



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
“ECAA”

INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN

TEMA:

“ACUMULACIÓN DE PLOMO, CROMO Y CADMIO EN SUELO Y FRUTO DE
UVILLA (*Physalis peruviana*) REGADOS CON AGUA DEL RÍO PICHAVÍ”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN CIENCIAS
AMBIENTALES Y ECODESARROLLO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales

Sublínea: Ambiente y Biodiversidad

AUTORA: SOFÍA CAROLINA MAIGUASCHA RIVERA

ASESOR: Ph.D. RUBÉN DEL TORO

IBARRA, JUNIO 2019



Ibarra, 03 de junio del 2019

Ph.D. Rubén del Toro
ASESOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

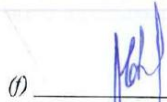


Ph.D. Rubén del Toro
C.C. 1757544471

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinado, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia

Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



Ph.D. Rubén del Toro
(Asesor)
C.C. 1757544471



Ph.D. Cesar Alonso Zuleta (Lector)
C.C. 1001037546



Mgs. Héctor Daniel Fuertes (Lector)
C.C. 1001976693

ACTA CESIÓN DE DERECHOS

Yo Sofía Carolina Manguashca Rivera, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 03 de junio del 2019



(f) _____

Sofía Carolina Manguashca Rivera

C.C. 1002917696



AUTORÍA

Yo, Sofía Carolina Manguashca Rivera, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1002917696, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del (los) autor (es), y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Sofia", is written over a horizontal line.

(f) _____

Sofía Carolina Manguashca Rivera

C.C. 1002917696

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Sofía Carolina Manguashca Rivera, con CC: 1002917696, autor del trabajo de grado intitulado: “ACUMULACIÓN DE PLOMO, CROMO Y CADMIO EN SUELO Y FRUTO DE UVILLA (*Physalis peruviana*) REGADOS CON AGUA DEL RÍO PICHAVÍ”, previo a la obtención del título profesional de “Ingeniera en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo”, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 03 de junio 2019



(f) _____

Sofía Carolina Manguashca Rivera

C.C. 100291769



DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN.

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación “ACUMULACIÓN DE PLOMO, CROMO Y CADMIO EN SUELO Y FRUTO DE UVILLA (*Physalis peruviana*) REGADOS CON AGUA DEL RÍO PICHAVÍ”, lo propuesto en el Código de Ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 15 de enero del 2018.

Para la constancia firma:

(f) _____

Sofía Carolina Manguashca Rivera

Estudiante que ejecuta el Trabajo de Titulación

C.C 1002917696

Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo

Ibarra, 03 de junio del 2019

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres, Esperanza y Gustavo quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, brindándome su apoyo incondicional en cada etapa, principalmente en el proceso de culminación de mis estudios.

A mi hermana Andrea quien me dio una de las alegrías más grandes de la vida, mi Camila, quien con sus locuras y cariño hacia mí me han hecho la tía más feliz del mundo.

A mi hermano Armando quien con su forma de ser tan radical me guio de una manera diferente y logro hacerme entender que siempre querrá lo mejor para mí y a su vez darles las gracias infinitas ya que fue la única persona que confió en mi hasta el final.

A todas aquellas personas; familiares y amigos que estuvieron presentes en los buenos y malos momentos, mostrándome cada día su apoyo absoluto, ayudándome a crecer como persona cada día.

A ti mi mejor amiga Karina Moreno, gracias por tantos consejos y ánimos para culminar esta etapa, tantas risas, lágrimas y sobre todo buenos momentos que siempre me sacaran sonrisas.

A mis maestros de mi querida Universidad quienes me ayudaron a formarme ética y profesionalmente y que depositaron su esperanza en mí.

Sofía Carolina Maiguashca Rivera

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por quererme mucho y darme las fuerzas para salir adelante y culminar esta etapa de mi vida, a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra y sus maestros por brindarme sus conocimientos y ser un ejemplo a seguir.

A la Universidad Técnica del Norte, por facilitarme los equipos que me permitieron realizarlos análisis de mi estudio, a mi asesor, Dr. Rubén del Toro, por su apoyo y aporte técnico, disponibilidad y paciencia durante este trabajo de investigación.

A mi lector PhD. César Alonso Zuleta el cual a pesar del poco tiempo de conocerme me extendió su mano desde el primer día para poder llegar donde estoy y con su paciencia logró que pueda culminar esta etapa de mi vida.

A ti mi mejor amigo Marcos Pineda que me ayudaste de una forma grandiosa para poder culminar esta etapa de mi vida, gracias por siempre estar ahí.

¡Muchas Gracias a Todos!

Sofía Carolina Maiguashca Rivera

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	III
ACTA CESIÓN DE DERECHOS	IV
AUTORÍA	V
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	VI
DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN.	VII
DEDICATORIA.....	VIII
AGRADECIMIENTO.....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT.....	3
3. INTRODUCCIÓN	5
3.1 OBJETIVOS	10
3.2 OBJETIVO GENERAL.....	10
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. ESTADO DEL ARTE.....	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 MÉTODOS	26
5.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN FRUTO DE UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>)	38
5.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS	39
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1 SUELO.....	40

6.2 AGUA	50
6.3 FRUTO DE UVILLA	57
7. CONCLUSIONES	67
8. RECOMENDACIONES.....	69
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
10. ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Geográficas de los puntos extremos del Cantón Cotacachi	12
Tabla 2. Coordenadas Geográficas de los puntos de control dentro de río Pichaví en el Cantón Cotacachi	14
Tabla 3. Precipitación (mm) para el año 2018 estación Hda. Esthercita	16
Tabla 4. Estándares de evaluación por metales pesados para hortalizas (ppb)	21
Tabla 5. Rangos contenido medio de plomo en vegetales de consumo	22
Tabla 6. Rango contenido medio de cromo en plantas de consumo directo	23
Tabla 7. Ubicación del río Pichaví	25
Tabla 8. Ubicación de los sectores de toma de muestra para agua	25
Tabla 9. Ubicación de los sectores de toma de muestra para suelo y fruto	27
Tabla 10. Textura y humedad del suelo en tres sectores de la microcuenca del río Pichaví ...	40
Tabla 11. Prueba de chi cuadrado para textura y humedad del suelo en tres sectores de la microcuenca del río Pichaví	41
Tabla 12. Conductividad eléctrica para el suelo	42
Tabla 13. Prueba de chi cuadrado para conductividad eléctrica para suelo	42
Tabla 14. Nitrógeno total (mg/kg) para suelo	43
Tabla 15. Tabla para Nitrógeno total en suelo (%)	44
Tabla 16. Prueba de Chi Cuadrado para Nitrógeno total en suelo	44
Tabla 17. Fósforo total (mg/kg) para suelo	45
Tabla 18. Tabla para Fósforo total en suelo (%)	46
Tabla 19. Prueba de chi cuadrado para Fósforo total en suelo	46
Tabla 20. Plomo total (mg/kg) para suelo	47
Tabla 21. Plomo total (mg/kg) para suelo, datos de verificación	48
Tabla 22. Cadmio total (mg/kg) para suelo	48
Tabla 23. Cadmio total (mg/kg) para suelo, datos de verificación	49
Tabla 24. Cromo total (mg/kg) para suelo	49
Tabla 25. Prueba de chi cuadrado de Cromo para suelo	50
Tabla 26. Conductividad eléctrica para el agua de riego	50
Tabla 27. Conductividad eléctrica de los puntos de control para agua de riego	51
Tabla 28. Prueba de chi cuadrado para conductividad eléctrica	51
Tabla 29. Nitrógeno total (mg/l) para agua de riego	52
Tabla 30. Tabla para Nitrógeno total en agua de riego (%)	52

Tabla 31. Prueba de chi cuadrado para Nitrógeno total en agua de riego.....	53
Tabla 32. Plomo total (mg/l) para agua de riego.....	53
Tabla 33. Plomo total (mg/l) para agua de riego, datos de verificación	54
Tabla 34. Cadmio total (mg/l) para agua de riego.....	54
Tabla 35. Cadmio total (mg/l) para agua de riego, datos de verificación	55
Tabla 36. Cromo (mg/l) para agua de riego	55
Tabla 37. Tabla para Cromo en agua de riego (%)	56
Tabla 38. Prueba de chi cuadrado de Cromo para agua de riego	56
Tabla 39. Plomo total (mg/kg) en el fruto de uvilla	57
Tabla 40. Cadmio total (mg/kg) en el fruto de uvilla.....	58
Tabla 41. Tabla para Cadmio para fruto de uvilla (%).....	58
Tabla 42. Prueba de chi cuadrado para Cadmio total en el fruto de uvilla	59
Tabla 43. Cromo total (mg/kg) en el fruto de uvilla	59
Tabla 44. Tabla para Cromo en fruto de uvilla (%)	60
Tabla 45. Prueba de chi cuadrado de Cromo para fruto de uvilla.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del Cantón Cotacachi	13
Figura 2. Mapa Hidrográfico del Cantón Cotacachi	15
Figura 3. Actividades Económicas del Cantón Cotacachi	17
Figura 4. Puntos de muestreo del río Pichaví.....	18
Figura 5. Puntos de muestreo de suelo y fruto de uvilla	28
Figura 6. Metodología de muestreo en terreno	29
Figura 7. Diagrama de barras de conductividad eléctrica en suelo	43
Figura 8. Diagrama de barras para Nitrógeno en suelo.....	45
Figura 9. Diagrama de barras para Fósforo en suelo.....	47
Figura 10. Diagrama de barras para Cromo en agua.....	57
Figura 11. Diagrama de barras para Cromo en fruto de uvilla.....	61
Figura 12. Tabulación del aspecto organizacional del evento de socialización.....	62
Figura 13. Tabulación del aspecto organizacional del evento de socialización.....	62
Figura 14. Tabulación del aspecto ejecución del evento por parte del expositor.....	63
Figura 15. Tabulación del aspecto ejecución del evento por parte del expositor.....	63
Figura 16. Tabulación del aspecto ejecución del evento por parte del expositor.....	64
Figura 17. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.	64
Figura 18. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.	65
Figura 19. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.	65
Figura 20. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola.....	75
Anexo 2. Parámetros de los Niveles de la Calidad de Agua para Riego.....	76
Anexo 3. Criterios de calidad de suelo.....	77
Anexo 4. Resultados de análisis físicos del agua realizados en el laboratorio de la PUCESI .	78
Anexo 5. Resultados de análisis químicos y determinación de metales pesados del agua realizados en el laboratorio de la UTN	78
Anexo 6. Resultados del análisis físico del suelo realizados en el laboratorio de la PUCESI.	79
Anexo 7. Resultados de análisis químicos y determinación de metales pesados del suelo realizados en el laboratorio de la UTN	79
Anexo 8. Resultados de la verificación de Plomo y Cadmio en agua realizados en el laboratorio de la UTN	80
Anexo 9. Resultados de la verificación de Plomo y Cadmio en suelo realizados en el laboratorio de la UTN	80
Anexo 10. Resultados de absorción en el fruto de uvilla realizados en el laboratorio de la UTN	81
Anexo 11. Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios para Cadmio - Legislación Brasileña de Metales Pesados - Revisión Febrero 2019.....	82
Anexo 12. Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios para Cromo - Legislación Brasileña de Metales Pesados - Revisión Febrero 2019	82
Anexo 13. Límites permisibles para Plomo – Codex Alimentario (Normas Internacionales de los Alimentos).....	83
Anexo 14. Encuesta de proceso de socialización de investigación.....	84
Anexo 15. Registro fotográfico en el campo y laboratorio	85
Anexo 16. Certificación de los análisis realizados en el laboratorio UTN	85
Anexo 17. Resultados de los análisis de agua, suelo y fruto en los laboratorios de la UTN ...	85
Anexo 18. Resultados de los Análisis de verificación para muestra de suelo	85
Anexo 19. Resultados de los Análisis de verificación para muestra de agua	85

1. RESUMEN

Los niveles de plomo, cromo y cadmio en el agua y suelo pueden movilizarse hacia las plantas y por sus características no biodegradables y toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos pueden resultar peligrosos para la salud. La presente investigación evaluó la acumulación de estos metales traza en el suelo y fruto de uvilla (*Physalis peruviana*) regadas con agua del Río Pichaví durante los meses de noviembre, diciembre 2016 y enero 2017. Se validó los resultados de los análisis de suelo y agua referente a los metales pesados plomo y cadmio comprendido entre los meses de abril a julio de 2018.

Se tomaron muestras de aguas, suelo y fruto en tres puntos de muestreo diferentes: zona alta (Domingo Sabio), zona media (La Portada) y zona baja (Pilchibuela), al realizar el análisis por espectrofotometría de absorción atómica se determinó que el nivel de plomo en agua no es detectable, mientras que para el cadmio, el nivel más alto encontrado está en el orden de 0.034 mg/l el cual se sigue manteniendo dentro de la norma, en cuanto al cromo observamos que sobrepasa los límites máximo permisibles con un valor de 11.8 mg/l. superando los datos del Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Parámetros de los Niveles de la Calidad de Agua para Riego.

El análisis de suelo presentó las mayores concentraciones de cromo con 19.17 mg/kg en la zona baja del Río Pichaví en el mes de enero, para cadmio fue de 0.068 mg/kg en la zona alta del río Pichaví en el mes de enero y no se observó plomo, se pudo determinar que en cuanto al suelo no sobrepasa los límites máximos para suelo según el Registro Oficial -Edición Especial N° 387 de 04 de Noviembre de 2015, anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados.

Además, esta investigación estableció que el fruto de uvilla (*Physalis peruviana*) presenta cromo en el mes de enero en la zona media del río Pichaví con el valor más alto de 7.3 mg/kg, cadmio presentó su mayor concentración con 0.030 mg/kg en el mes de noviembre en la zona baja del río Pichaví, basandose en la Legislación Internacional de Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios de la Unión Europea- Revisión 2019 y no se encontró plomo en el

fruto. Como uno de los cultivos de mayor importancia para la exportación en la zona, la concentración de metales puede afectar su comercialización.

