



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS
PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO
TOACASO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agrónomos

Autores:

Ayala Portilla Cristian David
Monge Banda David Sebastian

Tutor:

Ilbay Yupa Mercy Lucila

LATACUNGA – ECUADOR
Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA


Ayala Portilla Cristian David, con cédula de ciudadanía No 0401941042 y Monge Banda David Sebastian, con cedula de ciudadanía No 0550204820, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: “ **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO**”, siendo la Ingeniera Mg Ilbay Yupa Mercy Lucila, Ph.D, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 15 de agosto del 2024



Cristian David Ayala Portilla
C.C: 0401941042
ESTUDIANTE



David Sebastian Monge Banda
C.C: 0550204820
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **AYALA PORTILLA CRISTIAN DAVID**, identificado con cédula de ciudadanía **0401941042** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: : mayo 2020 - septiembre 2020

Finalización de la carrera: Abril – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, PhD.

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.



Cristian David Ayala Portilla

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, PhD.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MONGE BANDA DAVID SEBASTIAN**, identificado con cédula de ciudadanía **0550204820** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de “**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: : mayo 2020 - septiembre 2020

Finalización de la carrera: Abril – agosto 2024

Aprobación en

Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, PhD.

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

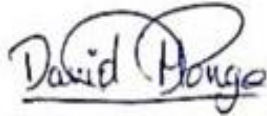
CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 15 días del mes de agosto del 2024.



David Sebastian Monge Banda

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, PhD.


LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO” de Ayala Portilla Cristian David y Monge Banda David Sebastian, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 15 de agosto del 2024


Ing. Mercy Lucía Albay Yupa, PhD.

CC: 0604147900

DOCENTE TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

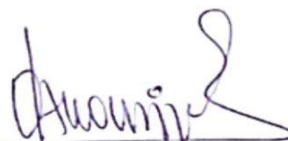
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Ayala Portilla Cristian David y Monge Banda David Sebastian, con el título de Proyecto de Investigación: “ **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

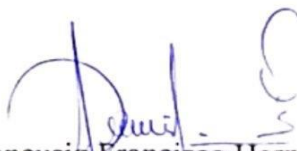
Latacunga, 15 de agosto del 2024



Ing. Tapia Borja Alexandra Isabel, Mg.
C.C: 0502661754
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Chasi Vizuete Wilman Paolo, Mg.
C.C: 0502409725
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Chancusig Francisco Hernan, Mg.
C.C: 0501883920
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por las bendiciones hacia mí, a mi familia, gracias por su amor incondicional, por ser mi pilar en los momentos difíciles y mi mayor fuente de inspiración.

A mi madre, que con su ejemplo me enseñó el valor del esfuerzo y la perseverancia, y a mis hermanas, por su cariño y comprensión durante este proceso

A mi compañero de tesis David Monge, con quien compartí largas horas de trabajo, dudas y satisfacciones. Gracias por su apoyo y por hacer de este camino uno más llevadero y enriquecedor.

A mi enamorada Camila Gómez, por apoyarme y ser incondicional para mí en todo este proceso.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme facilitado el ingreso a esta prestigiosa institución y lograr mi meta que es ser Ingeniero Agrónomo.

A mi tutora de Tesis, Ing. Mercy Ibay, mi más sincero agradecimiento por su guía, paciencia y dedicación. Sus consejos y enseñanzas no solo han enriquecido este trabajo, sino que han dejado una huella en mi desarrollo personal y profesional.

Cristian David Ayala Portilla

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la salud y las bendiciones otorgadas a mí y a mi familia, guiándome y protegiéndome en esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres y hermanos, por el amor brindado y su apoyo incondicional además de ser mi fuente de inspiración y enseñarme que los buenos valores y la educación forman a una gran persona.

A mis abuelitos que me vieron crecer y siempre estuvieron presentes apoyándome y aconsejándome, siempre guiándome para que sea una persona de bien y logre cumplir mis metas trazadas.

A mi enamorada Samanta Calderón por ser siempre mi apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, además del amor que me ha brindado estos años y los momentos juntos compartidos.

A mi compañero de tesis Cristian Ayala por su colaboración y comprensión incondicional en esta investigación, que ha sido un trayecto lleno de anécdotas y buenos recuerdos.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme facilitado el ingreso a esta prestigiosa institución y lograr mi meta que es ser Ingeniero Agrónomo.

A mi tutora de tesis Ing. Mercy Ibay por el tiempo y apoyo prestado para que este trabajo de investigación se pueda culminar de la mejor manera.

David Sebastian Monge Banda

DEDICATORIA

Llegar a este punto ha sido un viaje lleno de retos, aprendizajes y, sobre todo, de mucho apoyo por parte de personas increíbles, a quienes quiero dedicar estas palabras de gratitud.

Dedico este trabajo, con todo mi amor y gratitud, a mis madres, Yolanda Portilla, Rosario Potosí y Teresa Delgado, a mi padre Mauricio Ayala, a mis hermanas, Ofelia, Daniela, Paola, Tatiana, quienes con su esfuerzo y dedicación me han enseñado el verdadero significado del sacrificio y el amor incondicional. Su apoyo ha sido la base sobre la cual he construido mis sueños.

Finalmente, dedico este esfuerzo a todos aquellos que, de una manera u otra, formaron parte de este camino. Su presencia ha dejado una huella imborrable en mi vida.

Cristian David Ayala Portilla

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mi madre Sandra Banda y a mi padre Santiago Monge por su amor, apoyo y sacrificio que han realizado a lo largo de mi formación profesional, enseñándome que todo esfuerzo y sacrificio tiene su recompensa.

A mis hermanos José Monge, Mikaela Monge y America Viracocha gracia por ser mi inspiración y fortaleza, sus palabras de aliento y su amor han sido fundamental para seguir adelante y siempre dar lo mejor de mí.

David Sebastian Monge Banda

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO
EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE
RIEGO TOACASO”**

Autores:

Ayala Portilla Cristian David
Monge Banda David Sebastian

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue realizar una evaluación de la concentración de arsénico en el sistema de riego canal central Toacaso, ubicado en la provincia de Cotopaxi en el cantón Latacunga, la misma que está conformada por 325 usuarios, los cuales están distribuidos en ocho módulos. La caracterización de los sistemas de producción se realizó mediante tres herramientas del diagnóstico participativo; Dialogo con informantes clave, Mapa de recursos y uso de la tierra, Calendario estacional del cultivo. La concentración de arsénico en el agua y en el suelo fue evaluado por la normativa ecuatoriana, Anexo1 (agua) Anexo2 (suelo); y norma INEN9 para la comparación de muestras de carne y leche. La junta de riego está conformada por el presidente (Sr. Ramiro Vela), vicepresidente (Sra. Fabiola Campaña), tesorero (Sr. Armando Monga), aguatero (Sr. Julio Catota). La distribución del agua en la junta se realiza por seis ramales: El Pueblo (57,67 ha), R. Cuicuno (98,10 ha), R. Cruz 1(66,90 ha), R. Cruz 2(56,28 ha), R. Yugsiche (69,87 ha) y R. Calera (18,78 ha), mismos que conforman los ocho módulos. El sistema de producción agrícola se basa en la producción de mezcla forrajera (pastos), maíz, alfalfa, zanahoria cebolla, mientras que la producción pecuaria se maneja con la venta de leche, y la crianza de animales para su consumo y comercialización. La venta de leche constituye el 40% de sus ingresos económicos, el 60% está formada por la venta de ganado bovino, cuyes y productos agrícolas de la zona. Los resultados de los análisis de agua en la Bocatoma, Unión de dos ríos (Río Blanco y Pucahuaico), reservorio y en la parcela de alfalfa (riego por aspersión) determinaron que los niveles de arsénico superan el límite permisible según la normativa TULSMA (agua de riego), de 0,1 mg/l. Por otro lado, los niveles de arsénico en el suelo resultan ser elevados en comparación a la normativa con un promedio de 20,22 (ppm), que sobrepasa según el libro 6 del TULSMA (5 ppm). A la vez que la concentración de arsénico en los cultivos (maíz, alfalfa, zanahoria), se ven reflejados con una concentración más elevada en sus raíces con un promedio de 16,3 mg/kg, 7,37 mg/kg y 2,71 mg/kg respectivamente; sin embargo, los resultados de los análisis de carne y leche muestra un resultado de 0 ppm, lo que no sobrepasa el límite permisible que es de 0,01ppm según la normativa INEN 9; indicando que no existe la presencia de arsénico, esto se puede dar ya que el arsénico se absorbe al pasa por el hígado y tejidos, y después es expulsado a través de la orina, por lo que al pasar por todo este proceso es eliminado.

Palabras claves: análisis, usuarios, limite permisible, arsénico, suelo, agua, vegetales, leche, carne.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “EVALUATION OF ARSENIC CONCENTRATION IN THE MAIN
PRODUCTION ITEMS OF THE TOACASO IRRIGATION BOARD”**

Authors:

Ayala Portilla Cristian David
Monge Banda David Sebastian

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the arsenic concentration in the Central Canal Toacaso irrigation system, located in the Cotopaxi province in the Latacunga canton, which is made up of 325 users, who are divided into eight modules. The characterization of the production systems was carried out using three participatory diagnosis tools; Dialogue with key informants, Map of resources and land use, Seasonal calendar of cultivation. The arsenic concentration in water and soil was evaluated by the Ecuadorian regulation, Anexo1 (water) Anexo2 (soil); and INEN9 standards for the comparison of meat and milk samples. The irrigation board is made up of the president (Mr. Ramiro Vela), vice president (Mrs. Fabiola Campaña), treasurer (Mr. Armando Monga), water distributor (Mr. Julio Catota). The distribution of water in the Junta is carried out by six branches: El Pueblo (57.67 ha), R. Cuicuno (98.10 ha), R. Cruz 1 (66.90 ha), R. Cruz 2 (56.28 ha), R. Yugsiche (69.87 ha) and R. Calera (18.78 ha), which make up the eight modules. The agricultural production system is based on the cultivation of forage mix (grasses), corn, alfalfa, carrots, and onions, while livestock production involves the sale of milk and the raising of animals for consumption and commercialization. The sale of milk constitutes 40% of their economic income, 60% is formed by the sale of beef cattle, guinea pigs and agricultural products from the area. The results of the water analyzes in the Bocatoma, junctions of two rivers (Río Blanco and Pucahuaco), the reservoir, and the alfalfa field (sprinkler irrigation) determined that the levels of arsenic exceed the permissible limit according to the TULSMA regulations (water irrigation), 0.1 mg/l. On the other hand, the arsenic levels in the soil are elevated compared to the regulations, with an average of 20.22 ppm, which exceeds the limit of 5 ppm specified in Book 6 of the TULSMA regulations. At the same time, the arsenic concentration in the crops (corn, alfalfa, carrot) is reflected in higher levels in their roots, with averages of 16.3 mg/kg, 7.37 mg/kg, and 2.71 mg/kg, respectively; however, the results of the meat and milk analyses show a result of 0 ppm, which does not exceed the permissible limit of 0.01 ppm according to INEN 9 regulations. indicating that there is no detectable presence of arsenic, this can given because arsenic is absorbed through the liver and tissues, so that by going through this whole process it is eliminated.

