



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*), ZANAHORIA (*Daucus carota*) Y LECHE CRUDA PRODUCIDOS EN LAS ZONAS AFECTADAS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA (MOCHA – QUERO)”

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR

MARÍA PAULINA POLO PUENTE

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

DEDICATORIA

Esta tesis forma parte del final de otra etapa de mi vida, constituyéndose así en el portal que me abrirá las puertas a nuevas experiencias es por ello que con mucho amor se la dedico a Dios y de manera especial a mi Abuelito quien a pesar de no estar conmigo siempre a guiado mis pasos, y a mi “Mami” por su amor, paciencia, confianza, fuerza y apoyo.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por sus bendiciones y por haber sabido orientarme por el camino del bien a mí y a toda mi familia, permitiéndonos vivir con amor, respeto.

A mi Madre por el apoyo incondicional que me ha brindado lo largo de la carrera, a mis Hermanos que con sus sonrisas fueron parte de inspiración que le permite a uno dotarse de fuerzas para alcanzar el objetivo deseado.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

*Al Laboratorio **CESTA** en la persona del Dr. Roberto Erazo, por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección de la presente Tesis.*

A la Dra. Olga Lucero y al Dr. Calos Pilamunga, Miembros del Tribunal de Tesis quienes con su aporte han sabido guiar mis conocimientos en la elaboración del trabajo.

Y a todas aquellas personas que colaboraron de cualquier manera para la culminación de este trabajo de investigación.

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*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda) producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (Mocha – Quero)”, de responsabilidad de la señorita egresada María Paulina Polo Puente, 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

Dr. Carlos Pilamunga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Olga Lucero
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tc. Carlos Rodríguez
**DIRECTOR CENTRO
DE DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE TESIS

Yo María Paulina Polo Puente, 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

MARÍA PAULINA POLO PUENTE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

Abs	Absorbancia
As	Arsénico
C	Concentración
°C	Grados centígrados
C₁	Concentración uno
C₂	Concentración dos
CAA	Código Alimentario Argentino
CESTTA	Centro de Servicio Técnico y Transferencia Tecnológica Ambiental
Conc.	Concentrado
EFAA	Espectrofotometría de Absorción Atómica
EPA	Agencia de protección Ambiental
FAAS	Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
g	Gramos
g/Ha	Gramos por cada hectárea
gl	Grados de libertad
h	Hora
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg	Kilogramo
Kg/Ha	Kilogramo por cada hectárea
L	Litro
LDE	Lámpara de descarga sin electrodos
L/Ha	Litros por cada hectárea
mA	Miliamperios
min	Minutos
mg	Miligramo
ml	Mililitro
mm	Milímetro
mPa	Milipascales

m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar.
M₁R₁	Muestra uno, repetición uno
M₁R₂	Muestra uno, repetición dos
M₁R₃	Muestra uno, repetición tres
M₂R₁	Muestra dos, repetición uno
M₂R₂	Muestra dos, repetición dos
M₂R₃	Muestra dos, repetición tres
M₃R₁	Muestra tres, repetición uno
M₃R₂	Muestra tres, repetición dos
M₃R₃	Muestra tres, repetición tres
N	Normal
nm	Nanómetro
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
L_E	Lectura expresada por el Equipo (Ug/L)
V_D	Valor a la que la muestra fue diluida
OMS	Organización Mundial de la Salud
OSHA	Administración de Salud y Seguridad Ocupacional
p	Promedio
PC	Promedio de cuadrados
P	Probabilidad
%	Porcentaje
ppb	Partes por Billón
ppm	Partes por Millón
pH	Potencial de Hidrógeno
pur	Pureza
§	Varianza
\bar{S}	Desviación estándar
SC	Suma de cuadrados
STP	Estándar
t	Tiempo
µl	Microlitros

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	Contaminación Ambiental.....	1
1.1.1	La ceniza volcánica como agente contaminante y sus efectos.....	2
1.2	Metales Tóxicos.....	3
1.3	El Arsénico.....	4
1.3.1	Distribución medio ambiental.....	5
1.3.2	Fuentes de Contaminación Medio Ambiental.....	6
1.3.3	Ciclo del Arsénico.....	8
1.4	Arsénico en el Organismo Humano.....	10
1.4.1	Metabolismo y Eliminación de Arsénico.....	10
1.4.2	Efectos en la salud y Toxicidad.....	12
1.4.3	Síntomas de envenenamiento.....	14
1.4.3.1	Confirmación del envenenamiento.....	17
1.4.4	Tratamiento.....	18
1.5	Gas Arsina.....	22

1.5.1	Tratamiento.....	23
1.6	Arsénico en Vegetales.....	24
1.6.1	Absorción en el Tejido Vegetal.....	24
1.6.1.1	Fitotoxicidad.....	24
1.6.1.2	Toma de Arsénico.....	25
1.6.1.3	Translocación.....	25
1.6.1.4	Niveles de Arsénico en distintos cultivos.....	26
1.7	Alimentos de mayor demanda en la Provincia de Tungurahua (Mocha – Quero) que han sido afectados por el proceso eruptivo.....	28
1.7.1	Papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	28
1.7.1.1	Composición Química.....	29
1.7.1.2	Variedades.....	29
1.7.1.3	Requerimientos Edafológicos.....	30
1.7.1.4	Valor Nutritivo.....	30
1.7.2	Zanahoria (<i>Daucus carota</i>).....	31
1.7.2.1	Composición Química.....	32
1.7.2.2	Variedades.....	33
1.7.2.3	Requerimientos Edafológicos.....	34
1.7.2.4	Valor Nutritivo.....	34
1.7.3	Leche Cruda.....	35
1.7.3.1	Composición Química.....	37
1.7.3.2	Valor Nutritivo.....	38
1.7.3.3	Inconvenientes de su consumo.....	38
1.8	Límites establecidos de Arsénico.....	39
1.8.1	Concentraciones máximas permitidas de arsénico en el aire.....	39
1.8.2	Concentraciones máximas permitidas de arsénico en el agua.....	40

1.8.3	Concentraciones máximas permitidas de arsénico en alimentos.....	40
1.8.4	Concentraciones máximas permitidas de arsénico en el organismo humano	40
1.9	Métodos Analíticos.....	41
1.9.1	Selección del método.....	41
1.9.2	Instrumentos para el Análisis.....	41
1.9.3	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	42
1.9.3.1	Efecto de la temperatura sobre los elementos.....	43
1.9.3.2	Determinación de la concentración.....	44
1.9.3.3.	Esquema Óptico.....	45
1.9.3.4	Lámparas de cátodo hueco.....	46
1.9.3.5	Dispositivo térmico para obtener Gas Térmico.....	47
1.9.3.6	Atomización por Llama.....	47
1.9.3.7	Corrección con lámpara de Deuterio.....	48
1.9.3.8	Corrección del ruido de fondo con lámpara de cátodo hueco de pulsos.....	48
1.9.3.9	Interferencias.....	49
1.9.3.10	Sensibilidad y límite de Detección.....	50
1.10	Equipo utilizado.....	50
1.10.1	Características del Espectrofotómetro de absorción atómica para la medición.....	50
1.10.2	Accesorios.....	51
2	PARTE EXPERIMENTAL.....	52
2.1	Lugar de investigación.....	52
2.2	Materiales, equipos y reactivos.....	52
2.2.1	Muestra.....	52
2.2.2	Equipos.....	52
2.2.3	Reactivos.....	54
2.3	Métodos.....	54

2.3.1.1	Obtención de la muestra.....	54
2.3.1.2	Tratamiento químico de la muestra de ceniza.....	58
2.3.1.3	Tratamiento químico de la muestra de alimentos.....	59
2.3.2	Determinación del porcentaje de recuperación de arsénico.....	59
2.3.3	Preparación de soluciones estándares de arsénico.....	61
2.3.4	Preparación de reactivos de arsénico.....	62
2.3.5	Preparación de soluciones para la lectura de las muestras.....	63
2.4	Características del equipo utilizado para las mediciones.....	64
2.4.1.	Cuantificación de arsénico por espectrofotometría de absorción atómica....	64
2.5	Análisis Estadístico.....	65
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
3.1	Gráficas de la concentración de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>), zanahorias (<i>Daucus carota</i>) y leche cruda procedentes de la parroquia Pilco cantón Quero y de la parroquia Atillo cantón Mocha.....	66
3.2	Gráficas de la concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>), zanahorias (<i>Daucus carota</i>) y leche cruda procedentes de la parroquia Pilco cantón Quero y de la parroquia Atillo cantón Mocha	75
3.3	Gráficas de la concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>), zanahorias (<i>Daucus carota</i>) y leche cruda procedentes de las dos zonas de muestreo.....	84
4.	CONCLUSIONES.....	88
5.	RECOMENDACIONES.....	89
6.	RESUMEN.....	90
	SUMARY	92
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	92
8.	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No 1	Resultados del análisis de la concentración de arsénico en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) procedentes de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	67
CUADRO No 2	Resultados del análisis de la concentración de arsénico en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) procedentes de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	68
CUADRO No 3	Resultados del análisis de la concentración de arsénico en zanahorias (<i>Daucus carota</i>) procedentes de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	70
CUADRO No 4	Resultados del análisis de la concentración de arsénico en zanahorias (<i>Daucus carota</i>) procedentes de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	71
CUADRO No 5	Resultados del análisis de la concentración de arsénico en leche cruda procedentes de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	73
CUADRO No 6	Resultados del análisis de la concentración de arsénico en leche cruda procedentes de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	74
CUADRO No 7	Prueba de tukey para determinar la concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Pilco cantón Quero.....	76
CUADRO No 8	Prueba de tukey para determinar la concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	78
CUADRO No 9	Prueba de tukey para determinar concentración promedio de arsénico en las muestras de zanahoria (<i>Daucus carota</i>) de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	79
CUADRO No 10	Prueba de tukey para determinar concentración promedio de arsénico en las muestras de zanahoria (<i>Daucus carota</i>) de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	81
CUADRO No 11	Prueba de tukey para determinar concentración en las muestras de leche cruda de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	82
CUADRO No 12	Prueba de tukey para determinar concentración en las muestras de leche cruda de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA No. 1	Dosificación intramuscular recomendada de BAL para envenenamiento.....	20
TABLA No. 2	Dosificación de d – penicilina.....	21
TABLA No. 3	Dosificación de DMSA (succimer) y DMPS.....	21
TABLA No. 4	Contenido de arsénico en algunas especies vegetales.....	26
TABLA No. 5	Composición química de la zanahoria en 100 g de sustancia comestible.....	33
TABLA No. 6	Composición por 100 g de leche.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No. 1	Ciclo global biogeoquímico del Arsénico.....	9
FIGURA No. 2	Ciclo aire – agua – suelo para el Arsénico.....	10
FIGURA No. 3	Componentes fundamentales de un Equipo de AA-S.....	42
FIGURA No. 4	Curva de Calibración.....	45
FIGURA No. 5	Esquema Óptico de Haz simple.....	46
FIGURA No. 6	Lámpara de Cátodo Hueco.....	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO No 1	Concentración de arsénico en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	67
GRÁFICO No 2	Concentración de arsénico en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	69
GRÁFICO No 3	Concentración de arsénico en zanahorias (<i>Daucus carota</i>) de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	70
GRÁFICO No 4	Concentración de arsénico en zanahorias (<i>Daucus carota</i>) de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	72
GRÁFICO No 5	Concentración de arsénico en leche cruda de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	73
GRÁFICO No 6	Concentración de arsénico en leche cruda de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	75
GRÁFICO No 7	Concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Pilco cantón Quero.	76
GRÁFICO No 8	Concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de la parroquia Atillo, cantón Mocha	77
GRÁFICO No 9	Concentración promedio de arsénico en las muestras de zanahoria (<i>Daucus carota</i>) de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	79
GRÁFICO No 10	Concentración promedio de arsénico en las muestras de zanahoria (<i>Daucus carota</i>) de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	80
GRÁFICO No 11	Concentración promedio de arsénico en las muestras de leche cruda de la parroquia Pilco, cantón Quero.....	82
GRÁFICO No 12	Concentración promedio de arsénico en las muestras de leche cruda de la parroquia Atillo, cantón Mocha.....	83
GRÁFICO No 13	Concentración promedio de arsénico en papas (<i>Solanum tuberosum</i>) de las dos zonas de muestreo.....	85
GRÁFICO No 14	Concentración promedio de arsénico en zanahorias (<i>Daucus carota</i>) de las dos zonas de muestreo.....	86

GRÁFICO No 15 Concentración promedio de arsénico en la leche cruda de las 87
dos zonas de muestreo.....

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA No.1	Ceniza Volcánica.....	2
FOTOGRAFÍA No.2	Planta de Papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	28
FOTOGRAFÍA No.3	Planta de Zanahoria (<i>Daucus carota</i>).....	31
FOTOGRAFÍA No.4	Leche Cruda.....	35
FOTOGRAFÍA No.5	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO No 1	Etiqueta para el muestreo de papas (<i>Solanum tuberosum</i>)...	105
ANEXO No 2	Etiqueta para el muestreo de zanahorias (<i>Daucus carota</i>).....	105
ANEXO No 3	Etiqueta para el muestreo de leche cruda.....	106
ANEXO No 4	Resultados de la muestra de papas (<i>Solanum tuberosum</i>) en (mg/Kg).....	106
ANEXO No 5	Resultados de la muestra de zanahorias (<i>Daucus carota</i>) en (mg/Kg).....	107
ANEXO No 6	Resultados de la muestra de leche cruda en (mg/Kg).....	107
ANEXO No 7	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para una muestra de papas (<i>Solanum tuberosum</i>).....	108
ANEXO No 8	Análisis de varianza de la muestra de papas (<i>Solanum tuberosum</i>).....	108
ANEXO No 9	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para una muestra de zanahoria.....	109
ANEXO No 10	Análisis de varianza de la muestra de zanahoria (<i>Daucus carota</i>).....	109
ANEXO No 11	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo para una muestra de leche cruda.....	110
ANEXO No 12	Análisis de varianza de la muestra de leche cruda.....	110
ANEXO No 13	Informe de resultados del análisis de la concentración de Arsénico en: papas (<i>Solanum tuberosum</i>), zanahorias (<i>Daucus carota</i>) y leche cruda, producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (Mocha – Quero); en el Laboratorio del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA).....	111

INTRODUCCIÓN

En las faldas de varios de los volcanes activos más altos como el Cotopaxi, Tungurahua, Reventador, Cayambe, y vigilados por el majestuoso vuelo del cóndor, *Vultur gryphus*, el ave voladora más grande del planeta, se encuentran hermosos y fértiles valles andinos, atravesados por ríos que nacen en las nieves eternas de los nevados ecuatorianos, donde se producen las mejores y más deliciosas frutas exóticas andinas y hortalizas. (87)

En este macizo montañoso se encuentra el volcán Tungurahua de 5,016 msnm, el mismo que desde agosto de 1999, ha registrado incremento en los niveles de actividad volcánica provocando una importante emisión de ceniza, que ha modificado el mapa epidemiológico de la población circundante. Y en el lapso de pocas semanas se altero la calidad del ambiente, entre las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar. (75)(90)

Entre los cantones de la Provincia de Tungurahua que se han visto más afectados por la emisión de la ceniza volcánica son en el cantón Mocha la parroquia Atillo y en el cantón Quero la parroquia Pilco, en donde sus productores agropecuarios atraviesan una situación complicada por la destrucción de su producción.

La ceniza del Volcán Tungurahua constituye una fuente natural de Arsénico, ya que tiene una concentración de 110 ppb, es por ello que los suelos procedentes de roca madre tienen Arsénico y constituyen un importante medio de retención, acumulación y transformación. El arsénico en suelos puede causar efectos tóxicos a las plantas o puede acumularse en ellas y, de esta manera, entrar en la cadena alimentaria humana, lo cual es perjudicial para nuestro organismo debido a su toxicidad. (77)

Por lo cual la Agencia de protección Ambiental (EPA) a determinado que el límite para el consumo humano es de 0.05 mg/L, por su parte la Comisión Mixta FAO/WHO del Codex Alimentarius a fijado la máxima ingesta tolerable de 2 µg/Kg de peso corporal y en el Ecuador el límite máximo de Arsénico en alimentos es de 0.1 mg/Kg, según el Método de Ensayo INEN 269. (38)(73) (81)

Esto hace que sea necesario evaluar la cantidad de arsénico presente en alimentos mediante un equipo especializado, como es el espectrofotómetro de absorción atómica con generación de hidruros y se lo ha realizado gracias a que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en su afán de contribuir con la comunidad y el país cuenta con el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), en la Facultad de Ciencias.

Ecuador, ha establecido en sus legislaciones un límite máximo para el contenido de arsénico en alimentos y es por ello que mediante el presente trabajo investigativo se realizó el análisis de la concentración de arsénico en tres alimentos: papas (*Solanum tuberosum*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda, producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (Mocha y Quero).

Con los resultados obtenidos podemos decir que estos productos se encuentran dentro de los límites normales de arsénico para alimentos establecidos por las normas del Codex Alimentario y del INEN, lo que nos permite asegurar que estos alimentos pueden ser cultivados y consumidos por la población ecuatoriana.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 CONTAMINACION AMBIENTAL (67)

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por la otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra.

De los 106 elementos conocidos por el hombre y que se encuentran distribuidos en la naturaleza, 84 son metales, por lo que no es de extrañar que las posibilidades de contaminación metálica en el ambiente sean numerosos. Hay que tener presente que los metales son materias naturales que han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de las civilizaciones.

El problema surge cuando prolifera su uso industrial. Y su empleo creciente en la vida cotidiana termina por afectar a la salud. De hecho, el crecimiento demográfico en zonas urbanas y la rápida industrialización han provocado serios problemas de contaminación y deterioro del ambiente, sobre todo, en los países en vías de desarrollo.

1.1.1.- LA CENIZA VOLCÁNICA COMO AGENTE CONTAMINANTE Y SUS EFECTOS



FOTOGRAFÍA No 1, CENIZA VOLCÁNICA

De las sustancias emitidas por un proceso eruptivo la ceniza volcánica, ver fotografía No 1, es la causa de los mayores riesgos, esta formada por fragmentos muy finos de roca parecido al vidrio molido, es corrosiva e irritante lo cual afecta fundamentalmente a la salud de los poblados cercanos, y a los terrenos que se encuentran en su recorrido.

Los estudios indican que la acidez intercambiable de la ceniza es alta (Al+H), lo cual resulta perjudicial para cierto tipo de cultivos susceptibles a los contenidos altos de aluminio, ante esta situación estarían los pastos como es el caso de los tréboles, cuyo efecto depende de la cantidad de ceniza que se deposite a nivel del suelo. La conductividad eléctrica se muestra salina, a pesar de que el contenido de sodio es relativamente bajo, lo cual puede ser perjudicial para cultivos susceptibles a una condición de salinidad, sería el caso de la avena con vicia y el maíz forrajero. La alfalfa tolera mejor la salinidad. (62)(68)

El efecto de la ceniza sobre los pastos y los rumiantes que pastorean praderas contaminadas con ceniza volcánica, depende de dos factores: la cantidad de ceniza caída y la composición química de la misma. El daño a la planta es esencialmente físico, por cuanto la ceniza volcánica obstruye el área foliar y no produce reacción cáustica a nivel de las hojas. La ceniza es perjudicial para el ganado, afecta su sistema respiratorio, el

consumo y la dinámica ruminal. Incluso, en situaciones extremas puede afectar el metabolismo de algunos nutrientes esenciales del animal.

El desalojo del ganado en áreas afectadas por la erupción volcánica es una medida necesaria. Finalmente es recomendable después de un proceso volcánico eruptivo, determinar estrategias de enmiendas al suelo, como el uso de carbonato de calcio. Los fertilizantes nitrogenados a niveles altos pueden ser perjudiciales, porque contribuyen a una mayor acidez del suelo. (68)

1.2 METALES TÓXICOS (82)

Metales tan conocidos y utilizados como el plomo, mercurio, cadmio, níquel, vanadio, cromo, cobre, aluminio, arsénico o plata, etc., son sustancias tóxicas si están en concentraciones altas. Especialmente tóxicos son sus iones y compuestos.

Muchos de estos elementos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos y deben ser absorbidos por las raíces de las plantas o formar parte de la dieta de los animales. Pero cuando por motivos naturales o por la acción del hombre se acumulan en los suelos, las aguas o los seres vivos en concentraciones altas se convierten en tóxicos peligrosos.

La industrialización ha extendido este tipo de contaminación ambiental. Algunos elementos químicos, como el cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, arsénico, mercurio, níquel, plata y uranio, se encuentran repartidos en pequeñas cantidades por todas partes. Todos estos elementos son potencialmente tóxicos y pueden dañar a los seres vivos en concentraciones tan pequeñas como de 1ppm.

Además de ser elementos que se encuentran en la composición normal de rocas y minerales, pueden ser especialmente abundantes como resultado de erupciones volcánicas, o por fuentes de aguas termales. Algunos compuestos de estos metales pueden sufrir acumulación en la cadena trófica, lo que origina que a pesar de encontrarse en dosis muy bajas en el ambiente, pueden llegar a concentrarse en plantas o animales, hasta llegar a provocar daños en la salud.

1.3 EL ARSÉNICO

El Arsénico es un metaloide del grupo VI del sistema periódico, su peso molecular es de 30.974 con número atómico 15, es un elemento natural que presenta propiedades tanto físicas como químicas de metales y a su vez de no metales.

Existen en dos formas primarias: orgánica e inorgánica. En aguas naturales se encuentra mayormente en forma inorgánica. Se presenta en varios estados de oxidación: arsenato As^{+5} , arsenito As^{+3} , y Arsina As^{-3} .