Palabras claves: Uvilla, metales pesados, espectrofotometría, Río Pichaví

2. ABSTRACT

The levels of lead, chromium and cadmium in water and soil can be mobilized towards plants and because of their non-biodegradable characteristics and toxicity can be dangerous for health. The present investigation evaluated the accumulation of these trace metals in the soil and fruit of uvilla (*Physalis peruviana*) irrigated with water from the Pichaví River during the months of November, December 2016 and January 2017. The results of the soil and water analyzes were validated referring to lead and cadmium heavy metals between the months of April to July 2018.

Samples of water, soil and fruit were taken at three different sampling points: upper zone (Domingo Sabio), middle zone (La Portada) and lower zone (Pilchibuela). Performing the analysis by atomic absorption spectrophotometry, it was determined that the level of lead in water is not detectable, while for cadmium, the highest level found is in the order of 0.034 mg/l which is still maintained within the norm. For the chromium, we observed that it exceeds the maximum permissible limits with a value of 11.8 mg / l. overcoming data from the Official Registry - Special Edition No. 387 of November 4, 2015, Annex 1 of Book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment: Environmental Quality Standard and Discharge of Effluents to the Water Resource; Parameters of the Water Quality Levels for Irrigation.

The soil analysis showed the highest concentrations of chromium with 19.17 mg/kg in the low area of the Pichaví River in the month of January, for cadmium it was 0.068 mg/kg in the upper area of the Pichaví River in the month of January and lead was observed, it could be determined that as far as the soil does not exceed the maximum limits for soil according to the Official Registry Special Edition No. 387 of November 04, 2015, Annex 2 of Book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment : Standard of Environmental Quality of the Soil Resource and Remediation Criteria for Contaminated Soils.

In addition, this research established that the fruit of uvilla (*Physalis peruviana*) presents chromium in the month of January in the middle area of the river Pichaví with the highest value of 7.3 mg/kg, cadmium presented its highest concentration with 0.030 mg/kg in the month of November in the lower area of the Rio Pichaví, based on the International Legislation of Maximum Content in Heavy Metals in Food Products of the European Union- Revision 2019

and no lead was found in the fruit. As one of the most important crops for export in the area, the concentration of metals can affect its commercialization.

Keywords: Uvilla, heavy metals, spectrophotometry, Río Pichaví

3. INTRODUCCIÓN

El 3% del total del agua del mundo es dulce, siendo un recurso escaso y amenazado; de éste, el 99% se encuentra de forma subterránea o en forma de glaciares (United Nations, 2006) y el restante es utilizado para procesos sociales vitales que de acuerdo a recientes evaluaciones de especialistas y organizaciones internacionales proyectan que para el año 2025 más de las dos terceras partes de la humanidad sufrirá algún tipo de conflicto por la escasez del mismo (Gil y Rico, 2007).

Es por eso que la investigación titulada “ACUMULACIÓN DE PLOMO, CROMO Y CADMIO EN SUELO Y FRUTO DE UVILLA (*Physalis peruviana*) REGADOS CON AGUA DEL RÍO PICHAVÍ” está basada en el estudio de los niveles de contaminación del agua que proviene del Río Pichaví ubicado en el Cantón Cotacachi provincia de Imbabura y su afectación en la acumulación de plomo, cadmio y cromo tanto en suelo como en el fruto de la uvilla en tres zonas identificadas antes, durante y luego de los principales puntos de contaminación.

El Cantón Cotacachi ha evidenciado vulnerabilidad en sus actividades cotidianas, sobre todo en las relacionadas a la agricultura; pues la falta de agua de riego y la contaminación de sus principales cauces de agua. Dentro de estos cauces contaminados se encuentra el Río Pichaví que desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Ambi tiene algunas fuentes como los desechos sólidos, aguas residuales y afluentes industriales que son descargados a las en forma directa sin ningún tratamiento. Por esta razón, se ha visto necesario monitorear la calidad de agua de este afluente y su impacto en las tierras regadas con estas aguas y en ese caso la presencia de los metales pesados en un producto que tiene un gran potencial para las exportaciones.

La investigación fue realizada con una fase experimental en un período de cuatro meses, en los que se identificaron los lugares de muestreo, el seguimiento al cultivo y las dificultades que presentan los productores de uvilla para la venta de su producto.

Se seleccionaron tres lugares representativos donde se encontraba sembrado uvilla, en los cuales se tomaron muestras de agua, suelo y frutos de uvilla que luego fueron trasladados al laboratorio para su análisis físico químico, en cada ubicación.

Para conocer los niveles de concentración de plomo, cadmio, cromo con relación a los lugares de muestreo se realizaron pruebas estadísticas, dirigidas a confirmar las hipótesis establecidas

en el estudio. Por último, se socializaron los resultados de la investigación en la microempresa Sumak Mikuy con la presencia de pobladores, productores de uvilla y personal de la empresa.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Rhoades (2006) y Almeida (2014), la microcuenca del Río Pichaví forma parte de la cuenca hidrográfica del Río Ambi con una ubicación en la parte sur andina del Cantón Cotacachi cuya extensión es de 3730 ha, en su trayecto abastece de agua de consumo humano y riego a varias comunidades andinas como Morochos, Calera, Morales Chupa, Chilca Pamba, San Pedro, Piava Chupa entre otras pertenecientes a la Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas (UNORCAC) del Cantón Cotacachi.

El Río Pichaví ha sufrido un gran deterioro a consecuencia de la intervención irreflexiva del ser humano; en su curso se asienta la ciudad de Cotacachi que genera una presión sobre los recursos agua y suelo; a lo largo del cauce se encuentran factores contaminantes como el vertido de aguas residuales, y el depósito de desechos sólidos, presencia de partículas suspendidas provenientes de las malas prácticas agrícolas y esencialmente de la industria tenera (Almeida, 2014)

Según Cabrera (2002) y Almeida (2014) la elaboración de artículos de cuero en la zona andina del Cantón Cotacachi es una de las principales actividades comerciales que dinamiza la economía de su población, este proceso se desarrolla en la zona baja de la micro cuenca del Río Pichaví cuyos desechos son eliminados directamente en el mismo. En la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial realizado en el año 2015 por parte del GAD Municipal de Cotacachi, se ratificó el deterioro del Río Pichaví, pues el 90% de los habitantes de la cabecera cantonal descargan las aguas residuales domésticas al Río, y que solo el 10% de las comunidades indígenas cuentan con recolección de basura lo que ocasiona que algunos sectores vean la necesidad de crear botaderos clandestinos que no solo contaminan el agua, sino que también altera el ecosistema entero y ponen en riesgo la salud de los habitantes; además en la parte alta de esta micro cuenca las comunidades indígenas no cuentan con servicios básicos, por lo que, eliminan tanto sus desechos sólidos como líquidos en las quebradillas del sector lo que implica una generación extremadamente alta de contaminación.

En el mismo estudio de Almeida (2014) sobre el agua del Río Pichaví, se encontró que existe una concentración de plomo (Pb) de 0.05 ppm (mg l^{-1}), con un nivel superior a lo permitido por

la legislación ecuatoriana, la misma que es utilizada para el riego en diferentes zonas por las que atraviesa el Río (Registro oficial de Ecuador, 2015)

La presencia de concentraciones nocivas de metales pesados en el agua y el suelo pueden ser de origen geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la roca madre, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones. Por el contrario, los antropogénicos se derivan de los residuos peligrosos procedentes de actividades agrícolas, residuos sólidos industrias y minería. Los contaminantes antropogénicos se los considera como los verdaderos contaminantes (Galán y Romero, 2008) (Giuffré, et al., 2005).

La movilidad de estos elementos y su biodisponibilidad desde el suelo a las plantas y otros organismos son investigados en la actualidad, donde la caracterización, evaluación y remediación del suelo y agua contaminados sigue siendo uno de los principales retos ambientales por abordar en los próximos años (Lora y Bonilla, 2010)

Las plantas han desarrollado mecanismos altamente específicos para absorber, traslocar y acumular sustancias; sin embargo, algunos metales y metaloides no esenciales para los vegetales siguen estos procesos y son acumulados en las plantas debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos requeridos por la misma. La fitotoxicidad de los metales se manifiesta particularmente en suelos ácidos y afecta el crecimiento, formación de raíces laterales y secundarias (Molina, Ibañez, y Gibon, 2012). Así por ejemplo para la entrada de cadmio a la planta este debe ligarse con una proteína llamada fitoquelatina, específica para el transporte en el interior de la raíz, donde este metal se acumula preferentemente en la raíz, y en orden decreciente en tallos, hojas, frutos y semillas (Rodríguez et al., 2014)

La contaminación producto de la translocación de los metales pesados desde el agua de los Ríos contaminados hacia los cultivos generan una cadena de contaminación, la misma que no ha sido medida en los habitantes de las poblaciones que consumen estos alimentos (Acosta y Montilla, 2011), que pueden acumularse en órganos vitales del cuerpo humano, produciendo efectos tóxicos progresivos, así el cadmio, cromo y plomo son unos de los metales pesados que pueden convertirse en contaminantes si su distribución en el ambiente es alterada debido a actividades humanas, donde entran a la cadena alimentaria a través de los cultivos que absorben el agua de riego contaminado;(Lora y Bonilla, 2010) (Londoño et al., 2016) y (Reilly, 2002)

El cadmio se considera como un cancerígeno y un metal sumamente tóxico principalmente en madres que se encuentran expuestas, donde producen malformaciones en los niños, presencia de proteína en la orina, en casos graves daños renales, irritación gastrointestinal, náuseas, vómitos y dolor (Pérez, 2011) y (Londoño et al., 2016)

El plomo al momento de ser ingerido provoca dolores de cabeza, abdominales, musculares, fatiga, trastornos del sueño, de conducta, impotencia entre otros y cuando la exposición es prolongada puede presentar enfermedades renales, anemia, delirio, hipertensión, neuritis, cáncer y la muerte (Pérez, 2011) (Londoño et al., 2016).

El cromo causa sensibilidad de la piel, dermatitis, irritación en las mucosas, bronquitis, dolores de cabeza, hemorragias entre otros (Londoño et al., 2016)

Con toda la información bibliográfica, los datos que se obtuvieron sobre la contaminación del Río Pichaví, los daños de los metales pesados en la salud del ser humano, se deja un indicio claro del potencial riesgo que puede tener el uso de estas aguas en el riego en los diferentes cultivos, en especial del cultivo de uvilla (*Physalis peruviana*) que representa una alternativa en la economía de la zona andina del Cantón, por lo que se establece la siguiente pregunta de investigación ¿El agua de riego que se obtiene del Río Pichaví, presenta niveles de contaminación que afectan el suelo y los frutos de uvilla?

El aumento de la población y por ende del consumo de alimentos a nivel mundial, el surgimiento de consumidores cada vez más preocupados por el origen y composición de los alimentos, han provocado en los últimos años que se incrementen las exigencias fitosanitarias y de inocuidad para la producción agrícola.(UNESCO-WWAP, 2003). Frente a este desafío surge la necesidad de ofertar productos de calidad y costos competitivos, quedando muchos sectores relegados debido a su poca capacidad para responder a estas nuevas exigencias (Izquierdo y Rodríguez, 2006)

Las condiciones económicas y ambientales de algunos países de Latinoamérica generan inadecuadas prácticas de producción provocando que se agraven las condiciones de seguridad alimentaria, las fuertes barreras que encuentran los pequeños productores y sumado la alteración de los recursos hídricos y ambientales donde se encuentran, especialmente a la contaminación del agua de riego, está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y la salud pública (FAO, 1996)

De acuerdo a la planificación presentada por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) en el año 2012 establece como política de estado la transformación de la matriz productiva lo que implica el paso de un patrón de especialización primario exportador y extractivista a uno que privilegie la producción diversificada, ecoeficiente y con mayor valor agregado, basada en la economía del conocimiento y la biodiversidad, por lo cual, PROECUADOR desde el año 2012 hasta el año 2016 realiza la investigación de mercados en los cuales se estableció que la uvilla deshidratada presenta una gran oportunidad de mercado en Alemania y Suecia por lo que es necesario mejorar la calidad del fruto con el fin de que la misma ingrese sin dificultad a los países europeos.(ProEcuador, 2016)

Así como una alternativa para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona andina del Cantón Cotacachi la UNORCAC desde el año 2007 propuso el establecimiento de una microempresa llamada Sumak Mikuy (“comida excelente”), que procesa y comercializa los productos relacionados con los cultivos alimenticios endémicos, este proyecto ha otorgado prioridad al cultivo de uvilla (*Physalis peruviana*), especialmente en las comunidades que cuentan con una fuente de agua de riego que permite mejorar la calidad y cantidad de producción durante todo el año y que se encuentran ubicadas a lo largo del trayecto del Río Pichaví (Equator Initiative, 2008)

Sin embargo en un estudio realizado por (Almeida, 2014) revelo que los Índices de Contaminación, Andean Biotic Index, y el Índice de Evaluación Visual del Hábitat en el Río Pichaví, se ven afectadas por residuos sólidos, aguas residuales y el vertido de desechos de las curtiembres, desde el nacimiento del Río hasta su desembocadura en el Río Ambi, causando deterioro en los suelos regados por los mismos.