Keywords: analysis, users, permissible limit, arsenic, soil, water, vegetables, milk, meat.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xvii
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
4. PROBLEMÁTICA.....	3
5. OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
7.1 Agua.....	6
7.1.1 Problemas del arsénico con el agua.....	6
7.1.2 Agua en relación con otros metales pesados.....	7

7.1.3 Calidad de agua para riego	7
7.1.4 Criterios de calidad de agua para riego.	8
7.2. Características del suelo	8
7.2.1. Propiedades físicas	8
7.2.2 Propiedades químicas	9
7.3 Tipos de suelo	9
7.3.1 Calidad del suelo para la agricultura	10
7.3.2 Arsénico en el suelo	10
7.4 Hortalizas	10
7.4.1 Arsénico en Hortalizas	10
7.4.2 Arsénico en la hortaliza lechuga (Lactuca sativa L)	11
7.5 Leche	11
7.5.1 Arsénico en relación con otros metales.....	11
7.5.2 Problemas de Arsénico en la leche.....	12
7.5.3 Contaminación por arsénico en productos lácteos (Vietnam).....	12
7.5.4 Calidad de la leche para el consumo	13
7.5.5 Arsénico en Granjas Bovinas	13
7.6 Carne	14
7.6.1 Arsénico en la carne	14
7.6.2 Toxicidad del Arsénico	15
7.6.3 Arsénico en carne (cuy).....	16
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	17
9. METODOLOGIA	17
9.1 Área de estudio.....	17
9.2 Junta de riego del Canal Central de Toacaso.	18
9.3 Diálogo con informantes claves.	18
9.3 Mapa de recursos y uso de la tierra.	19

9.4 Calendario estacional del cultivo.	20
9.5 Determinación de la concentración de arsénico en la producción agropecuaria	21
9.5.1 Toma de muestras de leche	24
9.5.2 Toma de muestras de carne	25
10. RESULTADOS.....	27
10.1 Sistemas de producción agrícola	28
10.2 Sistemas de producción pecuaria	28
10.3 Arsénico en el agua	29
10.4 Arsénico en el suelo.	31
10.5 Arsénico en las hortalizas.....	33
10.6 Arsénico en la leche y carne.....	36
11. CONCLUSIONES	37
12. RECOMENDACIONES	37
13. BIBLIOGRAFÍAS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	4
Tabla 2: Propiedades fisicoquímicas.....	7
Tabla 3: Criterios de calidad de aguas que para consumo humano	8
Tabla 4: criterios de calidad de aguas para uso.....	8
Tabla 5: características del área de estudio.	18
Tabla 6 Distribución de ramales en módulos	27
Tabla 7 Ramales de la Junta de Riego Toacaso	27
Tabla 8 distribución de cultivos representativos, por modulo	28
Tabla 9 Resultados de los niveles de arsénico(agua), 2024.	30
Tabla 10 Resultados de los niveles de arsénico, 2024.	31
Tabla 11 Resultados del análisis de Arsénico.	32
Tabla 12 Promedio arsénico maíz (mg/Kg)	33
Tabla 13 Promedio arsénico Alfalfa(mg/Kg).....	34

Tabla 14 Promedio arsénico Zanahoria(mg/Kg).....	35
Tabla 15 Resultados de análisis de leche y carne, 2024.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Área de estudio Mapa en Qgis.....	17
Figura 2 Sistema de riego de la Junta Del Canal Central Toacaso	18
Figura 3 Porcentaje de actividades pecuarias, 2024.....	29
Figura 4 Niveles de arsénico en agua, 2024.....	31
Figura 5 Resultados del contenido de Arsénico en suelo.....	32
Figura 6 Arsénico en maíz	34
Figura 7 Arsénico en alfalfa	35
Figura 8 arsénico en zanahoria.....	35

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título de investigación:

“EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LOS PRINCIPALES RUBROS PRODUCTIVOS DE LA JUNTA DE RIEGO TOACASO”

Fecha de inicio:

Octubre 2023

Fecha de finalización:

Febrero 2024

Lugar de ejecución:

Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de Trabajo:

Tutora: Ing. Ilbay Yupa Mercy Lucila, PhD.

Investigador 1: Ayala Portilla Cristian David

Investigador 2: Monge Banda David Sebastian

Lector A: Ing. Tapia Borja Alexandra Isabel, Mg.

Lector B: Ing. Chasi Vizquete Wilman Paolo, Mg.

Lector C: Ing. Chancusig Francisco Hernan, Mg.

Área de Conocimiento:

Agricultura, Ganadería

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

Línea de vinculación de la carrera:

Evaluación agropecuaria de la Junta de riego del Canal Central Toacaso 2024

2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La presente investigación se enfocará en el estudio y análisis de la concentración de arsénico en el agua de riego de la Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso y sus efectos en los principales rubros productivos. Debido a que esta junta tiene la adjudicación del usos y aprovechamiento del recurso hídrico (las dos bocatomas) de los afluentes que nacen en la Reserva Ecológica Los Ilinizas. Esta zona es considerada fuente de contaminación de arsénico debido a su formación geológica (volcánica). Bajo este contexto se realizará un estudio de la dinámica del arsénico en el agua, suelo y producción agropecuaria, información que permitirá proponer estrategias para mejorar la calidad del agua de riego y salud de los suelos y por ende la producción de 325 usuarios del sistema de riego, quienes venden su producción en la ciudad de Latacunga. Así, como se ofrecerá un enfoque integral sobre el daño en la salud de la población ya que los productos son de consumo por la zona (carne y leche).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**.1 Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos, productores e investigadores 325 usuarios de la Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso de la provincia de Cotopaxi.

.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la investigación son de la investigación son los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Agronomía y los aproximadamente 8000 habitantes de la parroquia de Toacaso.

4. PROBLEMÁTICA

Con una altitud de 3540 msnm, la parroquia Toacaso se encuentra en el noroccidente del cantón Latacunga, en las orillas de la Reserva Ecológica los Ilinizas sus límites son los siguientes: la reserva y parte de la parroquia Pastocalle al norte; la parroquia Canchagua y Guaytacama al sur; la parroquia Tanicuchi al este; y el cantón Sigchos al oeste. El clima en la parroquia es muy variado, oscilando entre el cálido en las cumbres y el cálido en las zonas bajas. La economía del pueblo toacasense se basa en la producción agrícola y pecuaria por medio del autoconsumo, así como en el mercado nacional y provincial. Los productos principales de la agricultura son el maíz, el papa, la cebolla y las hortalizas, sumado a eso, se han extendido los cultivos tradicionales como las hortalizas para el mercado provincial. («Datos Generales», 2011)

En investigaciones realizadas inicialmente por la Universidad Técnica de Cotopaxi en el laboratorio del INAMHI se pudo observar que el contenido de arsénico sobrepasa el límite permisible, según los criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola (TULSMA, 2013), que es de 0.1 mg/l. A excepción de 1 módulo que presentaba una menor concentración (0.096 mg/l), que según los resultados se debe a la lixiviación o erosión que se ven afectados los suelos, ya que en este existe una pendiente de 5 a 12% que no permite que el arsénico se acumule en gran cantidad, a diferencia de los otros módulos

Según los criterios de calidad aceptables para aguas de uso agrícola (TULSMA, 2013), el contenido de arsénico permisible, es de 0.1 mg/l, en investigaciones pasadas realizadas en el laboratorio del INAMHI, se contempla que existen problemas de arsénico, con la excepción de un módulo que presentaba una concentración más baja (0.096 mg/l), que según los hallazgos se debe a la erosión o lixiviación de los suelos, ya que la pendiente de este módulo, que es del 5 al 12%, impide que el arsénico se acumule en gran cantidad.

Se efectuó un nuevo estudio para evaluar las concentraciones de arsénico en el agua, el suelo, las plantas (hortalizas, cultivos representativos), leche y carne de la Junta, ya que la economía de la parroquia Toacaso se basa en la agricultura y la producción pecuaria. Este estudio ayudo a tener un panorama más claro sobre los niveles de arsénico, con la finalidad de conocer si los productos tienen concentraciones elevadas del mismo, el cual puede afectar de cierta manera tanto a la producción agropecuaria, como la salud de los pobladores.

5. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar de la concentración de arsénico en los principales rubros productivos de la Junta de riego Toacaso

Objetivos Específicos

- Caracterizar los sistemas de producción agropecuaria en una Junta de Riego con problemas de calidad del agua y suelo.
- Determinar de la concentración de arsénico en los principales rubros productivos.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN
<p>➤ Caracterizar los sistemas de producción agropecuaria en una junta de riego con problemas de calidad del agua y suelo.</p>	<p>El cumplimiento de este apartado está fundamentado por herramientas del diagnóstico participativo, propuesto por (<i>Geilfus, 1997, s. f.</i>):</p> <p>Diálogo con informantes claves: Mediante una reunión realizada en la parroquia de Toacaso con la directiva y los representantes de cada ramal de agua de la junta.</p> <p>Mapa de recursos y uso de la tierra En una salida de campo que se realizó con la junta</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar los resultados obtenidos en el anterior trabajo de investigación (Tesis). • Aprobación por parte de los dirigentes el trabajo de investigación. • Reconocimiento de los puntos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mapa de ubicación ➤ Tabla de cultivos representativos ➤ Trabajo de investigación (Tesis), Revisión bibliográfica.