La toxicidad del Arsénico se aumenta considerablemente con la reducción de su estado de oxidación de As^{+5} a As^{+3} . Los estados de oxidación y los orbitales electrónicos son similares entre el arsénico y el fósforo y debido a la vecindad entre estos dos elementos, se explica la toxicidad del arsénico por su capacidad de sustituir al fósforo. (42)

Las configuraciones electrónicas entre el arsénico y el fósforo son muy semejantes tienen un último orbital idéntico 3s-3p para el fósforo y 4s-4p para el arsénico. La finalidad electrónica de ambos presentan una notable relación: para una misma configuración del último orbital, el arsénico tiene mayor afinidad electrónica que el fósforo. (13)

Forma compuestos con varios metales, al unirse covalentemente con el carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre. Las principales formas mineralizadas son las siguientes: arsenopirita (FeAs_2), cobaltina o esmaltina (CoAsS), mispiquel (FeAsS), rejalgar o sulfuro rojo (As_2S_2), y oropimente o sulfuro amarillo (As_2S_3). (28)

1.3.1 DISTRIBUCIÓN MEDIO AMBIENTAL

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). (60)

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. Aunque el As es estable en condiciones reductoras, no es frecuente encontrarlo en su estado fundamental. La forma oxidada, arseniato, aunque es la más abundante en la naturaleza, está fuertemente enlazada a los minerales del suelo, particularmente a los óxidos e hidróxidos metálicos coloidales, mediante enlaces iónicos. La forma arseniato, está escasamente disponible para la planta, no alcanzando concentraciones superiores a 1 mg/ kg de arsénico. (37) (56)

Los suelos sin contaminar contienen entre 0.2 y 40 mg /kg As, mientras suelos que han sido tratados con As pueden contener más de 550 mg /kg As. (54) (56)

Aquellos suelos que están sobre depósitos de minerales sulfurados pueden contener varios cientos de mg/kg de dicho elemento. Los valores, usualmente, varían dentro del intervalo de 300 a 5000 ppm, siendo el máximo estudiado de 8000 mg /kg As. (28) (57)

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. (26) (27)

Se han encontrado contenidos superiores a la media en areniscas y esquistos asociados con la mineralización de uranio y selenio. También se encuentra frecuentemente asociado al oro y acompañado por antimonio. Estos niveles tan elevados de As han posibilitado la aparición de plantas tolerantes a arsénico, cuyo aspecto es similar al producido por niveles altos de Ni y Cu. (27) (39) (57)

El contenido de arsénico en plantas y cultivos, generalmente, aumenta con el contenido del suelo, pero puede ser pequeña en comparación con las grandes cantidades existentes en algunos suelos contaminados. Suelos que nunca han sido tratados con pesticidas arsenicales provocan 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. En suelos tratados con lodos, el arsénico está altamente disponible para las plantas. (7)(27)(37)(54)(56)

1.3.2. FUENTES DE CONTAMINACIÓN MEDIO AMBIENTAL

Existen tres fuentes principales de contaminación de arsénico en el medio ambiente; fundición de metales, quemado de carbón y el uso de pesticidas que en su composición contengan arsénico. (27)

1.- Extracción y fundición de minerales

La existencia de arsénico en minerales de zinc-plomo, de cobre y su presencia en muchas piritas son causa de contaminación por arsénico en el entorno de los sitios de fundición y tratamiento de los minerales debido a la volatilización de algunos compuestos durante el proceso de fundición. La mayoría de estas emisiones gaseosas se dan en forma de trióxido, el cual forma ácido arsenioso al disolverse en agua. Los minerales auríferos también contienen altas concentraciones de arsénico, principalmente como arsenopirita, desembocando en problemas de polución cerca de las minas de oro. (40)(43)

El polvo y los gases emanados desde las operaciones de fundición han contaminado suelos y plantas, variando los grados según la distancia desde la zona de muestreo al

lugar de polución, existencia de invernaderos, altura, etc. De este modo, suelos superficiales cercanos a fundiciones de cobre o plomo presentan concentraciones que oscilan entre las 260-380 ppm de arsénico; niveles de contaminación que provocan o conllevan contenidos de aproximadamente 60-80 ppm de arsénico en planta. (40)

2.- Quemado de carbón

El arsénico aparece ampliamente en el carbón como arsenopirita y se da como trióxido en las emisiones desde las plantas carboníferas. La concentración de arsénico en el carbón de Estados Unidos, Australia y Gran Bretaña varía entre 0.5 y 93 mg/kg As, siendo el americano el de mayores valores. El carbón marrón de Checoslovaquia puede contener más de 1.500 mg /kg As. (4)(29)

Las partículas de polvo aerotransportadas pueden contener más de 1700 ppm de arsénico; habiéndose hallado elevados niveles de este elemento contaminante en suelos recogidos alrededor de una estación generadora. (51).

3.- Pesticidas, herbicidas, insecticidas y plaguicidas

Desde el siglo diecinueve hasta la mitad del siglo veinte los arsenicales inorgánicos fueron usados como pesticidas generales en huertos y cultivos de patatas. El arseniato de plomo fue usado para el control de insectos en huertos y como pesticida en la lucha contra el agusanado de manzanas y peras (*Laspeyresia pomonella*) y en la actualidad sigue empleándose por coadyuvar a la acción de los modernos fungicidas .

Se han encontrado residuos de arsénico en suelos que han recibido arsenicales orgánicos e inorgánicos, pero son altos en suelos de viejos huertos que han recibido arseniato de plomo durante muchos años. En general, estos suelos contienen más de 2500 mg /kg As, y son fitotóxico para varios cultivos; dependiendo este grado de toxicidad del pH, de las concentraciones de fosfato, hierro y aluminio y de la cantidad de materia orgánica. La fitotoxicidad es también dependiente de la sensibilidad del cultivo, así pues, el arsénico total del suelo no refleja adecuadamente la forma en que es disponible el elemento para la planta o su grado de toxicidad. (58)

1.3.3.- -CICLO DEL ARSÉNICO (31)

El arsénico es lanzado a la atmósfera en cantidades significativas desde plantas generadoras de energía por quemado de carbón; siendo estas emisiones en estado gaseoso debidas a los bajos puntos de ebullición que presenta el arsénico y sus derivados.

Por tanto, también se producirá este tipo de fenómeno en procesos de carácter volcánico y en el quemado de vegetación. A temperatura ambiente el arsénico se libera a la atmósfera como compuestos volátiles, producto de la metilación biológica. Las entradas estimadas en la atmósfera procedente de actividades industriales, son elevadas si las comparamos con los procedentes de la minería, o con el arsénico contenido en el polvo volcánico o continental.

Para describir el papel del Arsénico propusieron un ciclo biogeoquímico global que se observa en la figura No 1. Para describir el papel del arsénico en cada uno de los ecosistemas fundamentales así como los flujos que entre ellos se establecen, basándose en la recopilación y evaluación de multitud de datos procedentes de muy diversas fuentes.

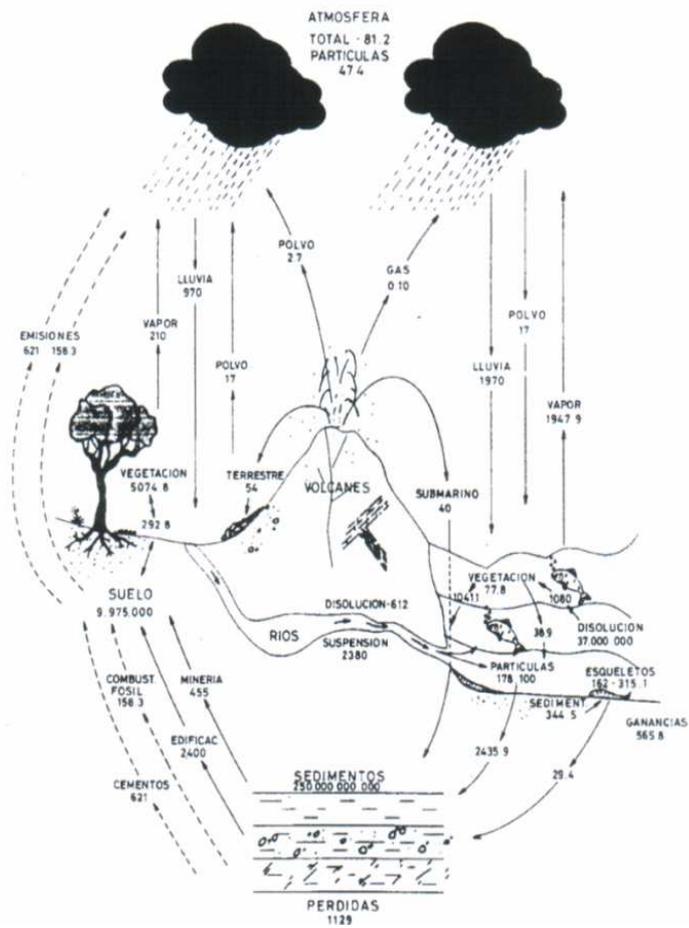


FIGURA No 1. CICLO GLOBAL BIOGEOQUÍMICO DEL ARSÉNICO.

En medios reductores como son los sedimentos, el arseniato es reducido a arsenito y éste mediante metilación y oxidación es transformado en compuestos tales como los ácidos metil y dimetilarsónico, (ver figura No.2). Diversos microorganismos como hongos, bacterias y levaduras, transforman estos ácidos anteriores en derivados metilados de la arsina, trimetilarsina o dimetilarsina, que pueden emitirse a la atmósfera. Los gramos de arsénico se pierden anualmente en la atmósfera desde la superficie terrestre debido a estos procesos.

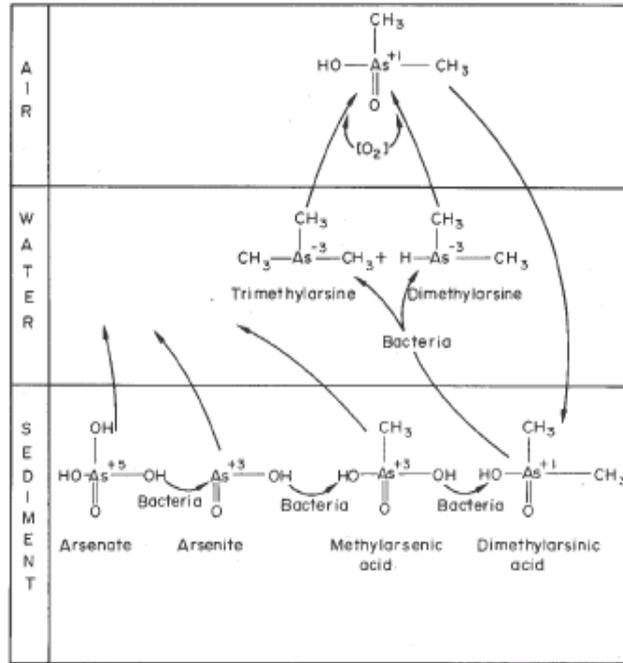


FIGURA No.2 CICLO AIRE-AGUA- SUELO PARA EL ARSÉNICO

El arsénico comercial se obtiene por recuperación y purificación de gases ricos en el elemento, procedentes de los procesos de extracción y fundición de minerales de cobre, zinc y plomo. La cantidad finalmente recuperada representa únicamente un pequeño porcentaje del contenido total de arsénico en estos minerales.

1.4 ARSÉNICO EN EL ORGANISMO HUMANO

1.4.1 METABOLISMO Y ELIMINACIÓN DE ARSÉNICO

Una vez que ingresa el arsénico al organismo por vía digestiva, inhalada o cutánea permanece brevemente en la sangre para distribuirse mayoritariamente en el hígado, riñones, tracto digestivo pero una porción del arsénico es eliminado por la orina en forma inorgánica, se considera que la principal respuesta definitiva del organismo es

inactivarlo mediante mecanismos de metilación que puede dividirse en dos etapas.
(1)(11)(23)(32)

1.- Reacciones de reducción para convertir el As^{+5} en As^{+3}

2.- Reacciones de metilación oxidativa que transforman el As^{+3}

La metilación del arsénico requiere una reducción de As^{+5} a As^{+3} , enseguida la adición del primer grupo metilo para tener ácido monometil arsónico (MMA); esta es seguida por una segunda reducción del MMA^{+5} a MMA^{+3} previa a la segunda metilación en la que se obtiene ácido dimetil arsónico (DMA) Se propone a la S-adenosilmetionina como donador de los grupos metilo y el glutatión reducido (GSH) como principal agente reductor transformador de arsénico. (1)

Entre los factores que pueden influir en la capacidad de metilación está la dosis de exposición, una dieta alta en metionina y proteínas y el probable polimorfismo genético unido al sexo y el de las enzimas metilantes (metil transferasa), pues se ha encontrado mayor inducción en mujeres. Cuando la capacidad de este mecanismo de detoxificación es rebasado se presentan efectos tóxicos. (24)

Se ha encontrado un incremento significativo en la cantidad de MMA y una disminución de DMA que son excretados en la orina en individuos que han estado expuestos crónicamente a altas concentraciones de As en agua de bebida lo que se interpreta como un factor para adquirir mayor capacidad de tolerancia al arsénico. (23)

Aunque se acepta que la metilación del arsénico inorgánico es un mecanismo de detoxificación, se ha observado en algunas especies orgánicas del arsénico presentan efectos tóxicos. El DMA ocasiona ruptura del ADN probablemente por la formación de radicales peróxidos, así como por entrecruzamiento entre el ADN y las proteínas. Durante el proceso de metilación, pueden formarse metabolitos reactivos capaces de afectar macromoléculas críticas por lo cual es necesario realizar estudios específicos para establecer su toxicidad. Una vez metilado el arsénico es eliminado por la orina en forma de DMA (50-70%), otra parte es excretada sin metilar, y otra más queda asociada a proteínas. (1)

La capacidad de destoxicación mediante metilación se sobrepasa cuando la dosis administrada es mayor de 0.05 mg/kg/día en forma de As^{+3} y sobreviene la intoxicación. (86)

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

1.4.2 EFECTOS EN LA SALUD Y TOXICIDAD

En general los gases derivados de la arsina poseen mayor riesgo tóxico, seguido de cerca por los arsenitos. Los compuestos inorgánicos pentavalentes (arsenatos) son menos tóxicos que los arsenitos, mientras que los compuestos orgánicos pentavalentes representan a los insecticidas arsenicales de menor riesgo.

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

El contacto con arsina ocurre primordialmente por medio de inhalación y sus efectos tóxicos pueden ocurrir también con otros arsenicales mediante la inhalación de aerosoles. La toxicidad del arsénico depende de su estado de oxidación y e la dosis suministrada, manifestándose como intoxicación aguda o crónica. (20)

El arsénico se liga compartiendo su carga equivalente con la mayoría de los no metales teniendo una mayor afinidad con oxígeno, sulfuro con los metales como calcio y plomo. Forma compuestos trivalentes y pentavalentes orgánicos estables. En su comportamiento bioquímico se asemeja la fósforo, puede sustituirlo en el ciclo de Krebs y provocar desajustes en el metabolismo energético.

El arsénico (arsenato) bloquea la glucólisis, en el paso de fosforilación a nivel sustrato en la reacción catalizada por la glucosa 3 fosfato deshidrogenasa; puede reemplazar al fósforo en su unión al tioester intermediario, rico en energía. El enlace tioester se hace con un grupo -SH proporcionado por una histidina de la enzima gliceraldehido 3 fosfato deshidrogenasa. El producto de esta reacción es el 1-arseno-3-fosfoglicerato que es inestable, a diferencia del 1-3 bifosfoglicerato (49)

Como resultado la glucólisis procede pero se pierde el ATP formado normalmente en la conversión de 1-3 bifosfoglicerato en 3 fosfoglicerato y se libera energía en forma de calor, reacción conocida como arsenólisis.

Este es una reacción convincente para la elección del fósforo sobre el arsénico en la evolución de las biomoléculas ya que los fosfatos tienen mayor estabilidad cinética. (36)

Otra reacción que es bloqueada por el arsénico en forma de arsenito es la catalizada por la alfa-ceto glutarato deshidrogenasa en el ciclo de Krebs, inhibiendo la deshidrogenación del alfa-ceto glutarato así como su descarboxilación y síntesis de $\text{NADH}^+ + \text{H}^+$.

Independientemente cual sea su vía de entrada, del 95 al 99% del arsénico inicialmente se encuentra localizado en los glóbulos rojos unido a la globina. Este paso es transitorio, rápidamente sale de la sangre en 24 horas y se distribuye hacia el hígado, pulmones, riñón, paredes del tracto gastrointestinal y bazo. Se encuentran pequeñas cantidades a nivel muscular y tejido nervioso. Se une en forma más estable a la transferrina entorpeciendo la eritropoyesis siendo esta la causa por la cual provoca depresión de la médula ósea; el efecto se manifiesta como anemia y leucopenia. (2) (68).

El blanco celular del arsénico es la mitocondria y ahí se acumula, inhibe la deshidrogenasa succínica y desacopla la fosforilación oxidativa; el resultado es una pérdida de los niveles de ATP que afecta virtualmente a toda función celular, como por ejemplo a la bomba sodio-potasio, provocando un desbalance de estos electrolitos,

síntesis de proteínas etc. Por un mecanismo semejante provoca desbalance del calcio permitiendo su entrada a la célula en forma excesiva; este elemento es cofactor en el funcionamiento de proteasas y lipasas, lo que viene a afectar a la membrana celular esencialmente formada por fosfolípidos y proteínas. (77) (86)

La acumulación en las uñas es debido a que estas tienen gran cantidad de grupos tioles proporcionados por la histidina sobre los que tiene predilección el arsénico y forma las llamadas Estrías de Mess; en casos extremos las uñas se vuelven quebradizas y se pierden fácilmente. Este tóxico puede atravesar la barrera placentaria siendo las concentraciones del arsénico en la sangre del cordón umbilical equivalentes a las concentraciones sanguíneas maternas. Pueden atravesar también la barrera hematoencefálica pero no puede atravesar la barrera testicular. (6)(77)

Se ha encontrado también que el arsénico en forma de arsenito afecta a los receptores de glucocorticoides bloqueando su actividad, esto incluye al mecanismo hermanal que regula la glucosa sanguínea, y por lo tanto puede ser factor que predisponga a diabetes. Este tóxico actúa sobre las arteriolas capilares produciendo vasodilatación parálitica, lo que explica los síntomas de entumecimiento por la intoxicación; si esto se presenta en las arteriolas de manos y pies provoca la enfermedad de Raynould. La dosis letal para el trióxido de arsénico es de unos 120 mg y para los compuestos orgánicos oscilan entre 0.1 y 0.5 g/Kg. (20)

1.4.3. SÍNTOMAS DE ENVENENAMIENTO

- AGUDO

Los síntomas aparecen dentro de 30 a 60 minutos, pero pueden retrasarse por varias horas. Un olor a ajo en el aliento y en las heces fecales pueden ayudar a identificar el tóxico en pacientes severamente envenenados. Hay un sabor metálico presente en la boca en la mayoría de las veces, ardor en los labios y disfagia. Predominan efectos

gastrointestinales adversos, como vómitos, dolor estomacal y diarrea sangrienta o como de agua de arroz, estos son los síntomas más comunes. (12)(14)

Los efectos gastrointestinales incluyen, la formación de vesículas y eventualmente esfacelo de la mucosa de la boca, faringe y esófago.

Los cuales son resultado de un metabolito arsenical generalmente en los vasos sanguíneos, causando dilatación y aumento de la permeabilidad capilar y particularmente en la vasculatura esplénica. El sistema nervioso central también es comúnmente afectado durante el contacto agudo. Los síntomas pueden comenzar con dolor de cabeza, mareo, letargo, y confusión. Pueden progresar incluyendo espasmos y debilidad muscular, hipotermia letargo, delirio y convulsiones. Daño renal el cual manifiesta por proteinuria, hematuria, glicosuria, oliguria, residuos en la orina. (16)

Si se sobrevive al envenenamiento, el paciente desarrollara hepatomegalia, melanosis, supresión de la médula ósea, hemólisis y polineuropatía como resultado del daño del sistema nervioso periférico. Un envenenamiento fatal puede ser provocado por una dosis oral de 10mg/Kg de trióxido de arsénico, según el estado físico y el contenido estomacal, Para niños basta con una dosis de 0.5 mg/Kg. (77)

- CRÓNICO

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

La muerte ocurre de uno a tres días después de iniciarse los síntomas y generalmente el resultado es fallo circulatorio, aunque el fallo renal también puede ser contribuyente. Si el paciente sobrevive, éste puede sentir entumecimiento en las manos y en los pies como una secuela retardarla de contacto agudo así como comezón y parestesia dolorosa. (2)

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

Hiperqueratosis es otra señal común especialmente en la palma de las manos y en la planta de los pies. Edema subcutáneo de la cara, párpados y tobillos así como estomatitis, estrías blancas a lo largo de las uñas (Líneas de MEES), y algunas veces pérdida de uñas y pelo son signos de contacto crónico y continuo. En ocasiones éstas pápulas hiperqueratóticas pueden resultar en transformaciones malignas. (6) (77)

Después de años de contacto dermatológico, se han encontrado células basales carcinomas, células escamosas generalmente en áreas protegidas del sol. Síntomas neurológicos también son comunes con el contacto crónico. Una característica destacada puede ser la neuropatía periferal manifestada por parestesia, dolor, anestesia. Puede comenzar con síntomas sensoriales de las extremidades bajas y progresar a debilidad muscular y eventualmente parálisis y desgaste muscular.

Aunque poco común, se puede desarrollar encefalopatía con disturbio del habla y mentales muy parecidos a aquello evidenciados en deficiencia de tiamina conocido como el síndrome de Wernickes. (16)

Otros sistemas son afectados por la toxicidad arsénica. Los daños hepáticos reflejados en la hepatomegalia e ictericia pueden progresar a cirrosis Hipertensión portal y ascitis. El arsénico tienen una toxicidad glomerular y tubular directa que resulta en oliguria, proteinuria y hematuria. Se han informado anomalías electrocardiográficas (prolongación del intervalo Q-T) y enfermedad vascular periferal.

Esta última incluye acrocianosis, el fenómeno de Raynaud, y gangrena. Anomalías hematológicas incluyen anemia, leucopenia, y trombocitopenia. Esta última secuela de altas dosis de arsénico incluye cáncer de la piel y un alto riesgo de cáncer de pulmón.

1.4.3.1 CONFIRMACIÓN DEL ENVENENAMIENTO

- En Orina

El arsénico en la orina se puede separar en fracciones orgánicas e inorgánicas para ayudar a determinar la fuente de contacto y ayudar con la guía de tratamiento. Se relaciona la concentración de arsénico en la orina con la excreción de creatinina en este caso se considera normal hasta 0.05mg/g. Las concentraciones de arsénico en sangre, orina y otros materiales biológicos se pueden medir por medio de incineración seca o húmeda, seguido de una espectrometría de absorción atómica. En donde los niveles de arsénico urinario en individuos no expuestos son menores a 10ug/L. (66)

- En sangre

Las muestras de sangre tienden a estar correlacionadas con las muestras de orina durante las primeras etapas críticas de ingestión, pero debido a que el arsénico desaparece rápidamente de la sangre, la muestra de orina de 24 horas permanece como el método preferido para la detección y continua observación.

Donde una excreción de arsénico que exceda sobre 100ug al día debe ser considerada sospechosa y la prueba debe ser repetida. Excreciones sobre 200ug al día reflejan una ingestión tóxica, al no ser que se hayan ingerido mariscos. Una dieta rica en mariscos, principalmente durante las primeras 48 horas, pudiera generar un nivel de excreción de orina de 24 horas tan alto como de 200ug al día y muchas veces hasta más alto. La mayoría del arsénico marino que es excretado es en forma metilada (arsenobetaina) y no es considerada extremadamente tóxica. (63)

- En cabello

Las muestras de cabello también han sido utilizadas para la evaluación del contacto crónico. Los niveles de personas no expuestas generalmente son 1mg/Kg; los niveles en individuos con envenenamiento crónico varían entre 1 y 5 mg/Kg , Las muestras de cabello deben ser estudiadas con cautela debido a que factores externos de contaminación ambiental tal como la contaminación del aire puede aumentar los niveles de arsénico. (63)

1.4.4 TRATAMIENTO

- Descontaminación Dérmica (12)

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

- Descontaminación Gastrointestinal

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

- Fluidos Intravenosos (68)

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

- Monitoreo cardiovascular

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

- Terapia de Quelación (3)

En caso de envenenamiento sintomático de arsénico se indica generalmente la administración de Dimercaprol (BAL), ver tabla No 1. Monitoree la secreción de arsénico en la orina mientras se esté administrando cualquier agente quelante. Tan pronto la excreción de 24 horas disminuya a menos de 50ug por día, es recomendable suspender la terapia de quelación.