La contaminación generada por la industria, los componentes tecnológicos, la actividad minera y las malas prácticas agrícolas con el uso indiscriminado de fertilizantes químicos que se incorporan al suelo con metales pesados son llevados a ríos, a vegetales y animales alterando fuertemente la cadena trófica, provocando riesgos potenciales en la naturaleza y en la sociedad, pues originan serios problemas a la salud humana (Waisberg et al., 2003). Así en un estudio realizado por (Martí, Cavagnaro, y Burba, 2002), sobre la presencia de metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y químicos en la ciudad de Mendoza Argentina, por medio de espectrofotometría de absorción atómica y de llama aire-acetileno se encontró que el plomo se encuentra en un máximo de 21,5 ppm en un fertilizante completo, mínimo a ninguno en productos de fertirriego y úrea; de cadmio el máximo fue de 30,30 ppm en un superfosfato

triple y mínimo de 0,25 en un producto de fertirriego y en algunos casos de fertilizantes fosfatados de alto grado, se observan altísimos contenidos de cadmio. En un estudio realizado por (Mahecha, Trujillo, y Torres, 2015) confirma que, según algunos parámetros físico-químicos de algunos fertilizantes, hace que estos metales pesados estén movilizándose en la matriz suelo-planta.

Estudios recientes reportan que la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa; proviene, entre otros causales, del uso para riego de aguas afectadas (Singh et al., 2014).

Tomando en cuenta lo citado anteriormente, esta investigación se enfocó en evaluar la acumulación de metales pesados en suelo, agua y el fruto de uvilla en diferentes pisos altitudinales, y de esta forma conocer los niveles de toxicidad que puedan afectar la calidad de la misma y cumpla con los estándares establecidos en el mercado internacional.

3.1 OBJETIVOS

3.2 OBJETIVO GENERAL

Determinar la acumulación de plomo, cromo y cadmio en suelo y fruto de uvilla (*Physalis peruviana*) regadas con agua del Río Pichaví.

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la existencia de metales pesados plomo, cromo y cadmio mediante análisis por absorción atómica en suelo y el fruto de uvilla (*Physalis peruviana*) regadas con agua del Río Pichaví.
2. Caracterizar el agua de riego proveniente del Río Pichaví en cada una de los pisos altitudinales.
3. Correlacionar la presencia de metales pesados en suelo y fruto de uvilla para cada piso altitudinal.
4. Socializar los resultados presentados en la investigación mediante un día de campo con productores de uvilla del Cantón Cotacachi.

HIPÓTESIS

Ho: La concentración de plomo, cromo y cadmio en el suelo y fruto de uvilla (*Physalis peruviana*) regados con agua del Río Pichaví no exceden los límites permisibles según la normativa nacional vigente en diferentes pisos altitudinales.

Ha: La concentración de plomo, cromo y cadmio en el suelo y fruto de uvilla (*Physalis peruviana*) regados con agua del Río Pichaví exceden los límites permisibles según la normativa nacional vigente en diferentes pisos altitudinales.

VARIABLES DE CONTROL

- Metales pesados
 - Plomo
 - Cadmio
 - Cromo
- Pisos Altitudinales
 - Zona alta
 - Zona media
 - Zona baja
- Suelo
- Fruto de uvilla

4. ESTADO DEL ARTE

Cotacachi

Ubicación

El Cantón Cotacachi pertenece a la Provincia de Imbabura, con una extensión de 1969 km², limita al sur con el Cantón Otavalo y la provincia de Pichincha, al Norte con el Cantón Urcuquí y la provincia de Esmeraldas, al este con el Cantón Antonio Ante y al Oeste con la provincia de Esmeraldas y Pichincha. Su topografía es variada y va desde los 200 m.s.n.m. hasta los 4939 m.s.n.m lo que permite por estas características diferenciar claramente dos zonas; andina y subtropical (Báez, García, Guerrero, y Larrea, 1999)

Tabla 1.

Coordenadas geográficas de los puntos extremos del Cantón Cotacachi

<i>Punto</i>	<i>Longitud</i> <i>(UTM)</i>	<i>Latitud</i> <i>(UTM)</i>
Norte	786448.37	10064790.94
Sur	762919.62	10022866.20
Este	809866.09	10040802.89
Oeste	720681.73	10030094

Fuente: (Gobierno autónomo descentralizado del cantón Cotacachi, 2011)

El Río Pichaví se encuentran dentro de la cuenca hidrográfica del Río Ambi, con su nacimiento en el lado nororiental de la laguna de Cuicocha, donde se recogen algunas vertientes que lo alimentan a lo largo del cauce principal dando una forma alargada, el caudal del mismo presenta variaciones moderadas durante todo el año siendo aproximadamente de 45 l s^{-1} (Almeida, 2014).

La ciudad de Cotacachi capital del Cantón y varias comunidades indígenas se encuentran asentados alrededor de la microcuenca provocando un deterioro progresivo fruto de la intervención del humano, ejerciendo presión en los recursos naturales del área (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cotacachi, 2011).

Para Almeida,(2014) los factores que contaminan el cauce principal son:

- Mala disposición de los desechos sólidos,
- Vertidos de aguas residuales,
- Malas prácticas agrícolas,
- Presencia de curtiembres.

Tabla 2.
Coordenadas geográficas de los puntos de control dentro del Río Pichaví en el Cantón Cotacachi

<i>Lugares</i>	<i>Longitud (UTM)</i>	<i>Latitud (UTM)</i>
Zona alta	800907	10030325
COMUNIDAD DE DOMINGO SABIO		
Zona media	801727	10030722
PARROQUIA DE QUIROGA (Sector la Portada)		
Zona baja CIUDAD DE COTACACHI	805630	10033696
Barrio Pilchibuela		

Fuente: Autor.

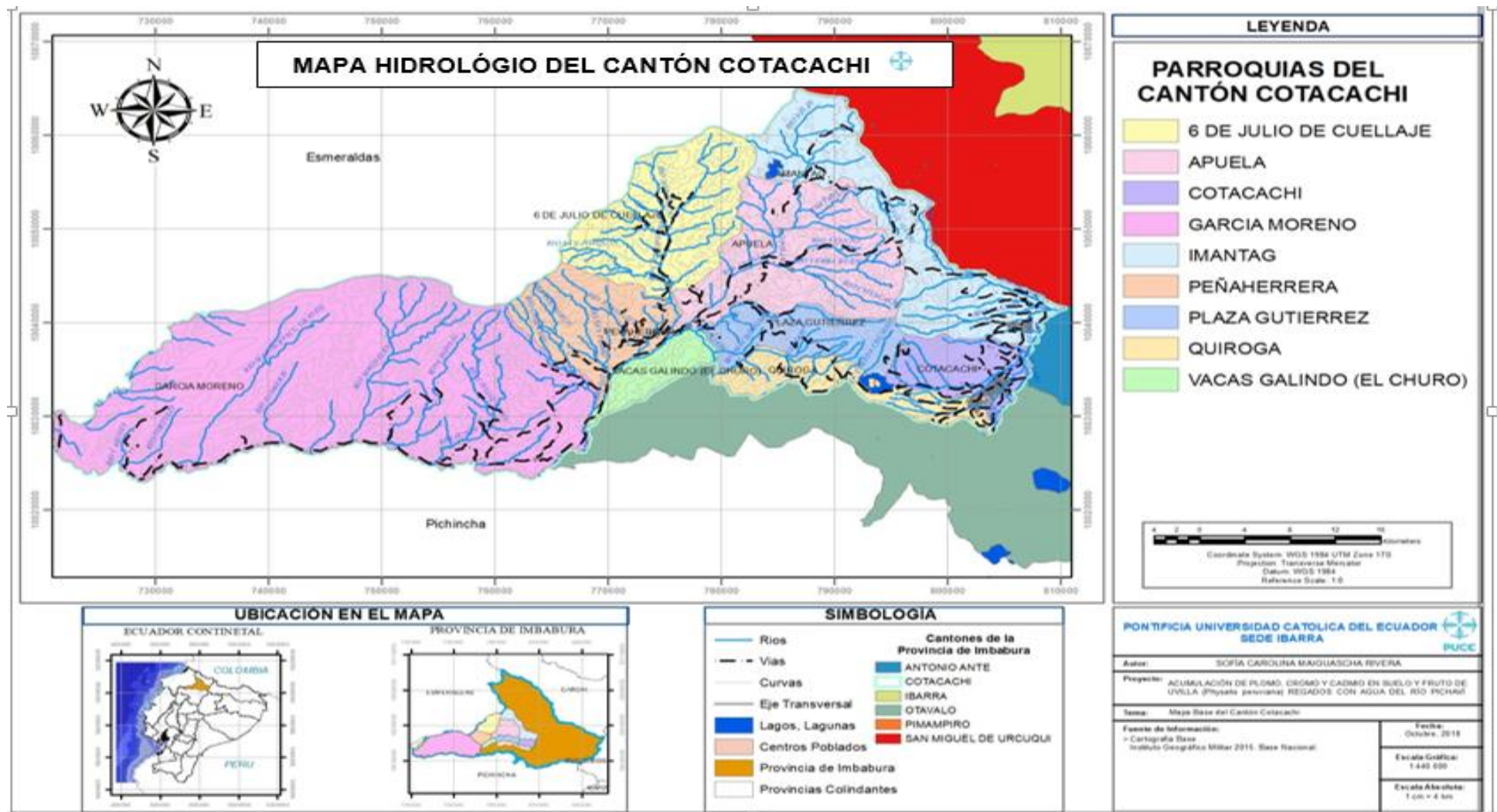


Figura 2. Mapa Hidrográfico del Cantón Cotacachi
Fuente: Autor

Población

De acuerdo a los datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda, 2010 la población del Cantón es de 40.036 habitantes con una densidad poblacional aproximada de 22 habitantes km², el 56% de la población se considera mestiza, seguida con un 37% indígena que en su totalidad se ubica en la zona andina. La ciudad de Cotacachi cuenta con una población de 8 217 habitantes y la población de la parroquia de Quiroga es de 6 454 habitantes, siendo las principales poblaciones que afectan la microcuenca del Río Pichaví.

Clima

En el Cantón Cotacachi se puede encontrar una variedad de climas por contar con varios pisos climáticos que determinan las temperaturas y precipitaciones. La zona de estudio ubicada en la zona Andina se observa un único patrón, con temperaturas entre 15° y 20° C y una precipitación en la parroquia de Quiroga de 1 100 mm al año que se subdivide en tres tiempos cronológicos febrero-mayo (etapa húmeda), junio-septiembre (etapa seca) y octubre-enero (etapa estival) (INAMHI, 2015), a continuación una tabla de precipitación de la estación Hda. Esthercita.

Tabla 3.
Precipitación (mm) para el año 2018 estación Hda. Esthercita

Títulos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Media	98,0	110,2	171,7	182,5	141,8	61,6	39,9	34,3	72,0	124,2	141,9	112,3
Mínima	5,2	11,7	2,4	51,6	13,7	3,8	2,1	0,4	7,1	6,9	2,9	2,0
Máxima	322,4	342,9	435,4	372,6	576,1	216,0	144,7	138,7	277,7	287,4	329,4	533,7

Fuente : (INAMHI, 2015)

Elaborado por: Autor

Actividad Económica

De acuerdo al censo de población y vivienda del año 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) las actividades económicas en el Cantón Cotacachi se presentan en la figura



Figura 3. Actividades Económicas del Cantón Cotacachi
Fuente: (INEC, 2010)

Río Pichaví

La microcuenca del Río Pichaví es un afluente del río Ambi cuya naciente está en el franco oriental de la laguna de Cuicocha, con un recorrido de aproximadamente 7 km con un caudal constante, desde el punto de vista hidrológico se considera a este como un Río de caudal constante con un promedio de 45 l s^{-1} tanto en época seca como en época de lluvia. (Almeida, 2014)

Del análisis realizado en la actualización de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cotacachi (PDOT) ejecutado por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Santa Ana de Cotacachi (2015), se determinaron 365 puntos de descarga de aguas residuales hacia el Río Pichaví, desde su nacimiento hasta la desembocadura en el Río Ambi, siendo 25 los más importantes causando grandes niveles de contaminación en todo su trayecto.