	<p>directiva se pudo determinar cultivos predominantes de la zona además de realizar un el mapeo del sector.</p> <p>Calendario estacional del cultivo: A través de una reunión con el aguatero de la Junta de Riego, se nos informó que debido a los cambios repentinos en la economía, el clima y otros factores, el calendario de cultivos no se emplea.</p>	<p>claves para realizar la recolección de las muestras a ser analizadas.</p>	<p>➤ Fotos, Videos</p>
OBJETIVO 2	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN
<p>➤ Determinar de la concentración de arsénico en la producción agropecuaria.</p>	<p>Para sustentar este objetivo se va a realizar la recolección de distintas muestras en la producción agropecuaria para la determinación de los niveles de arsénico existente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestras de agua, en puntos clave. • Muestreo de suelo, en los 8 módulos de la parroquia. • Recolección de muestras de hortalizas y de los cultivos representativos, (maíz, alfalfa, zanahoria). • Muestreo de leche. • Muestreo de carne. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras analizadas • Determinación de la cantidad de arsénico que contienen las diferentes muestras, en comparación a los límites permisibles. 	<p>➤ Resultados del Laboratorio (agua, suelo, plantas (hortalizas, cultivos representativos)</p> <p>➤ Tabla de análisis de agua</p> <p>➤ Resultados del laboratorio AnimalLab (carne, leche)</p>

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Agua

En el agua, especialmente en el agua subterránea, las concentraciones de arsénico alcanzan en ocasiones hasta 1 mg/L. Según (Young, 1999), el problema es aún más grave en otras partes del planeta, como India, China y Taiwán. Según los datos recopilados, en India hay alrededor de 6 millones de individuos expuestos, de los cuales más de 2 millones son niños. En los Estados Unidos, más de 350 000 personas consumen agua con un contenido de arsénico superior a 0.5 mg/L; además, más de 2.5 millones de individuos están siendo alimentados con agua con tenores de arsénico superiores a 0.025 mg/L.

Mientras que investigaciones sobre la contaminación de arsénico en las vertientes de agua mediante el uso de agua de fuentes que provienen de la Reserva Ecológica Ilinizas, las cuales son fuentes de origen volcánico. Además de utilizar el agua de la Reserva Ecológica Los Ilinizas, la parroquia Toacaso en la provincia de Cotopaxi cuenta con un suelo volcánico por lo que el aumento de la población en zonas urbanas, rurales y agrícolas es la principal causa de contaminación de los recursos hídricos. La contaminación del agua se debe al mal manejo de los residuos humanos, agrícolas y pecuarios, lo cual también contribuye a la presencia de virus, coniformes y bacterias. (PDOT_TOACASO_2020, s. f.)

7.1.1 Problemas del arsénico con el agua

El arsénico con estado de oxidación +5 (As^{+5}) es la especie más frecuente en aguas superficiales con alto contenido de oxígeno sin embargo el arsénico con estado de oxidación +3 (As^{+3}) predomina en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas bajo condiciones de reducción, aunque también puede existir el As^{+5} . No obstante, es bastante lento convertir As^{+3} a As^{+5} o viceversa. En medios oxidados se pueden encontrar los compuestos oxidados de As^{+5} y los compuestos reducidos de As^{+3} .

Tabla 2: Propiedades fisicoquímicas

Compuesto	Fórmula	Punto de fusión	Punto de ebullición	Densidad	Solubilidad en el agua
		(°C)	(°C)	(g/cm ³)	(g/L)
Arsénico	As	613	-	5.73 a 14 °C	Insoluble
Trióxido de arsénico	As ₂ O ₃	312.3	465	3.74	37 a 20 °C
Pentóxido de arsénico	As ₂ O ₅	315	-	4.32	1500 a 16°C
Sulfuro de arsénico	As ₂ S ₃	300*	707	3.43	5x10 ⁻⁴

(Young, 1999)

7.1.2 Agua en relación con otros metales pesados

Cualquier elemento químico metálico que tenga una densidad alta y que puede ser mortal en concentraciones bajas se denomina metal pesado. No es posible que estas partes naturales sean degradadas o destruidas naturalmente. La minería y la industria son las principales causas de contaminación del agua con metales pesados, aunque el agua puede ser enriquecida con metales si pasa por rocas con frecuencia. (Ima Water, 2016)

En base a (Enfermedades, 2005) el arsénico se encuentra en el agua principalmente en dos estados de oxidación:

- Arsénico Trivalente (As³⁺): También conocido como arsenito, es la forma más tóxica y reactiva del arsénico. Suele encontrarse en aguas subterráneas.
- Arsénico Pentavalente (As⁵⁺): También conocido como arseniato, es menos tóxico que el arsenito y más común en aguas superficiales. (Mary Young, 2012)

7.1.3 Calidad de agua para riego

El análisis de muestras representativas de agua muestra la importancia de la calidad del agua en la agricultura; se examinan varios parámetros, como la conductividad eléctrica, el pH, la relación de absorción de sodio y la cantidad de sales totales disueltas. Esto se hace para conocer la tolerancia de los cultivos y para establecer la calidad para el fertirriego. La importancia de la calidad del agua de riego radica en que afecta directamente el rendimiento de los cultivos y afecta directamente la calidad del suelo. (Perez, 2003)

7.1.4 Criterios de calidad de agua para riego.

Las aguas destinadas a la irrigación de los cultivos y otras actividades similares o complementarias que sean establecidas por organismos competentes se denominan aguas de uso agrícola. También es ilegal utilizar aguas servidas para riego, a menos que sean tratadas y cumplan con los estándares de calidad establecidos por la norma. Los siguientes son los criterios de calidad de agua aceptables en la agricultura. (TULSMA, 2012)

Tabla 3: Criterios de calidad de aguas que para consumo humano

PARÁMETRO	EXPRESADO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0.2
Amoníaco	N	mg/l	0.5
Arsénico	As	mg/l	0.1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000

(TULSMA, 2012)

Tabla 4: criterios de calidad de aguas para uso

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico	As	mg/l	0.1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.75

(TULSMA, 2012)

7.2. Características del suelo

7.2.1. Propiedades físicas

Según (TULSMA, 2012), una variedad de factores determina las características de cada suelo. El tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima y la vegetación son los más significativos.

- La proporción de componentes inorgánicos de diversas formas y tamaños, como arcilla, limo y arena, se conoce como textura del suelo.
- El contenido de humedad, la materia orgánica presente y el grado de oxidación de los minerales influyen en el color del suelo.
- La resistencia del suelo a la ruptura o deformación que se pueden aplicar sobre él se conoce como consistencia.
- La porosidad total del suelo se puede calcular determinando la densidad. Se refiere al peso del suelo por volumen.

7.2.2 Propiedades químicas

Las propiedades químicas del suelo se basan en las concentraciones o porciones de especies disueltas en el agua del suelo y en el complejo de intercambio iónico, por lo que la capacidad de intercambio catiónico, el pH, el potencial redox y la conductividad son importantes porque afectan la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de las plantas, el destino de los contaminantes, la actividad biológica etc. Los sólidos (materia orgánica y minerales inorgánicos), los líquidos (agua del suelo) y los gases (aire del suelo) forman parte de las fases abióticas del suelo. Por lo tanto, el suelo es un sistema vivo dinámico en el que las moléculas y los iones pueden cambiar constantemente de una fase a otra mientras interactúan entre sí. (Darshani Kumaragamage & Graeme Spiers, 2022)

7.3 Tipos de suelo

Debido a su perfecto equilibrio entre arena, limo y arcilla, los suelos francos son los más equilibrados y adecuados para la agricultura, mientras que gracias a sus partículas grandes, los suelos arenosos no pueden retener agua; es un suelo bien aireado y con una gran filtración de agua.

Los suelos arcillosos tienen características opuestas a las de un suelo arenoso; por lo tanto, retienen agua, aunque pueden experimentar airado y falta de drenaje.

Dado que el suelo puede absorber, retener y filtrar el agua de manera adecuada, los suelos limosos y los arcillosos tienen ventajas. (Pennsylvania State University, 2023)

7.3.1 Calidad del suelo para la agricultura

El suelo tiene un papel esencial en las prácticas agrícolas, ya que los nutrientes esenciales para la crecimiento y desarrollo de las plantas se proporcionan por un suelo fértil y sano, y las funciones físicas del suelo, como su estructura y sus agregados, facilitan el agua y el oxígeno a las plantas este también es denominado "suelos sanos o suelos de calidad", dado que señalan que además de ser fértiles, poseen características físicas y biológicas proporcionando la capacidad de producción, conservar la calidad del entorno e impulsar la salud vegetal y animales. (Pennsylvania State University, 2023)

7.3.2 Arsénico en el suelo

El contenido de arsénico en el suelo es enormemente diferente al lugar, ya que los niveles más elevados de arsénico natural se encuentran en áreas mineras o lugares con uso habitual de pesticidas. El arsénico puede existir como arsenito (As^{+3}), arseniato (As^{+5}) y varios complejos orgánicos, siendo estos más móviles en el suelo. El arsénico es uno de los metales pesados que más absorbe el suelo. La concentración elevada de arsénico en el suelo puede causar la acumulación del mismo en los cultivos, lo que perjudica la salud de humanos y animales. (Barrantes, 2021).

Lo que da como resultados en la agricultura:

- Fitotoxicidad: El arsénico puede ser tóxico para las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo.
- Acumulación en Cultivos: Las plantas pueden absorber arsénico del suelo, acumulándolo en sus tejidos y entrando en la cadena alimentaria.

7.4 Hortalizas

7.4.1 Arsénico en Hortalizas

El arsénico y diversos metales pesados son los que afectan la fertilidad del suelo, lo que provoca la disminución de actividades microbianas, y el rendimiento en los cultivos lo que hace que estos no desarrollen su mayor estado de producción, pues estos afectan en la morfología y fisiología porque se asemejan con el estrés

oxidativo en las células, lo que provoca un daño en la pared celular. (Bayona Penagos, 2020).

Las hortalizas son motivo de preocupación desde el punto de vista toxicológico porque se cultivan en suelos contaminados. En Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua y Perú se han detectado niveles elevados en pescado, leche de vaca, granos y hortalizas, incluidas la papa, cebolla, remolacha, calabaza, rábano entre otros (Medina-Pizzali et al., 2018).

Para el arroz, el Codex Alimentarius ha establecido un límite máximo de 0.2 mg/kg de As-tot (FAO & OMS, 2011). En el año 2015, el Codex Alimentarius estableció que las hortalizas tienen concentraciones promedio de As-tot entre 0.008 y 0.61 mg/kg. La cebolla superó el LMP establecido para el arroz, pero la concentración media de As-tot en bulbo en esta investigación se mantuvo dentro del rango de concentración definido en el Codex Alimentarius a nivel mundial. El Chile se encuentra dentro del rango global de As-tot en hortalizas (0.008 a 0.61 mg), y está por debajo del LMP establecido para arroz (0.2 mg/kg). cita

7.4.2 Arsénico en la hortaliza lechuga (*Lactuca sativa* L)

La lechuga cultivada en la ciudad de Santa Fe de Funes tuvo niveles de arsénico de 0,026 mg/kg y 0,028 mg/kg en base húmeda. Estos valores están por debajo del límite máximo permitido de 1 mg/kg establecido por el Código Alimentario Argentino (CAA), lo que indica que estas lechugas son seguras para el consumo humano en cuanto a su contenido de arsénico. Sin embargo, la exposición crónica al arsénico, incluso en concentraciones bajas, puede suponer un riesgo para la salud. Por lo tanto, es importante vigilar y controlar su presencia en los alimentos y el agua. (Llopart, Basso, Bethular, & Pontello, 2017)

7.5 Leche

7.5.1 Arsénico en relación con otros metales.

La importancia e interés de los metales pesados radica en que su presencia en el medio ambiente tiene consecuencias perjudiciales para la salud de los humanos, los animales y los cultivos agrícolas.