TABLA No 1, DOSIFICACIÓN INTRAMUSCULAR RECOMENDADA DE BAL PARA ENVENENAMIENTO

(DIMERCAPROL) EN ENVENENAMIENTO POR ARSÉNICO	
Envenenamiento Grave	Envenenamiento Leve

1er día	3.0 mg/kg c/4h	2.5 mg/kg c/6h
	(6 inyecciones)	(4 inyecciones)
2do día	3.0 mg/kg c/4h	2.5 mg/kg c/6h
	(6 inyecciones)	(4 inyecciones)
3rd día	3.0 mg/kg c/6h	2.5 mg/kg q12h
	(4 inyecciones)	(2 inyecciones)
Diario por 10 días,	3.0 mg/kg c/12 hr	2.5 mg/kg c/día
o hasta la recuperación	(2 inyecciones)	(1 inyecciones)

Los síntomas críticos disminuyen después de haber pasado 30 a 90 minutos. La administración de antihistamínicos o una dosis oral de 25-50 mg de sulfato de efedrina proporcionan alivio. Éstos son más efectivos si se administran unos minutos antes de inyectar el BAL. El BAL potencialmente puede tener otros efectos adversos. Se ha encontrado que el tratamiento del contacto con arsenito con BAL ha aumentado el nivel de arsénico en conejos. (22)

Tratamiento oral. (25)

Después que el tracto gastrointestinal se encuentre razonablemente libre de arsénico, debe de reemplazarse la terapia de BAL con administración de D-Penicilamina, ver tabla No 2. aunque también se puede utilizar succimer (DMSA) ó DMPS, ver tabla No 3.

TABLA No 2. DOSIFICACIÓN DE D-PENICILAMINA

<ul style="list-style-type: none"> • <i>Para adultos y niños mayores de 12 años:</i> 0,5g cada 6 horas, administrada de 30 a 60 minutos antes de comidas y al momento de acostarse por un período de unos 5 días.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Para niños menores de 12 años:</i> 0,1g/kg peso corpóreo,

cada 6 horas administrada de 30 a 60 minutos antes de comidas y al momento de acostarse por un período de unos 5 días. No exceda 1,0g por día.
--

Succimer (DMSA) ha demostrado ser efectivo como terapia de quelación de arsénico, aunque no ha sido catalogado para esta indicación. El DMPS ha sido usado efectivamente en Europa en el tratamiento de envenenamiento con arsénico.

TABLA No 3. DOSIFICACIÓN DE DMSA (SUCCIMER) Y DMPS

Dosificación de DMSA (Succimer):
• Adultos y niños: 10mg/kg cada 8 horas por 5 días, seguido por 10mg/ kg cada 12 horas por 14 días adicionales. (Máximo de 500mg per dosis). Debe ser administrado con alimentos.
Dosificación de DMPS:
• Adultos: 100mg cada 8 horas entre 3 semanas a 9 meses.

- Hemodiálisis (68)

La hemodiálisis extracorpórea, usada en combinación con la terapia BAL, tiene una efectividad limitada en la eliminación de arsénico de la sangre. La hemodiálisis es claramente indicada para mejorar la eliminación del arsénico y mantener la composición del fluido extracelular en caso de que ocurra un fallo renal agudo.

- Función Renal (12)

En pacientes con función renal intacta, la alcalinización de la orina por el bicarbonato de sodio para mantener un pH de orina $> 7,5$ podría ayudar a proteger la función renal ante la ocurrencia de hemólisis como parte del envenenamiento agudo.

1.5 GAS ARSINA

El gas arsina es una hemolizina poderosa, una acción tóxica no exhibida por otros arsenicales. En algunos individuos un contacto leve por inhalación puede desarrollar una reacción hemolítica grave. Un contacto de 25-50 partes por millón por 30 minutos es considerado letal. (5)

Los síntomas de envenenamiento aparecen usualmente de 1 a 24 horas después del contacto: dolor de cabeza, malestar, debilidad, vértigo, náusea, disnea, dolor estomacal y vómitos. De 4 a 6 horas después del contacto aparece un color rojo en la orina (hemoglobinuria). Generalmente de 1 a 2 días después que aparece la hemoglobinuria la ictericia es evidente.

Anemia hemolítica, muchas veces intensa, es confirmada generalmente y puede causar debilidad severa. Se observan con frecuencia hipersensibilidad abdominal y agrandamiento hepático. En un frotis de sangre pueden observarse un puntado de los eritrocitos en forma de basófilos, fragmentos de eritrocitos y eritrocitos despigmentados como evidencia de metahemoglobinemia y metahemoglobinuria. Se encuentran en la orina concentraciones elevadas de arsénico, pero éstas no son tan altas como las que se encuentran en los envenenamientos por arsenicales sólidos.

El contenido plasmático de la bilirrubina no conjugada es elevado. La insuficiencia renal debido a la acción tóxica directa de la arsina y a los productos de la hemólisis representa la principal amenaza de vida en el envenenamiento por arsina. (18)

Se ha informado un síndrome psicológico leve y polineuropatía luego de haber ocurrido una intoxicación de arsina después de un periodo latente de 1 a 6 meses.

1.5.1 TRATAMIENTO (18)

- Traslade a la víctima a un lugar ventilado con aire fresco.
- Administre fluidos intravenosos para mantener la orina lo más diluida posible y ayudar a la excreción del arsénico y los productos de la hemólisis. Incluya suficiente bicarbonato de sodio para mantener la orina alcalina (con un pH mayor de 7,5).
- Advertencia: Monitoree cuidadosamente el balance de los fluidos para evitar una sobrecarga en caso de que ocurra una insuficiencia renal. Vigile los electrolitos plasmáticos para detectar irregularidades lo más pronto posible.
- Monitoree la excreción urinaria de arsénico para evaluar la severidad del envenenamiento. La cantidad de arsina necesaria para causar envenenamiento es pequeña, y por lo tanto, no se deben encontrar altos niveles de arsénico en la excreción de orina, aún ante un envenenamiento significativo.
- Si ocurre un envenenamiento severo, debe considerarse la posibilidad de una exanguinotransfusión sanguínea. Este fue un tratamiento positivo en el rescate de una víctima de envenenamiento por arsina.
- Es necesario que se administre hemodiálisis extracorpórea para mantener la composición normal de los líquidos extracelulares y ayudar a eliminar el arsénico si ocurriera un fallo renal, pero no es muy eficaz para la eliminación del [gas] arsina transportado en la sangre.

1.6 ARSÉNICO EN VEGETALES

1.6.1 ABSORCIÓN DESDE EL SUELO HACIA EL TEJIDO VEGETAL

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 (54).

La acumulación de arsénico en vegetales 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.

1.6.1.1 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. (46)

La fitotoxicidad de los residuos de arsénico está influenciada más por las formas químicas que presentan que por su cantidad. Es rara que la disminución de una cosecha pueda ser correlacionada con el arsénico total del suelo. 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. (47) (58) (59)

La textura del suelo es un factor importante en la determinación de la fitotoxicidad del arsénico añadido al suelo. (58)

1.6.1.2 Toma de 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. 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. (33) (56)

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 (59).

La adición de nitrato amónico y dihidrógeno fosfato de calcio es el mejor tratamiento de fertilización, ya que da los niveles de arsénico disponibles más bajos, los menores residuos de arsénico y los menores efectos en el crecimiento de la planta, indiferentemente del tratamiento de arsénico.

1.6.1.3 Translocación (56)

Una vez que el arsénico ya ha sido absorbido por la planta, los compuestos de dicho elemento, fluyen a través de la planta en pocas horas, moviéndose tanto simplásticamente como apoplásticamente.

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. De tal forma, que cantidades no letales de

este último compuesto, se pueden observar concentraciones similares tanto en hojas como en raíces.

1.6.2 NIVELES DE ARSÉNICO EN DISTINTOS CULTIVOS (41)

En los vegetales, ver tabla N° 4, el contenido de Arsénico puede encontrarse en las raíces, tallos, hojas, frutos, pulpa, bulbo.

TABLA N° 4: CONTENIDO DE ARSÉNICO EN ALGUNAS ESPECIES VEGETALES

Especie	Nombre común	Parte	As mg/Kg
<i>Thymus vulgaris</i>	(tomillo)	Hoja	5.35
<i>Origanum mejorana</i>	(mejorana)	Hoja	7.07
<i>Origanum mejorana</i>	(mejorana)	Tallo	5.63
<i>Origanum mejorana</i>	(mejorana)	Raíz	6.35
<i>Petroselinum crispum</i>	(perejil)	Hoja	10.73
<i>Petroselinum crispum</i>	(perejil)	Tallo	4.42
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	(epazote)	Hoja	12.39
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	(epazote)	Tallo	7.93
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	(epazote)	Raíz	10.16
<i>Coriandrum sativum</i>	(cilantro)	Hoja	2.67
<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 sp.</i>	(tomate)	Hoja	7.85
<i>Lycopersicon sp.</i>	(tomate verde)		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 sp.</i>	(tomate rojo)	Fruto	1.55
<i>Lycopersicon sp.</i>	(tomate rojo)	Hoja	1.49
<i>Prunus pérsica</i>	(durazno)	Hoja	0.58
<i>Prunus pérsica</i>	(durazno)	Tallo	<0.0175
<i>Musa paradisiaca</i>	(plátano)	Fruto	2.54
<i>Musa paradisiaca</i>	(plátano)	Hoja	5.42
<i>Persea americana</i>	(aguacate)	Flor	5.73
<i>Persea americana</i>	(aguacate)	Hoja	8.18
<i>Matricaria chamomilla</i>	(manzanilla)	Tallo	0.49
<i>Matricaria chamomilla</i>	(manzanilla)	Flor	0.06
<i>Manikara zapota</i>	(níspero)	Fruto	2.82

Los residuos de arsénico en plantas pueden ser relacionados con los niveles de arsénico en el suelo. Existen diferencias en la toma de arsénico y en la variación de las concentraciones en planta según las especies vegetales. (59)

Hay también una diferencia en la toma entre cultivos de invierno y de verano, incluso con los mismos niveles de arsénico disponibles. Ya que la transpiración y absorción de agua y arsénico será menor a la que se da en cultivos de verano.

1.7 ALIMENTOS DE MAYOR DEMANDA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA (MOCHA – QUERO) QUE HAN SIDO AFECTADOS POR EL PROCESO ERUPTIVO.

1.7.1 PAPA (*solanum tuberosum*)



FOTOGRAFÍA No 2 .PLANTA DE PAPA, *Solanum tuberosum*

La papa o patata (*Solanum tuberosum*) ver fotografía N°2., es una planta de la familia de las solanáceas, cultivada en casi todo el mundo por su tubérculo comestible. En la provincia de Tungurahua tiene una superficie del 22% dedicado al cultivo de papa. El tipo de suelo predominante es de origen volcánico.

El suelo denominado negro andino se ha desarrollado de ceniza volcánica fina que forma un complejo químico entre la materia orgánica y los minerales. Posee una alta retención de agua, alta estabilidad estructural, baja densidad aparente, deshidratación reversible, buena permeabilidad, y de consistencia untuosa. Por ello los suelos negros andinos son muy aptos para el cultivo de papa. (83)

Las papa, es una planta que está compuesta sobre una parte que crece sobre le suelo en la que se destacan tallos, hojas, flores y frutos, la otra crece subterráneamente que corresponde a el tubérculo y las raíces. (84)

1.7.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Es el alimento de mayor consumo para las personas dedicadas a la agricultura y consumidores de la Sierra siendo su contenido nutricional del 45% de proteínas, el 15% de energía, el 80% de agua, carbohidratos en un 0.25% y las cenizas en un 0.3%. La cáscara representa 1 – 1.8 % del total de la papa, la concentración de azúcares sencillos es baja (0.1 – 0.7%) siendo las más importantes la glucosa, la fructosa y sacarosa. Es importante controlar la concentración de azúcares de la papa con el objeto de prevenir las reacciones de pardeamiento no enzimático. Este tipo de reacciones indeseables puede aparecer cuando se alcanza concentraciones del 2 % de azúcares reductores. (83) (84) (76)

En lo que se refiere a los componentes resaltan los pigmentos carotenoides responsables del color de la papa y las clorofilas que se pueden hacer patentes en el caso de papas expuestas al sol. Existen ácidos orgánicos como el cítrico, el málico, el oxálico que además de regular la acidez de la sabia de la papa, constituyen el aroma y el sabor. (84)

1.7.1.2 VARIEDADES

Podemos encontrar en la Provincia de Tungurahua: maría, catalina, esperanza, semichola, uvilla, etc. Una vez que la papa ha alcanzado la madurez (la planta esta seca y cáscara firme), se procede a la cosecha. La labor de cave se puede realizar mediante maquinaria, por medio de tracción animal (yunta), y la cosecha manual (azadón). (84)

Para ello hay que seleccionar los tubérculos sanos, descartando aquellos que presenten magulladuras, papas de otras variedades, deformaciones con daños mecánicos y pudriciones. Una vez terminada la cosecha se retira del campo y se lleva aún sitio donde se proceda a escoger de acuerdo al tamaño y peso de la semilla. (76)

La papa de consumo debe almacenarse en sitios donde no llegue la luz. Desde el momento de la cosecha se debe realizar el escoge en un lugar fresco y con sombra. En

estos sitios se pueden guardar de 3 a 4 meses, el ambiente debe ser frío para alargar su mantenimiento.

1.7.1.3 REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS (84) (15)

Luz (12 horas diarias), Temperatura (9 -11°C), Precipitación (alrededor de 400 – 800 mn, durante el ciclo de cultivo con un pH ligeramente ácido entre 5 a 6), Humedad (debe ser excesiva durante el período de germinación del tubérculo y en el período desde la germinación de las flores hasta la maduración del tubérculo resulta nociva), Suelos (ricos en materia orgánica y que se encuentren excenta de heladas, granizadas, y que no registren niveles apreciables de infestación en lo relacionado con ciertas plagas del suelo como nematodos, gusano blanco y algunas enfermedades como la sarna, lanosa, rizoctoniosis).

1.7.1.4 VALOR NUTRITIVO

Desempeña funciones energéticas debido al alto contenido de almidones así como funciones reguladoras del organismo por su alto contenido en vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Además, tiene un contenido no despreciable de proteínas, presentando estas un valor biológico relativamente alto de los alimentos de origen animal. Su valor nutritivo va a depender de la forma que se la consuma. (83)(88)

En el proceso de pelado se pierde gran parte de su valor nutricional, ya que en la zona del córtex y la cáscara es especialmente rica en minerales, proteínas hidrosolubles y fibra. Presentan un contenido en glúcidos, proteína y energía intermedia. En cuanto al tipo de glúcidos de las papas se parecen más a los cereales ricos en almidones que a las frutas y hortalizas ricas en azúcares sencillos. Por su parte la proteína de la papa presenta un valor biológico superior a la de los cereales lo cual se debe a su mayor contenido en lisina, aminoácidos limitantes en la proteína de los cereales.

El contenido en lípidos no tiene importancia nutricional en las papas similarmente al resto de los grupos de los alimentos considerados no tienen vitaminas liposolubles. Las papas tienen vitamina C en cantidades similares a las que se observa en muchas frutas y hortalizas. Dentro de las vitaminas del Complejo B destacan la tiamina y el ácido nicotínico observándose comparaciones solo con los cereales integrales. En cuanto a los minerales destaca el potasio, en mínimas concentraciones encontramos, hierro, magnesio, fósforo, sodio y calcio. (30)

1.7.2 ZANAHORIA (*Daucus carota*)



FOTOGRAFÍA No. 3 PLANTA DE ZANAHORIA, *Daucus carota*

La Zanahoria (*Daucus carota*), ver fotografía N° 3, pertenece a la familia de las Umbelíferas. Es una verdura dura, bianual y de clima frío, que crece por la raíz gruesa que produce en la primera estación de crecimiento.

Es muy rica en caroteno, eficaz antioxidante con propiedades anticancerígenas. La sabiduría popular la considera muy buena para la vista, cicatrizante intestinal, diurética y astringente. También para curar la afonía se hervían zanahorias, se exprimían mezclándolas con agua y con miel (una especie de te de zanahoria). (84)(85)

CARACTERÍSTICAS (85)

- Forma: es una raíz gruesa y alargada, por lo general cónica, de mayor o menor longitud según la variedad a la que corresponda.

- Tamaño y peso: las más consumidas suelen tener un tamaño de 15 a 17 centímetros y, según la variedad, pueden alcanzar hasta los 20 centímetros de largo. Su peso oscila entre los 100 y 250 gramos.
- Color: por lo general es naranja, aunque existen variedades de color blanco, rojo o amarillo. Incluso algunas de origen asiático tienen la piel de color morado.
- Sabor: cuando son tiernas y frescas tienen un sabor delicado con un gusto ligeramente dulce.

Al tratarse de una planta bianual, durante el primer año es aprovechada por sus raíces y durante el segundo año, inducida por las bajas temperaturas, inicia las fases de floración y fructificación. Generalmente, las zanahorias se plantan con otros vegetales tolerantes a las heladas.

1.7.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de las zanahorias, según se indica en la tabla N° , nos indica un elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de Bcaroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas.
(76) (15)

TABLA No 5 .COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZANAHORIA EN 100 G DE SUSTANCIA COMESTIBLE.

Agua (g)	88.6
Carbohidratos (g)	10.1
Lípidos (g)	0.2
Calorías (cal)	40

Vitamina A (U.I.)	2.000-12.000 según variedades
Vitamina B1 (mg)	0.13
Vitamina B2 (mg)	0.06
Vitamina B6 (mg)	0.19
Vitamina E (mg)	0.45
Ácido nicotínico (mg)	0.64
Potasio (mg)	0.1

1.7.2.2 VARIEDADES

Entre las variedades de zanahorias, que podemos encontrar en la Provincia de Tungurahua entre las más comunes están: vilmorin (cilíndrica, fina, medio-larga), antares (cilindrocónica, resistente a la rotura). Si la zanahoria está dirigida al mercado de producto fresco, se debe cosechar antes de su madurez total, obteniendo así favorables aspectos de calidad tales como menor tamaño, mayor suavidad y brillo. (76)
(83)

Las zanahorias se distinguen por sus cualidades de resistencia en buenas condiciones de almacenamiento. Es recomendable envolverlas en plástico perforado o papel toalla para prevenir la pérdida de humedad o la condensación. Se debe lavar las zanahorias antes de almacenarlas para evitar el desarrollo de organismos que causen deterioro y proveer circulación de aire.

1.7.2.3 REQUERIMIENTOS EDAFOLÓGICOS

Temperatura: Es una planta bastante rústica, aunque tiene preferencia por los climas templados por ello la temperatura mínima de crecimiento está en torno a los 9°C y un óptimo en torno a 16-18°C. Las temperaturas elevadas (más de 28°C) provocan una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz, pérdida de coloración, etc. (76) (83)

Suelo: Prefiere los suelos arcillo-calizos, aireados y frescos, ricos en materia orgánica bien descompuesta y en potasio, con pH comprendido entre 5,8 y 7. La zanahoria es muy exigente en suelo, por tanto no conviene repetir el cultivo al menos en 4-5 años. Como cultivos precedentes habituales están patata o girasol.

Riego: Es bastante exigente en riegos en cultivo de verano y especialmente cuando se realiza sobre suelos secos.

Abonado o fertilización: El estiércol fresco no es conveniente para las zanahorias pues hace que se abarquillen las raíces, pero se puede aplicar compost o estiércol bien fermentado si se introduce, con rastrillo una o dos semanas antes de la siembra. (91)

1.7.2.4 VALOR NUTRITIVO

Las zanahorias poseen beta caroteno que es la sustancia que se convierte en vitamina A en el cuerpo humano. De hecho, la mayoría de las personas obtienen la vitamina A de unas pocas verduras, además de las zanahorias: batata, col, espinacas, brócoli y la calabaza, entre las cuales la zanahoria tiene entre 10 y 100 veces más. (91)

El caroteno beta es también un eficaz antioxidante de gran alcance en la lucha contra algunas formas de cáncer, especialmente cáncer de pulmón. Investigaciones recientes sugieren que también puede proteger contra infartos y enfermedades cardíacas. Las

investigaciones también demuestran que el caroteno beta en vegetales brinda esta protección, no los suplementos de vitaminas.

Las zanahorias (en crudo) también son aperitivas y buenos para los anoréxicos; ayudan a bajar el colesterol; gracias a las pectinas son buenas para regular el tránsito intestinal, bueno para la vista, piel uñas, cabello; y para todos los dientes y las inflamaciones de las encías. (15)

1.7.3 LECHE CRUDA



FOTOGRAFÍA No 4, LECHE CRUDA

La leche, es el líquido segregado por las hembras de los mamíferos a través de las glándulas mamarias, ver fotografía N°4 cuya finalidad básica es alimentar a su cría durante un determinado tiempo; su importancia se basa en su alto valor nutritivo, ya que sus componentes se encuentran en la forma y en las proporciones adecuadas, de tal manera que cada una de las leches representa el alimento más balanceado y propio para sus correspondientes crías.(65)

Inmediatamente después del parto, la vaca empieza con las secreciones mamarias; durante los primeros dos o tres días produce el llamado calostro, que es un líquido con un alto contenido de sólidos, de fuerte olor y sabor amargo, abundante en inmunoglobulinas y con la siguiente composición promedio: 79% de agua, 10% de proteínas, 7% de grasas, 3% de lactosa y 1% de cenizas. Dicho calostro está destinado

fundamentalmente a fortalecer el sistema de protección del becerro y solo este le sirve; por su gran proporción de inmunoglobulinas, es sumamente sensible a la desnaturalización térmica.

Pasado este periodo, el animal sintetiza propiamente la leche durante toda la lactancia que varia de 180 a 250 días (depende de muchos factores), con una producción media diaria muy fluctuante que va desde 3 litros (vacas que pastorean, sin atención medica, etc.) hasta 25 l (vacas estabuladas en buenas condiciones de salud y de alimentación, etc.) La leche se sintetiza fundamentalmente en la glándula mamaria, pero una parte de sus constituyentes también provienen del suero de la sangre.