PUNTOS DE MUESTREO RÍO PICHAVÍ CANTÓN COTACACHI

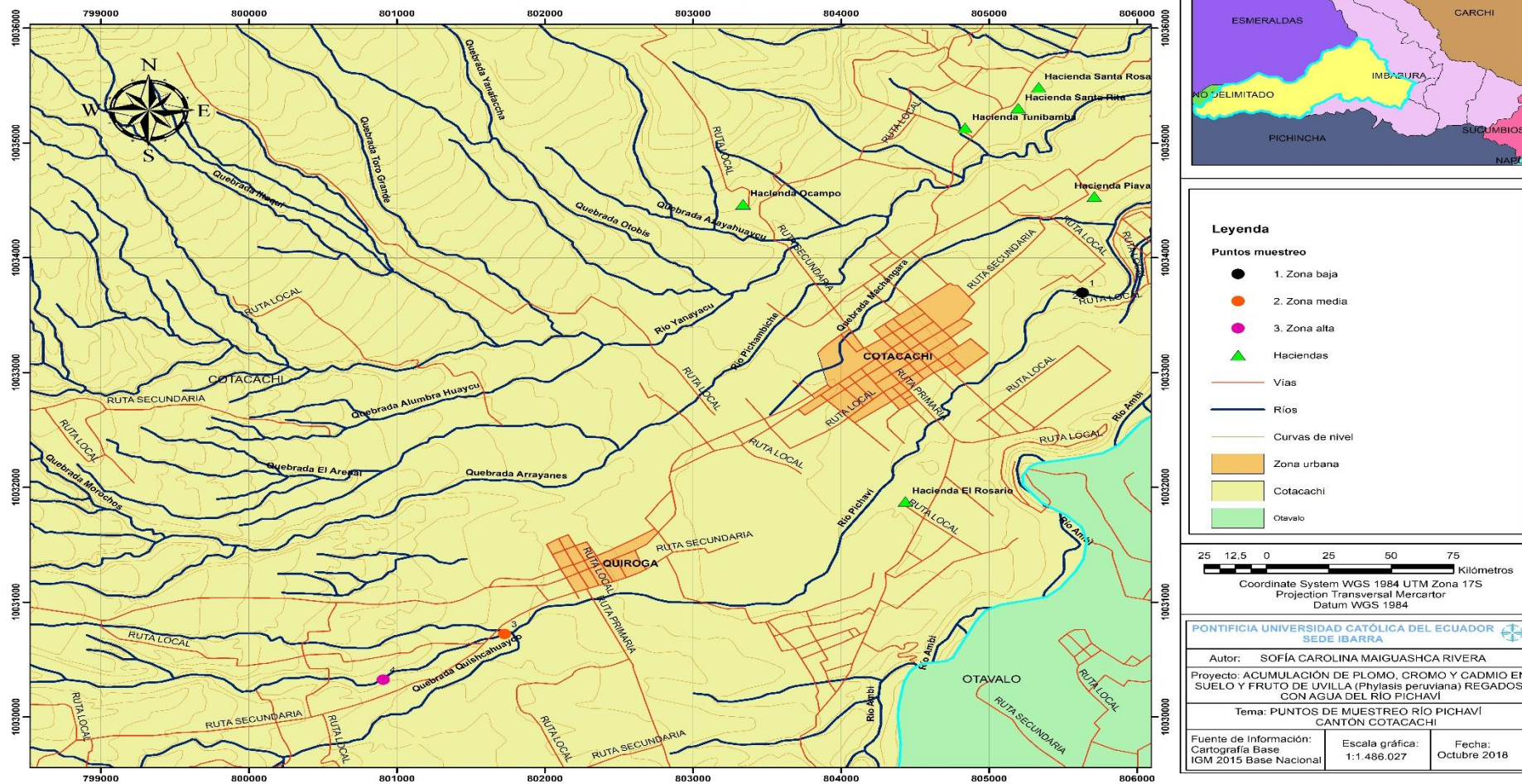


Figura 4. Puntos de muestreo del Río Pichaví

Fuente: Autor

Metales Pesados

Los metales pesados son aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g cm^{-3} cuando están en forma elemental o cuyo número atómico es superior a 20. Dentro de este grupo se encuentran 35 elementos que incluyen: arsénico, antimonio, bismuto, cromo, cadmio, cobre, cobalto, oro, hierro, plomo, manganeso, mercurio, níquel, platino, plata, telurio, talio, estaño, uranio, vanadio y zinc. Los mismos que muestran una elevada tendencia a bio acumularse y a bio-magnificarse a través de su paso por los distintos eslabones de las cadenas tróficas. En concentraciones elevadas, ocasionan graves problemas en el desarrollo, crecimiento y reproducción de los seres vivos. (Cordero, 2015), (Roy et al., 2005), (Díez, 2006) y (Galán y Romero, 2008)

En México para el año 2009 se realizó un estudio de fitotoxicidad y contaminación en plantas por metales pesados en suelo y agua cuyo resultado principal fue detectar la sensibilidad de algunas plantas a la presencia de los mismos y la tendencia de acumularlos en sus diferentes órganos (Méndez et al., 2009)

De acuerdo a la investigación presentada por (Eapen, Singh, y D'Souza, 2007) se determinó que existen atracciones electrostáticas entre las raíces de las plantas y las partículas de los coloides del suelo que contienen metales pesados permitiendo que se adhieran a éstas para ser absorbidas y transportadas a las partes aéreas donde se metabolizan o volatilizan. El tipo de planta y las propiedades físicas y químicas de estos compuestos son parámetros que determinan el destino de los metales pesados.

Mecanismos de absorción y traslocación de metales pesados en las plantas

Todas las plantas absorben metales del suelo en distinto grado, dependiendo de la especie, de las características y concentraciones existentes de los mismos y pueden adoptar distintas estrategias frente a su presencia. Unas basan su resistencia con un mecanismo de exclusión, restringiendo su transporte a la parte aérea función que presenta las plantas tolerantes, mientras las sensibles acumulan el metal en la parte aérea en una forma no tóxica (Mejia, 2011)

Navarro et al., (2007) mencionan que existen plantas que son capaces de acumular cantidades excesivas de metales pesados llamándolas “hiperacumuladoras” que generalmente tienen poca biomasa debido a que ellas utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones del metal que en la formación de sus tejidos.

Acevedo et al., (2005) y Navarro et al. (2007) mencionan que el mecanismo de absorción de estos, comienza cuando la raíz por difusión mediante flujo masivo o por intercambio catiónico los absorbe debido a la presencia de grupos carboxilo, que interacciona con las cargas positivas de estos metales, creando un equilibrio dinámico que facilita la entrada hacia el interior celular, ya sea por vía apoplástica o simplástica. Una vez dentro de la planta, las moléculas son secuestradas o acomplejadas mediante la unión a ligandos específicos. Entre los que son producidos por las plantas se encuentran los ácidos orgánicos, algunos aminoácidos y péptidos, dentro de este grupo se encuentran las metaloteínas que contienen alto contenido de cisteína, aminoácido capaz de formar complejos con Zn, Cd, Hg, Cr y Cu. Una vez que se han formado estos compuestos se realiza una compartimentalización y detoxificación, proceso por el cual, el complejo ligando-metal queda retenido en la vacuola.

Un ejemplo de la acumulación de metales pesados en las solanáceas se puede observar en *Nicotiana glauca* (tabaco) donde presenta una máxima absorción en la raíz y en las hojas en un estudio realizado en México, (López, 2009), en el Centro de Geo Ciencias en la UNAM. Por otra parte en el tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*) presentó una traslocación a las partes aéreas superando los valores permitidos en alimentos con valores de 120 ppb en su fruto (Cabezas et al., 2004) y (Mejia, 2011)

La absorción foliar es otro mecanismo, en el cual existe una primera fase de penetración cuticular, una segunda en la que interviene el mecanismo metabólico que considera que se debe realizar la acumulación de los metales siempre y cuando exista una gradiente de concentración, la mayoría de las especies vegetales tienen la capacidad de acumular metales en sus tejidos. Por esta capacidad se puede considerar que existen plantas hiperacumuladoras que generalmente se desarrollan en suelos con condiciones naturales ricas en metales, sin embargo, este tipo de plantas tienen poca biomasa pues la mayor cantidad de energía la dedican a la adaptación a los metales pesados (García, Dorronsoro, 2005), (Londoño et al., 2016)

Tabla 4.
Estándares de evaluación por metales pesados para hortalizas (ppb).

<i>Elemento</i>	<i>Hortalizas de fruto</i>	<i>Hortalizas de hoja</i>	<i>Hortalizas de Raíz</i>
Arsénico	0.05	0.12	0.05
Cadmio	0.11	0.24	0.21
Cromo	0.26	0.02	0.03
Plomo	2.11	3.69	2.58

Fuente: (Navarro-Aviñó et al., 2007)

Elaborado por: Autor.

Cadmio (Cd)

El cadmio es un metal pesado no biodegradable, no existe en mayores cantidades en el planeta, el hombre y sus actividades han ido liberándolo en el ambiente, por procesos de manufactura, utilización de aguas contaminadas para el riego o por la acumulación de partículas de polvo que han sido arrastradas por el aire que provienen de procesos industriales. La aplicación de ciertos fertilizantes como fosfato diamónico, superfosfato triple y roca fosfórica y lombricomposta poseen las más altas concentraciones de As, Cd y Pb (Rodríguez et al., 2014); lo cual, a su vez, causa un aumento en el nivel de cadmio de los productos, debido a que este metal es rápidamente absorbido por las plantas y no es fitotóxico pero es muy tóxico al hombre y se acumula en el hígado y en los riñones (Méndez et al., 2009).

De acuerdo a lo presentado por Martines y Palacio (2010), Rábago (2011) la movilización de éste se realiza con la presencia de materia orgánica la cual permite que se adhiera fuertemente hasta entrar en contacto con las raíces a través de procesos de difusión iónica. Este metal deriva sus características toxicológicas de su semejanza química con el zinc que es un microelemento esencial para las plantas, los animales y los seres humanos, su acumulación en el riñón puede permanecer hasta por 30 años, demostrando su dificultad para ser eliminado del cuerpo humano.

Plomo (Pb)

El plomo forma parte de un grupo de elementos cuya abundancia tiene un origen natural y altamente tóxico para el hombre. Su presencia en el ambiente se debe principalmente a actividades antropogénicas como la industria, minería, fundición y al uso que se dio de gasolinas con plomo. El Pb generado de esas actividades puede permanecer como residuo por 1000 a 3000 años en suelos de clima templado. Por lo anterior, los altos contenidos de este

metal en el suelo pueden provocar problemas de toxicidad en plantas, animales y humanos. Cuando la concentración es elevada y se encuentra en forma soluble provoca una absorción radicular provocando una toxicidad en algunos herbívoros. El plomo es un elemento no esencial en las plantas por lo que una concentración superior a 5 ppm indica una contaminación de las mismas, dependiendo mucho este proceso de las características físicas y químicas del suelo, la materia orgánica y sobre todo el tipo de arcilla que permiten la variación de la disponibilidad de este metal para la vegetación (Rábago, 2011) y (Martines y Palacio, 2010). Para el ser humano el plomo causa daño en el desarrollo del sistema nervioso central del feto, en los adultos este metal daña el hígado, el riñón, el sistema nervioso y reproductivo (Mafla, 2015).

Tabla 5.
Rangos contenido medio de plomo en vegetales de consumo.

<i>Planta</i>	<i>Órgano</i>	<i>Rango (ppb)</i>
Lechuga	Hojas	0.7 – 3.6
Zanahoria	Raíz	0.5 -3.0
Cebolla	Bulbos	1.1 -2
Papa	Tubérculo	0.5 – 3
Tomate	Fruto	1.0 – 3-0
Maíz	Granos	< 0.3 – 3
Col	Hojas	1.7 – 2.3

Fuente: (Acevedo et al., 2005)

Elaborado por: Autor.

Cromo

En la mayoría de los suelos la presencia del cromo es importante, sin embargo, su disponibilidad es limitada. La forma en la cual las plantas pueden asimilar es Cr (VI), los cambios del pH menor a 5.5 y mayores de 8, la humedad del suelo alrededor de las raíces influye en el estado de oxidación del metal y variar su disponibilidad para las plantas. De lo observado el contenido de cromo en las plantas se concentra principalmente en las raíces y hojas mientras que en mayor grado en los tallos (Cordero , 2015) y (Roy et al., 2005). Este elemento traza, se lo utiliza como inhibidor de la oxidación en el proceso industrial textil y curtido de cuero (Mafla, 2015)

De acuerdo a lo presentado por James, citado por (Acevedo et al., 2005) no existe evidencia que el cromo sea esencial en el metabolismo de las plantas, sin embargo, en la mayoría de los suelos existe cantidades significativas de cromo, pero su biodisponibilidad para las plantas es limitada, sin embargo en estudios realizados por James y Bartlett, (1984), citados por (Acevedo et al., 2005) observaron que el cromo (VI) aumenta su solubilidad cuando el pH se encuentra en un valor inferior a 5.5 y en las zonas radicales del cultivo de frejol (*Phaseolus sp.*) y en Maíz (*Zea mays*) puede aumentar la absorción de cromo cuando este es reducido de VI a III.

Tabla 6.

Rango y contenido medio de cromo en plantas de consumo directo.

<i>Planta</i>	<i>Órgano</i>	<i>Rango (ppb)</i>
Fréjol	Vainas	0.15
Lechuga	Hojas	< 1.15
Zanahoria	Raíz	< 1.15
Cebolla	Bulbos	0.021
Papa	Tubérculo	0.021
Tomate	Fruto	0.074

Fuente: (Mafla, 2015)

Elaborado por: Autor.

Métodos de espectrometría

El término de espectrofotometría es un término que trata las interacciones de la radiación de la materia, y permiten identificar los elementos presentes en la misma, y su respectiva concentración (Mafla, 2015)

Convertir los átomos a estado gaseoso mediante un proceso de atomización y de esta forma medir su absorción ultravioleta, la fluorescencia por medio de un transductor eléctrico y otro dispositivo electrónico se denomina un método de espectrofotometría, sin embargo, la mayoría de los métodos se basan en la radiación electromagnética la cual es una forma de transmisión de la energía en la que los campos eléctricos y magnéticos se propagan por ondas a través del espacio. (Martínez y Rivero, 2005)

Espectroscopia de absorción atómica.

Es uno de los métodos más usados para la determinación de elementos en muestras analíticas. De lo mencionado por (Rocha, 2000) los trabajos se iniciaron desde 1802 por Wollaston y la extensión de la espectroscopia de absorción atómica a otros elementos fue una consecuencia de la espectroscopia de emisión de flama, la cual utiliza la emisión de la radiación de los átomos excitados en una flama como una herramienta analítica. La absorción atómica se desarrolló rápidamente durante la década de 1960; los instrumentos se hicieron disponibles en forma comercial y la técnica actualmente se emplea para la determinación de elementos, en su mayoría metales, que están presentes en una gran variedad de muestras (Douglas, 1990). El desarrollo de los hornos de grafito en años recientes ha reemplazado la flama en la espectroscopia de absorción atómica debido a los problemas cinéticos que se presentan con la atomización en la flama y porque su sensibilidad disminuye en forma considerable por la dilución de la población de átomos de analito que ocurre con los gases en la flama. (Mafla, 2015).

Prueba de hipótesis.

Esta investigación fue diseñada para responder si existe relación entre los pisos climáticos y los niveles de metales presentes tanto en el suelo, agua y fruto de uvilla, por lo que para demostrar de forma estadística este proceso es necesario recurrir a la prueba de hipótesis o contrastes. Al someter a prueba una hipótesis determinamos si dos valores numéricos obtenidos de un diseño estadísticamente válido son diferentes a un nivel de significancia dado (Fallas, 2012) (Flórez, 2012).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación fue realizada en el Cantón Cotacachi, en las parroquias urbanas de Sagrario, San Francisco y la parroquia rural de Quiroga en la zona Andina del Cantón a lo largo del cauce del Río Pichaví en los lugares señalados en la tabla 7. Para medir los niveles de acumulación de metales pesados se tomaron muestras en tres puntos del río durante los meses de noviembre y diciembre del año 2016 y enero del 2017, con el fin de determinar la presencia de plomo, cadmio y cromo.

Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de Química, Suelos y Aguas de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra y en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte.

Tabla 7.

Ubicación del Río Pichaví

<i>Ubicación</i>	<i>Longitud (UTM)</i>	<i>Latitud (UTM)</i>
Nacimiento	797683	0030830
Desembocadura	806864	0035209

Fuente: Autor.

Tabla 8.

Ubicación de los sectores de toma de muestra para agua

<i>Zona de Estudio</i>	<i>Sector</i>	<i>Coordenadas (UTM)</i>		<i>Altitud m.s.n.m</i>
Zona alta	Domingo Sabio	800907	10030325	2 567
Zona media	La Portada	801727	10030722	2 533
Zona baja	Pilchibuela	805630	10033696	2 392

Fuente: Autor.

Materiales

- Cámara fotográfica (Cámara digital Sony Cyber-shot DSC-W800)
- Libreta de campo
- Suministros de oficina y computación
- Recipientes de muestreo
- Materiales diversos de laboratorio

Equipos

- Potenciómetro WTW
- Conductímetro WTW
- Espectrofotómetro, AquaMate 8000 UV-Vis
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Perkin Elmer- Aanalyst 400
- Balanza Analítica GRAM FV

Reactivos

- Agua destilada
- Ácido Nítrico traza metal
- Agua ultra pura
- Solución estándar de absorción Atómica

5.1 MÉTODOS

Recopilación y revisión de información y documentación

En el proceso de revisión documental se recopiló información sobre metales pesados, elementos de interés del Cantón Cotacachi, información sobre el Río Pichaví, la afectación de los metales en plantas con sus respectivos mecanismos de acción y la normativa existente en el país y la región.

Ubicación de la zona de estudio

Se realizó un recorrido a lo largo de la microcuenca del río Pichaví para determinar las zonas específicas del estudio, se seleccionaron tres puntos con las siguientes características:

- Zona alta: el primer punto se encuentra en la comunidad denominada Domingo Sabio, en este punto se encuentran pastos y algunas hortalizas, además del cultivo de uvilla.

- Zona media: el segundo punto se determinó en la Parroquia de Quiroga en la Comunidad de la Portada, con la presencia de cultivos y con una intervención mayor de la mano del hombre.
- Zona baja: El tercer punto se ubicó en la ciudad, barrio Pilchibuela con una gran descarga de aguas residuales luego de cruzar por la ciudad de Cotacachi, en el cual existen varios cultivos y pastos.

Tabla 9.

Ubicación de los sectores de toma de muestra para suelo y fruto

<i>Zona de Estudio</i>	<i>Sector</i>	<i>Coordenadas (UTM)</i>		<i>Altitud m.s.n.m</i>	<i>Propietarios</i>
Zona alta	Domingo Sabio	801013	10030230	2 590	Sr. Julio Morales
Zona media	La Portada	801746	10030711	2 536	Sr. Ángel Raúl Troya
Zona baja	Pilchibuela	805632	10033714	2 405	Sra. Andrea Soledad Cadena

Fuente: Autor.

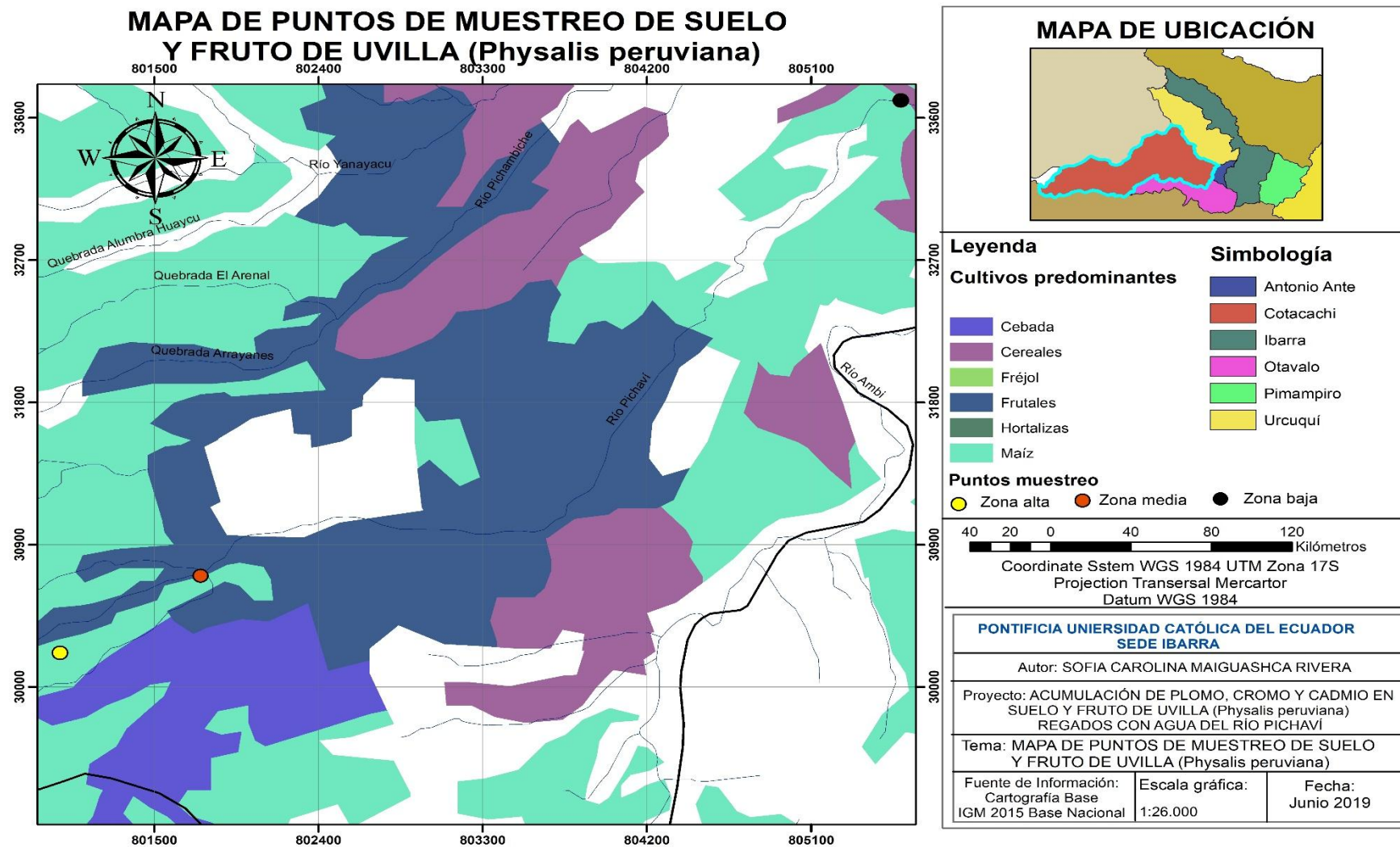


Figura 5. Puntos de muestreo de suelo y fruto de uvilla
Fuente: Autor

Metodología de análisis de muestras en suelo

Una vez que se señalaron los puntos de control en el río, se identificaron cultivos que eran regados con agua del río, se procedió a tomar las muestras del suelo, cada una con un peso no inferior a 0.5 kg tomadas a una profundidad entre 0 a 30 cm considerando la profundidad de las raíces del cultivo de uvilla y frutos maduros, con la metodología de muestras compuestas durante los meses de noviembre y diciembre 2016 y el mes de enero 2017, y además para su verificación se tomó muestras de suelo en los meses de abril, mayo y junio de 2018.

La técnica utilizada fue la expresada por Sosa (2012) la misma que comprende los siguientes pasos:

- Colectar la muestra de suelo en fundas estériles (Ziploc)
- Registro de localización del punto de muestreo real con GPS.
- Registro fotográfico de cada sitio.
- Identificación de la muestra.
- Transporte y conservación de muestras. Se guardó en un contenedor apropiado en este caso bolsa Ziploc estéril y se mantuvo tanto como sea posible en su estado original, para así evitar cualquier tipo de contaminación y de transformación.

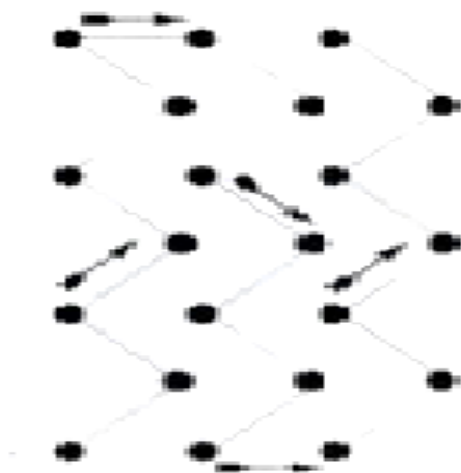


Figura 6. Metodología de muestreo en terreno
Fuente: SOSA (2012)

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte, los análisis químicos con los que se trabajó fueron Nitrógeno, Fosforo y por último se realizó la determinación de Cadmio, Plomo y Cromo.

En el laboratorio de la ECAA se realizó análisis de Textura y Humedad, conductividad eléctrica, pH. Se tomó estos parámetros por las necesidades de la empresa Sumak Mikuy.

ANÁLISIS DE SUELO

Análisis de textura

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua, de aire y la velocidad con que el agua penetra en el suelo.

Procedimiento:

La metodología utilizada en la investigación fue expresada por (Shaxon y Barber, 2005) y avalada por (Karlarian, 2010):

- Se secó la muestra de suelo en estufa por 24 horas a 105 grados
- Se eliminaron las partículas mayores de 2 mm, tales como la grava y las piedras;
- La parte restante de la muestra, la tierra fina, se tritura bien a fin de liberar todas las partículas separadas;
- Se mide 100 gramos de la muestra;
- La muestra se hace pasar a través de una serie de tamices con mallas de diversos tamaños que va desde el # N 0.10 de 2.00 mm hasta # N 0.60 de 250 μ m.
- El peso del contenido de cada malla se calcula por separado y se expresa como porcentaje del peso total inicial de la tierra fina;
- Los pesos de las partículas muy pequeñas de limo y arcilla que hayan pasado a través de la malla más fina se miden por sedimentación y también se expresan como porcentaje del peso total inicial de la tierra fina.

Conductividad eléctrica

Se realizó la medición de la conductividad eléctrica de acuerdo a la metodología expuesta por Karlarian (2010).

Procedimiento:

- Se pesó 10 gramos de la muestra seca, la cual se colocó en un vaso de 100 ml.
- Se añadió 50 ml de agua grado HPLC tipo 1 agitar por 30 minutos y dejar en reposo toda la noche
- Concluido el tiempo de espera se agitó durante 15 minutos y se realizó la medición de la conductividad eléctrica.

Para determinar el pH del suelo se realizó una solución del mismo con agua estéril y se procedió a medir la misma con el potenciómetro.

Fósforo

El procedimiento para la determinación de Fósforo Total en las muestras corresponde al método “ACD095 Fosfato como fósforo (P) total, método de digestión de persulfato / ácido ascórbico, procedimiento de prueba de tubo de digestión (Spectroquant, 2007)

- Se abrió un tubo de digestión de reactivo de ácido $\text{PO}_4\text{-P}$ de 16 mm y se agregó 5 ml de muestra.
- Se añadió un paquete de potasio Persulfate F10 Power directamente de la lámina al vial, para no tener pérdidas se utilizó un embudo.
- Se cerró el vial con la tapa, se mezcló por varias ocasiones el tubo de digestión.
- Se calentó durante 30 minutos en el reactor precalentado a una temperatura de 100°C .
- Se abrió la muestra digestada luego de un proceso de enfriamiento, luego se agregó 2 ml de solución de hidróxido sódico 1,54 N.
- Se cerró la muestra y se mezcla muy suavemente.
- Se cargó y ejecute el método ACD095
- Coloqué la muestra en el soporte en la cámara. Se cerró la puerta de la cámara de muestras.
- Se realizó la medición en mg/L de fósforo total.

Nitritos

El procedimiento para la determinación de Nitritos en las muestras corresponde al método “C2046 Nitrito como Nitrógeno (N), Método de Diazotización (Azo), Procedimiento de Prueba de Tableta 0,01 - 0,5 mg/L N del cual se cita (AQUAfast, 2012)

- Se llenó un vial redondo AQUAfast redondo de 24mm, Cat. N° AC2V24, con 10 ml de muestra. Se cerró vial con la tapa y limpió el exterior del vial.

- El vial se colocó en el soporte en la cámara de muestras, se cerró la puerta de la cámara de muestras.
- Se procedió a medir el blanco
- Se añadió una Nitrite LR Tablet directamente de la lámina al vial. Triturar la tableta con una varilla de agitación limpia.
- Se cerró el vial firmemente con la tapa y se agitó varias veces hasta que las tabletas se disolvieron.
- Se dejó en reposo por un período de reacción de 10 minutos.
- Se colocó el vial en el soporte en la cámara de muestras. Luego se cerró la puerta de la cámara de muestras.
- Presione la tecla de función Medir muestra para mostrar el resultado en $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de nitrito como N.