Se han descubierto en los alimentos y provienen de una variedad de fuentes: los plaguicidas, los lodos residuales y los fertilizantes químicos. La exposición crónica a estos metales en los alimentos y en la producción láctea es un asunto de gran importancia debido a la contaminación de la cadena trófica y a los daños que causan en la salud. (Ayala Armijos & Romero Bonill, 2013)

7.5.2 Problemas de Arsénico en la leche

Estudios de la Organización Mundial de la Salud sobre la contaminación de la leche de los bovinos con metales pesados muestran que estos pastorean y consumen agua de las orillas de ríos contaminadas con fumigaciones, aguas negras y desechos mineros, lo que aumenta el peligro de cáncer de pulmón, piel e hígado. El punto de potencia carcinogénica del arsénico es de 1.5 (mg/kg)/día.

Se ha demostrado que algunos de estos componentes se combinan con una porción baja de grasa, mientras que otros se fusionan con compuestos orgánicos, como proteínas. Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008, el límite máximo permitido de Arsénico es de 0.015 mg/Kg. (Ayala Armijos & Romero Bonill, 2013)

En Ecuador existen muy pocos estudios sobre metales pesados en la leche, en un estudio realizado en el cantón Arenillas, provincial El Oro se obtuvo una media de 0.01035 mg/kg de metales pesados (As y Hg) en el 100% de las muestras, esto se puede deber a que Arenillas es una zona minera. (Ayala Armijos & Romero Bonill, 2013)

Además, se realizó un estudio sobre presencia de metales pesados realizado en la ciudad de Machachi, el 3.44% de las muestras de leche contenían niveles de arsénico, con un valor medio de 0.00003 mg/kg, un valor mínimo de 0.00 mg/kg y un valor máximo de 0.001 mg/kg. (Cueva et al., 2021)

Aunque los niveles de arsénico presentes en esta zona son bajos sigue siendo un problema para la salud ya que el consumo de arsénico en niveles bajos igual conlleva problemas de salud. (Anastasio et al., 2006)

7.5.3 Contaminación por arsénico en productos lácteos (Vietnam)

El estudio evaluó el estado de contaminación por arsénico de la leche y los productos lácteos producidos y procesados en varias provincias y ciudades de

Vietnam. Los resultados mostraron que la concentración promedio de arsénico total en diferentes productos lácteos variaba mucho. La concentración promedio de arsénico en la leche líquida fue de 139,32 ppb, mientras que la concentración promedio de arsénico en el yogur fue de 169,81 ppb. La concentración promedio de arsénico en el queso fue de 221,38 ppb y la concentración promedio de arsénico en la torta de leche fue de 232,80 ppb. Las concentraciones en la leche en polvo fueron significativamente más bajas, con un promedio de 35,43 ppb. (Nguyen et al., 2022)

7.5.4 Calidad de la leche para el consumo

La calidad de la leche es un requerimiento primordial para su comercialización y su próxima distribución para el consumo, por lo que en las grandes industrias lácteas del país se exigen esfuerzos de gran envergadura para así mismo obtener productos competitivos, por lo que la leche pasa por sistemas de calificación los cuales controlan su calidad y así mismo la penalizan si no la tiene, por lo que los productores tienen que tener un alto reconocimiento en bases de sanidad y cuidado de enfermedades de los animales, dicho esto es lo mismo en su alimentación donde se deberá tener todo en regla ya sea en balanceados, sales, pastos y agua potable, con estos requerimientos se puede decir que la leche que produce es apta para el consumo humano. (Contero, 2008)

Cuando se habla de calidad de leche la (*NORMATIVA TECNICA ECUATORIANA*, s. f.) y el Codex Alimentarios establece normas ambientales para la leche cruda y determina el nivel máximo de plomo (Pb) en 0.02 mg/kg.

La normativa NTE INEN 9 no indica el nivel máximo permisible de arsénico (As); sin embargo, la normativa (*INEN 2014 - AGUA POTABLE. REQUISITOS*, s. f.) TABLA 1 usado para el agua potable establece el límite permisible de 0,01 mg/L para arsénico.

7.5.5 Arsénico en Granjas Bovinas

Es esencial entender los efectos potenciales del arsénico en la salud y la producción de las vacas lecheras en circunstancias en las que las granjas lecheras se ven afectadas por altas concentraciones de arsénico en el agua. El arsénico es una sustancia muy abundante en la corteza terrestre y se puede encontrar en el suelo, el

agua y el aire. En particular, se puede encontrar en zonas donde las rocas contienen más arsénico, o en zonas donde la actividad industrial y los productos químicos agrícolas han tenido un impacto histórico. La salud del animal puede verse afectada negativamente por la acumulación de este metal en los riñones, el bazo y el hígado. Esta acumulación puede provocar enfermedades hepáticas, compresión del rumen y alteración de la calidad de la leche en las vacas lecheras durante períodos de alta demanda, como la lactancia temprana. Aunque los estudios indican que las concentraciones en los productos lácteos suelen estar por debajo del umbral de detección, el arsénico también puede pasar por la placenta y llegar a la leche materna. No obstante, los niveles de arsénico en el agua que superen los 0,05 mg/l pueden ser perjudiciales, con un impacto negativo en la salud pública y en la salud animal. (Lasa, Mantecón, Gómez, & Pineda, s.f)

7.6 Carne

7.6.1 Arsénico en la carne

La concentración de arsénico en productos alimenticios(carne) indica que el arsénico está presente en todos los alimentos, estos niveles varían mucho dependiendo del tipo de alimentos, condiciones, tipo de suelo, cultivos, uso de pesticidas y técnicas de procesamiento. (Medina-Pizzali et al., 2018)

Como dato tenemos que el consumo de carne, pescado y pollo con arsénico representa el 80% de la ingesta de arsénico. Las algas, los peces y los mariscos bivalvos también contienen arsénico, como la arsenobetaina y la arsenocolina, que en ocasiones se conocen como "arsénico de los peces". En humanos, estas formas de arsénico son poco tóxicas y se eliminan rápidamente en la orina. (CDCespanol, 2024)

Según un informe de (IATP, 2015), jugar pollo: Evitar el arsénico en su carne, más del 70% de los pollos criados para carne reciben arsénico para que crezcan más rápido, consuman menos alimento y tengan una carne saludable.

La FDA encontró que aproximadamente la mitad de los pollos en el estudio absorbieron arsénico inorgánico en el hígado. Esta es la forma más dañina de este químico que provoca cáncer.

Debido a esto, Pfizer se vio obligado a dejar de producir roxarsone, un medicamento que contiene arsénico y que se añade a la alimentación de pollos con el fin de engordarlos. (FASGO, 2017)

La carne con arsénico puede causar graves problemas de salud, incluidos síntomas agudos como náuseas, vómitos, diarrea y deshidratación, así como efectos crónicos como neurotoxicidad, daño renal, hepático y hepático y un mayor riesgo de cáncer. El arsénico altera la función celular y molecular al afectar las enzimas, las proteínas y la estructura del ADN, lo que provoca enfermedades graves a largo plazo. (Zulma Cruz de Trujillo, 2017)

7.6.2 Toxicidad del Arsénico

La central de los alimentos afecta que este absorba compuestos arsenicales, ya que estos son hidrosolubles, y se absorben con mayor facilidad, por lo que la toxicidad del arsénico depende del estado de oxidación, también depende de las dosis, frecuencia de exposición, duración, especie biológica, edad, sexo, factores nutricionales, por lo que el grado de daño se dará en torno a la manera de consumo, ya sea en diferentes productos, por días, semanas, meses, etc. (Medina-Pizzali et al., 2018)

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre que se encuentra ampliamente presente en todo el medio ambiente, incluido el aire, el agua y la tierra. Es extremadamente peligroso en su estado inorgánico.

Las personas están expuestas a niveles elevados de arsénico inorgánico a través del consumo de agua contaminada, el uso de agua contaminada en procesos industriales, la preparación y riego de alimentos, el consumo de alimentos contaminados y el tabaco.

La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del agua de bebida y los alimentos, puede causar una intoxicación crónica. La aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel son los efectos más característicos. (OMS, s. f.)

7.6.3 Arsénico en carne (cuy).

Según el reglamento sanitario para alimentos del ministerio de Salud Pública del Ecuador, los límites permisibles de arsénico en carne de cuy son de 0.1 mg/kg esto según los estándares internacionales, por lo que si los resultados nos arrojan a niveles más altos de contenido de arsénico en la carne estaríamos teniendo consecuencias a largo plazo lo que llegaría a afectar en nuestra salud teniendo riesgos los cuales no podríamos revertirlos, ya que no se ha realizado un estudio al respecto del cual es la cantidad de arsénico que estamos consumiendo en estos productos. (INEN, 2016)

La exposición del arsénico en humanos puede ocurrir mediante tres vías: por inhalación del aire, por ingesta de alimentos o agua y mediante absorción dérmica. La principal fuente de contaminación no ocupacional de arsénico en seres humanos es a través de alimentos y agua. La concentración de los niveles de arsénico en los alimentos puede variar y depende mucho de las condiciones como el agua y el suelo (Medina-Pizzali et al., 2018)

El contenido residual de algunos elementos de la leche y carne es un importante indicador directo del grado de contaminación, ya que es un indicador indirecto de las condiciones ambientales del lugar donde se encuentran, principalmente del suelo, agua, aire y vegetación del lugar. (Contero, 2017)

También puede causar cáncer, ya que el arsénico es un carcinógeno conocido que aumenta el riesgo de cáncer de piel, vejiga y pulmón. (Medina Pizzali et al., 2018) y (María Sánchez, 2021)

Causa daño a órganos, por lo que afecta principalmente al hígado y los riñones, pero también puede afectar al sistema cardiovascular y al sistema inmunológico. (Medina Pizzali et al., 2018)

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

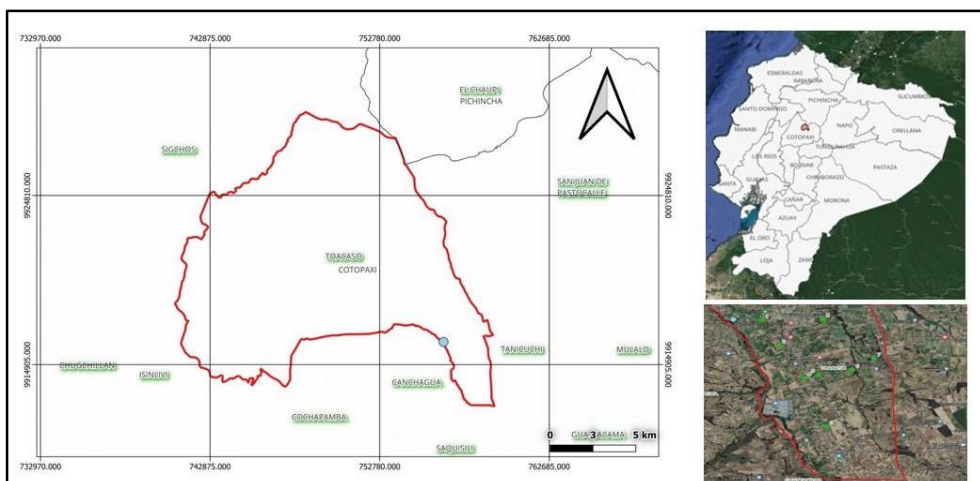
¿La contaminación de agua de riego con arsénico afecta la producción agropecuaria del Junta de Riego Canal Central Toacaso?