La leche esta compuesta por agua, grasas, proteínas, azucars, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico relativamente estable; esto se debe a que todos los constituyentes se encuentran en equilibrio, estableciendo tres estados de dispersión que se discuten mas adelante. (64)

Entre las características fisicoquímicas están: materia grasa mínimo: 3.0 g/100 cm³, densidad a 15°C 1.028 a 1.035, extracto seco no graso: mínimo 8.2g/100 g , la acidez en ácido láctico: 0.13 a 0.18 g/100 cm³ 13-18° D y proteínas totales mínimo 2.9 % P/P. Los sólidos totales de la leche (grasas y sólidos no grasos) representan entre 10.5 y 15.5% de su composición total y varían de acuerdo con muchos factores, tales como raza de la vaca, tipo y frecuencia de la alimentación, época del año, hora del día de la ordeña, etc. (79) (65)

Entre las propiedades físicas de la leche podemos decir que posee un fluido: newtoniano, una viscosidad 2cps, el peso específico de 1.032 a 15°C, la temperatura de congelación es de -0.52 a -0.57 °C y la de ebullición 100.17 ° C a 760 mm de Hg con un pH de 6.5 a 6.7. (64)

1.7.3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

A continuación, según la Tabla N° , se indica la composición por 100 g de leche cruda.
(65)

TABLA No 6 . COMPOSICIÓN POR 100 G DE LECHE.

Agua	87.8 g
Proteínas	3.2 g
Grasas	3.9 g
AC. Graso saturado	2.4 g
AC. Graso monosaturado	0 g
AC. Graso polinsaturado	0.1 g
Colesterol	14 mg
Hidratos de carbono	4.8 g
Kcal.	66 g
Ca.(calcio)	115 mg
P.(fósforo)	92 mg
Retinol	52 _g
Caroteno	21 _g
Vit. B12	6.17 mg
Vit. B1	0.4 _g
Polatos	6 _g

1.7.3.2 VALOR NUTRITIVO

La composición de la leche determina su calidad nutritiva y varía en función de raza, alimentación, edad, periodo de lactación, época del año y sistema de ordeño de la vaca, entre otros factores. (64)

Su principal componente es el agua, seguido fundamentalmente por grasa (ácidos grasos saturados en mayor proporción y colesterol), proteínas (caseína, lactoalbúminas y lactoglobulinas) e hidratos de carbono (lactosa principalmente). Así mismo, contiene moderadas cantidades de vitaminas (A, D, y vitaminas del grupo B, especialmente B₂, B₁, B₆ y B₁₂) y minerales (fósforo, calcio, zinc y magnesio).

A pesar de su valor nutritivo, la leche de vaca está contraindicada en algunas situaciones concretas, como en el caso de quienes sufren intolerancia a la lactosa, galactosemia y alergia a la leche. (65)

1.7.3.3 INCONVENIENTES DE SU CONSUMO

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. (15)

De los elementos contaminantes a considerar, deben tenerse en cuenta, desde el punto de vista toxicológico, el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico como altamente tóxicos, en tanto que el estaño y el cobre como tóxicos cuando se consumen en grandes cantidades. Finalmente, el hierro, sólo como un elemento deficitario en la leche, esencial en la nutrición humana y catalizador de la oxidación de las grasas. (80)

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. Los niveles permitidos para la leche son de 0,1 mg/kg en Gran Bretaña y 0,15 mg/kg en Australia. FAO/OMS han determinado como tolerable una ingestión diaria para el ser humano de 0,05 mg/kg de peso.

La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA) determinan que Tungurahua es una de las provincias con mayor producción lechera. Tungurahua produce 272 mililitros diarios de leche, de los cuales el 83% es vendido en forma líquida y el resto es industrializado. La iniciativa de conformar el consorcio de productores de lácteos tiene el apoyo de instituciones públicas y privadas, las que están encabezadas por el Consejo Provincial. (15)

1.8. LÍMITES ESTABLECIDOS DE ARSÉNICO

1.8.1. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS DE ARSÉNICO EN EL AIRE (81)

- Agencia de protección Ambiental (EPA) ha determinado que el límite para el consumo humano es de 0.05 mg/l.
- La Agencia de Protección Ambiental de U.S. (USEPA) establece que el nivel máximo de contaminación es de 50 µg/l.

1.8.2. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS DE ARSÉNICO EN EL AGUA PARA BEBIDA (52) (81)

- Norma Chilena: 0.05 mg/L
- Norma en Estados Unidos: 0.05 mg/L
- Norma Argentina: 0.05 mg/L
- Norma Francesa: 0.05 mg/L
- Norma de la Organización Mundial de la Salud: 0.01 mg/l
- Norma Alemana: 10 ug/L

1.8.3. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS DE ARSÉNICO EN ALIMENTOS (52) (81)

- La Comisión Mixta FAO/WHO del Codex Alimentarius ha fijado la máxima ingesta tolerable de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal
- El límite máximo de Arsénico en alimentos es de 0.1 mg/Kg, según el NTE. INEN 269.
- El Código Alimentario Argentino (CAA), ha establecido una concentración máxima de 50 $\mu\text{g}/\text{l}$
- Para la leche la FAO/OMS han determinado como tolerable una ingestión diaria para el ser humano de 0,05 mg/kg de peso

1.8.4 CONCENTRACIONES MÁXIMAS PERMITIDAS DE ARSÉNICO EN EL ORGANISMO HUMANO (52) (81)

- La Organización Mundial de la Salud ha establecido un límite máximo de consumo de arsénico de 10 $\mu\text{g}/\text{l}$.

- La Comunidad Económica Europea (CEE) ha establecido una concentración máxima admisible (MAC) de 50µg/l.
- La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido límites de 10 µg de arsénico por metro cúbico de aire en el trabajo (10 µg/m³) durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas a la semana.

1.9 MÉTODO ANALÍTICO

1.9.1 SELECCIÓN DEL MÉTODO (48)

Esta basado en la definición de la naturaleza del problema analítico. Estas definiciones o planteamientos son:

- Establecer la exactitud y precisión.
- Muestra disponible para el análisis.
- Intervalo de concentración del analito
- Componentes de la muestra que interferirán.
- Propiedades físicas y químicas de la matriz de la muestra.
- Número de muestras a analizar.

1.9.2 INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS.

En un sentido muy amplio, un instrumento para el análisis químico convierte una señal analítica que no suele ser detectable ni comprensible directamente por un ser humano en una forma que sí lo es. Así un instrumento analítico puede considerarse como un dispositivo de comunicación entre el sistema en estudio y el científico.

Un instrumento para el análisis químico suele estar constituido como máximo por cuatro componentes fundamentales. Estos componentes son un generador de señales, un transductor de entrada (denominado detector), un procesador de la señal y un transductor de salida o dispositivo de lectura, ver figura N° 3. Para esta metodología utilizamos un espectrofotómetro de Absorción Atómica, ver fotografía N° 5 (45)

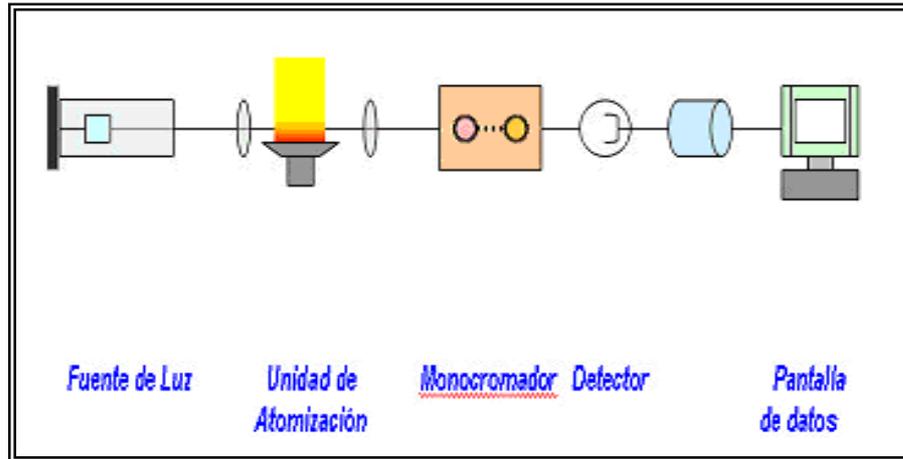


FIGURA No 3. COMPONENTES FUNDAMENTALES DE UN EQUIPO DE ABSORCIÓN ATÓMICA

1.9.3 ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA



FOTOGRAFÍA No 5, ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

1.9.3.1 EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LOS ELEMENTOS (45)

El principio de los métodos de medida por absorción atómica y emisión atómica de llama se conoce desde hace más de un siglo debido a la experiencia Kirchhoff, que demostró que los gases incandescentes absorben a las mismas longitudes de onda que son capaces de emitir.

Cuando se dispersa la luz emitida por un arco eléctrico (inicialmente una fuente de luz blanca) con un prisma se obtiene un espectro continuo. Si se sustituye la fuente anterior por un mechero Bunsen en el que se proyecta un poco de cloruro de sodio, se obtiene el espectro de emisión de este elemento formado por rayas (imágenes de la rendija de entrada) cuyo doblete amarillo es bien conocido y se sitúa a 589 nm. Esta parte de la experiencia ilustra la emisión atómica de llama.

Finalmente, si se asocian las dos fuentes procedentes colocando en el trayecto óptico el arco eléctrico y después la llama del mechero Bunsen, se obtiene sobre la pantalla un espectro continuo con rayas oscuras en lugar de rayas de emisión de sodio. Esta “reversión” de rayas resulta de la presencia en la llama de una gran proporción de átomos de sodio que quedan en estado fundamental y que absorben a las mismas frecuencias que pueden emitir los átomos excitados de este elemento. Esto es una manifestación de la absorción atómica.

Esta experiencia traduce la existencia de estados de energía potencial perfectamente definidos para cada átomo y que dependen de su configuración electrónica. Cuando un átomo en estado libre se lleva a una temperatura elevada, o se irradia con una fuente luminosa en la región del UV-VIS cercano, se favorece la transición de uno de sus electrones externos, del estado fundamental en que se encuentran normalmente, a un estado excitado. Esta transferencia corresponde a una absorción de energía. Inversamente, cuando el átomo regresa espontáneamente a su estado fundamental, puede reemitir este excedente de energía bajo la forma de uno o varios fotones. En las experiencias precedentes, la llama provoca las transiciones más probables del átomo de sodio.

La ley de distribución de Maxwell-Boltzmann permite calcular el efecto de la temperatura sobre cada transición. Designado por N_0 al número de átomos en estado fundamental y por N_c al del estado excitado, se tiene:

$$N_c/N_0 = g \cdot \exp(-\Delta E/Kt)$$

Donde

T: temperatura absoluta en grados Kelvin;

g : número entero pequeño (g depende de los números cuánticos del elemento considerado)

ΔE : dispersión de energía (julios) entre dos poblaciones (o) y (e);

k : Constante de Boltzman ($k = R/N = 1,38 * 10^{-23}$ J/K).

1.9.3.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN (48)

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_0 que quedan en el estado fundamental en el trayecto óptico. Se procede a realizar medidas comparativas con disoluciones patrón.

$$A = k l \lambda * c$$

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 absorción, \hat{a}). El equipo registra la absorbancia mediante la relación de las intensidades transmitidas en ausencia y presencia de la muestra mediante la curva de calibración, ver figura No 4. 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. 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.

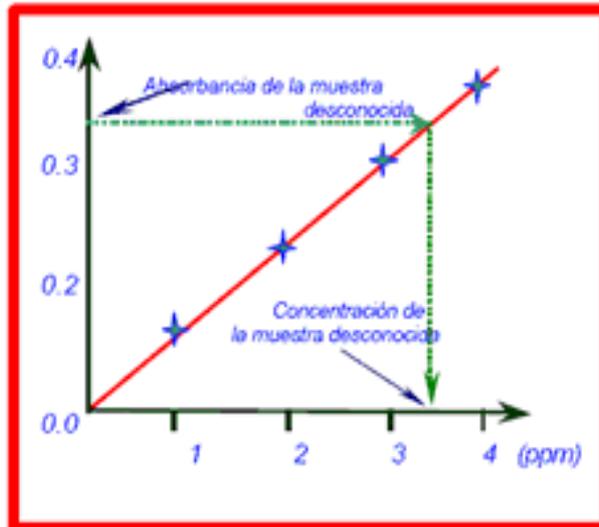


FIGURA No 4, CURVA DE CALIBRACIÓN

1.9.3.3 ESQUEMA ÓPTICO (72)

El esquema óptico de un equipo de absorción atómica, ilustrado aquí mediante un modelo básico de haz simple (Ver figura N° 5), 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).

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.

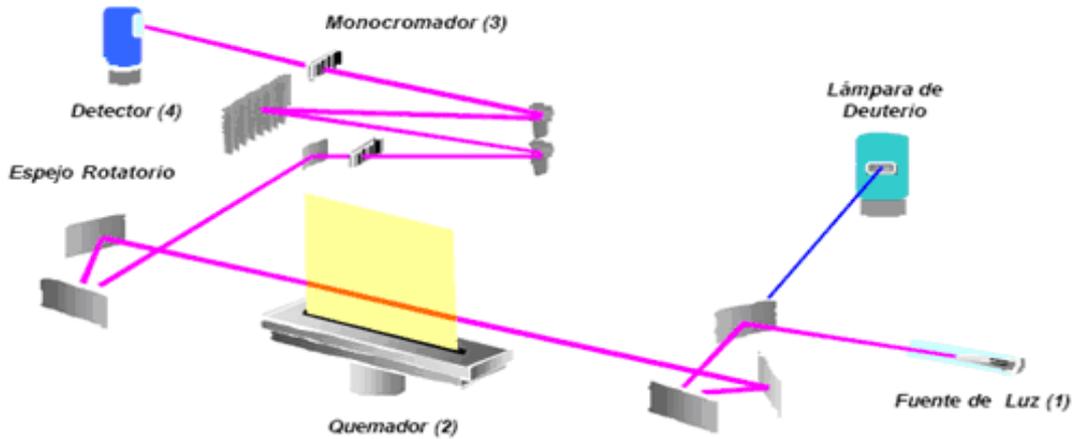


FIGURA No 5, ESQUEMA ÓPTICO DE HAZ SIMPLE

1.9.3.4 LÁMPARAS DE CÁTODO HUECO. (72)

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 No 6. 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.

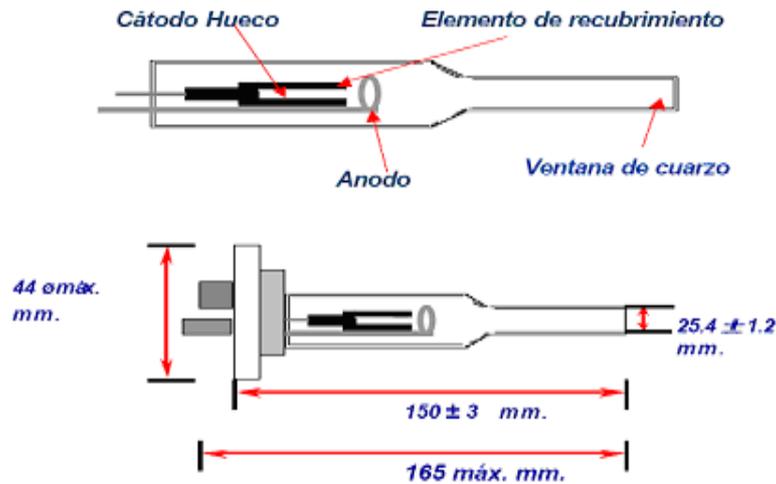


FIGURA No 6, LÁMPARA DE CÁTODO HUECO

1.9.3.5 DISPOSITIVO TÉRMICO PARA OBTENER GAS TÉRMICO.

Existen tres formas para poder obtener el gas térmico: vaporización química, atomización electrotérmica, atomización por llama; siendo esta última la utilizada en la determinación de arsénico. (48)

1.9.3.6 ATOMIZACIÓN POR LLAMA (48)

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.

1.9.3.7 CORRECCIÓN CON LÁMPARA DE DEUTERIO (72)

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. Siendo aditivas la absorbancia, el equipo muestra el valor de absorción debida al elemento.

1.9.3.8 CORRECCIÓN DEL RUIDO DE FONDO CON LÁMPARA DE CÁTODO HUECO DE PULSOS (45)

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. Este auto absorción 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.

1.9.3.9 INTERFERENCIAS (45)

- FÍSICAS Y QUÍMICAS.

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.

- 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.

- 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.

1.9.3.10 SENSIBILIDAD Y LÍMITE DE DETECCIÓN (45)

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.

1.10 EQUIPO UTILIZADO

1.10.1 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE LAAS PARA LAS MEDICIONES

- Equipo de Absorción Atómica
- Marca : SHIMADZU
- Modelo : AA-6800
- N° de serie : A10463780019

1.10.1.1 ACCESORIOS

- Automuestreador marca Shimadzu, modelo ASC-6100, N serie: A30303700566.
- Regenerador de agua (Refrigerante) Marca EVELA. Modelo CA-110.
- Compresor de aire, tipo silencioso.
- Regulador para gases (3) (C_2H_2 , N_2O).
- Lámparas de cátodo hueco.
- Computadora estándar (CPU, monitor SVGA, teclado).
- Software WizAArd.
- Generador de Hidruros, marca Shimadzu, Modelo AA-6800.

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 LUGAR DE INVESTIGACIÓN

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

2.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

2.2.1 MUESTRA

Dieciocho muestras de papas (*Solanum tuberosum*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda procedentes de las localidades de Atillo (Cantón Quero) y Pilco (Cantón Mocha), pertenecientes a la Provincia de Tungurahua.

2.2.2 EQUIPOS

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica con generación de hidruros. (Shimadzu)
- Estufa (Memmert)
- Digestor Simplicity (Thermolyne type 2200 hot plate)
- Sorbona (Memmert)
- Bomba de Vacío (Warning)
- Cámara fotográfica (*hp*)
- Computador (LG)

- Refrigerador (LG)
- Sistema de Filtración (Millipore)
- Balanza analítica (Shimadzu)
- Cooler (Rubbermaid)
- Pipetas Volumétricas de: 1,2,4,5,10,20 ml
- Micropipetas de 10 y 1000 μ l
- Balones Volumétricos: 25, 50,100, 500 y 1000 ml
- Picetas
- Puntas para Micropipetas
- Erlenmeyer s de 250ml
- Vasos de Precipitación de 250 ml
- Mortero con pistilo
- Pera de succión
- Tubos de Ensayo
- Gradilla
- Frascos para recolectar muestras
- Reverbero
- Espátula
- Pinza
- Crisoles de porcelana
- Probeta graduada
- Papel filtro
- Vidrio Reloj
- Guantes látex
- Mapa del terreno
- Azadón
- Bolsas plásticas esterilizadas
- Marcadores
- Cinta adhesiva
- Rallador
- Mascarilla
- Mandil
- Reloj

- Gorro
- Espátula
- Balde

2.2.3 REACTIVOS

- Agua Deionizada
- Agua Acidulada
- Agua Destilada
- Agua Bidestilada
- NaBH_4
- $\text{HNO}_3_{\text{con}}$
- HCl_{con}
- HCl (5M)
- Gas Argón
- Gas Acetileno
- Agua Grado HPLC
- Patrón de As de 100 0ppm
- Estándares de Arsénico
- Estándares de Arsénico de 15,20,40,50 y 60 ppm

2.3 MÉTODOS

2.3.1 FASE EXPERIMENTAL

2.3.1.1 OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

Primera Zona de Muestreo: Cantón Quero

- El 20 de septiembre de 2008. Se visitó el terreno de 12 Has de propiedad del Sr. Carlos Martínez. El área cultivable corresponde a 9 Has en la parroquia “Pilco”, Cantón Quero situado a 21.7 km de distancia en línea recta al volcán Tungurahua. Del plantío de 3 hectáreas para las papas de la variedad (María), la recolección de las muestras se realizó aplicando la técnica (12 tubérculos en Z y 8 tubérculos en X) para así poder obtener 1Kg de muestra. El proceso de

recolección del Producto se lo hizo con mucho cuidado para así garantizar que las características del producto no se vean afectadas. El depósito de las papas se lo realizó en baldes de plástico los cuales estaban previamente etiquetadas. Ver anexo No 1. Posteriormente se procedió a ubicar las muestras en bolsas de plástico esterilizados se etiquetó y se la cubrió con papel aluminio y se las colocó en el cooler para poder ser transportada hacia el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), en donde se procedió a:

- Extraer del cooler y retirar las envolturas
 - Rallar la muestra (tubérculos) en un pirex limpio y seco
 - Homogenizar la muestra con una varilla
 - Pesar 5g de muestra en un vidrio reloj en la balanza analítica
 - Realizar tres repeticiones de cada muestra
 - Colocar en un Vaso de precipitación de 250 ml.
 - Realizar el tratamiento químico
- El 25 de octubre de 2008. Se visitó el terreno en la parroquia “Pilco”, Cantón Quero tomando en cuenta los aspectos anteriores tuvimos un plantío de 2 hectárea para las zanahorias de la variedad de (Gold pak) y de igual manera se tomaron 3 muestras (12 tubérculos en Z y 8 tubérculos en X) para así poder obtener 1Kg. La etapa del cultivo en la que se realizó la cosecha es a la semana 16 cuando las raíces tienen tonalidades rojo- anaranjadas. El depósito de las raíces se lo realizó en cestas de plástico las cuales estaban previamente etiquetadas, ver anexo No 2 estas cestas facilita el lavado el mismo que se lo realizó en el canal de riego. Posteriormente se procedió a ubicar las muestras en envases de plástico esterilizados se etiquetó y se la cubrió con papel aluminio y se las colocó en el cooler para poder ser transportada hacia el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), en donde se procedió a:
 - Extraer del cooler y retirar las envolturas
 - Rallar la muestra íntegra o en porción comestible (tubérculos) en un pirex limpio y seco

- Homogenizar la muestra con una varilla
 - Pesar 5g de muestra en un vidrio reloj en la balanza analítica
 - Realizar tres repeticiones de cada muestra
 - Colocar en un Vaso de precipitación de 250 ml.
 - Realizar el tratamiento químico
-
- El 8 de noviembre de 2008. Se visitó el terreno en la parroquia “Pilco”, Cantón Quero y se procedió a recolectar la leche de tres vacas de raza Brovis con un tiempo promedio de permanencia en el sector de 1 año, 7 meses y cuya alimentación es el pasto y el agua de riego propio de la zona. La etapa para obtener un producto íntegro es a los 10 días en donde la leche está exenta del calostro. Se obtuvo 5 L de muestra el cual se lo depositó en envases de plásticos estériles previamente etiquetados, ver anexo No 3, y luego se los colocó en un cooler para mantener a la muestra y poder ser transportada hacia el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), garantizando así las características del producto. En el laboratorio se procedió a:
 - Extraer del cooler
 - Homogenizar la muestra con una varilla
 - Con una pipeta volumétrica colocar 5 ml de muestra en un vaso de precipitación de 250 ml.
 - Realizar tres repeticiones de cada muestra y
 - Realizar el tratamiento químico

Segunda Zona de Muestreo:

- El 27 de septiembre de 2008. Se visitó el terreno de 18 Has. El área cultivable corresponde a 12 Has en la parroquia “Atillo”, Cantón Mocha situado a 36.5 km de distancia en línea recta al volcán Tungurahua. El plantío de 4 hectáreas para las papas de la variedad (María), se tomaron 3 muestras (12 tubérculos en Z y 8 tubérculos en X) para así poder obtener 1Kg de muestra. El depósito de las papas se lo realizó en baldes de plástico los cuales estaban previamente

etiquetadas Posteriormente se procedió a ubicar las muestras en bolsas de plástico esterilizados se etiqueto y se la cubrió con papel aluminio y se las colocó en el cooler para poder ser transportada hacia el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), en donde se procedió a:

- Extraer del cooler y retirar las envolturas
 - Rallar la muestra (tubérculos) en un pirex limpio y seco
 - Homogenizar la muestra con una varilla
 - Pesar 5g de muestra en un vidrio reloj en la balanza analítica
 - Realizar tres repeticiones de cada muestra
 - Colocar en un Vaso de precipitación de 250 ml.
 - Realizar el tratamiento químico
-
- El 25 de octubre de 2008. Se visito el terreno en la parroquia “Atillo”, Cantón Mocha tomando en cuenta los aspectos anteriores tuvimos un plantío de 3 hectárea para las zanahorias de la variedad (Gold pak) y de igual manera se tomaron 3 muestras (12 tubérculos en Z y 8 tubérculos en X) para así poder obtener 1Kg. La etapa del cultivo en la que se realizó la cosecha es a la semana 16 cuando las raíces tienen tonalidades rojo- anaranjadas. El depósito de las raíces se lo realizó en cestas de plástico las cuales estaban previamente etiquetadas, estas cestas facilita el lavado el mismo que se lo realizó en el canal de riego. Posteriormente se procedió a ubicar las muestras en envases de plástico esterilizados se etiqueto y se la cubrió con papel aluminio y se las colocó en el cooler para poder ser transportada hacia el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), en donde se procedió a:
- Extraer del cooler y retirar las envolturas
 - Rallar la muestra (tubérculos) en un pirex limpio y seco
 - Homogenizar la muestra con una varilla
 - Pesar 5g de muestra en un vidrio reloj en la balanza analítica
 - Realizar tres repeticiones de cada muestra
 - Colocar en un Vaso de precipitación de 250 ml.