Nitratos

El procedimiento para la determinación de Nitratos en las muestras corresponde al método “ACR007 Nitrato como Nitrógeno (N), Método del ácido cromotrópico, Procedimiento de ensayo del tubo de reacción 1 - 30 mg/L N (Spectroquant, 2007)

- Se abrió un vial de reacción de 16 mm tapado en blanco (Reactivo A) y agregue 1 ml de agua desionizada (este es el blanco).
- Luego en un segundo vial de reacción de 16 mm tapado en blanco (Reactivo A), se añadió 1 ml de muestra (ésta es la muestra).
- Se agregó el contenido de un paquete de polvo cromotrópico de nitrato directamente de la lámina a cada vial.
- Los viales fueron cerrados firmemente con las tapas, suavemente se invirtió unas 10 veces para mezclar el contenido.
- En reposo se dejó por 5 minutos.
- El vial en blanco se colocó en el soporte en la cámara de muestras y se procedió a medir el blanco.
- Luego se colocó el vial de muestra en el soporte en la cámara de muestras.
- Se presionó la tecla de función Medir muestra para mostrar el resultado en mg/L de nitrato como N.

Determinación de metales pesados en el suelo

-Procedimiento realizado en microondas de digestiones ácidas MILESTONE START D.

Preparación de la muestra. - Proceso de digestión de las muestras

- Se pesó 1 gramo de suelo seco al aire y tamizado.
- Se añadió 5 ml de Ácido Nítrico Traza metal y 5ml de agua tipo 1.
- Se cerró la muestra y fue digerida a una temperatura de 200°C y 60 bares de presión y una potencia de 400 Watt por una hora.
- Se dejó que se enfrié la muestra.
- Trasvasó la muestra a un balón de 100 ml, completándose hasta el aforo.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica

Procedimiento

- Para la calibración del espectrofotómetro de absorción atómica, se preparó una solución patrón de 100 ppb a partir de un estándar para absorción atómica de 1000 ppm dependiendo del metal a determinar.
- En el Software del espectrofotómetro de absorción atómica. WINLAB 32 AA se ajustaron las temperaturas de: Secado, Pirolisis, atomización y limpieza del horno de grafito.
- Luego se ajustó en el mismo Software las concentraciones de los estándares para la elaboración de la curva de calibración, dependiendo del metal a determinarse.
- Una vez obtenida la curva de calibración se procedió a determinar la concentración del metal en la muestra analizada.

Cálculos

Para el cálculo de la concentración de metales en el suelo en base a los datos obtenidos en el espectrofotómetro se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{\text{CONCENTRACIÓN PPB}}{\text{Suelo}} = \text{Lectura espectofotómetro} * \text{Volumen utilizado}$$

ANÁLISIS DE AGUA

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte.

Una vez establecidos los puntos de control se procedió a la toma de muestras de agua la cuales fueron determinadas según la accesibilidad, representatividad y seguridad, el muestreo se realizó durante los meses de noviembre, diciembre 2016 y enero 2017 y validándolos en el mes de abril, mayo y junio del 2018, siguiendo la metodología expresada por (Díaz, Mayari, y Hernández, 2005)

- Colectar la muestra de agua en frascos estériles de vidrio.
- Registro de localización del punto de muestreo real con GPS.
- Registro fotográfico de cada sitio.
- Identificación de la muestra.
- Toma de muestras
- Transporte de muestras en el cooler.

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de suelo de la Universidad Técnica del Norte, en los cuales se analizó el pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales, fosforo total, nitratos, nitritos, amoníaco, Cadmio, Plomo y Cromo.

Se tomó estos parámetros por las necesidades de la empresa Sumak Mikuy

Conductividad eléctrica del agua

Este valor permite establecer la concentración de sales presentes en el suelo, lo que permite establecer acciones para su uso (Karlarian, 2010)

Procedimiento

- Con el fin de asegurar la calidad de los datos, se procedió al análisis cuando la temperatura se encontraba a 25° C.

- Siguiendo las instrucciones del medidor de conductividad, se procedió a medir la conductividad de cada una de las muestras

Potencial del Hidrógeno

Dentro de los métodos instrumentales se encuentra el potenciométrico, el cual está aprobado para el análisis de agua y de suelo. El método consiste en la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medidas potenciométricas usando un electrodo combinado o un electrodo estándar de vidrio con un electrodo de referencia (Karlarian, 2010).

En la medición de pH utilizando electrodo de actividad específica hay varios factores a considerar: la relación suelo: agua, en nuestro caso la relación suelo-agua fue 1:2,5, la fuerza iónica en la solución, la posición del electrodo en la suspensión, y el estado de agitación o reposo de la muestra durante la medición (Conyers y Davey, 1988; Miller y Kissel, 2010). Thomas (1996) indica que, al hacer las mediciones de pH en agua, hay diferencias entre medir en el suelo decantado, en el sobrenadante o durante la agitación de la muestra, pero lo importante es reportar los resultados habiendo realizado las mediciones con el mismo criterio.

Procedimiento

- Calibración del instrumento con la solución Buffer
- Se midió el pH de la muestra indicando la temperatura de la misma. Fue realizada la medida con una agitación moderada para minimizar la entrada de dióxido de carbono y suficiente como para homogenizar la muestra (APHA et al., 2012)

Se realizaron los análisis de Fosfatos, Nitrito, Nitrato y Amonio del agua con el espectrofotómetro AquaMate 8000 UV-Vis

Fósforo

El procedimiento para la determinación de Fósforo Total en las muestras corresponde al método “ACD095 Fosfato como fósforo (P), total, método de digestión de persulfato / ácido ascórbico, procedimiento de prueba de tubo de digestión 0,02 - 1,1 mg/ L P del cual se cita (AQUAfast, 2012)

- En un tubo de digestión de reactivo de ácido $PO_4\text{-P}$ de 16 mm se agregaron 5 ml de muestra.
- Luego se añadió un paquete de potasio Persulfate F10 Power directamente de la lámina al vial. Utilizando un embudo para agregar el reactivo.

- Se cerró bien el vial con la tapa y giró el vial varias veces para mezclar el contenido.
- Se calentó el vial durante 30 minutos en el reactor precalentado a una temperatura de 100 ° C
- Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente.
- Una vez digestada, se agregaron 2 ml de solución de hidróxido sódico 1,54 N al vial.
- Se cerró el vial firmemente con la tapa y suavemente se invirtió el vial varias veces para mezclar el contenido.
- Se cargó y ejecute el método ACD095.
- Se midió el blanco
- Con la ayuda de un embudo se añadió un Rgt de fosfato. F10 directamente desde la lámina hasta el vial.
- Se cerró el vial firmemente con la tapa y agitó el vial durante 10-15 segundos para mezclar el contenido. El reactivo no se disolvió por completo.
- Se esperó un período de reacción de 2 minutos.
- Se colocó el vial en el soporte en la cámara de muestras. Cierre la puerta de la cámara de muestras.
- Se presionó la tecla de función Medir muestra para mostrar el resultado en mg/L de fosfato total.

Nitritos

En solución ácida los iones nitrito forman con el ácido sulfanílico una sal de diazonio que reacciona con el diclorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina dando un azocolorante violeta rojizo. Este colorante se determina fotométricamente.

Preparación de la muestra:

- Se analizaron las muestras inmediatamente después de la toma de muestras.
- Se comprobó el contenido de nitritos con el test Nitritos Merckoquant.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 2-10. Si es necesario ajustar con ácido sulfúrico.
- Filtrar las muestras turbias.

Procedimiento:

- Se pipeteó en un tubo de ensayo 5,0 ml de muestra preparada (15 – 25 °C).

- Luego se añadió y agitó vigorosamente 1 microcuchara de azul rasa (Reactivo No2-1) hasta que el reactivo se haya disuelto completamente. El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 2,0– 2,5, se comprobó con tiras indicadoras, si es necesario ajustar el pH con solución de hidróxido de sodio o con ácido sulfúrico.
- Se dejó en reposo 10 minutos (tiempo de reacción), luego introducir la muestra de medición en la cubeta y medir en el fotómetro.

Nitratos

Método fotométrico, en ácido sulfúrico concentrado los iones nitrato forman con un derivado del ácido benzoico un nitrocompuesto rojo que se determina fotométricamente.

Preparación de la muestra:

- Se analizaron las muestras inmediatamente después de la toma de muestra.
- Se comprobó el contenido de nitritos con el test Nitritos Merckoquant. El valor del pH de esta solución se encontró en el intervalo 1 – 3.
- Se comprobó el contenido de nitratos con el test Nitratos Merckoquant.

Procedimiento:

- En un tubo de ensayo con la muestra de agua se añadió 1 microcuchara azul rasa (reactivo NO₃-1)
- Luego se añadió con pipeta y agitar vigorosamente 5,0 ml del reactivo NO₃⁻² (15-25 °C) durante 1 minuto hasta que el reactivo NO₃⁻¹ se disolvió completamente.
- Una vez disuelto, se vertió lentamente 1,5ml de la muestra preparada sobre el reactivo la pared interna del tubo de ensayo mantenido inclinado. Mezclar inmediatamente durante poco tiempo agarrando el tubo solo por la parte superior.
- Se dejó en reposo la solución de reacción caliente durante 10 minutos (tiempo de reacción).
- La muestra fue procesada en el fotómetro (APHA et al., 2012)

Determinación de Metales Pesados en Agua

Para la determinación de metales pesados se determinó de acuerdo a la metodología Graeme Chapple (1991)

- La muestra se filtra a través de un filtro de jeringa con un diámetro de 0,45 µm, para que se retengan los sólidos que pudieran interferir.

- Se lleva la muestra a un vial de lectura y se coloca en el rotor del espectrofotómetro y se realiza la lectura de acuerdo al metal que se está realizando.

Procedimiento

- Se calibró del espectrofotómetro de absorción atómica, para cada uno de los metales pesados
- Inicialmente se preparó una solución patrón de 100 ppb a partir de un estándar para absorción atómica o de 1000 ppm dependiendo del metal a determinar.
- En el Software del espectrofotómetro de absorción atómica. WINLAB 32 AA se ajustó las temperaturas de: Secado, Pirolisis, atomización y limpieza del horno de grafito.
- En el mismo Software se ajustaron las concentraciones de los estándares para la elaboración de la curva de calibración, dependiendo del metal a determinarse.
- Una vez obtenida la curva de calibración se procedió a determinar la concentración del metal en la muestra analizada.

5.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN FRUTO DE UVILLA (*Physalis peruviana*)

Para la determinación de metales pesados se determinó de acuerdo a la metodología de Guide Book (2015)

Preparación de la muestra:

- Se pesó aproximadamente 5 g de muestra, sobre un crisol de porcelana, en una balanza analítica con sensibilidad de 0,1 mg.
- Luego se llevó a la mufla a 500° C hasta obtener cenizas blancas.
- Se trasvasaron las cenizas a balones de 100 ml, se agregaron 5ml de Ácido Nítrico Traza metal; se lavó el crisol con agua tipo HPLC, el agua de lavado se colocó en el balón.
- Se aforó con agua tipo HPLC.
- Luego se tomó una muestra para ser analizada en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Procedimiento

- Se calibró el espectrofotómetro de absorción atómica, para cada uno de los metales pesados

- Inicialmente se preparó una solución patrón de 100 ppb a partir de un estándar para absorción atómica o de 1000 ppm dependiendo del metal a determinar.
- En el Software del espectrofotómetro de absorción atómica. WINLAB 32 AA se ajustaron las temperaturas de: Secado, Pirrolisis, atomización y limpieza del horno de grafito.
- En el mismo Software se ajustaron las concentraciones de los estándares para la elaboración de la curva de calibración, dependiendo del metal a determinarse.
- Una vez obtenida la curva de calibración, se procedió a determinar la concentración del metal en la muestra analizada.

5.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Con el fin de comprobar los datos obtenidos se realizó una prueba de chi cuadrado en el cual se toma como una distribución normal que existe acumulación de metales pesados conforme el río sigue su curso es decir a un piso altitudinal más bajo, mayor concentración de metales pesados.

Para trabajar con los valores entregados por el laboratorio se los proceso y se trabajó con la media aritmética por cada mes y cada piso.

Luego con la ayuda de software informático se procedió a realizar el análisis matemático y se obtuvieron los resultados.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 SUELO

Textura y Humedad

Para el análisis de la textura y humedad del suelo se tomaron submuestras que fueron mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo en cada punto de muestreo, en la zona alta, media y baja identificadas anteriormente, los mismos que fueron trasladados al laboratorio de la PUCE Sede Ibarra.

Para el análisis de textura se utilizó la metodología establecida por la FAO (2005) la cual consiste en realizar un tamizado de cada una de las muestras y el valor en porcentaje obtenido, es analizado de acuerdo al triángulo de textura de suelo cuyos resultados son presentados en la Tabla 10, que concuerdan con lo expresado dentro del Plan de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cotacachi (2011), que manifiesta que la textura del suelo junto a los ríos en el Cantón es un suelo arcilloso o franco arcilloso; similar resultado se lo encuentra en el estudio realizado por MAGAP (2015) en el mapa de suelos del Ecuador.

La metodología utilizada para el análisis de humedad del suelo fue la recomendada por Plaster (1997) y FAO (2005) la cual consiste en llevar al laboratorio la muestra en un cilindro metálico de 100 cm³, pesarla y secarlo en la estufa a 105 °C por el lapso de 24 horas, tiempo en el cual se elimina la cantidad de agua existente en la misma y nuevamente es pesada, con estos valores se determina la cantidad de humedad que presenta el suelo y en base a la textura se establece la densidad aparente, los resultados son presentados en la tabla 10, los mismos que concuerdan con los datos teóricos presentados por los autores referenciados cuyo valor es de 1.35 a 1.40 g/cm³ para la densidad aparente.

Tabla 10.

Textura y humedad del suelo en tres sectores de la micro cuenca del Río Pichaví

<i>Sector</i>	<i>Clases texturales</i>	<i>Densidad aparente (Da) g/cm³</i>	<i>Humedad Gravimétrica %</i>
Domingo Sabio	Arcilloso	1.36	15
La Portada	Arcilloso	1.34	14
Pilchibuela	Arcilloso	1.35	17

Fuente: Autor.

Es necesario conocer el tipo de suelo en el lugar que se realizó los estudios con la finalidad de establecer relaciones con los parámetros a investigar.