9. METODOLOGIA

9.1 Área de estudio

Ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Sus límites son: Norte: los límites de las parroquias de Pastocalle y Chaupi, Sur: los límites por Saquisilí, Tanicuchi y Guaytacama, Este: los límites de por Tanicuchi, Oeste: límite del Cantón Sigchos. Cuenta con 38 comunidades compuestas por el 70% de población indígena y el 30% de población mestiza (*PDOT_TOACASO_2020*, s. f.). En este proyecto de investigación se va a trabajar con 6 (ramales) juntas de agua que conforman la gestión comunitaria del agua del canal centro Toacaso, junta de riego por aspersión, canal central Toacaso constituido por 8 módulos. El clima de la parroquia varía levemente, determinado principalmente por su altitud, la influencia de los vientos cálidos tropicales y su cercanía a los nevados de Los Illinizas.

Figura 1 Ubicación del Área de estudio Mapa en Qgis



Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Tabla 5: características del área de estudio.

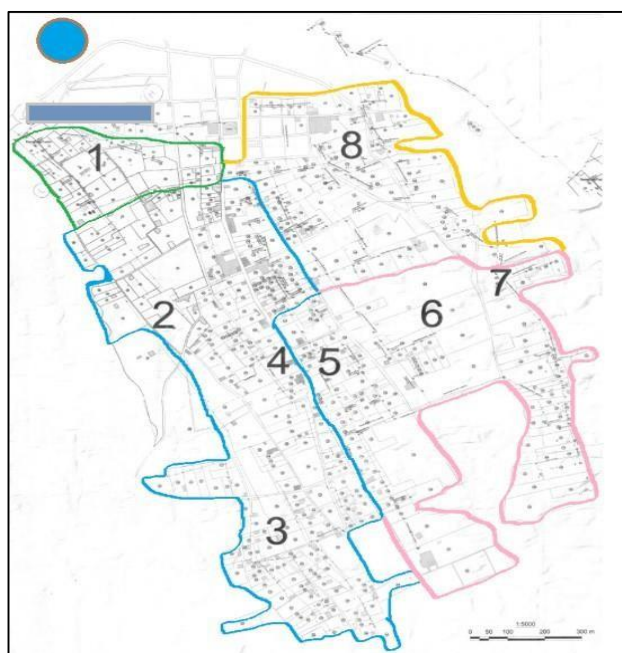
Altitud	3,178 msnm
Latitud	-0.75324
Altitud	-78.6856
Extension	5.582 ha

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

9.2 Junta de riego del Canal Central de Toacaso.

La junta de riego del canal central de Toacaso está formada por 8 módulos organizadas por los siguientes ramales Cruz1, Cruz2, Yugshiche, El Pueblo, La Calera y Cuicuno con 325 usuarios actualmente, con una extensión de 367.593 hectáreas del proyecto.

Figura 2 Sistema de riego de la Junta Del Canal Central Toacaso



(PDOT_TOACASO_2020, s. f.)

9.3 Diálogo con informantes claves.

El cumplimiento de este apartado está fundamentado en herramientas del diagnóstico participativo, propuesto por (Geilfus, 1997, s. f.) . Se realizó una reunión

con los dirigentes de la Junta de Riego por aspersión Canal Central Toacaso, donde se habló con sobre la producción agropecuaria de la Junta.

Materiales:

- Lápiz
- Marcadores
- Cuaderno

Procedimiento:

1. Se programó la reunión con los dirigentes de la Junta.
2. Se explicó los temas a tratar en la reunión.
3. Para la caracterización de la Junta se procedió a realizar apuntes sobre los temas tratados.



9.3 Mapa de recursos y uso de la tierra.

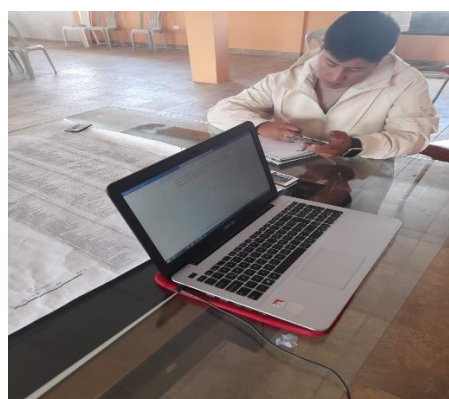
Para esta actividad se realizó la caracterización de los ocho módulos de la Junta de Riego Canal Central Toacaso. En el cual se identifica el tiempo de riego, frecuencia de riego, la cantidad de usuarios de la Junta y la producción agrícola y pecuaria de los módulos.

Materiales:

- Marcadores
- Papelotes
- Cinta
- Lápiz

Procedimiento:

1. Se reunió a la directiva de la Junta y a los encargados de los módulos.
2. Se explicó la finalidad de la actividad y los parámetros a caracterizar (caminos, casas, ríos, bosques, tierras de cultivo, etc.).
3. Para la caracterización de la Junta se procedió a entregar los materiales a cada persona.
4. Al finalizar la actividad se recogió los papelotes de cada persona.

**9.4 Calendario estacional del cultivo.**

Para el calendario estacional de la Junta de Riego Canal Central Toacaso se realizó una reunión con los informantes claves. Donde se explicaría el tiempo de lluvia, época de siembra de los diferentes cultivos.

Materiales:

- Papelote
- Marcadores
- Lápiz
- Cuaderno

Procedimiento:

1. Se planificó una reunión con cada dirigente de los módulos.
2. Explicamos la actividad que se realizaría, en donde se realizaría un alineamiento de tiempo que tenga fechas de siembra, temporadas de lluvia de sequía etc.
3. Los dirigentes manifestaron que el calendario de cultivo era un método que ya no se utilizaba debido a que ahora tiene un sistema de riego, además de utilizar sus tierras dependiendo de su disponibilidad o economía.

9.5 Determinación de la concentración de arsénico en la producción agropecuaria**9.5.3 Toma de muestras de agua.**

Se utilizó la metodología de muestreo simple que consiste en tomar las muestras de un lugar determinado, en este caso de los cuatro puntos asignados que son: bocatoma, unión dos ríos, reservorio y el cultivo representativo (alfalfa). Se realizó la toma de cuatro muestras de agua por cada punto tres en frascos plásticos y uno de coliformes, dándonos un total de 16 muestras.

Materiales:

- Tijera
- Guantes
- Marcador
- Cooler
- Hielos
- Envases plásticos y de coliformes
- Etiquetas
- Cinta adhesiva

Procedimiento:

1. Llegar al punto de muestreo y haciendo uso de los guantes enjuagar los envases de dos a tres veces.
2. Se recolecto un litro de agua de los cuatro puntos de muestreo en los frascos plásticos y 100ml en los envases de coliformes.
3. Se procedió a sellar bien los envases plásticos y de coliformes para ser correctamente etiquetados.
4. Se colocaron las muestras en el cooler con hielos para mantener su temperatura y ser enviados al laboratorio para su análisis.

**9.5.4 Toma de muestras de suelo.**

El muestreo fue realizado en los módulos de la Junta de riego Canal Central Toacaso por método del zig zag donde (María Eugenia de Bustos, 2020), nos dice que la toma de muestras se debe realizar de manera aleatoria en el terreno cubriéndolo de una manera homogénea, se va recolectar una muestra por cada módulo.

Materiales:

- Una pala o barreno
- Fundas herméticas
- Guantes
- Marcador

- Lona
- Etiquetas

Procedimiento:

1. Recolectamos las muestras de suelo perforando con el barreno una profundidad de 20 cm en los 8 puntos de muestreo.
2. Con los guantes se colocó el suelo extraído por el método de zigzag en una lona donde se lo mezclo y se lo coloco en una funda hermética.
3. Se etiquetaron las muestras
4. Se envió las ocho muestras de suelo al laboratorio para su análisis.

**9.5.5 Toma de muestras vegetales.**

Se llevo a cabo mediante el método del laboratorio de fitopatología (Ayala Armijos & Romero Bonilla, 2013), se realizó la toma de muestras vegetales de los 8 módulos donde se tomó en cuenta los cultivos representativos de cada uno.

Materiales:

- Marcador
- Cooler
- Fundas herméticas
- Tijeras de podar
- Pala
- Etiquetas

Procedimiento:

- Efectuamos la recolección de las muestras vegetales con ayuda de los guantes y tijeras separando cada una de sus partes como la raíz, tallos, hojas y su fruto.
- Luego de separar las muestras vegetales, se las coloco en fundas herméticas para su conservación.
- Etiquetamos las muestras vegetales y este proceso se repitió en cada módulo con los cultivos representativos.
- Finalmente se enviaron las muestras al laboratorio para su análisis.

**9.5.1 Toma de muestras de leche**

La toma de muestras desarrollada en la Junta de riego Canal Central Toacaso se realizó por el método de recolección, conservación, transporte y envío de muestras proporcionado por el laboratorio clínico ANIMALAB, donde se va a obtener 5 muestras de leche donadas por personas de los diferentes módulos, para el muestreo se consideró un litro de leche almacenado en envases herméticos (Jiménez Castelo & Vega Herrera, 2022).

Materiales:

- Envases herméticos
- Etiquetas
- Cooler
- Hielos

- Esfero
- Tijeras
- Cinta adhesiva

Procedimiento:

1. Recolectamos las muestras de leche de los cinco puntos de la Junta de riego Canal Central Toacaso.
2. Con ayuda de los guantes se ordeño a la vaca en los frascos herméticos realizando tres chorros fuera del frasco por descarte.
3. Se identifico las muestras con el nombre, modulo, fecha, lugar y numero de muestras.
4. Se envió las cinco muestras de leche al laboratorio ANIMALAB para el análisis respectivo.

**9.5.2 Toma de muestras de carne**

El muestreo de carne de cuy de la Junta se realizó por el método de recolección, conservación, transporte y envío de muestras proporcionado por el laboratorio veterinario ANIMALAB. Se enviaron seis muestras de carne de cuy cada una de 200 gramos.