- Realizar el tratamiento químico

- El 8 de noviembre de 2008. Se visitó el terreno en la parroquia “Atillo”, Cantón Mocha y se procedió a recolectar la leche de tres vacas de raza Brovis con un tiempo promedio de permanencia en el sector de 3 años, cuya alimentación es el pasto y el agua de riego propio de la zona. Se obtuvo 5 Litros de muestra. La etapa para obtener un producto íntegro es a los 10 días en donde la leche está exenta del calostro. El depósito de la leche se realizó en envases de plásticos estériles previamente etiquetados y luego se los colocó en un cooler para mantener a la muestra y poder ser transportada hacia el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), garantizando así las características del producto. En el laboratorio se procedió a:
 - Extraer del cooler
 - Homogenizar la muestra con una varilla
 - Con una pipeta volumétrica colocar 5 ml de muestra en un vaso de precipitación de 250 ml.
 - Realizar tres repeticiones de cada muestra y
 - Realizar el tratamiento químico

2.3.1.2 TRATAMIENTO QUÍMICO DE LA MUESTRA DE CENIZA

Para la determinación de arsénico en la ceniza volcánica se realizó el análisis. Según la Norma PEE/LAB-CESTTA/186.

a) TÉCNICA DE DETERMINACIÓN DE METALES EN SUELOS

- Pesar 1g de muestra pasar a un erlenmeyer de 250 ml.
- Añadir 10 ml de HNO_3 1:1
- Dejar en reposo 15 minutos
- Añadir 5 ml de HNO_3 con
- Calentar a reflujo en parrilla a 100°C durante dos horas

- Añadir 2 ml de Agua Deionizada
- Agregar 8 ml de H₂O₂
- Calentar a reflujo en parrilla a 100°C por dos horas
- Aforar a 50 ml con agua desionizada y filtrar. El líquido es transparente.

2.3.1.3 TRATAMIENTO QUÍMICO DE LA MUESTRA DE ALIMENTOS

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 PEE/LAB-CESTTA/185.

a) TÉCNICA DE DIGESTIÓN

- La muestra (5 gramos), pasar aún erlenmeyer de 250 ml y agregar 10 ml de HNO_{3 conc.}
- Tapar con un virio reloj y dejar en digestión por 12 horas a Temperatura ambiente
- Agregar 20 ml de agua desionizada, y tapar con un vidrio de reloj.
- Calentar a reflujo en parrilla a 100°C hasta reducir el volumen a 10ml.
- Enfriar y agregar 10 ml de HCl conc.
- Agregar 10 ml de agua desionizada
- Reflejar hasta reducir el volumen a 10ml
- Aforar a 50 ml con agua desionizada y filtrar. El líquido debe ser transparente.

2.3.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DE ARSÉNICO

Se preparó una solución 1:1000 a partir de un patrón de arsénico para Absorción Atómica de 1000 ppm para obtener una solución de 1000ppb. Al agregar 2.5 ml y aforar a 50 ml se obtiene una concentración de 50 ppb.

Para una corrida se procedió de la siguiente manera:

- Pesar 5 gramos. Pasar aún erlenmeyer de 250 ml

- Agregar 2.5 ml del estándar de 1000ppb a la muestra y agregar 10 ml de HNO₃ conc.
- Tapar con un virio reloj y dejar en digestión por 12 horas a T° ambiente
- Agregar 20 ml de agua deionizada, y tapar con un vidrio de reloj.
- Calentar a reflujo en parrilla a 100°C hasta reducir el volumen a 10ml.
- Enfriar y agregar 10 ml de HCl conc.
- Agregar 10 ml de agua deionizada
- Reflejar hasta reducir el volúmen a 10ml
- Aforar a 50 ml con agua deionizada y filtrar. El líquido debe ser transparente.

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

1 Muestra → 50 ppb de As



46.4279

% de Recuperación

$$\frac{V_T - V_P}{V_T} (100) = \% \text{ de Recuperación}$$

Donde:

V_T= Valor Teórico

V_P= Valor Práctico

- PAPAS

Donde:

$$\text{Recuperación} = (50\text{ppb} - 46.4279/50\text{ppb}) * 100 = 7.1442$$

$$\text{Recuperación} (100 - 7.1442)$$

$$\% \text{ de Recuperación} = 92.85$$

- ZANAHORIA

Donde:

$$\text{Recuperación} = (50\text{ppb} - 54.4954/50\text{ppb}) * 100 = 8.99$$

$$\text{Recuperación} (100 - 8.99)$$

$$\% \text{ de Recuperación} = 91.00$$

- LECHE

Con dilución 1:10, aforado a 25ml

Donde:

$$\text{Concentración Real} = (10.1418 * 10) = 101.48$$

$$(101.48/2) = 50.709$$

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

$$\text{Recuperación} = (100 - 1.418)$$

$$\% \text{ de Recuperación} = 98.58$$

2.3.3 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES ESTÁNDARES DE ARSÉNICO

- PREPARACION DE AGUA ACIDULADA

- 14.1 ml de HNO₃ llevar a 1L de Agua destilada.

- PREPARACIÓN DE LOS ESTÁNDARES

- Concentración de 10 ppm

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

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

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

$V_1 = 1 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

- Concentración de 1ppm

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

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

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

$V_1 = 10 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

2.3.4 PREPARACIÓN DE REACTIVOS

- 15 ppb

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

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

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

$V_1 = 1.5 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

- 20 ppb

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

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

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

$V_1 = 2 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

- 40 ppb

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

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

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

$V_1 = 4 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

- 50 ppb

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

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

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

$V_1 = 5 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

- 60 ppb

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

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

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

$V_1 = 6 \text{ ml}$ aforar a 100 ml de Agua Acidulada.

2.3.5 PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA LECTURA DE LAS MUESTRAS

- PREPARACION DEL BORO HIDRURO

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

- PREPARACION DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO

- 44.40 ml de HCl llevar a 100 ml (5M)

Nota: Las lecturas fueron realizadas inmediatamente después de finalizada la preparación tanto de las muestras como de los estándares. Los resultados dados por el equipo fueron expresados en $\mu\text{g/L}$ y, nosotros realizamos la transformación a mg/Kg ., utilizando la siguiente fórmula:

$$(\mu\text{g/L}) * (L_E) * (V_D) * (1000/\text{g}) * (1/\text{Kg}) * (\text{mg}/1000 \mu\text{g}) = (\text{mg}/\text{Kg})$$

Donde:

L_E = Lectura expresada por el Equipo ($\mu\text{g/L}$)

V_D = Valor a la que la muestra fue diluida

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO UTILIZADO PARA LAS MEDICIONES

A continuación se detalla los parámetros instrumentales para la posterior 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.

2.4.1 CUANTIFICACIÓN DE ARSÉNICO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

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

- 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 ($y = mx + b$).

- DETERMINACIÓN:

Introducimos el blanco de reactivos, las muestras analizar y registramos los valores de absorbancia.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El procedimiento estadístico que se realizo para determinar la concentración de Arsénico en muestras de papas (*Solanum tuberosum*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche se realizó un análisis de varianza que se utilizó para determinar si las medias de las tres muestras han sido extraídas de poblaciones con la misma media y mediante la función de ANOVA: dos factores con varias muestras por grupo se realizó el análisis de las muestras en las que se determino que existe diferencia entre ellas pero no se estableció entre cuales. Es por ello que debemos aplicar el Test de TUKEY el mismo que nos permitió confirmar entre cuales muestras existen diferencias. (88) (89)

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

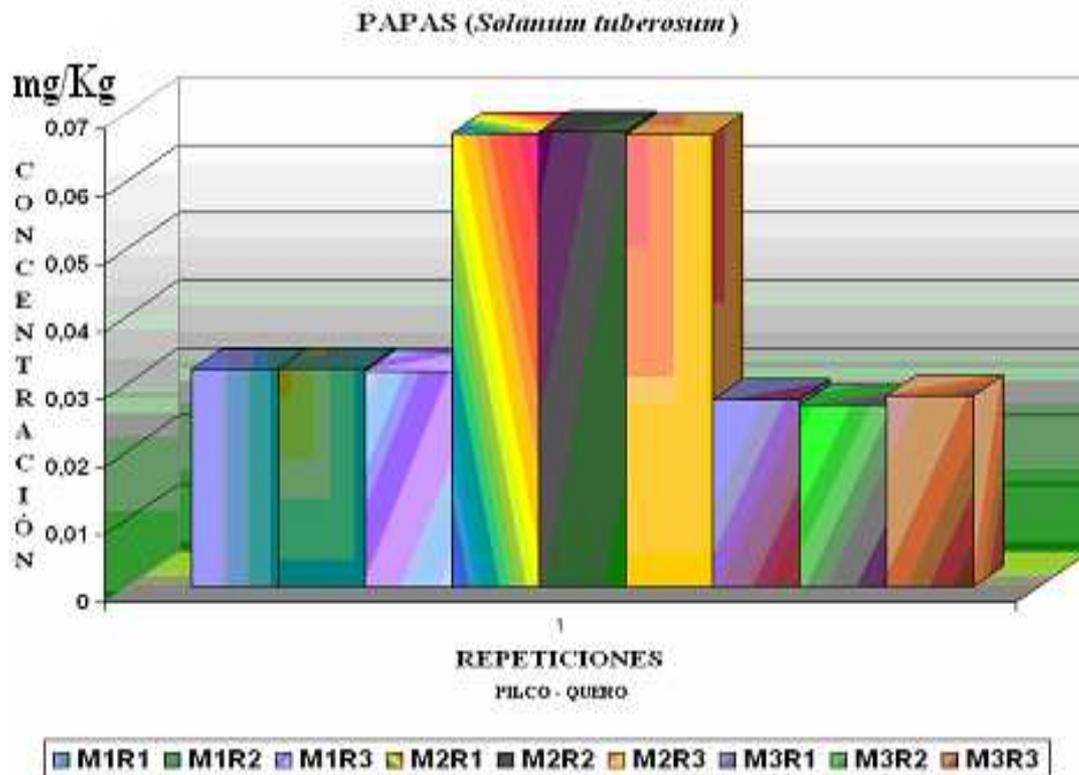
Para el análisis del elemento arsénico, se procedió a evaluar la metodología empleada mediante las recuperaciones que se realizó para todas las muestras. Luego se realizó una digestión ácida directa y se la llevó a sequedad, obteniendo sales solubles que luego fueron debidamente aforadas en balones para que a continuación sean sometidas a lectura en el equipo de absorción atómica, obteniéndose:

3.1 Gráficas de la concentración de arsénico en las muestras de papas (*Solanum tuberosum*), zanahorias (*Daucus carota*) y Leche cruda procedentes de la parroquia Pilco cantón Quero y de la parroquia Atillo cantón Mocha.

CUADRO No 1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) PROCEDENTES DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO.

PAPAS (<i>Solanum tuberosum</i>)			
PILCO - QUERO			
MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)	\bar{X}	\bar{S}
M ₁ R ₁	0.03213	0.03213	0,00023
M ₁ R ₂	0.03236		
M ₁ R ₃	0.0319		
M ₂ R ₁	0.06704	0.06704	0,00024502
M ₂ R ₂	0.06729		
M ₂ R ₃	0.0668		
M ₃ R ₁	0.02775	0.02759	0,00070266
M ₃ R ₂	0.02683		
M ₃ R ₃	0.02821		

GRÁFICO No 1. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO.

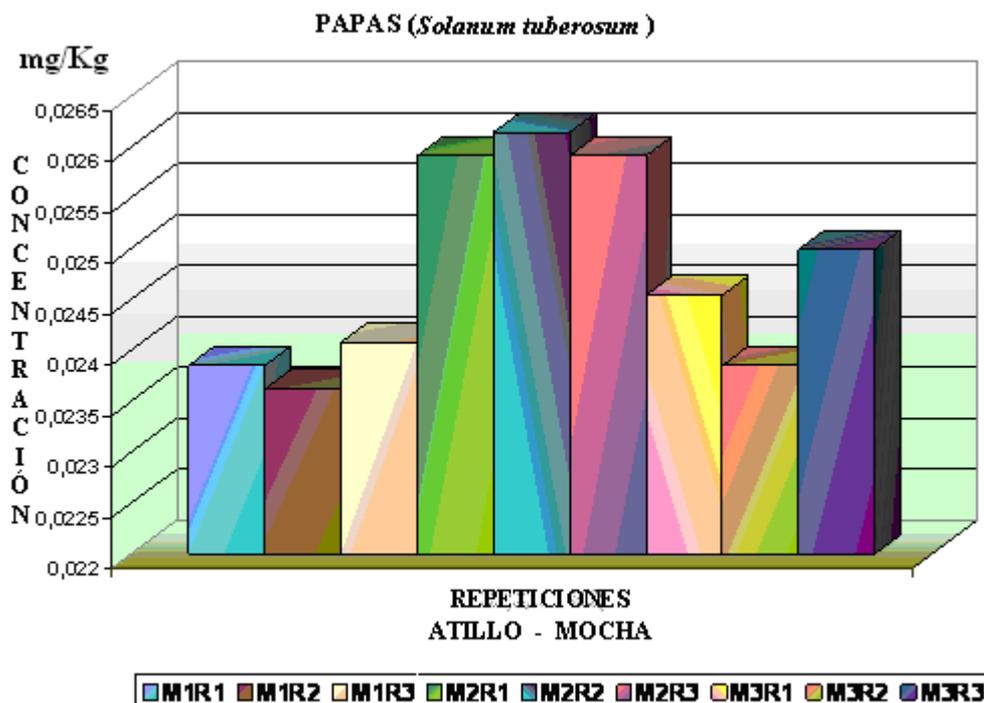


Como se evidencia en Cuadro N° 1 y en el Gráfico N° 1, la concentración de arsénico en papas (*Solanum tuberosum*) procedentes de la parroquia Pilco perteneciente al cantón Quero muestran pequeñas diferencias entre las repeticiones de la misma muestra y mediante el cálculo de la media y la desviación estándar confirmamos que las variaciones se deben a errores operacionales que se presentan durante el análisis más no, a la metodología aplicada para la realización de este estudio.

CUADRO No 2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) PROCEDENTES DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA.

PAPAS (<i>Solanum tuberosum</i>)			
ATILLO - MOCHA			
MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)	\bar{X}	\bar{S}
M ₁ R ₁	0.02385	0.02385	0,00023
M ₁ R ₂	0,02362		
M ₁ R ₃	0,02408		
M ₂ R ₁	0,02591	0.02598	0,00013279
M ₂ R ₂	0,02614		
M ₂ R ₃	0,02591		
M ₃ R ₁	0,02454	0.02446	0,0005742
M ₃ R ₂	0,02385		
M ₃ R ₃	0,02499		

GRÁFICO No 2. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA.

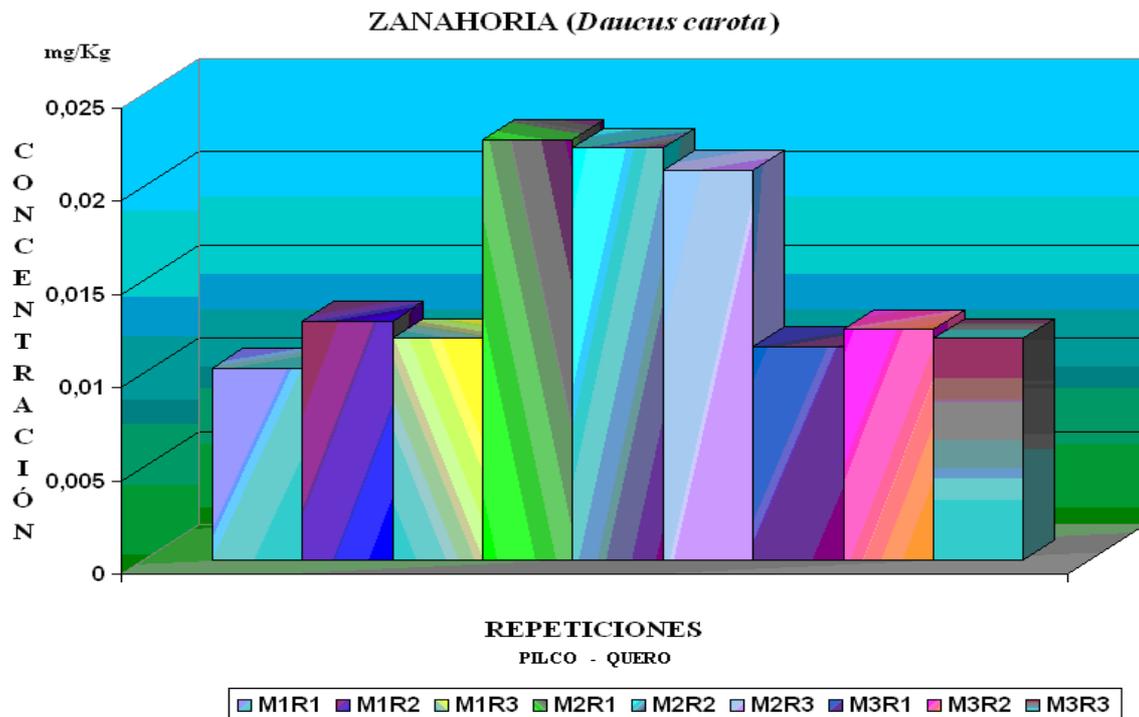


Como se aprecia en el Cuadro N° 2 y en el Gráfico N° 2 podemos decir que al realizar el análisis de la concentración de arsénico en papas (*Solanum tuberosum*) de la parroquia Atillo perteneciente al cantón Mocha, muestran pequeñas diferencias entre las repeticiones de la misma muestra y para confirmarlas procedemos a calcular la media y la desviación estándar y con ello podemos decir que la metodología empleada para la realización de este análisis es la correcta ya que las variaciones que se presentan entre las repeticiones son mínimas debiéndose más, a errores operacionales.

CUADRO No 3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN ZANAHORIAS (*Daucus carota*) PROCEDENTES DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO

ZANAHORIAS (<i>Daucus carota</i>)			
PILCO - QUERO			
MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)	\bar{X}	\bar{S}
M ₁ R ₁	0.01025	0.01163	0,00128059
M ₁ R ₂	0,01278		
M ₁ R ₃	0.01186		
M ₂ R ₁	0,02251	0.02181	0,00084038
M ₂ R ₂	0,02205		
M ₂ R ₃	0,02088		
M ₃ R ₁	0,0114	0.01186	0,00046
M ₃ R ₂	0,01232		
M ₃ R ₃	0,01186		

GRÁFICO No 3. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN ZANAHORIAS (*Daucus carota*) DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO.

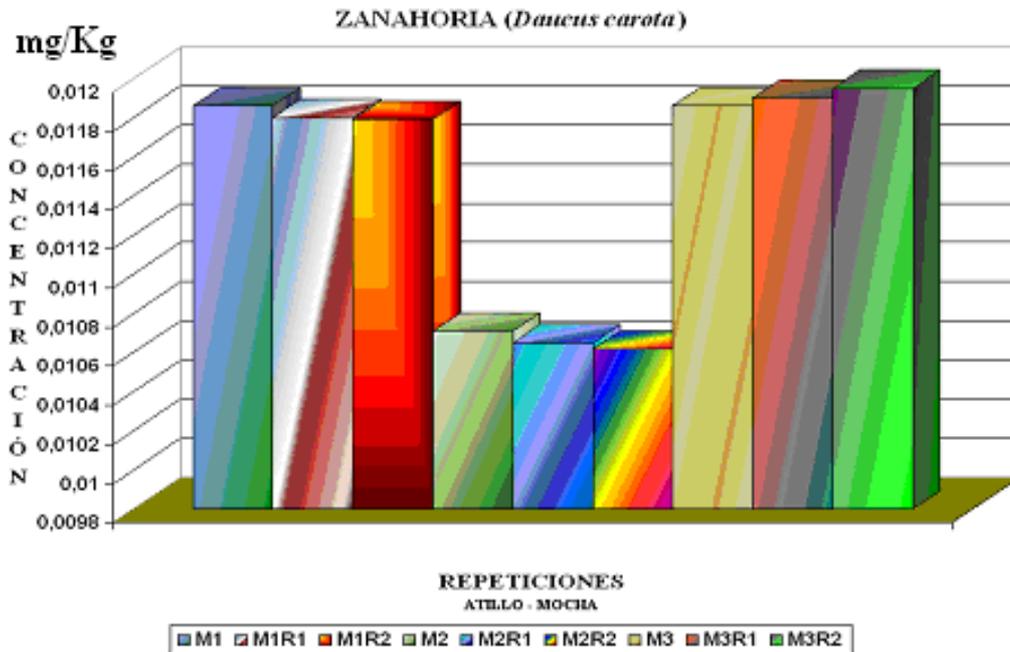


Al evaluar la Cuadro N° 3 y el Gráfico N° 3, podemos decir que el análisis de la concentración de arsénico en zanahoria (*Daucus carota*) de la parroquia Pilco perteneciente al cantón Quero, muestran pequeñas diferencias entre las repeticiones de la misma muestra y mediante el cálculo de la media y la desviación estándar confirmamos que las variaciones se deben a errores operacionales que se presentan durante el análisis más no, a la metodología aplicada para la realización de este estudio.