De acuerdo a la tabla 11 podemos observar que el tipo de textura es similar en los suelos analizados, lo que nos puede conllevar a determinar que las condiciones fueron semejantes y los resultados a obtenerse serán consistentes con este tipo de suelo.

Tabla 11.

Prueba de Chi cuadrado de textura y humedad del suelo en tres sectores de la microcuenca del Río Pichaví

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	0,018	2	0,9909

Elaborado por: Autor.

Los resultados obtenidos que se muestran en la tabla 10 y su aplicación en la tabla 11, de la prueba de hipótesis, ejecutada para determinar si se rechaza o no la relación que existe entre la densidad y la zona de toma de muestra. Puesto que el valor-P es mayor 0,05, se acepta la hipótesis nula (H_0), que el suelo es similar independientemente de la zona en la que se recogió la muestra con un nivel de confianza del 95%. El promedio de densidad aparente de un suelo arcilloso se encuentra en el rango de 1,3 a 1,4 y no se alteran en los diferentes lugares de muestreo.

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica, según el Registro Oficial -Edición Especial N° 387 de 04 de Noviembre de 2015, anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, con un valor de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, comparado con los datos que se describe en la tabla 11 se establece que en el sector de Pilchibuela está sobre los límites permitidos.

Tabla 12.

Conductividad eléctrica para el suelo

		<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	$\mu\text{S/cm}$	720	81.9	43
Diciembre	$\mu\text{S/cm}$	325	142	95
Enero	$\mu\text{S/cm}$	332	145	90

Fuente: Autor.

El valor más alto para la conductividad se obtuvo en la muestra del mes de noviembre en el sector de Pilchibuela con un valor de 720 $\mu\text{S/cm}$ que sobrepasa al límite máximo permisible de 200 $\mu\text{S/cm}$ y el valor más bajo es de 43 $\mu\text{S/cm}$ en el sector de Domingo Sabio en el mes de noviembre.

Las variaciones que se han dado se deben principalmente por los factores climáticos tales como la precipitación y humedad que en los meses de noviembre hubo mayor cantidad de lluvia en cambio en diciembre y enero disminuyo, además se tienen que tomar en cuenta las condiciones del suelo.

Tabla 13.

Prueba de Chi Cuadrado de conductividad eléctrica para suelo

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	279,716	4	0,0000

Elaborado por: Autor.

La Tabla 13 muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que la conductividad eléctrica varía de acuerdo a la zona de toma de muestra, habiendo utilizado los datos de la Tabla 12. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) pues los datos varia de una localidad a otra es decir varia con la zona de toma de muestra con una confianza del 95,0%.

El incremento de conductividad eléctrica de acuerdo a la zona que se tomaron las muestras se debe a que conforme el agua del río sigue su curso, las sales se van acumulando, elevando la conductividad eléctrica del agua, al realizar la prueba de Chi cuadrado se observa que existe una relación entre los lugares de ubicación del muestreo, relacionándolos con la conductividad eléctrica, es así que en la zona baja que se denomina como Pilchibuela es la zona más

contaminada lo cual su porcentaje de conductividad aumenta y sobrepasa los límites permisibles para suelos agrícolas, pero su afectación no se ve afectada para su productividad.

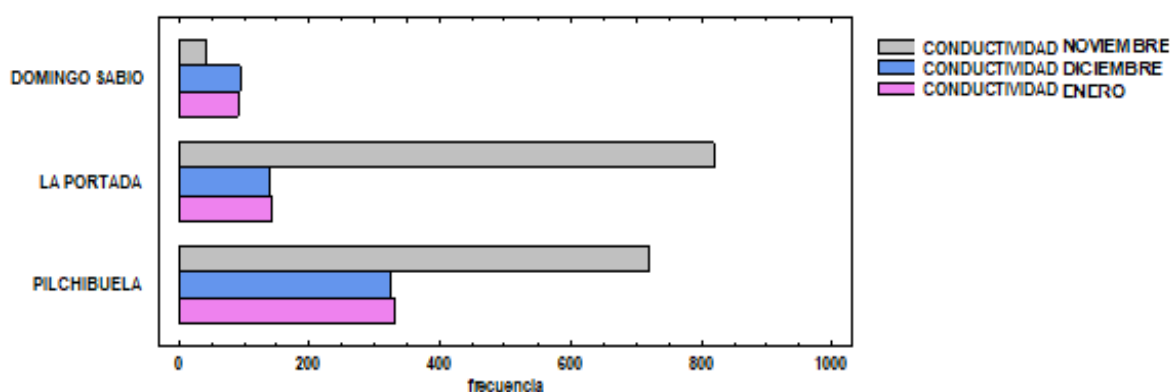


Figura 7. Diagrama de Barras de conductividad eléctrica en suelo
Elaborado por: Autor

Nitrógeno (N)

Los niveles de nitrógeno en suelo no se encuentran determinados por una norma ambiental, sin embargo, desde el punto de vista agrícola se presenta con 70 mg/kg como un nivel alto o peligroso para cultivos de acuerdo a lo presentado por el International Plant Nutrition Institute IPNI (2015). Como se observa en la Tabla 14 los niveles más alto de nitrógeno se encuentran en la zona baja en todos los meses. Los valores se relacionan entre la existencia de nitrógeno en el agua y el nitrógeno en el suelo. El problema ambiental más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces, en este caso a la zona de Pilchibuela.

Tabla 14.
Nitrógeno total (mg/kg) para suelo.

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	29.97	14.88	10.41
Diciembre	62.29	6.5	2.59
Enero	63.7	6.4	2.5

Fuente: Autor.

Tabla 15.

Tabla para Nitrógeno total en suelo. (%)

	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Total por Fila</i>
Domingo Sabio	10	3	3	16
	5,00%	1,50%	1,50%	8,00%
La Portada	15	7	6	28
	7,50%	3,50%	3,00%	14,00%
Pilchibuela	30	62	64	156
	15,00%	31,00%	32,00%	78,00%
Total por Columna	55	72	73	200
	27,50%	36,00%	36,50%	100,00%

Elaborado por: Autor.

La Tabla 15 muestra los recuentos para una tabla de 3 por 3. El primer número en cada celda de la tabla es el recuento ó frecuencia. El segundo número muestra el porcentaje de toda la tabla que representa esa celda. Por ejemplo, hubo 10 valores en la primera fila y primera columna. Esto representa 5,0% de los 200 valores en la tabla.

Tabla 16.

Prueba de Chi Cuadrado para Nitrógeno total en suelo

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	24,797	4	0,0001

Elaborado por: Autor.

La Tabla 16 muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de cantidad de Nitrógeno presente en la muestra y lugar de muestreo. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) de que el lugar de muestreo no interfiere con la cantidad de nitrógeno por mes presente en el suelo con un nivel confianza del 95,0%. Por lo tanto, la cantidad de nitrógeno por mes varía de acuerdo a la zona de muestreo,

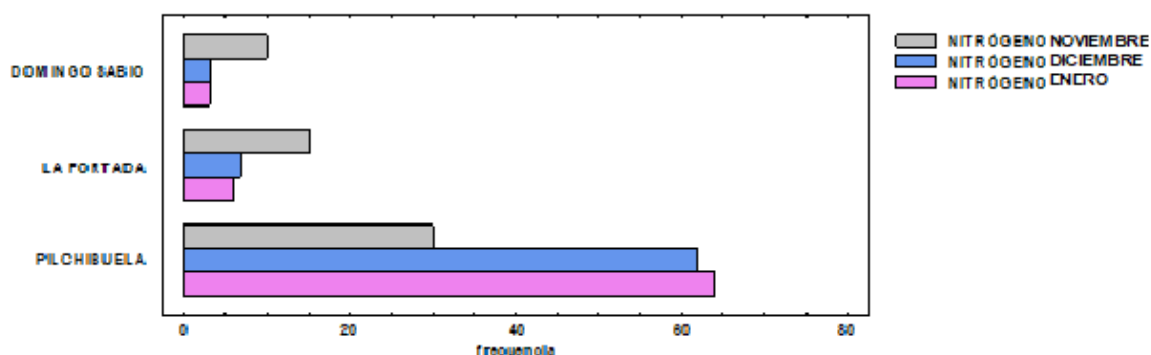


Figura 8. Diagrama de Barras para Nitrógeno en suelo
Elaborado por: Autor.

Fósforo (P)

El dato referencial para el análisis del suelo se consideró lo presentado por el International Plant Nutrition Institute (IPNI) 2015 que manifiesta que el valor máximo permitidos en el área agrícola es de 20 mg/kg.

Tabla 17.
Fósforo total (mg/kg) para suelo

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	2.96	1.0	4.0
Diciembre	20.66	10.11	4.05
Enero	18.48	12.3	4.13

Fuente: Autor.

Al igual que los otros parámetros el de mayor concentración de fósforo se localiza en el sector de Pilchibuela con la mayor concentración en el mes de diciembre con 20.66 mg/kg, superior al valor presentado por IPNI

Tabla 18.
Tabla para fósforo total en suelo (%)

	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Total por Fila</i>
Domingo Sabio	4	4	4	12
	5,19%	5,19%	5,19%	15,58%
La Portada	1	10	12	23
	1,30%	12,99%	15,58%	29,87%
Pilchibuela	3	21	18	42
	3,90%	27,27%	23,38%	54,55%
Total por	8	35	34	77
Columna				
	10,39%	45,45%	44,16%	100,00%

Elaborado por: Autor.

En la tabla 18 muestra los recuentos para una tabla de 3 por 3. El primer número en cada celda de la tabla es el recuento ó frecuencia. El segundo número muestra el porcentaje de toda la tabla que representa esa celda. Por ejemplo, hubo 4 valores en la primera fila y primera columna. Esto representa 5,19% de los 77 valores en la tabla.

Tabla 19.
Prueba de Chi Cuadrado para fósforo total en suelo

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	8,582	4	0,0724

Elaborado por: Autor.

Esta tabla muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de cantidad de fósforo están influenciadas por la zona de recolección de la muestra. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, se acepta la hipótesis nula (Ho) que la cantidad de fósforo por mes presente en el suelo no se ve afectada por la zona de toma de muestras con un nivel de confianza del 95,0%.

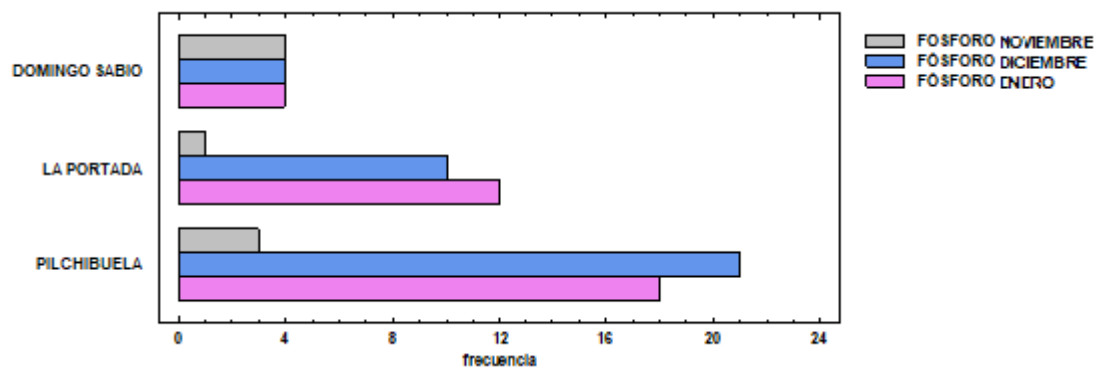


Figura 9. Diagrama de Barras para Fósforo en suelo
Elaborado por: Autor

Plomo (Pb)

Para el análisis de plomo en el suelo se consideraron los parámetros del Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, que presenta como límite máximo permisible 19 mg/kg para calidad de suelos de uso agrícola.

Tabla 20.

Plomo total (mg/kg) para suelo

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	No detectable	No detectable	No detectable
Diciembre	$9,96 \cdot 10^{-4}$	$5,39 \cdot 10^{-4}$	$2,69 \cdot 10^{-4}$
Enero	$<1 \cdot 10^{-3}$	$<1 \cdot 10^{-3}$	$<1 \cdot 10^{-3}$

Fuente: Autor.

Al analizar la Tabla 20 se observa que la concentración de plomo en ninguna de las muestras sobrepaso los valores permitidos.

Con el fin de validar estos niveles de plomo, se replicó los análisis en los meses de abril, mayo y junio del 2018 que mostraron valores no detectables para el equipo utilizado, que es contrario a lo presentado por Almeida (2014) en su estudio.

Tabla 21.
Plomo total (mg/kg) para suelo, datos de verificación

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Abril	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Mayo	0.10	0.50	0.25
Junio	< 0.05	< 0.05	< 0.05

Fuente: Autor.

Cadmio (Cd)

Para el análisis de cadmio en el suelo se consideró en Registro Oficial -Edición Especial N° 387 de 04 de Noviembre de 2015, anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, que tiene como límite máximo permisible 0.5 mg/kg, comparando con los resultados obtenidos, se identifica que todos los valores de enero son superiores a este rango en todas las zonas de estudio.

Tabla 22.
Cadmio total (mg/kg) para suelo

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	No detectable	No detectable	No detectable
Diciembre	No detectable	No detectable	No detectable
Enero	0.014	0.048	0.068

Fuente: Autor.

Al analizar la tabla 22 se determinó que para el mes de enero en los tres sectores presenta registros; sin embargo, en ningún caso sobrepasa el límite permisible de 0.5 ppm., con el fin de validar los resultados presentados se realizó un nuevo monitoreo de la calidad del suelo como se muestra en la tabla 23 en los meses de abril, mayo que al igual que el plomo, no fueron detectados por el equipo utilizado y la metodología trabajada, y en el mes de junio no sobrepasa el límite permisible.

Tabla 23.