Materiales:

- Fundas herméticas
- Guantes
- Etiquetas
- Cooler
- Hielos
- Marcador permanente
- Cinta adhesiva
- Cuchillo
- Barbera desechable

Procedimiento:

1. Se recogieron los seis cuyes de la sede ubicada en el centro de la parroquia Toacaso.
2. Con ayuda de los guantes se realizó el proceso de faenamiento del cuy que consiste en un desnuque traumático, logrando la separación del cráneo de la columna.
3. Desarrollamos el pelado del cuy mediante una barbera desechable de la zona del muslo y pierna del cuy.
4. Se hizo el corte en el muslo para obtener los 200 gramos de carne de cuy.
5. Finalmente se etiqueto y se envió las muestras de carne de cuy al laboratorio veterinario ANIMALAB.



10. RESULTADOS

Organización.

La organización de Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso está conformada por un presidente, el Señor Ramiro Vela, una vicepresidenta la Señora Fabiola Campaña, un tesorero el Señor Armando Monga, y un aguatero el Señor Julio Catota.

Adicional de la directiva general de Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso esta se encuentra dividida en seis ramales cada una, con una persona a cargo del ramal como es: el Señor Manuel Almachi representante del ramal

Cuicuno, el Señor Rodrigo Herrera representante del ramal Cruz 1, El Señor Alejandro Cofre representante del ramal Cruz 2, la Señora Blanca Almachi representante del ramal El Pueblo, el Señor Tapia representante del ramal Yugsiche Bajo y la Señora Rosa Tigasi representante del ramal La Calera. La Junta de agua de Riego Toacaso cuenta con una extensión total de 367.593 ha, dividida de la siguiente manera:

Tabla 6 Distribución de ramales en módulos

MODULOS								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
RAMAL	El Pueblo		Cuicuno	Cruz 1	Cruz 2		Yugsiche	La Calera

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Tabla 7 Ramales de la Junta de Riego Toacaso

RAMAL						
	EL PUEBLO	CUICUNO	CRUZ 1	CRUZ 2	YUGSICHE	CALERA
Ha	57.665	98.099	66.899	56.284	69.869	18.777

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

10.1 Sistemas de producción agrícola

Los sistemas de producción agrícola de la Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso están basados en la comercialización, consumo personal y alimento para animales de los productos cultivados por las personas, los cuales dependiendo de los módulos. En la tabla 8 siguiente se observan los cultivos representativos de cada módulo. La variación de un cultivo a otro no se evidencia, ya que en su mayoría todos siembran los cultivos de maíz y de alfalfa. El cultivo de zanahoria es el tercero que más presencia tiene, puesto que se encuentra presente en seis de los ocho módulos, la presencia de cultivos de avena y cebolla son muy pocos en el sector y la presencia de hortalizas no se ve de una manera representativa debido a que solo tienen huertos algunas personas y son para consumo propio.

La mayor presencia de cultivos de maíz y alfalfa en la zona se debe a que estos cultivos son utilizados para el consumo de animales y adicional para la comercialización dentro del sector en las ferias que se realizan los días miércoles y domingo.

Tabla 8 distribución de cultivos representativos, por modulo

CULTIVOS REPRESENTATIVOS							
Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6	Módulo 7	Módulo 8
Maíz	Maíz	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
Alfalfa	Alfalfa	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz
Zanahoria	Zanahoria	Zanahoria	Zanahoria		Zanahoria	Zanahoria	
Avena		Cebolla					

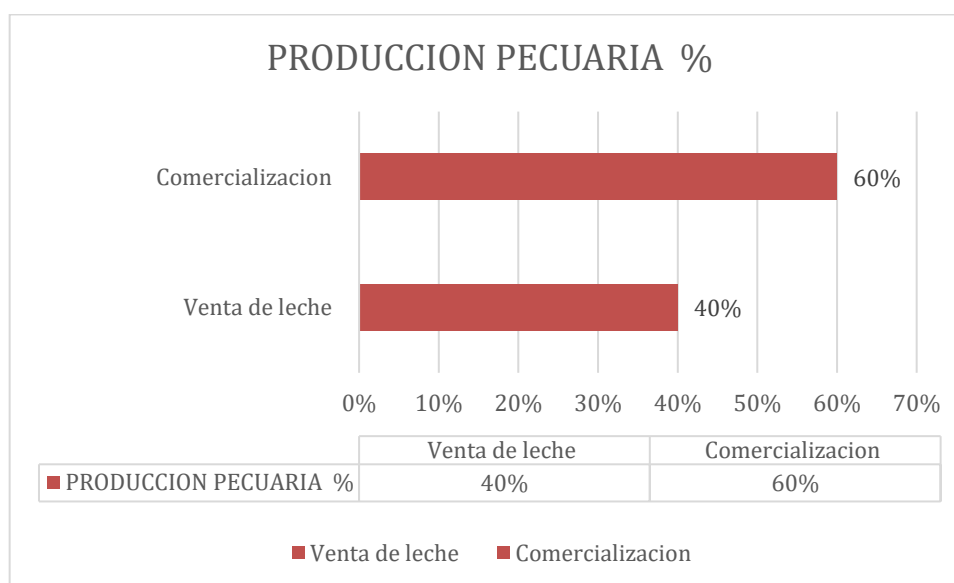
Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

10.2 Sistemas de producción pecuaria

Los sistemas de producción pecuaria de la Junta de Riego por aspersión Canal de Central Toacaso están basados en la venta de leche, adicional a la crianza de animales para consumo y comercialización de los mismos. La producción y distribución de leche a los piqueros está presente en todos los módulos de la zona porque al tener un sistema de riego y su producción agrícola está enfocada en fines pecuarios y comerciales, las personas tienen ganado. Además, de tener una

producción lechera las personas también comercializan alguno de sus ejemplares, esto no se observa solamente en el ganado, sino que las personas también tienen diferentes animales como cuyes y gallinas los cuales tienen como finalidad el consumo propio o la comercialización de igual manera en ferias. El arsénico es un elemento tóxico ampliamente distribuido por la naturaleza, principalmente se lo puede encontrar en el suelo y agua. Su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios (OMS, 2022).

Figura 3 Porcentaje de actividades pecuarias, 2024.



Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Como se puede ver en la figura 3: El sistema de producción agrícola se basa en la producción de mezcla forrajera (pastos), maíz, alfalfa, zanahoria cebolla, mientras que la producción pecuaria se maneja con la venta de leche, y la crianza de animales para su consumo y comercialización. La venta de leche constituye el 40% de sus ingresos económicos, el 60% está formada por la venta de ganado bovino, cuyes y productos agrícolas de la zona.

10.3 Arsénico en el agua

El arsénico se encuentra en el agua, mientras que en el suelo este se bioacumula, por lo que los efectos que causa en agua de riego para plantas ocasionan una serie de reacciones que terminan por afectar el flujo de energía de las células, esto quiere

decir que causa un estrés a las mismas, lo que se puede observar como una disminución significativa en la tasa fotosintética, si la concentración de este elemento es alta, puede ocasionar la muerte de la planta.

Siempre que se utiliza agua de riego con arsénico, hay que tener muy en cuenta como este se acumula en las plantas, ya que siempre empieza a acumularse en las raíces en primer lugar, continua con las hojas, semillas y fruto, hay que tener muy en cuenta esto para las partes comestibles de los cultivos significativamente donde se consume las raíces u órganos subterráneos. (Alvaro, 2019)

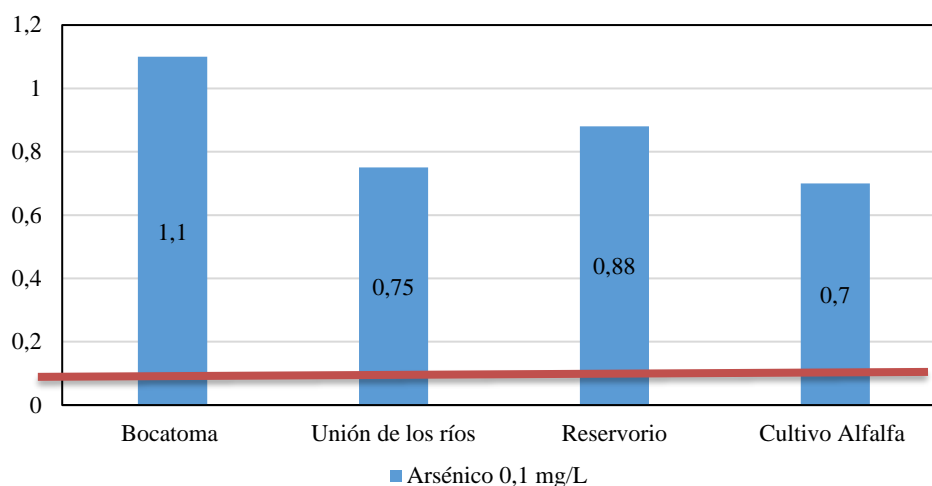
Aclarado esto observamos en la tabla en donde se muestran los resultados del contenido de arsénico en agua, que existe una gran diferencia mayor en términos de contenido permisible según la normativa, por lo que decimos que el agua de riego de la parroquia de Toacaso no es apta para el uso en los cultivos por su alto contenido de arsénico lo que ocasiona que tanto los suelos como los cultivos estén contaminados y no sean aptos incluso para el consumo humano, y animal.

Tabla 9 Resultados de los niveles de arsénico(agua), 2024.

Parámetro				
Lugar	Fecha Muestreo	Hora Muestreo	Limite	Resultado mg/L
			Permisible TULSMA mg/L	
Bocatoma	29/02/2024	11:56	0.1	1.1
Unión de los ríos	29/02/2024	12:19	0.1	0.75
Reservorio	29/02/2024	12:35	0.1	0.88
Cultivo Alfalfa	29/02/2024	1:08	0.1	0.7

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Figura 4 Niveles de arsénico en agua, 2024.



Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Tabla 10 Resultados de los niveles de arsénico, 2024.