CUADRO No 4, RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN ZANAHORIAS (*Daucus carota*) PROCEDENTES DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA

ZANAHORIAS (<i>Daucus carota</i>)			
ATILLO - MOCHA			
MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)	\bar{X}	\bar{S}
M ₁ R ₁	0.01186	0.01181	3,78594E-05
M ₁ R ₂	0.0118		
M ₁ R ₃	0.01179		
M ₂ R ₁	0.01071	0.01066	4,58258E-05
M ₂ R ₂	0.01065		
M ₂ R ₃	0.01062		
M ₃ R ₁	0.01186	0.01190	4,50925E-05
M ₃ R ₂	0.0119		
M ₃ R ₃	0.01195		

GRÁFICO No 4. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN ZANAHORIAS (*Daucus carota*) DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA.

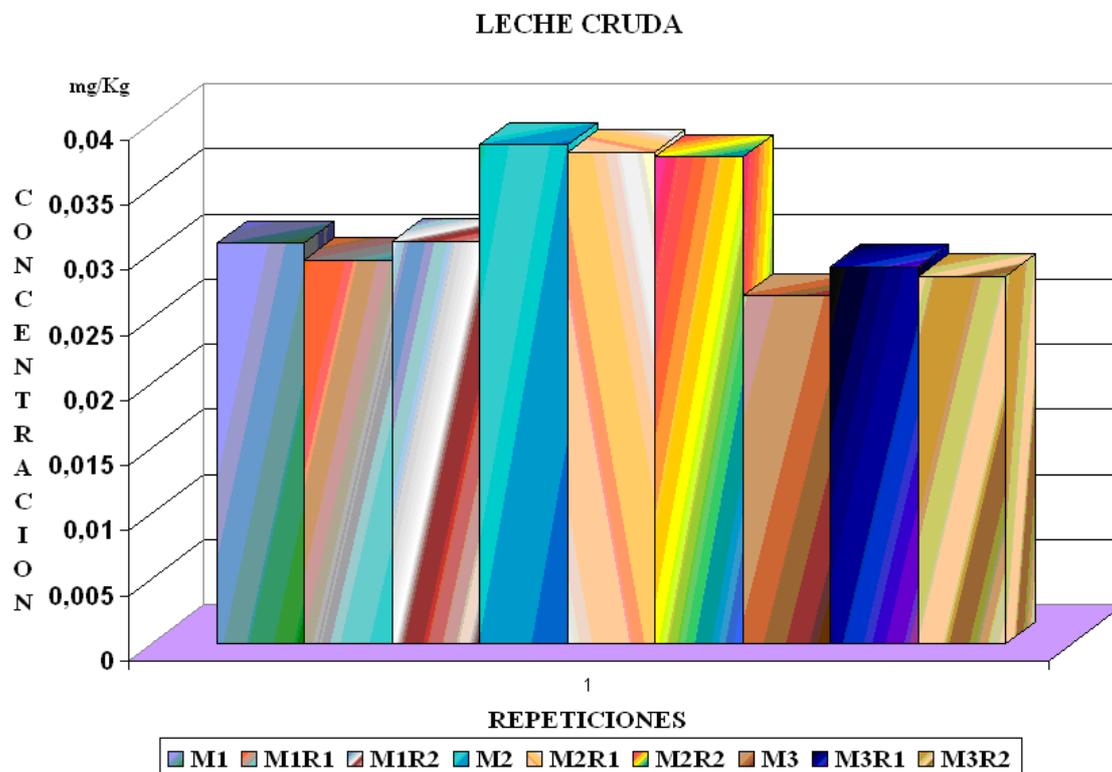


En el Cuadro N° 4 y en el Gráfico N° 4 ,se indica los resultados de la evaluación de la concentración de arsénico en zanahorias (*Daucus carota*) procedentes de la parroquia Atillo, cantón Mocha muestran pequeñas diferencias entre las repeticiones de la misma muestra y para confirmarlas procedemos a calcular la media y la desviación estándar y con ello podemos decir que la metodología empleada para la realización de este análisis es la correcta ya que las variaciones que se presentan entre las repeticiones son mínimas debiéndose más, a errores operacionales

CUADRO No 5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LECHE CRUDA PROCEDENTES DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO

LECHE CRUDA			
PILCO - QUERO			
MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)	\bar{x}	\bar{s}
M ₁ R ₁	0.03077	0.0304	0,00080181
M ₁ R ₂	0.02948		
M ₁ R ₃	0.03095		
M ₂ R ₁	0.03834	0.03784	0,000468224
M ₂ R ₂	0.03778		
M ₂ R ₃	0.03741		
M ₃ R ₁	0.02674	0.02795	0,001115093
M ₃ R ₂	0.02893		
M ₃ R ₃	0.0282		

GRÁFICO No 5. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO.

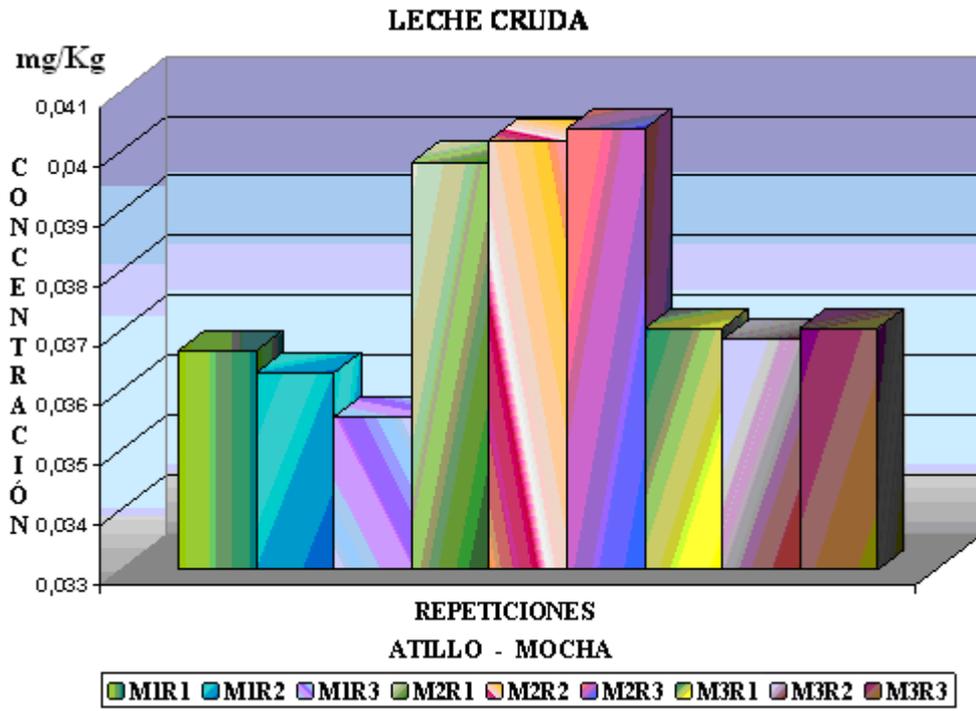


Al analizar en el Cuadro N° 5 y en el Gráfico N° 5, la concentración de arsénico en Leche cruda procedente del ganado vacuno de la parroquia Pilco perteneciente al cantón Quero, podemos decir que los valores resultantes de las repeticiones uno, dos y tres de la misma muestra difieren entre sí, y esto nos permite decir que el método aplicado es el correcto y estas variaciones que se presentan se deben a errores de operación durante el análisis.

CUADRO No 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LECHE CRUDA PROCEDENTES DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA

LECHE CRUDA			
ATILLO- MOCHA			
MUESTRA	CONCENTRACIÓN (mg/Kg)	\bar{X}	\bar{S}
M ₁ R ₁	0.03667	0.03617	0,000565184
M ₁ R ₂	0.0363		
M ₁ R ₃	0.03556		
M ₂ R ₁	0.03982	0.04013	0,00028478
M ₂ R ₂	0.04019		
M ₂ R ₃	0.04038		
M ₃ R ₁	0.03704	0.03697	0,000109697
M ₃ R ₂	0.03685		
M ₃ R ₃	0.03704		

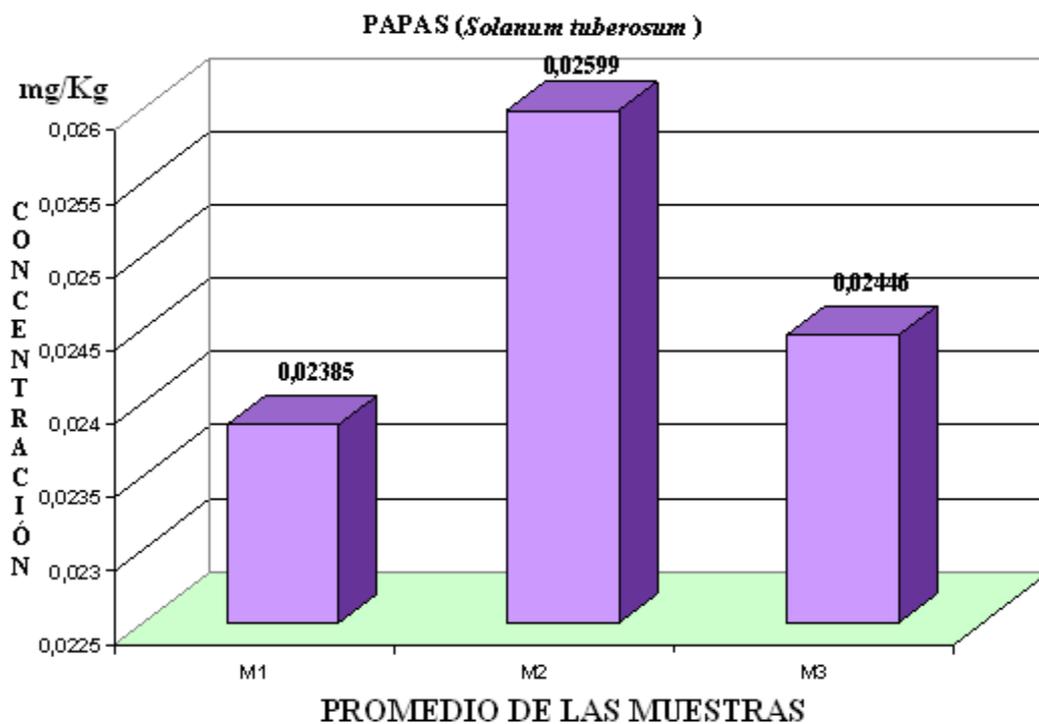
GRÁFICO No 6. CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA



Como se evidencia en la Cuadro N° 6 y en el Gráfico N° 6, la concentración de arsénico en la leche cruda del ganado vacuno, raza Brovis procedente de la parroquia Atillo, cantón Mocha muestra pequeñas diferencias entre las repeticiones de la misma muestra esto se debe a errores operacionales que se presentan durante el análisis más no, debido a la metodología aplicada para la realización del mismo.

3.2. Gráficas de la concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (*Solanum tuberosum*), zanahorias (*Daucus carota*) y Leche cruda procedentes de la parroquia Pilco cantón Quero y de la parroquia Atillo cantón Mocha

GRÁFICO No 7. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA PILCO CANTÓN QUERO.

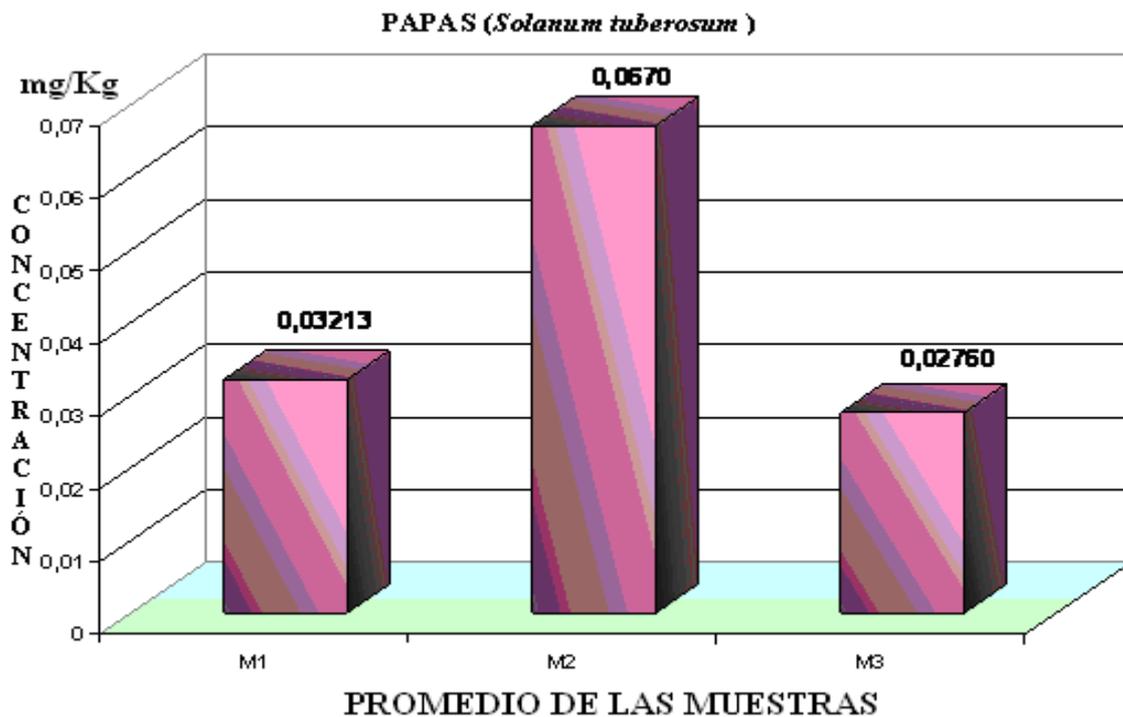


CUADRO No 7. PRUEBA DE TUKEY PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA PILCO CANTÓN QUERO.

Subset for alpha = .05			
RECINTO	N	1	2
1.00	3	0,02385	
3.00	3	0,02446	
2.00	3		0,02599
Sig.		0,182	1

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio para la determinación de la concentración promedio de arsénico en papas, de la parroquia Pilco, cantón Quero; se aprecia que en el Gráfico N° 7 el porcentaje promedio de las muestras N° 1 y N° 3 son iguales y estas a su vez difieren de la muestra N° 2. A pesar de tratarse del mismo terreno la diferencia que se presenta puede deberse a factores ambientales (la topografía, la dirección viento, el agua de riego, la lluvia, la densidad de los contaminantes) y del cultivo (la forma de siembra, las características genéticas y el manejo agronómico) que influyen directamente en la calidad del producto cosechado y con este fin se empleó el test ADEVA, el cual nos indica que hay diferencia de promedios entre las muestras, por lo cual resulta importante la aplicación del Test de Tukey el mismo que nos confirmó como difieren unas de otras.

GRÁFICO No 8. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA.

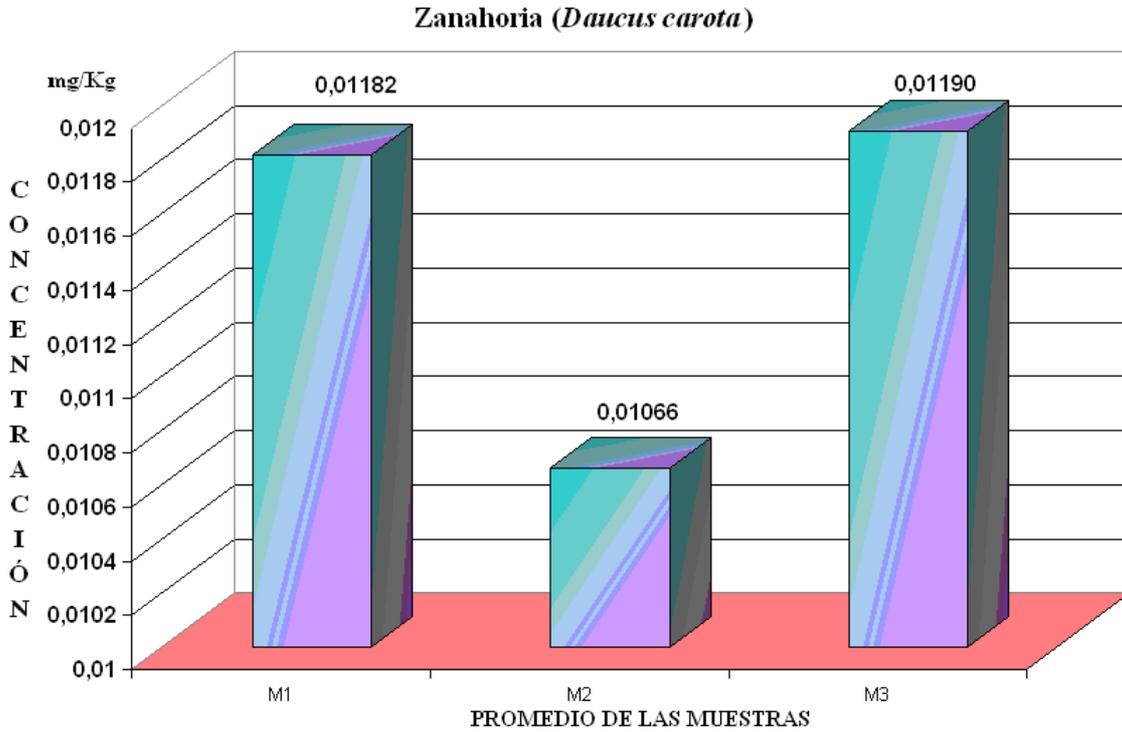


CUADRO No 8. PRUEBA DE TUKEY PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA

RECINTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
3.00	3	0,02760		
1.00	3		0,03213	
2.00	3			0,0670
Sig.		1	1	1

Como se aprecia en el Gráfico N° 8 se determino un promedio de la concentración de arsénico en la muestra uno de 0.03213 en la muestra dos 0.0670 y en la muestra tres de 0.02760, la diferencia que se presenta entre estas es concordante ya que a pesar de ser muestras tomadas de un mismo terreno estas se ven influenciadas por factores como la topografía, la dirección del viento, el agua de riego, la lluvia, la densidad de los contaminantes; y del cultivo (la forma de siembra, las características genéticas y el manejo agronómico) lo cual hace que la calidad de la zanahoria procedente de la parroquia de Atillo, cantón Mocha varíe en función de su ubicación en el plantío. Mediante la aplicación del test ADEVA se confirmo que existen diferencias entre los promedios de las muestras pero no entre cuales y debido a esta limitación se aplicó el Test de Tukey por medio del cual se verifico la variación que se presentan entre las tres muestras.

GRÁFICO No 9. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE ZANAHORIA (*Daucus carota*) DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO.

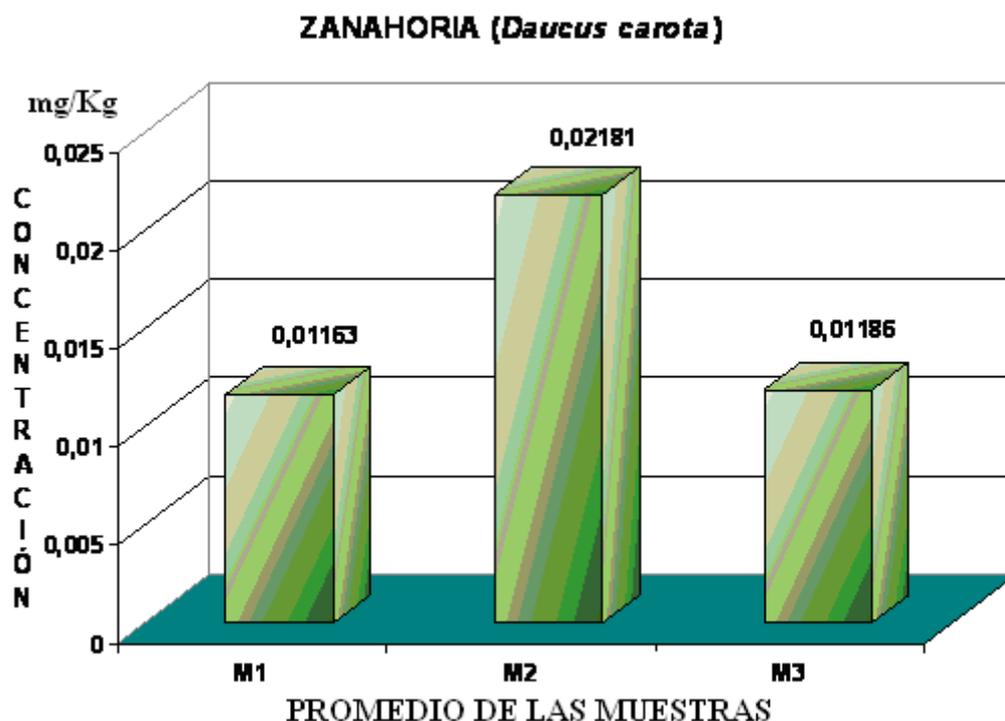


CUADRO No 9. PRUEBA DE TUKEY PARA DETERMINAR CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE ZANAHORIA (*Daucus carota*) DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO.

RECINTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2.00	3	0,01066	
1.00	3		0,01182
3.00	3		0,01190
Sig.		1	0,1066

En el Gráfico N° 9 se determino un promedio de la concentración de arsénico en la muestra uno de 0.01182 en la muestra dos 0.01066 y en la muestra tres de 0.01190 a pesar de ser muestras tomadas de un mismo terreno la muestra uno y la tres difieren de la muestra dos una de las causas puede ser que estas se vean influenciadas por factores ambientales como la topografía, la dirección del viento, el agua de riego, la lluvia, la densidad de los contaminantes; y del cultivo (la forma de la siembra, las características genéticas y el manejo agronómico) lo cual hace que la calidad de la zanahoria procedente de la parroquia de Pilco, cantón Quero varíe en función de su ubicación en el plantío y con este fin se empleó el test ADEVA, en donde se verificó la diferencia de promedios que presentan entre las muestras pero no entre cuales y debido a esta restricción resulta importante la aplicación del Test de Tukey el mismo que nos permitió saber como difieren unas muestras de otras.

