. **CIFRE, A.** Características físicas del arsénico

<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=37>
20090617

61. **COSTALES, T** , Ceniza volcánica

www.paho.org/spanish/dd/PED/te_volc.htm - 29k
1986

62. DÁVILA, Ciclo del arsénico

http://190.2.24.138/3/biblioteca/D.S._N165_1999%20Emision_arsenico
1999.

63. FOA, V. Contaminación de arsénico

<http://publicaciones.san.gva.es/publicaciones/documentos/V.3702-1994.PDF>
1994.

64. GROBE J. Determinación espectrofotométrica de metales pesados

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/choussy_c_d/apendicec
pdf
1998.

65. HAMAMOTO, E. El arsénico en la serranía ecuatoriana

http://www.elmercurio.com.ec/web/titulares.php?nuevo_mes=01&nuevo_a
2007/01/19.

66. ISHINISHI, N. Ecuador ciencia - Volcán Tungurahua

<http://www.ecuadorciencia.org/volcanes.asp?id=82>
2005/03/03.

67. KAISE, T. Leche

<http://es.wikipedia.org/wiki/Leche>
2006.

68. LILIS, R. Liniamientos de política proceso de recuperación y desarrollo social sostenible en la zona de influencia del Volcán Tungurahua.

<http://www.pnud.org.ec/Proyectos/Sistema/web/lineamientos%20recuperaci%..3%B3n-tungurahua-resumen.pdf>
2002.

69. NORIN, Papa.

<http://html.rincondelvago.com/cultivo-de-la-papa.html>
2007

70. OSHO. Papa (tubérculo)

[http://enciclopedia.us.es/index.php/Papa_\(tub%C3%A9rculo\)](http://enciclopedia.us.es/index.php/Papa_(tub%C3%A9rculo))
2006.

71. PEREZ. Peligro volcánico

http://asambleaconstituyente.gov.ec/blogs/rommel_rivera/2008/02/12/erupcion-del-tungurahua/ Febrero 12, 2008 | Por: Rommel Rivera
20080212

72. RIBARD, Producción higiénica de la leche cruda

http://www.science.oas.org/oea_gtz/LIBROS/LA_LECHE/le_html/cap7_leche.htm.
2008.

73. ROTH, *Solanum tuberosum*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Patata>
2005.

74. SANZ, Toxicología de alimentos

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

2006

75. SANCHEZ, Toxicología de alimentos

http://www.csgastronomia.edu.mx/profesores/ex_profesores/ncid/Qu%C3%201/toxicologia.htm

2004.

76. SMITH, Tungurahua Volcán

[http://es.wikipedia.org/wiki/Tungurahua_\(volc%C3%A1n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Tungurahua_(volc%C3%A1n))

2009.

77. TAMN, V. VALOR NUTRITIVO DEL MAIZ

<http://www.harimasa.com/ofrecemos.htm>

2008.

78. TERADA, *Zea Mays*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Avat%C3%AD>

2005

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

ANEXO N°1 ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO EN SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS (PAPAS)

RESUMEN	SANTA FE DE GALÁN	MATUS	Total
<i>M1</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.08693	0.06562	0.15255
Promedio	0.028976667	0.021873333	0.025425
Varianza	4.93733E-07	3.28933E-07	1.54663E-05
<i>M2</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.09293	0.12845	0.22138
Promedio	0.030976667	0.042816667	0.036896667
Varianza	5.52333E-08	1.31233E-07	4.21303E-05
<i>M3</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.17249	0.12373	0.29622
Promedio	0.057496667	0.041243333	0.04937
Varianza	3.06763E-06	4.97033E-07	8.06771E-05
<i>Total</i>			
Cuenta	9	9	
Suma	0.35235	0.3178	
Promedio	0.03915	0.035311111	
Varianza	0.000190992	0.000102276	

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0.001721092	2	0.000860546	1128.88129	2.18376E-14	3.885293835
Columnas	6.63168E-05	1	6.63168E-05	86.9956783	7.56082E-07	4.747225336
Interacción	0.000615904	2	0.000307952	403.977357	9.82536E-12	3.885293835
Dentro del grupo	9.1476E-06	12	7.623E-07			
Total	0.002412461	17				

ANEXO N°2 ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO EN SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS (MAÍZ)

RESUMEN	SANTA FE DE GALÁN	MATUS	Total
<i>M1</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.03578	0.06232	0.0981
Promedio	0.011926667	0.020773333	0.01635
Varianza	1.56433E-07	3.20133E-07	2.36697E-05
<i>M2</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.05685	0.08984	0.14669
Promedio	0.01895	0.029946667	0.024448333
Varianza	7.927E-07	3.54033E-07	3.67367E-05
<i>M3</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.18464	0.09202	0.27666
Promedio	0.061546667	0.030673333	0.04611
Varianza	4.28403E-06	3.73333E-07	0.000287812
<i>Total</i>			
Cuenta	9	9	
Suma	0.27727	0.24418	
Promedio	0.030807778	0.027131111	
Varianza	0.000542052	2.30979E-05	

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0.002840937	2	0.001420468	1356.99137	7.27694E-15	3.885293835
Columnas	6.08304E-05	1	6.08304E-05	58.1120953	6.1403E-06	4.747225336
Interacción	0.001667699	2	0.000833849	796.586886	1.74564E-13	3.885293835
Dentro del grupo	1.25613E-05	12	1.04678E-06			
Total	0.004582027	17				

ANEXO N°3 ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO EN SANTA FÉ DE GALÁN Y MATUS (LECHE)

RESUMEN	SANTA FE DE GALÁN	MATUS	Total
<i>M1</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.14264	0.15638	0.29902
Promedio	0.047546667	0.052126667	0.049836667
Varianza	1.52033E-07	2.04323E-06	7.17103E-06
<i>M2</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.09231	0.13289	0.2252
Promedio	0.03077	0.044296667	0.037533333
Varianza	1.7539E-06	3.13633E-07	5.57182E-05
<i>M3</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0.0868	0.11278	0.19958
Promedio	0.028933333	0.037593333	0.033263333
Varianza	1.33233E-07	2.41433E-07	2.26485E-05
<i>Total</i>			
Cuenta	9	9	
Suma	0.32175	0.40205	
Promedio	0.03575	0.044672222	
Varianza	7.94206E-05	4.03322E-05	

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0.000888561	2	0.00044428	574.814209	1.2153E-12	3.885293835
Columnas	0.000358227	1	0.000358227	463.477905	5.89343E-11	4.747225336
Interacción	6.01868E-05	2	3.00934E-05	38.9351658	5.66747E-06	3.885293835
Dentro del grupo	9.27493E-06	12	7.72911E-07			
Total	0.00131625	17				