UBICACIÓN	As mg/L	LIMITE mg/L	EXCEDENTE mg/L
Bocatoma	1,1	0,1	11
Unión dos ríos	0,75	0,1	7,5
Reservorio	0,88	0,1	8,8
Alfalfa	0,7	0,1	7

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

El límite legal en Ecuador es de 0,1 mg/L. Se puede observar en los resultados del análisis de agua que los niveles de arsénico en los cuatro puntos muestreados superan el límite permitido en Ecuador. Según la normativa, el nivel de arsénico en la bocatoma es 11 veces mayor, en la unión de dos ríos es 7,5 veces mayor, en el reservorio es 8,8 veces mayor y en el cultivo de alfalfa es 7 veces mayor. Los resultados de los análisis se pueden dividir para obtener este nivel de arsénico, que es 0,1 mg/L. (Feng et al., 2024)

10.4 Arsénico en el suelo.

En los resultados de la Tabla 19, se observa que el contenido de arsénico en todos los módulos tiene un promedio de 20,22 (ppm) que sobrepasa lo que indica el libro 6 TULSMA permite 5 ppm y esto corresponde al agua utilizada para las labores agrícolas esto corrobora lo estipulado por Arias., Urbina., &Alvarado, (2019),

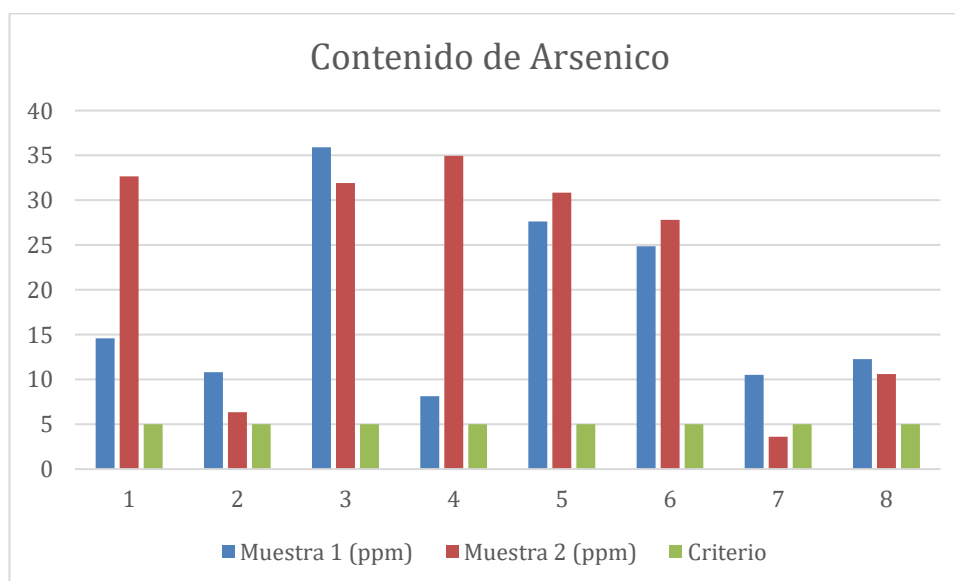
debido a todas las condiciones que anteriormente hemos podido estudiar donde influye su lugar geográfico, origen del agua de riego, prácticas culturales, y falta de conocimiento para su remediación es importante mencionar que este problema va más allá de su producción agrícola sino que afecta a la salud de los consumidores.

Tabla 11 Resultados del análisis de Arsénico.

Modulo	Muestra 1 (ppm)	Muestra 2 (ppm)	Arsénico ppm	Criterio (ppm)	Interpretación
1	14,6	32,65	23,63	5	ALTO
2	10,8	6,35	8,58	5	ALTO
3	35,91	31,93	33,92	5	ALTO
4	8,14	34,94	21,54	5	ALTO
5	27,63	30,84	29,24	5	ALTO
6	24,86	27,8	26,33	5	ALTO
7	10,51	3,6	7,06	5	ALTO
8	12,28	10,61	11,45	5	ALTO

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Figura 5 Resultados del contenido de Arsénico en suelo.



Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

La alta concentración de metales pesados fomenta el desarrollo de comunidades microbianas al incrementar una variedad de genes resistentes a los metales pesados; además, los metaloides contaminan los suelos debido a su toxicidad o no degradabilidad, por lo que las plantas sufren daños morfológicos y físicos debido a las concentraciones de arsénico en el suelo, incluso en niveles bajos.

Según Khan et al. (2021) del arsénico en el sistema suelo-planta está significativamente influenciado por las actividades microbianas del suelo; esto tiene un impacto en su biodisponibilidad, solubilidad, movilidad, desorción, absorción y translocación.

10.5 Arsénico en las hortalizas.

De igual manera, la absorción de metaloides en concentraciones muy bajas nos da como resultado numerosos deterioros morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en las plantas. Se pueden observar estos síntomas fitotóxicos en la reducción del crecimiento y la biomasa, en la degradación de la clorofila, en el deterioro de la membrana celular y el desgaste de nutrientes. Se ve afectado por la presencia de arsénico. El arsénico existe en tres formas en el suelo como es: el arsenito (As^{+3}), arsenato (As^{+5}) y As metilado, aunque estas son las tres formas en las cuales el arsénico se encuentra disponible para la planta, la absorción de este metaloide ocurre principalmente en formas trivalentes y pentavalentes (As^{+3} , As^{+5}).

Además de eso la planta puede sufrir de daños fisiológicos y morfológicos, la presencia del arsénico también induce al estrés oxidativo de la planta debido a la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS), incluyendo; oxígeno sínglete ($\frac{1}{2}O_2$), hidroxilo (HO punto radical), radical superóxido (O_2 punto radical \rightarrow) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Estos ROS son citotoxinas y sus principales daños son causados a macromoléculas como son las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos de la membrana. Estos daños pueden provocar la fuga de contenido celular y, en casos extremos, la muerte de la planta. (Parvez et al., 2020)

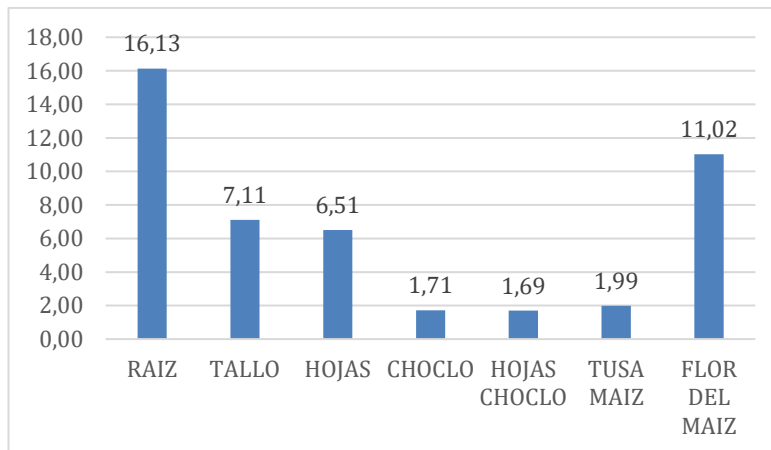
Promedio (cultivos representativos)

Tabla 12 Promedio arsénico maíz (mg/Kg)

RAIZ	16,13
TALLO	7,11
HOJAS	6,51
CHOCLO	1,71
HOJAS CHOCLO	1,69
TUSA MAIZ	1,99
FLOR DEL MAIZ	11,02

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Figura 6 Arsénico en maíz



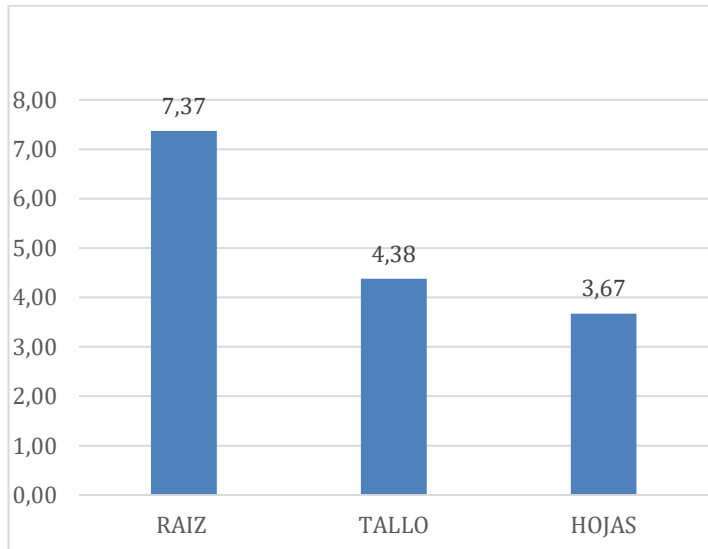
Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Tabla 13 Promedio arsénico Alfalfa(mg/Kg)

RAIZ	7,37
TALLO	4,38
HOJAS	3,67

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Figura 7 Arsénico en alfalfa



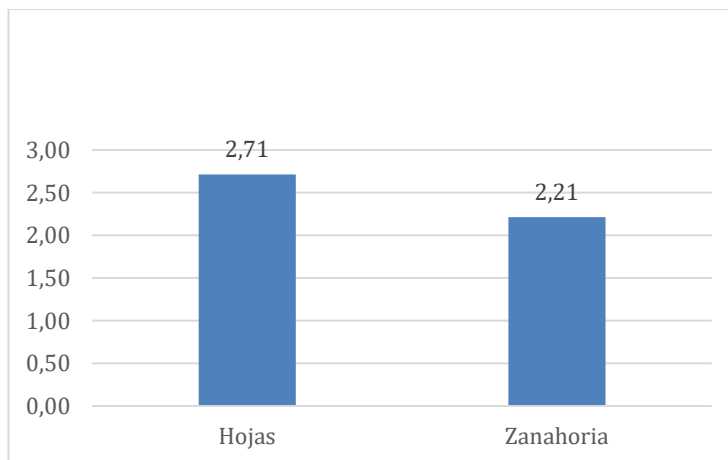
Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Tabla 14 Promedio arsénico Zanahoria(mg/Kg)

Hojas	2,71
Zanahoria	2,21

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Figura 8 arsénico en zanahoria



Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

10.6 Arsénico en la leche y carne.

Se realizó la toma y envío de muestras de carne (cuy) y leche de la parroquia Toacaso el jueves 20 de julio del 2024, al centro de diagnóstico clínico veterinario. Los niveles de arsénico permisibles en el Ecuador en la leche y la carne son de 0,01 ppm, en los resultados obtenidos mediante los análisis en laboratorio nos indican que tanto la leche y la carne no muestran presencia de arsénico; de tal manera, que los productos pecuarios producidos en la parroquia Toacaso no son riesgosos para la salud humana.

Tabla 15 Resultados de análisis de leche y carne, 2024.

ANALISIS	MODULO	RESULTADO (ppm)	LIMITE (ppm)
Arsénico	M1 L		
Arsénico	M3 L		
Arsénico	M5 L		
Arsénico	M6 L		
Arsénico	M7 L		
Arsénico	M1 C		
Arsénico	M2 C	0	0,01
Arsénico	M3 C		
Arsénico	M5 C		
Arsénico	M6 C		
Arsénico	M8 C		

Elaborado por: (Ayala & Monge , 2024)

Los nulos niveles de arsénico resultado de la toma de muestras y los análisis enviados al laboratorio se pueden deber a la (baja o alta) concentración de arsénico en las muestras vegetales.