GRÁFICO No 10. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE ZANAHORIA (*Daucus carota*) DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA

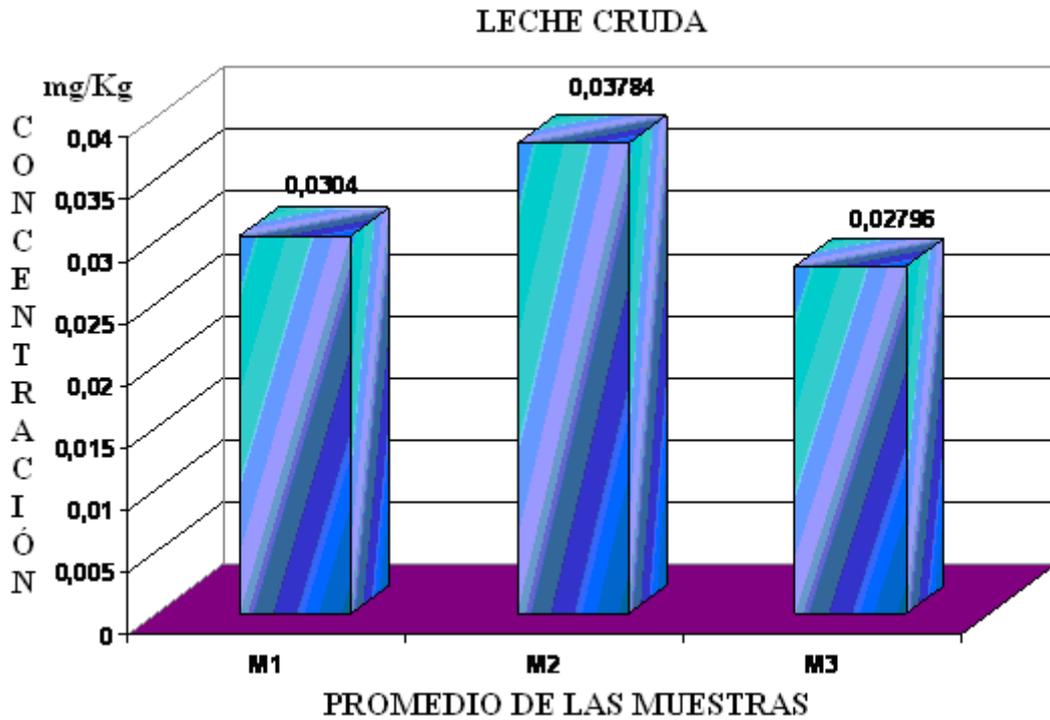


CUADRO No 10. PRUEBA DE TUKEY PARA DETERMINAR CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE ZANAHORIA (*Daucus carota*) DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA

RECINTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	0,01163	
3.00	3	0,01186	
2.00	3		0,021813
Sig.		0,95	1

De los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio para la determinación de la concentración promedio de arsénico en zanahoria, de la parroquia Atillo, cantón Mocha; se aprecia que en el Gráfico N° 10 el porcentaje promedio de la muestra N° 1 y N° 3 son similares pero estos a su vez difieren de la muestra N° 2. A pesar de tratarse del mismo terreno la diferencia que se presenta entre los valores promedio de las 3 muestras y esto puede deberse a factores ambientales (la topografía, la lluvia, la densidad de los contaminantes, la dirección viento, el agua de riego) y del cultivo (la forma de la siembra, las características genéticas y el manejo agronómico) que influyen directamente en la calidad del producto cosechado y con este fin se empleó el test ADEVA, en donde se verificó la diferencia de promedios que presentan entre las muestras pero no entre cuales y debido a esta limitación resulta importante la aplicación del Test de Tukey el mismo que nos permitió confirmar como difieren unas muestras de otras.

GRÁFICO No 11. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO



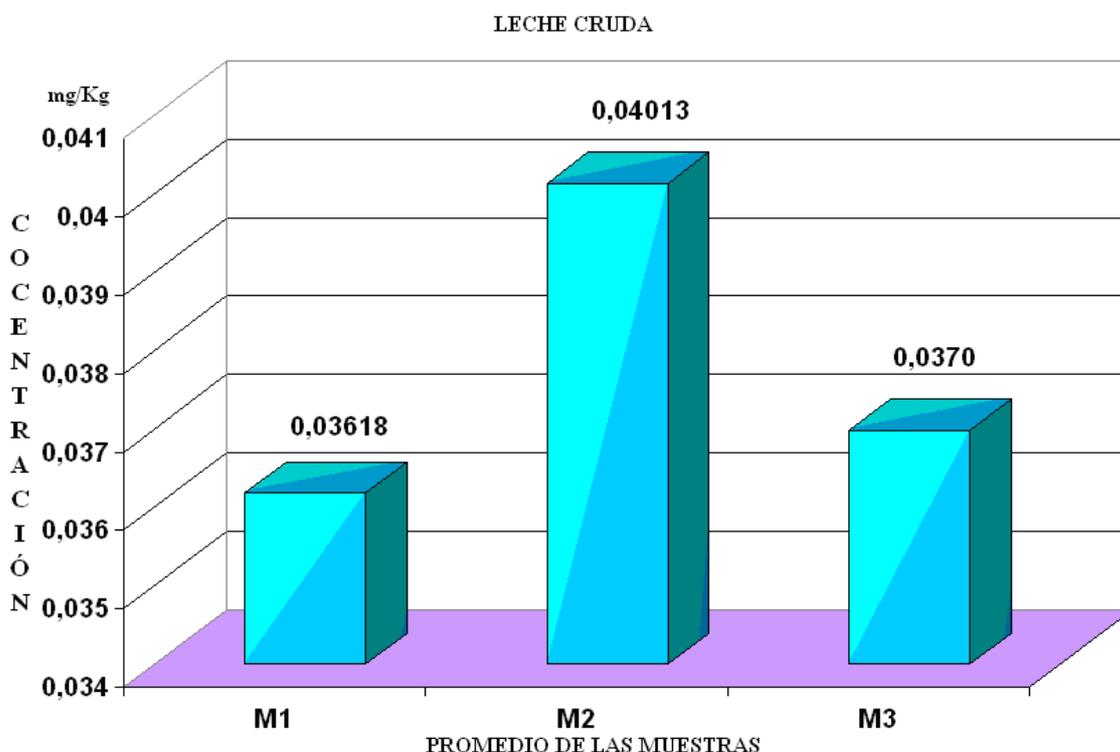
CUADRO No 11. PRUEBA DE TUKEY PARA DETERMINAR CONCENTRACIÓN EN LAS MUESTRAS DE LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA PILCO, CANTÓN QUERO

		Subset for alpha = .05		
RECINTO	N	1	2	3
3.00	3	0,02796		
1.00	3		0,0304	
2.00	3			0,03784
Sig.		1	1	1

De los resultados obtenidos en el Gráfico N° 11, se puede evaluar la concentración promedio de arsénico en leche cruda, de ganado vacuno procedente de la parroquia Pilco, cantón Quero; con lo cual podemos mencionar que el porcentaje promedio de la

muestra N° 1 difiere de la muestra N° 2 y estos a su vez difieren de la muestra N° 3 y esto puede estar en función de raza, alimentación, edad, período de lactación, época de permanencia en la zona, sistema de ordeño, etc. Y es debido a estas diferencias que se presentan que resulta importante la aplicación de un test estadístico como es el ADEVA para verificar que existen diferencias entre los promedios de las muestras pero no entre cuales y debido a esta limitación se aplicó el Test de Tukey por medio del cual se confirmó la variación que se presentan entre las muestras.

GRÁFICO No 12. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LAS MUESTRAS DE LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA



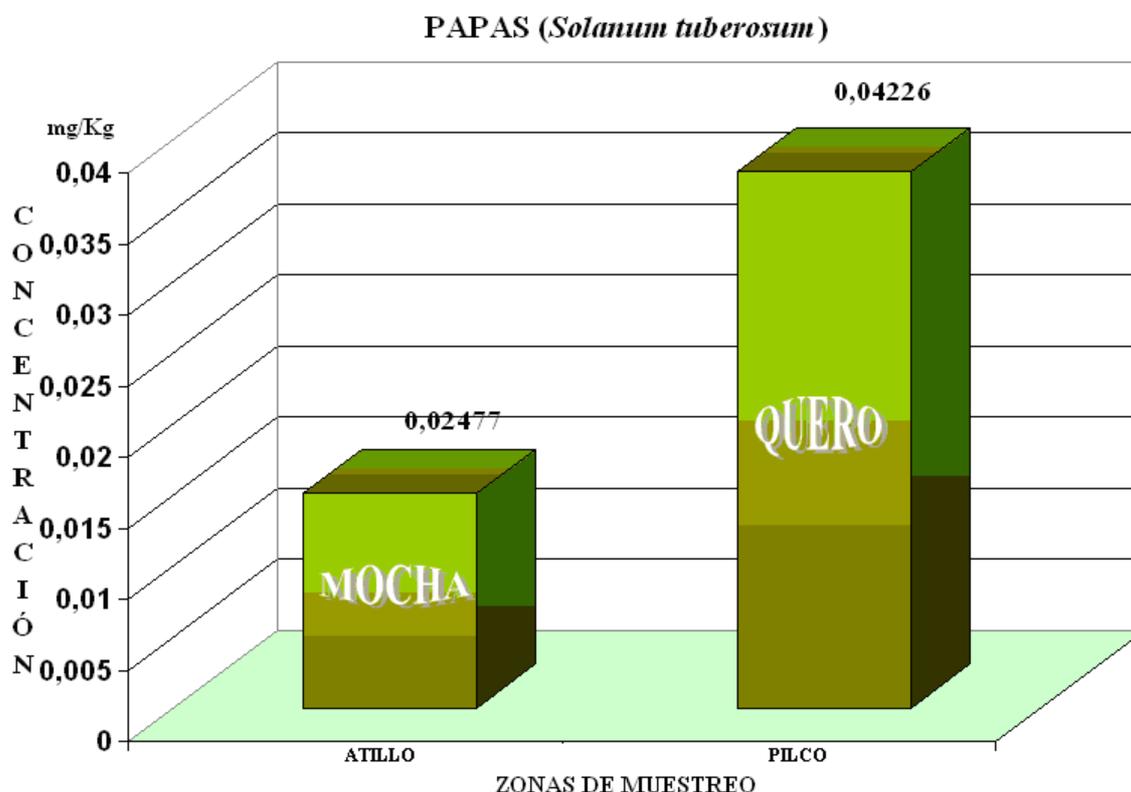
CUADRO No 12. PRUEBA DE TUKEY PARA DETERMINAR CONCENTRACIÓN EN LAS MUESTRAS DE LECHE CRUDA DE LA PARROQUIA ATILLO, CANTÓN MOCHA

RECINTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
1.00	3	0,03700	
3.00	3	0,036977	
2.00	3		0,04013
Sig.		0,085	1

Luego de evaluar el Gráfico N° 12 el cual determina la concentración promedio de arsénico en las muestras de leche cruda de la parroquia Atillo, perteneciente al cantón Mocha podemos decir que la muestra N° 1 tiene similitud con la muestra N°3 pero estas si difiere de la muestra N° 2. Esta dificultad se debe a que el ganado vacuno se ve afectado por factores como la raza, alimentación, edad, período de lactación, época de permanencia en la zona, sistema de ordeño, entre otros. Los cuales influyen en la calidad de la leche; estas variaciones entre las muestras son las que hacen necesaria la aplicación del test ADEVA para verificar que existen diferencias entre los promedios de las muestras pero no entre cuales y debido a esta limitación se aplicó el Test de Tukey por medio del cual se confirmó la variación que se presentan entre las muestras.

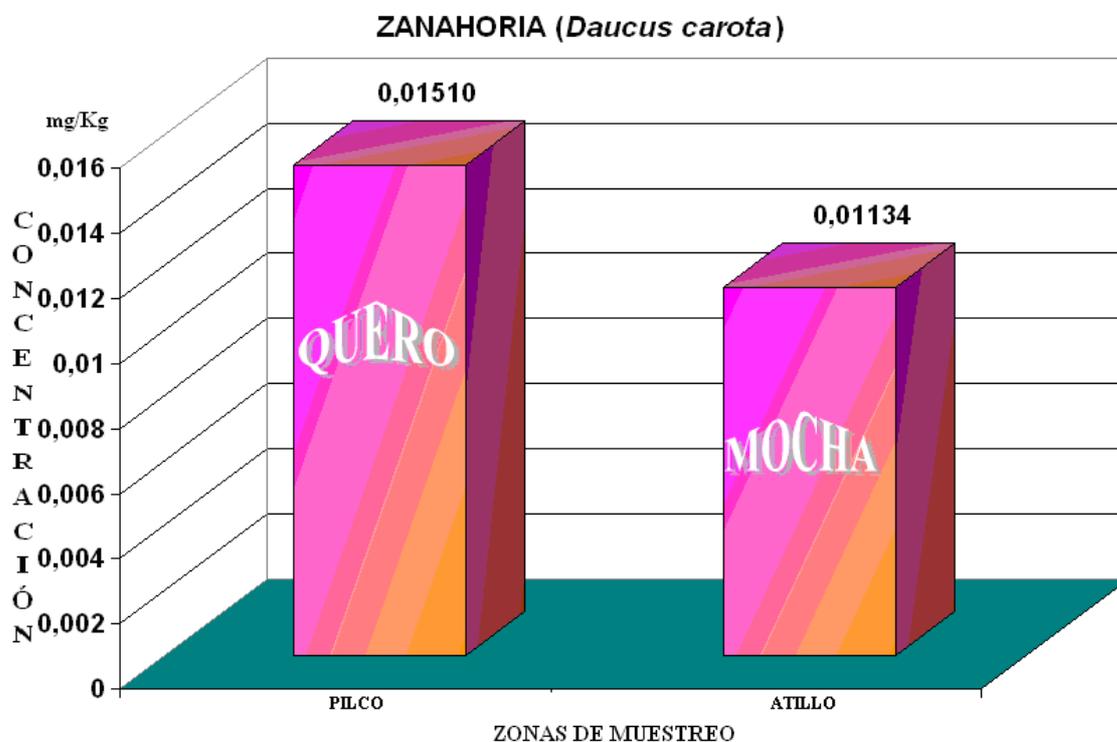
3.3. Gráficas de la concentración promedio de arsénico en las muestras de papas (*Solanum tuberosum*), zanahorias (*Daucus carota*) y Leche cruda procedentes de las dos zonas de muestreo.

GRÁFICO No 13. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN PAPAS (*Solanum tuberosum*) DE LAS DOS ZONAS DE MUESTREO.



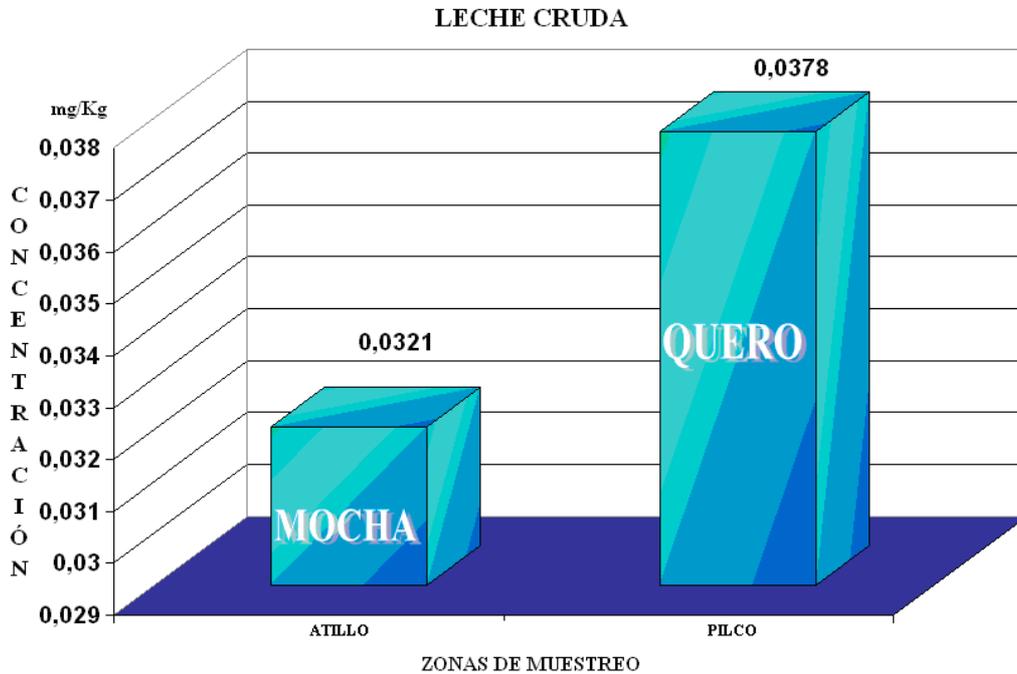
En el Gráfico N° 13, se puede observar como la concentración de Arsénico en papas (*Solanum tuberosum*) de la muestra de la parroquia de Pilco (cantón Quero) se ha visto más afectada; una de las causas es su proximidad al volcán ya que se encuentra a una distancia en línea recta de 21.7 Km, es por ello que la dirección del viento, la caída y la cantidad de ceniza han afectado a los cultivos, aunque también es importante considerar otros factores como: la topografía, la lluvia, el agua de riego, a forma de la siembra, las características genéticas y el manejo agronómico los mismos que influyen directamente en la calidad del producto cosechado.

GRÁFICO No 14. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN ZANAHORIAS (*Daucus carota*) DE LAS DOS ZONAS DE MUESTREO.



En el Gráfico N° 14 se observa como el contenido de arsénico en la muestra de zanahoria de la parroquia de Pilco (cantón Quero) es más afectada que la muestra procedente de la parroquia Atillo en Mocha y esto se debe a factores ambientales tales como: la topografía, el agua de riego, el tratamiento agronómico que tiene el cultivo, el uso de fertilizantes, el agua de riego, la forma como se realizó la siembra; y debido a su proximidad al Volcán Tungurahua ya que se encuentra a 21.7 Km en línea recta; la dirección del viento, la caída y la cantidad de ceniza, constituyen otros parámetros importantes a considerar ya que han afectado a los cultivos del sector, por lo que los productos cosechados han perdido su valor.

GRÁFICO No 15. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE ARSÉNICO EN LA LECHE CRUDA DE LAS DOS ZONAS DE MUESTREO.



Como se observa en el Gráfico N° 15 la concentración de arsénico en la Leche Cruda de la Zona de Pilco perteneciente al cantón Quero se ha visto más afectada con relación a la leche procedente de la parroquia Atillo en Mocha, entre los parámetros a considerar están: la calidad de los cultivos, la topografía del terreno, el agua de riego, las características genéticas del cultivo, el manejo agronómico, y debido a su proximidad al Volcán Tungurahua ya que se encuentra a 21.7 Km en línea recta, la dirección del viento, la caída y la cantidad de ceniza ha afectado la calidad de los cultivos del sector entre ellos los pastos y como estos forman parte de la alimentación del ganado vacuno, constituye uno de los factores por el cual el arsénico ha ingresado a su organismo, aunque también se debe considerar otros factores tales como: el metabolismo del animal, la raza, la edad, el agua, el periodo de lactación, la época de permanencia en la zona, sistema de ordeño.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

1. La ceniza volcánica tiene una concentración de 110 ppb de Arsénico cuyo contenido en los suelos influyen en la calidad de Arsénico en los alimentos. La concentración de As en las papas (*Solanum tuberosum*) es de 0.04226 mg/Kg, en las zanahoria (*Daucus carota*): 0.01510 mg/Kg y en la leche cruda: 0.378 mg/Kg, correspondiente a la Parroquia Pilco, Cantón Quero y la concentración de Arsénico en las papas es de: 0.02477 mg/Kg, en la zanahorias es de 0.01134 mg/Kg y en la leche cruda es de 0.0321 correspondiente a la Parroquia Atillo, Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua.
2. El análisis de la concentración del Arsénico se realizó en el alimento íntegro, mediante una digestión ácida directa que se la llevó a sequedad, obteniendo sales solubles que fueron debidamente aforadas en balones y para su cuantificación se utilizó el Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Generación de Hidruros el cual nos ha permitido obtener datos reales y confiables gracias a su sensibilidad y precisión.
3. Al comparar los resultados obtenidos de las muestras de papas (*Solanum tuberosum*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda, de la Parroquia Pilco, Cantón Quero y de la Parroquia Atillo, Cantón Mocha, con los valores de referencia establecidos por el NTE – INEN 269 cuyo límite máximo de Arsénico es de 0.1 mg/Kg; los alimentos que hemos analizado se encuentran por debajo de los límites establecidos lo que garantiza el consumo por la población.

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

1. Continuar con trabajos de investigación referente a la presencia de arsénico en suelos, agua ya que estos forman parte del desarrollo de los cultivos, además se debería dictar charlas para capacitar al agricultor sobre el uso de los agroquímicos con arsénico y lo perjudicial que resultan estos para la salud del poblado.
2. Es necesario proliferar estudios en alimentos tanto de origen animal como vegetal para que sirvan de base para establecer límites permisibles de metales pesados como el arsénico y otros tóxicos en cada uno de ellos ya que están destinados al consumo humano y pueden ser dañinos aún en pequeñas concentraciones.
3. Es importante realizar un análisis de la concentración de arsénico en pelos y uñas de los habitantes de la Parroquia Atillo (Cantón Mocha) y de la Parroquia Pilco (Cantón Quero), debido a la toxicidad que este elemento presenta en pequeñas concentraciones; ya que este nos permitirá evaluar si existe un contacto crónico con este metal pesado.

CAPÍTULO V

6. RESUMEN

En esta tesis se realizó el análisis de la concentración de arsénico en alimentos (papas (*Solanum tuberosum*), zanahoria (*Daucus carota*) y leche cruda, producidos en las zonas afectadas por el volcán Tungurahua (Mocha – Quero), mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros; la misma que nos permitió evaluar si la toxicidad del arsénico presente en estos alimentos es perjudicial para la salud de la población.

Se realizó en las instalaciones del Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA), Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mediante la aplicación del método deductivo-inductivo, científico, analítico – sintético.

Se procedió a realizar un muestreo en cada sector antes mencionado obteniendo 1 Kg de los tubérculos y 5 L de la leche cruda, el análisis se realizó mediante una digestión ácida directa que se la llevó a sequedad, obteniendo sales solubles que fueron debidamente aforadas en balones para luego realizar las lecturas.

Posteriormente se ejecutó una evaluación estadística de los resultados y se obtuvo que en el Cantón Quero (Parroquia Pilco) la concentración de Arsénico en papas es 0.04226 mg/Kg, en zanahorias 0.01510 mg/Kg y en la leche 0.0378 mg/L y en Cantón Mocha (Parroquia Atillo) las papas es: 0.02477 mg/Kg, las zanahorias 0.01134 mg/Kg y la leche 0.0321 mg/L. Con ello concluimos que los alimentos se encuentran por debajo de 0.1 mg/Kg que es el valor límite establecido por el INEN en alimentos, con lo que se garantiza el consumo de los mismos por la población ecuatoriana.

SUMMARY

In this thesis dealt with the analysis of arsenic concentration in food: potatoes (*Solanum tuberosum*), carrots (*Daucus carota*) and raw milk, produced in the affected zones by the Tungurahua volcano (Mocha – Quero), through the atomic adsorption spectrophotometry technique by hydrocarbide generation, this permitted our evaluate if the toxicology of arsenic that is in this food is harmful for the health of the populating.

The analysis was performed at the installations of the Technical Services and Environmental Technology Transference Centre (CESTTA), Science Faculty of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, for the deductive – inductive, científico, analytic – synthetic.

For the analysis a sampling was carried out in each of the sectors above mentined resulting in 1 Kg tubers and 5L raw milk. The analysis analyzed through direct acid digestion which was brought to dryness resulting in soluble salts which were appropriately located in balloons to carry out the readings.

Later, a statistical evaluation of the results was conducted and it was found out that in Quero the arsenic concentration in potatoes was 0.04226 mg/Kg, 0.01510 mg/Kg in carrots and 0.0378 mg/L in the milk. In Mocha the results were: 0.02477 mg/Kg in potatoes, 0.01134 mg/Kg in carrots and 0.0321 mg/L in the milk. It is concluded that the arsenic concentration in the products from Quero is higher than in those from Mocha, but both are below 0.1 mg/Kg which is the limit value of the INEN in food, with this we assure the consume in the populating ecuadorian.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

1. **ALBERT, A.** 1997. Introducción a la Toxicología Ambiental. México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. pp. 177-196
2. **ARMSTRONG, H.** 1984. Outbreak of Fatal Arsenic Poisoning caused by Contaminated Drinking Water: Arch Environ Health. E.E.U.U. 1 (3): 276-278
3. **BARONE, M.** 1996. Dimercaprol. In: The Harriet Lane Handbook. 3a. ed. Baltimore. New York: Alambra. pp. 525
4. **BENCKO, S.** 1977. Health Aspects of Burning Coal with a high Arsenic Content. Arch Environ Health. E.E.U.U. 1 (2): 378-380
5. **BLACKWELL, L.** 1979. Current Intelligence. Arsenic Poisoning in the Workplace. 33a. ed. New York: Alambra. pp. 56-61.
6. **BOYER, J.** 2000 Fate of Environmental Pollutants. Arch Environ Health. E.E.U.U. 3 (3): 178-188
7. **BURLO, F.; CARBONELL, A. y MATAIX, J.** 1992. Efectos del As en el Comportamiento Vegetal de *Lycopersicum esculentum* Mill. España: 2a. ed. pp. 117

8. **CARBONELL, A.** 1992. Absorción y Distribución de Arsénico en *Lycopersicum esculentum* Mill. México: Revérte. pp. 365-385
9. **CASARETT, H.** 1980. Toxicology: the Basic Science of Poisons. 3a. ed. España: pp. 301.
10. **CAZORLA, G.** 2008. Manual Técnico Alternativo para la Producción Agropecuaria. Quito: MAGAP. v. 2 pp. 17
11. **CHRIS, L. y otros.** 2000. Speciation of key Arsenic Metabolic Intermediates in Human Urine. 4a. ed. Zaragoza: Acribia. pp. 5172 – 5177
12. **CÓRDOVA, S.** 2000. Toxicología. 4ta. ed. México: Manual moderno. pp. 248 – 252
13. **COTTON, F.** 1998. Química Inorgánica Avanzada. 3a. ed. Madrid: Dossat. pp. 191
14. **CURTIS, D.** 2001. Toxicología. 5ta. ed. España: McGRAW Hill Interamericana. pp 666-668
15. **ENDARA, J.** 2004. Agricultura en la Zona Andina. 3a. ed. Quito: Norma. pp 589-614
16. **FELDMAN, y otros.** 1979. Peripheral Neuropathy in Arsenic Smelter Workers. 3a. ed. Barcelona: Monteniur y Simón. pp. 939-944
17. **FERGUSON, J. GAVIS, R.** 1972. A Review of the Arsenic Cycle in Natural Waters. 2a. ed. México: Acribia. pp. 1259-1274.
18. **FOWLER, B. WEISSBERG, JB.** 1974. Arsine Poisoning. 2a. ed. New Jersey: Alambra. pp. 12-13

19. **FURR, y otros.** 1976. Multi-elemental Uptake by Vegetables and Millet Grown in Pots on fly Ashamended soil. 3a ed. Zaragoza: Acribia. pp. 885-888
20. **GISBERT, J.** 2004. Intoxicación por Arsénico, en Medicina General y Toxicología. 5a. ed. Barcelona: McGRAW Hill Interamericana pp. 206
21. **HAAN, S.** 1978. Yield and Mineral Composition of Grass Grown on Soils Treated with Sewage Sludge. 7a. ed. New York: Alambra. pp. 933-940
22. **HOOVER, T. APOSHIAN, H.** 1983. BAL Increased the Arsenic-74 Content of Rabbit Brain. Arch Environ Health. E.E.U.U. 2 (3): 260-278
23. **HOPENHAYN, R.** 1996. Metylation Study of a Population Environmental Health Perspectives. Lóndon: Interamericana. pp. 620 – 628
24. **HSUEH, F.** 1997. Serum B-carotene Level, Arsenic Methylation Capability, and Incidence of Skin Cáncer. . 4a ed. Zaragoza: Acribia. pp. 589-592
25. **IGLESIAS, S.; THOMAS, S.** 1979. Técnicas Bacteriológicas para el Control Bacterioógico. 2a. ed. Zaragoza: Limusa. pp. 159-185
26. **KREPPPEL, H. REICHL, F. FORTH, W.** 1989. Lack of Effectiveness of d-penicillamine in Experimental Arsenic Poisoning. Arch Environ Health. E.E.U.U. 3 (4): 29-42
27. **LANCASTER, W y otros.** 1971. Toxicity of Arsenic Present in Lakeweed. 3a. ed. New Yersey: Lambria. pp. 14-15
28. **LEPP, N.** 1981. Effect of Heavy Metals Pollution on Plants. 4a. ed. Zaragoza: Limusa. pp. 59-85
29. **LEVANDER, O.** 1977. Nutritional Factors in Relation to Heavy Metaltoxicants. 5a. ed. London: Interamericana. pp. 158-169

30. **LIM, M.** 1979. Trace Elements from Coal Combustion-Atmospheric Emissions. 3a. ed. E.E.U.U: International. pp. 256-16
31. **LISTER, C. MONRO, J.** 2000. Manual de la Papa en Nuestro País. 2a. ed. Colombia: L.N.S. v. 2 pp. 126.
32. **MACKENZIE, F. LANTZY, R. PATERSON, V.** 1979. Global Trace Metal Cycles and Predictions. 3a ed. London: Interamericana. pp. 46-48
33. **MAPPERS, H.** 1977. Experiments on Excretion of Arsenic in Urine. Arch Environ Health. E.E.U.U. 2 (1): 178-187
34. **MEHARG, M.** 1990. An Altered Phosphate Uptake System in Arsenate Tolerant *Holcus Lanatus*. New York. v.16 pp. 29-35
35. **MORAND, E. OSICKA, M. GIMÉNEZ, C.** 2003. Utilización de Enzimas para la Extracción de Arsénico en Muestras Vegetales y su Determinación por Espectrometría por Absorción Atómica con Generación de Hidruro: Limusa. España. 2 (5): 369-425
36. **MÜCKTER, H. y otros.** 1997. Are we Ready to Replace Dimercaprol (BAL) as Anarsenic Antidote: Dossat. Madrid. 3 (1): pp. 159-160
37. **MURRIA, G.** 1988. Bioquímica de Harper. 11a. ed. México: Manual Moderno. pp. 160 – 162
38. **MERINO, E.** 1979. Conservas Vegetales y sus Beneficios en la Salud. 3a. ed. Ecuador: Norma. pp. 385- 398
39. **OLSON, G y otros.** 1940. Absorption of Selenium and Arsenic by Plants from Soils under Natural Conditions. Arch Environ Health. E.E.U.U. 2 (3): 258-260
40. **O'TOOLE, J.** 1971. Contaminación por Metales Pesados en el Ambiente. Colombia: L.N.S. pp. 896-899

41. **PRIETO, C. y otros.** 2005. Acumulación en Tejidos Vegetales de Arsénico provenientes de aguas y suelos de Zipán. México: Biagro. pp. 129 – 135
42. **PRINCE, ROBERT C.** 1988. Química Moderna. 2a. ed. Zaragoza: Acribia. pp. 235-239
43. **RAGAINI, R.** 1977. Ciencia y Tecnología de la Contaminación por Arsénico. 4a. ed. México: Interamericana. pp. 73-81.
44. **REAY, C. y otros.** 1972. La Acumulación del Arsénico en el Medio Ambiente. 2a. ed. London: Interamericana. pp. 79-122.
45. **ROUESSAC, F. ROUESSAC, A.** 2003. Análisis químico, métodos y técnicas Instrumentales Modernas. 4a. ed. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA. pp. 229-247
46. **SACHS, M.** 1971. Comparative Phytotoxicity Among four Arsenical Herbicides. Weed Science. 2a. ed. New York: Alambra. pp. 329-335
47. **SÁNCHEZ, G.** 1975. Ciclo del Arsénico en el Ecosistema. 2a. ed. Colombia: L.N.S. pp. 124-147.
48. **SKOOG, D. LEARY, J.** 1994. Análisis Instrumental. 3a. ed. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA. pp. 227-271
49. **STYBLO, W.** 1995. Biological Mechanisms and Toxicological Consequences of the Methylation of Arsenic. Arch Environ Health. E.E.U.U. 2 (3): 178-222
50. **WAINE., T.** 1977. Disponibilidad del Arsénico en el Medio Ambiente. 3a. ed. México: Interamericana. pp. 259- 278
51. **TEMPLE, P. y otros.** 1977. Contamination of vegetation and soil by arsenic emissions from secondary lead smelters. Arch Environ Health. E.E.U.U. 2 (1): 078

52. **VÁZQUEZ, F. y otros.** 2000. Arsénico en aguas Subterráneas criterios para la adopción de límites tolerable. 2a. ed. Lóndres: Internacional. pp. 305-0307
53. **WALSH, L. y KEENEY, D.** 1975. Compuestos Orgánico e Inorgánicos del Arsénico. New York: Alambra. E.E.U.U. 2 (1): 123-132
54. **WALSH, F y otros.** 1977. Occurence and Distribution of Arsenic in Soils and Plants. New Yersy: Continental. pp. 265.269
55. **WAUCHOPE, R.** 1983. Uptake, Translocation and Phytotoxicity of Arsenic in Plants. Lóndon: Interamericana. pp. 236-256
56. **VILLARROEL, F.** 1991. Introducción a la Botánica Sistemática. 3a et. Quito: Norma. pp . 291-302
57. **WOOLSON, J. y otros.** 1971. The Chemistry and Phytotoxicity of Arsenic in Soils. 3a. ed. E.E.U.U: International. pp. 325-368
58. **WOOLSON, E.** 1972. Effects of Fertiliser Materials and Combinations on the Phytotoxicity, Availability and Content of Arsenic in Corn. 2a. ed. New York: Alambra. pp. 235-236
59. **WORSH, H.** 1981.El Distribución Medio Ambiental del Arsénico. 2a. ed. México: Reverte. pp. 128-135

BIBLIOGRAFÍA – INTERNET

60. ARSÉNICO

Josephson, C. Arsenic and Endocrines.; Enviromental Health Perspectives
<http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2001/109-3/ss.html>
20010303

62. ARSÉNICO EN VOLCANES, ARGENTINA

<http://www.noticiasmercedinas.com/arsenico.htm>
20070302

63. ARSENICO EN SANGRE Y CABELLO

www.epa.gov/oppfead1/safety/spanich/healthcare/handbook/Spch14.pdf
20070302

64. COMPOSICIÓN de LA LECHE

LECHE http://www.elheraldo.com.ec/heraldo/index.php?option=com_content&task=view&id=2097&Itemid=21
20080521

65. **COMPONENTES DE LA LECHE**

http://www.asa.asturias.com/rumiantes/vac_leche.htm

20070509

66. **CONFIRMACION DEL ENVENENAMIENTO DE ARSÉNICO EN ORINA**

www.epa.gov/oppfead1/safety/spanich/healthcare/handbook/Spch14.pdf

20070302

67. **CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

<http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>

20080629

68. **CÓRDOVA, J.** 2007. Programa de Ganadería. Quito – Ecuador

http://mail.iniapecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=962&qtype=search&dbinfo=CATALO&words=RUMIANTES

20070805

69. **EFFECTOS DEL ARSÉNICO**

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

20050608

70. **ENDARA, F. ARSÉNICO EN LA POBLACIÓN**

<http://www.eluniverso.com/2007/12/19/0001/12/86F55A7B67E148BC96CA21E82E5721D8.aspx>

20071901

71. **ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

www.gbesci.com/ABSORTIONSPECTROPHOTOMETRY

20060205

72. **ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

www.17025.homestead.com/iso.html/;ABSORTIONSPECTROPHOTOMETRY

20060625

73. **HIDROARSENICISMO CRÓNICO REGIONAL ENDÉMICO**

http://es.wikipedia.org/wiki/Hidroarsenicismo_cr%C3%B3nico_regional_end%C3%A9mico

20081227

74. **ILUSTRE CONSEJO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.**

[http://www, provincia de tungurahua.gov.ec/](http://www.provincia.de.tungurahua.gov.ec/)

20080705

75. **ILUSTRE CONSEJO PROVINCIAL DE TUNGURAHUA.**

[http://www, provincia de tungurahua.gov.ec/](http://www.provincia.de.tungurahua.gov.ec/)

20081105.

76. **INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS. INIAP.**

[http://www, iniap.gov.ec/](http://www.iniap.gov.ec/)

19990409

77. **IRIS.** “Integrated Risk Information System”

<http://www.epa.gov/iriswebp/iris/index.html>

20030411

78. **JOSEPHSON, J.** 2001. “Arsenic and Endocrines”, Environmental Health
Perspectives 109:3

<http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2001/109-3/ss.html>

20001903

79. **LECHE**

[http://www.elheraldo.com.ec/heraldo/index.php?option=com_content&task=view&id=2097&Itemid=21\)](http://www.elheraldo.com.ec/heraldo/index.php?option=com_content&task=view&id=2097&Itemid=21)

20020605

80. **LECHE Y SU CONTAMINACIÓN CON ARSENICO**

http://science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/LA_LECHE/le_html/cap7_leche.htm

20013005

81. **LIMITES TORELABLES DE ARSÉNICO.**

<http://science.límitesdearsénico/CEPIS-OPS/html/>

20001512

82. **METALES TÓXICOS**

<http://revista.consumer.es/web/es/20010301/medioambiente/>

20010301

83. **MINISTERIO DE AGRICULTURA, ACUACULTURA Y PESCA**

<http://www.mag.gov.ec/>

20080605

84. **PAPA (*Solanum tuberosum*)**

<http://es.Wikipedia.org/wiki/Solanina>

20080605

85. **PRODUCCION DE ZANAHORIAS**

http://www.sica.gov.ec/agro/docs/pr_sg_2001.htm

20040824

86. **TOXICOLOGIA DEL ARSÉNICO.** Department of Health and Human Services.

<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.html>.

20000912

87. **TURISMO EN EL ECUADOR**

<http://www.e-travelware.com/ztravel/ecuador.htm>

20042511

88. **VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA**

http://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_tuberosum

20080605

89. **VARIANZA**

<http://www.monografias.com/trabajos61/analisis-varianza/analisis-varianza2.shtml>

20080307

90. **VOLCÁN TUNGURAHUA**

<http://www.20minutos.es/noticia/141511/0/ECUADOR/VOLCÁN/>

20060820

91. **ZANAHORIA**

<http://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm>

20080429

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

ANEXO Nº 1. ETIQUETA PARA EL MUESTREO DE PAPAS (*Solanum tuberosum*)

ETIQUETA DE ALIMENTOS	
CANTÓN	Quero
PARROQUIA	Pilco
HAS DE TERRENO CULTIVABLE	9
PROPIETARIO	Carlos Martínez
CULTIVO	Papas (<i>Solanum tuberosum</i>)
HAS DE CULTIVO	3
VARIEDAD	María
CONTENIDO NETO	1Kg
SISTEMA DE RIEGO	Goteo de lluvia y aspersión
FECHA DE MUESTREO	2008/09/20
RESPONSABLE	Paulina Polo
OBSERVACION DEL PRODUCTO	Ninguna

ANEXO Nº 2. ETIQUETA PARA EL MUESTREO DE ZANAHORIAS (*Daucus carota*)

ETIQUETA DE ALIMENTOS	
CANTÓN	Quero
PARROQUIA	Pilco
HAS DE TERRENO CULTIVABLE	9
PROPIETARIO	Carlos Martínez
CULTIVO	ZANAHORIAS (<i>Daucus carota</i>)
HAS DE CULTIVO	2
VARIEDAD	Golk pak
CONTENIDO NETO	1Kg
SISTEMA DE RIEGO	Canal de riego y aspersión
FECHA DE MUESTREO	2008/10/25
RESPONSABLE	Paulina Polo
OBSERVACION DEL PRODUCTO	Ninguna

ANEXO Nº 3. ETIQUETA PARA EL MUESTREO DE LECHE CRUDA

ETIQUETA DE ALIMENTOS	
CANTÓN	Quero
PARROQUIA	Pilco
PROPIETARIO	Carlos Martínez
PRODUCTO	Leche cruda
NUMERO DE ANIMALES	3
RAZA	BROVIS
TIEMPO DE ORDEÑO	10 DÍAS
TIEMPO DE PERMANENCIA EN LA ZONA	1año 7 meses
CONTENIDO NETO	5L
ALIMENTACION	Pasto de la zona
BEBIDA	Agua del canal de riego
FECHA DE MUESTREO	2008/11/08
RESPONSABLE	Paulina Polo
OBSERVACION DEL PRODUCTO	Ninguna

ANEXO Nº 4. RESULTADOS DE LA MUESTRA DE PAPAS (*Solanum tuberosum*) EN (mg/Kg)

PAPAS		
	MOCHA	QUERO
M1	0,02385	0,03213
M1R1	0,02362	0,03236
M1R2	0,02408	0,0319
M2	0,02591	0,06704
M2R1	0,02614	0,06729
M2R2	0,02591	0,0668
M3	0,02454	0,02775
M3R1	0,02385	0,02683
M3R2	0,02499	0,02821

ANEXO Nº 5. RESULTADOS DE LA MUESTRA DE ZANAHORIAS (*Daucus carota*) EN (mg/Kg)

ZANAHORIA		
	MOCHA	QUERO
M1	0,01186	0,01025
M1R1	0,0118	0,01278
M1R2	0,01179	0,01186
M2	0,01071	0,02251
M2R1	0,01065	0,02205
M2R2	0,01062	0,02088
M3	0,01186	0,0114
M3R1	0,0119	0,01232
M3R2	0,01195	0,01186

ANEXO Nº 6. RESULTADOS DE LA MUESTRA DE LECHE CRUDA EN (mg/L)

LECHE		
	MOCHA	QUERO
M1	0,03077	0,03667
M1R1	0,02948	0,0363
M1R2	0,03095	0,03556
M2	0,03834	0,03982
M2R1	0,03778	0,04019
M2R2	0,03741	0,04038
M3	0,02674	0,03704
M3R1	0,02893	0,03685
M3R2	0,0282	0,03704

ANEXO Nº 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO PARA UNA MUESTRA DE PAPAS (*Solanum tuberosum*)

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo PAPAS			
RESUMEN	QUERO	MOCHA	Total
<i>M1</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,07155	0,09639	0,16794
Promedio	0,02385	0,03213	0,02799
Varianza	5,29E-08	5,29E-08	2,06098E-05
<i>M2</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,07796	0,20113	0,27909
Promedio	0,025986667	0,067043333	0,046515
Varianza	1,76333E-08	6,00333E-08	0,000505726
<i>M3</i>			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,07338	0,08279	0,15617
Promedio	0,02446	0,027596667	0,026028333
Varianza	3,297E-07	4,93733E-07	3,28098E-06
<i>Total</i>			
Cuenta	9	9	
Suma	0,22289	0,38031	
Promedio	0,024765556	0,042256667	
Varianza	1,00858E-06	0,000349593	

ANEXO Nº 8. ANALISIS DE VARIANZA DE LA MUESTRA DE PAPAS (*Solanum tuberosum*)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Gl	PC	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,001533455	2	0,000766727	4568,8386	5,0892E-18	3,885293835
Columnas	0,001376725	1	0,001376725	8203,7463	2,1917E-18	4,747225336
Interacción	0,001269345	2	0,000634673	3781,9398	1,5794E-17	3,885293835
Dentro del grupo	2,0138E-06	12	1,67817E-07			
Total	0,004181539	17				

ANEXO Nº 9. ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO PARA UNA MUESTRA DE ZANAHORIA

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo			
RESUMEN	MOCHA	QUERO	Total
<i>M1R1</i>			
Cuenta		3	3
Suma	0,03545	0,03489	0,07034
Promedio	0,011816667	0,01163	0,011723
Varianza	1,43333E-09	1,64E-06	6,67E-07
<i>M2R1</i>			
Cuenta		3	3
Suma	0,03198	0,06544	0,09742
Promedio	0,01066	0,0218133	0,016237
Varianza	2,1E-09	7,062E-07	3,76E-05
<i>M3R1</i>			
Cuenta		3	3
Suma	0,03571	0,03558	0,07129
Promedio	0,011903333	0,01186	0,011882
Varianza	2,03333E-09	2,116E-07	8,6E-08
<i>Total</i>			
Cuenta		9	9
Suma	0,10314	0,13591	
Promedio	0,01146	0,0151011	
Varianza	3,628E-07	2,599E-05	

ANEXO Nº 10. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA MUESTRA DE ZANAHORIA

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>SC</i>	<i>Gl</i>	<i>PC</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	7,872E-05	2	3,9361E-05	92,134215	5,2238E-08	3,885293835
Columnas	5,966E-05	1	5,966E-05	139,647187	5,7367E-08	4,747225336
Interacción	0,000127	2	6,3495E-05	148,625691	3,4136E-09	3,885293835
Dentro del grupo	5,127E-06	12	4,2722E-07			
Total	0,0002705	17				

ANEXO Nº 11. ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO PARA UNA MUESTRA DE LECHE CRUDA

Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo			
RESUMEN	MOCHA	QUERO	Total
<i>M1</i>			
Cuenta		3	3
Suma	0,0912		0,10853
Promedio	0,0304		0,036176667
Varianza	6,429E-07		3,19433E-07
<i>M2</i>			
Cuenta		3	3
Suma	0,11353		0,12039
Promedio	0,0378433		0,04013
Varianza	2,192E-07		8,11E-08
<i>M3</i>			
Cuenta		3	3
Suma	0,08387		0,11093
Promedio	0,0279567		0,036976667
Varianza	1,243E-06		1,20333E-08
<i>Total</i>			
Cuenta		9	9
Suma	0,2886		0,33985
Promedio	0,0320667		0,037761111
Varianza	2,042E-05		3,37969E-06

ANEXO Nº 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA MUESTRA DE LECHE CRUDA

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>PC</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0,0001513	2	7,6E-05	180,2681	1,11706E-09	3,885293835
Columnas	0,0001459	1	0,00015	347,6864	3,15615E-10	4,747225336
Interacción	3,402E-05	2	1,7E-05	40,52829	4,59838E-06	3,885293835
Dentro del grupo	5,036E-06	12	4,2E-07			
Total	0,0003363	17				

ANEXO Nº 12. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN: PAPAS (*SOLANUM TUBEROSUM*), ZANAHORIAS (*DAUCUS CAROTA*) Y LECHE CRUDA, PRODUCIDOS EN LAS ZONAS AFECTADAS POR EL VOLCÁN TUNGURAHUA (MOCHA – QUERO); EN EL LABORATORIO DEL CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL (CESTTA).