El arsénico se absorbe y pasa por el hígado, donde se libera lentamente, de esta manera dirigiéndose a otros órganos y tejidos como pueden ser los riñones, los pulmones, los huesos, la pared del tracto digestivo, en la epidermis, los pelos y pezuñas. Pero la presencia de arsénico en huesos y tejidos queratinizados, desapareciendo de los tejidos blandos, se produce luego de una exposición larga, de esta manera acumulándose de forma persistente en las células queratinizadas de manera habitual.

El arsénico puede ser eliminado a través de la saliva, sudor, orina, heces, bilis y en la epidermis a través de la descamación de las células queratinizadas por lo que la eliminación de arsénico en la leche es un peligro para los lactantes y consumidores.

11. CONCLUSIONES

Los sistemas de producción agropecuaria de la Junta de Riego Canal Central Toacaso están basados en la crianza de ganado bovino, ovino y especies menores; destinados para su autoconsumo y comercialización, en el mercado de Toacaso. Los cultivos relevantes del sistema de riego para los 8 módulos son la alfalfa (*Medicago sativa*), el maíz (*Zea Mays*) cultivos que son utilizados en la producción pecuaria y alimentación familiar.

Los niveles de arsénico en el agua de la Junta de Riego Canal Central Toacaso son elevados comparados con la Normativa Ecuatoriana, teniendo un valor 11 veces superior en la bocatoma, siendo este el nivel más elevado en los cuatro puntos muestreados.

Los niveles de arsénico en el suelo son elevados debido al uso constante de agua contaminada con este metal, el cual al ser usado para el riego agrícola entra en contacto y lo contamina.

Las muestras vegetales muestran niveles elevados de arsénico en ellas, esto nos dice que el suelo no es el único afectado por realizar el riego con agua contaminada con este metal pesado. El arsénico es absorbido por las plantas, pero las concentraciones más elevadas de este metal se encuentran en las raíces, disminuyendo la probabilidad de causar daños a la salud.

La presencia de arsénico en la producción pecuaria de la Junta no muestra niveles de arsénico, esto debido a que este metal sale del cuerpo por medio de la orina, además que mencionado anteriormente los niveles de arsénico en la producción agrícola se encuentran acumulada en la raíz evitando así llegar a los animales.

12. RECOMENDACIONES

Se debe realizar una planta de tratamiento, caza piedra, filtro ya que la trazabilidad del arsénico es muy fuerte.

Que el sedimento sea trasladado a un basurero adecuado para el procesamiento adecuado.

13. BIBLIOGRAFIAS

Alvaro. (19 de 09 de 2019). *Arsenico en las aguas de riego*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/182-El-Arsenico-en-las-Aguas-de-Riego.pdf>

Ayala, C., & Monge , D. (2024).

Cruz, Z. (2018). *EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSENICO EN LA SALUD*. Obtenido de Unidad de Investigación Científica : http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?Itemid=157&catid=30%3Aesp-medicina-interna&id=104%3Aefectos-de-la-contaminacion-por-arsenico-en-la-salud-4&option=com_content&view=article

Enfermedades, A. p. (2005). *Reseña Toxicológica del Arsénico*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html

Lasa, J., Mantecón, C., Gómez, M., & Pineda, J. (s.f). Arsénico y vacas de producción láctea. *Veterinarios Servicio Rumiantes Nutega*, 34-40.

Llopart, E. E., Basso, A., Bethular, P., & Pontello, V. (2017). CONTENIDO DE ARSÉNICO EN PLANTAS DE LECHUGA CULTIVADAS EN LA CIUDAD DE FUNES. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 71-79.

Medina, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). INGESTA DE ARSÉNICO: EL IMPACTO EN LA ALIMENTACIÓN Y LA SALUD HUMANA. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 93-102.

Monge, C. A. (2024).

Nguyen, C., Nguyen, B. N., Nguyen, T., Hoang, T., Tong, M., Le, A., . . . Nguyen, D. (2022). Evaluación de la contaminación por arsénico de la leche y productos lácteos. *Revista Cubana de Medicina Militar*, Vol.51(3).

Perez, C. (2003). USO AGUA DE RUEGO.

Sánchez, M. (28 de Octubre de 2021). *Arsénico en alimentos y riesgo para la salud: ¿cómo evitarlo?* Obtenido de Cuidate!:
<https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/nutricion/2021/10/28/arsenico-alimentos-riesgo-salud-evitarlo-179218.html>

TULSMA. (2012). REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL. Obtenido de
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Young, Q. M. (1999). *Congreso de Ingeniería Sanitaria*. Obtenido de
<http://www.ingenieroambiental.com/informes/arsenicoestudio.htm#:~:text=En%20aguas%20superficiales%20con%20alto,puede%20existir%20el%20As%2B5>.

Anastasio, A., Caggiano, R., Macchiato, M., Paolo, C., Ragosta, M., Paino, S., & Cortesi, M. (2006). Heavy Metal Concentrations in Dairy Products from Sheep Milk Collected in Two Regions of Southern Italy. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 47(1), 69. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-47-69>

Ayala Armijos, J., & Romero Bonill, H. (2013). Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *La Granja*, 17(1), 36. <https://doi.org/10.17163/lgr.n17.2013.03>

- Ayala Armijos, J., & Romero Bonilla, H. (2013). Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *La Granja*, 17, 36. <https://doi.org/10.17163/lgr.n17.2013.03>
- Bayona Penagos, L. V. (2020). Efecto y mitigación de la toxicidad por arsénico y cadmio en cultivo de arroz. *Revista Ciencias Agropecuarias (RCA)*, 6(2), 49-70.
- CDCespanol. (2024, marzo 11). *Portal de sustancias tóxicas*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.atsdr.cdc.gov/es/especiales/sustanciastoxicas/index.html>
- Contero, R. (2008). *La calidad de la leche: Un desafío en el Ecuador*.
- Contero, R. (2017). *La calidad de la leche: Un desafío en el Ecuador*.
- Cueva, F. de la, Naranjo, A., Torres, B. P., & Aragón, E. (2021). Presencia De Metales Pesados En Leche Cruda Bovina De Machachi, Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 33(1), 21-30.
- Darshani Kumaragamage & Graeme Spiers. (2022, octubre 30). 1.5: *Química del Suelo*. LibreTexts Español. https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Excavando_en_suelos_canadienses%3A_una_introducci%C3%B3n_a_la_ciencia_del_suelo/01%3A_Excavando/1.05%3A_Qu%C3%ADmica_del_Suelo
- Datos Generales. (2011, agosto 22). *GAD Parroquial de Toacaso*. <https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/datos-generales/>
- FAO & OMS. (2011). *Guía FAO/OMS para la aplicación de principios y procedimientos de análisis de riesgos en situaciones de emergencia relativas a la inocuidad de los alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://iris.who.int/handle/10665/78042>

- FASGO, S. (2017). *Finalmente la FDA admite que la carne de pollo contiene arsénico ¿Ocurrirá lo mismo en Argentina?* FASGO. <https://www.fasgo.org.ar/index.php/informacion-a-la-comunidad/831-finalmente-la-fda-admite-que-la-carne-de-pollo-contiene-arsenico-ocurrira-lo-mismo-en-argentina>
- Feng, Y., Xu, S., Xu, J., Li, X., Jiang, J., Wu, C., & Chen, Y. (2024). Arsenic behavior in soil-plant system under the manure application with the combination of antibiotic and roxarsone. *Science of The Total Environment*, 946, 174274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174274>
- Geilfus, 1997. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2024, de https://www.jica.go.jp/Resource/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/3-01_01.pdf
- IATP, S. (2015). *Finalmente la FDA admite que la carne de pollo contiene arsénico ¿Ocurrirá lo mismo en Argentina?* FASGO. <https://www.fasgo.org.ar/index.php/informacion-a-la-comunidad/831-finalmente-la-fda-admite-que-la-carne-de-pollo-contiene-arsenico-ocurrira-lo-mismo-en-argentina>
- Ima Water. (2016). *Contaminación del Agua por Metales Pesados* . <https://www.plantasdeosmosis.com/actualidad/noticias/140/contaminacion-del-agua-por-metales-pesados-problemas-y-efectos-en-la-salud-humana.html>
- INEN. (2016, 2024). *Listado de situación INEN y PRTE INEN – Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*. <https://www.normalizacion.gob.ec/estado-de-reglamentos-tecnicos-ecuatorianos-2/>

INEN 2014—AGUA POTABLE. REQUISITOS. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2024, de <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%201108%20-%20AGUA%20POTABLE.%20REQUISITOS.pdf>

María Eugenia de Bustos. (2020, junio 24). *Guía para muestreo de suelos*. Abonamos. <https://www.abonamos.com/blog/2020/6/19/gua-para-muestreo-de-suelos>

María Sánchez. (2021). *Arsénico en alimentos y riesgo para la salud: ¿cómo evitarlo?* CúidatePlus. <https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/nutricion/2021/10/28/arsenico-alimentos-riesgo-salud-evitarlo-179218.html>

Mary Young. (2012). *Análisis de Arsénico en Aguas y Remoción*. <http://www.ingenieroambiental.com/informes/arsenicoestudio.htm>

Medina Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 93-102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>

Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 93-102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>

Nguyen, C. V., Nguyen, B. V., Nguyen, T. H., Nguyen, T. T. T., Hoang, T. T., Tong, M. D., Le, A. T., Dinh, H. T. D., Vu, C. D., & Nguyen, D. D. (2022). Evaluación de la contaminación por arsénico de la leche y productos lácteos. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 51(3), Article 3.

- NORMATIVA TECNICA ECUATORIANA*. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2024, de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento_BL%20NTE%20INEN%209%20Leche%20cruda%20Requisitos.pdf
- OMS. (s. f.). *Arsénico*. Recuperado 30 de julio de 2024, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Parvez, S., Abbas, G., Shahid, M., Amjad, M., Hussain, M., Asad, S. A., Imran, M., & Naeem, M. A. (2020). Efecto de la salinidad sobre los atributos fisiológicos, bioquímicos y fotoestabilizadores de dos genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) expuestos a estrés por arsénico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 187, 109814. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109814>
- PDOT_TOACASO_2020*. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2024, de https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/02/PDOT_TOACASO_2020.pdf
- Pennsylvania State University. (2023, 06). *Introducción a los Suelos: La Calidad de los Suelos*. <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>
- TULSMA. (2013). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA*.
- USO AGUA DE RIEGO*. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2024, de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/uru46455.pdf>
- Zulma Cruz de Trujillo. (2017). *EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO EN LA SALUD*. [http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?Itemid=157&catid=30%](http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?Itemid=157&catid=30%20)

3Aesp-medicina-interna&id=104%3Aefectos-de-la-contaminacion-por-arsenico-en-la-salud-4&option=com_content&view=article