Cadmio total (mg/kg) para suelo, datos de verificación

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Abril	No detectable	No detectable	No detectable
Mayo	No detectable	No detectable	No detectable
Junio	0.072	0.045	0.013

Fuente: Autor.

Cromo Total (Cr)

Para el análisis de Cromo Total en el suelo se consideraron los parámetros establecidos en el Registro Oficial -Edición Especial N° 387 de 04 de Noviembre de 2015, anexo 2 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados que tiene como límite máximo permisible 54 mg/kg.

Tabla 24.

Cromo total (mg/kg) para suelo

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	3.76	3.22	4.09
Diciembre	7.23	6.46	8.27
Enero	19.17	7.14	4.04

Fuente: Autor.

Se aprecia en la tabla anterior que en el mes de enero en la zona baja que corresponde a Pilchibuela se detecta el valor más alto es de 19.17, ya que es el lugar con mayor grado de contaminación, por las descargas de agua, que se da por las curtiembres que hay en la zona y esta es usada para agua de riego para los cultivos, pero no sobrepasa los niveles máximos permisibles.

Tabla 25.
Prueba de Chi Cuadrado de Cromo para suelo

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	6,352	4	0,1743

Elaborado por: Autor.

En la tabla 25 muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de cantidad de cromo están influenciadas por la zona de recolección de la muestra.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, se acepta la hipótesis nula (H_0) que la cantidad de cromo por mes no varía de acuerdo a la zona de recolección de la muestra con un nivel de confianza del 95,0%.

6.2 AGUA

Conductividad Eléctrica

En el Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Parámetros de los Niveles de la Calidad de Agua para Riego tiene una restricción que va desde ninguna a severo.

Tabla 26.
Conductividad eléctrica para el agua de riego

		<i>Ninguno</i>	<i>Ligero-Moderado</i>	<i>Severo</i>
CE	milimhos/cm	0.7	0.7-3.0	>3.0

Fuente:(Registro oficial de Ecuador, 2015)

Tabla 27.
Conductividad eléctrica de los puntos de control para agua de riego

		<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	mhos/cm	0.728	0.624	0.576
Diciembre	mhos/cm	0.735	0.645	0.598
Enero	mhos/cm	0.745	0.610	0.590

Fuente: Autor.

Al analizar la Tabla 26, comparada con los valores de la Tabla 27 se determina que el sector de Pilchibuela presenta una ligera elevación de los niveles de conductividad eléctrica, en tanto que, los valores de los sectores de la Portada y Domingo Sabio se encuentran sin ninguna restricción para el uso como agua de riego.

El valor más alto para la conductividad se obtuvo en el sector de Pilchibuela para el mes de enero con un valor de 0.745 mhos/cm y el valor más bajo es de 0.576 mhos/cm en la zona alta en el mes de noviembre. La conductividad es uno de los principales indicadores de calidad agua y en este caso se puede observar que en la zona baja todos los meses de monitoreo se encuentran sobre el límite permisible convirtiéndose en no apta para el riego.

Tabla 28.
Prueba de Chi cuadrado para conductividad eléctrica

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor- P</i>
Chi Cuadrado	11702,00	4	<0,0001

Elaborado por: Autor.

En la tabla 28 se presenta la prueba de Chi cuadrado con el fin de establecer si existe correlación entre el sector que se tomó la muestra y el valor que se obtuvo en conductividad eléctrica; como se indica en la misma tabla el valor de P es menor a 0,05 rechazando la hipótesis nula (Ho) por lo que se establece que existe relación directa entre los resultados de conductividad eléctrica por mes y los lugares de ubicación del muestreo, en relación con la conductividad eléctrica, es así que en la zona baja que se denomina como Pilchibuela es la zona más contaminada cuyo porcentaje de conductividad aumenta y sobrepasa los límites permisibles para agua de riego.

Los datos de conductividad eléctrica obtenidos concuerdan con lo expresado por (Almeida, 2014) en su investigación encontrándose fuera de los rangos permitidos para agua de riego.

Nitrógeno (N)

El análisis de Nitrógeno se lo comparo con lo mostrado Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Parámetros de los Niveles de la Calidad de Agua para Riego de 5 a 30 mg/l, que va de ninguno a severo.

Tabla 29.

Nitrógeno total (mg/l) para agua de riego

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	7.82	4.27	0.43
Diciembre	4.40	2.33	0.15
Enero	5.32	19.10	2.00

Fuente: Autor.

Los datos obtenidos están dentro de los parámetros establecidos para nitrógeno en agua de riego establecidos en el MAE, el valor más alto se obtuvo en el sector en el mes de noviembre con un valor de 19.10 mg/l y el valor más bajo es de 0.15 mg/l en la muestra de la zona de Domingo Sabio

Tabla 30.

Tabla para Nitrógeno total en agua de riego (%)

	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Total por Fila</i>
Domingo Sabio	0 0,00%	0 0,00%	2 4,55%	2 4,55%
La Portada	4 9,09%	2 4,55%	19 43,18%	25 56,82%
Pilchibuela	8 18,18%	4 9,09%	5 11,36%	17 38,64%
Total por Columna	12 27,27%	6 13,64%	26 59,09%	44 100,00%

Elaborado por: Autor.

Esta tabla muestra los recuentos para una tabla de 3 por 3. El primer número en cada celda de la tabla es el recuento ó frecuencia. El segundo número muestra el porcentaje de toda la tabla

que representa esa celda. Por ejemplo, hubo 0 valores en la primera fila y primera columna. Esto representa 0,0% de los 44 valores en la tabla.

Tabla 31.

Prueba de Chi Cuadrado para Nitrógeno total en agua de riego

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	10,536	4	0,0323

Elaborado por: Autor.

Esta tabla 31 muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de cantidad de nitrógeno están influenciadas por la zona de recolección de la muestra. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) de que el lugar de muestra no influye con la cantidad de nitrógeno presente en los diferentes meses con un nivel de confianza del 95,0%. Por lo tanto, se acepta que la cantidad de nitrógeno total en el agua de riego depende de la zona donde fue tomada la muestra.

Plomo

Para el análisis de plomo se consideró en el Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola, que tiene como límite máximo permisible 5 mg/l.

Tabla 32.

Plomo total (mg/l) para agua de riego

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	No detectable	No detectable	No detectable
Diciembre	No detectable	No detectable	No detectable
Enero	<0.001	<0.001	<0.001

Fuente: Autor.

Como se observó en la tabla 32 no se detecta la presencia de plomo en el agua de riego. En este caso al no existir restos de plomo en el agua de riego, tampoco se aprecia alta concentración de plomo en el suelo y se detectó en el mes de diciembre, pero no sobrepasa los límites permisibles.

Estos análisis fueron ratificados en los meses de abril, mayo y junio del 2018 los mismos que presentaron valores no detectables por el equipo utilizado.

Tabla 33.

Plomo total (mg/l) para agua de riego, datos de verificación

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Abril	<0.05	<0.05	<0.05
Mayo	<0.05	<0.05	<0.05
Junio	<0.05	<0.05	<0.05

Fuente: Autor.

Cadmio

Para el análisis de cadmio se consideró Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola “que tiene como límite máximo permisible 0.05 mg/l.

Tabla 34.

Cadmio total (mg/l) para agua de riego

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	0.025	0.034	0.027
Diciembre	No detectable	No detectable	No detectable
Enero	<0.01	<0.01	<0.01

Fuente: Autor.

Como se observa en la Tabla 34, en el mes de noviembre, existe la presencia de cadmio en las tres zonas siendo la de mayor concentración en el sector de La Portada. No se encontraron registros de otros autores en esa microcuenca, sin embargo, presentan estudios realizados por Almeida (2014) en el río Ambi en el cual se observó la presencia de Cadmio con un valor de

0.05 mg/l. Al tener una variación en el transcurso del tiempo se realizó un nuevo análisis como se muestra en la tabla 35 en los meses de abril, mayo y junio del 2018 en los cuales los equipos utilizados no fueron capaces de detectar la presencia de este elemento en el agua de riego.

Tabla 35.

Cadmio total (mg/l) para agua de riego, datos de verificación

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Abril	<0.002	<0.002	<0.002
Mayo	<0.002	<0.002	<0.002
Junio	<0.002	<0.002	<0.002

Fuente: Autor.

Cromo

En el Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola tiene como límite máximo permisible 0.1 mg/l

Tabla 36.

Cromo (mg/l) para agua de riego

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	0.287	0.074	No detectable
Diciembre	0.04	0.019	0.081
Enero	11.8	7.8	2.26

Fuente: Autor.

Como se observó en la tabla 36, existe presencia de cromo en el agua de riego, que en el mes de enero presenta valores superiores a los permitidos, que se los puede relacionar con el aumento de la elaboración del cuero en las curtiembres.

Tabla 37.
Tabla para Cromo en agua de riego (%)

	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Total por Fila</i>
Domingo Sabio	1	1	2	4
	4,35%	4,35%	8,70%	17,39%
La Portada	1	1	8	10
	4,35%	4,35%	34,78%	43,48%
Pilchibuela	1	1	7	9
	4,35%	4,35%	30,43%	39,13%
Total por Columna	3	3	17	23
	13,04%	13,04%	73,91%	100,00%

Elaborado por: Autor.

Esta tabla 37 muestra los recuentos para una tabla de 3 por 3. El primer número en cada celda de la tabla es el recuento ó frecuencia. El segundo número muestra el porcentaje de toda la tabla que representa esa celda. Por ejemplo, hubo 1 valor en la primera fila y la primera columna. Esto representa 4,35% de los 23 valores en la tabla

Tabla 38.
Prueba de Chi Cuadrado para Cromo en agua de riego

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	1,448	4	0,8358

Fuente: Autor.

Esta tabla muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de fila y columna son independientes. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, se acepta la hipótesis nula H_0 en la cual el nivel de cromo por mes no tiene relación con la zona de muestreo con un nivel de confianza del 95,0%.

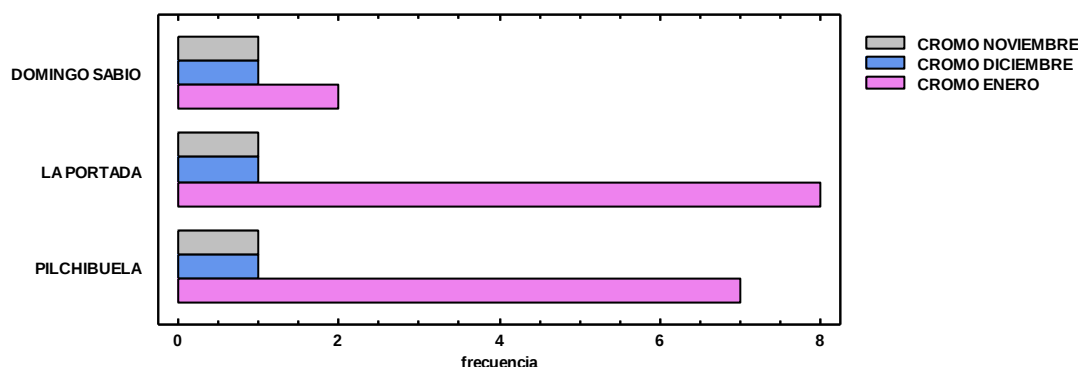


Figura 10. Diagrama de Barras para Cromo en agua
Elaborado por: Autor.

6.3 FRUTO DE UVILLA

Para el análisis de esta variable se utilizó como referencia el CODEX ALIMENTARIO (Normas Internacionales de los Alimentos) establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecidos en el año de 1998 y actualizados en el año de 2011 (FAO, 2016).

Plomo (Pb)

El Codex Alimentario establece como un valor mínimo de plomo 0,1mg/kg.

Tabla 39.

Plomo total (mg/kg) en el fruto de uvilla

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	0.0142	0.0121	0.0125
Diciembre	<0.09	<0.09	<0.09
Enero	<0.09	<0.09	<0.09

Fuente: Autor.

En la tabla 39 se puede observar que ningún de los valores sobrepasa el límite máximo permisible de 0,1 mg/kg. Los problemas que tienen las aguas negras usadas para riego y la contaminación del suelo radican en los niveles de metales pesados como el plomo, los cuales, en la mayoría de los casos son acumulados y afectan directamente a la agricultura. La disponibilidad de estos contaminantes y al no ser biodegradables puede resultar peligroso para los humanos (Méndez et al., 2009), sin embargo los datos obtenidos en el estudio evidencia la baja concentración de plomo llevándolos a ser casi indetectables para el equipo utilizado.

Cadmio (Cd)

En la Tabla 40, se observa que los valores en todos los sectores no sobrepasan los límites permisibles expresados en el texto; Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios, en la Legislación Brasileña de Metales Pesados - Revisión Febrero 2019, que es de 0.50 (mg/kg), sin embargo, en la investigación de (Azcona, 2012) presenta que con estos niveles pueden ser tóxicos para la salud.

Tabla 40.
Cadmio total (mg/kg) en el fruto de Uvilla

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	0.030	0.026	0.019
Diciembre	0.015	0.024	0.028
Enero	0.015	0.023	0.027

Fuente: Autor.

Con el fin de establecer si existe relación entre el lugar de muestra y la cantidad de cadmio que existe en la fruta se realizó una prueba del chi cuadrado en la cual se estableció que el valor de P fue menor que 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula (Ho) y se observó que existe relación entre el lugar de muestra y el valor de concentración de cadmio presente en las muestras

Tabla 41.
Tabla para Cadmio en fruto de Uvilla (%)

	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Total por fila</i>
Domingo Sabio	1	1	0	2
	12,50%	12,50%	0,00%	25,00%
La Portada	1	1	1	3
	12,50%	12,50%	12,50%	37,50%
Pilchibuela	1	1	1	3
	12,50%	12,50%	12,50%	37,50%
Total por Columna	3	3	2	8
	37,50%	37,50%	25,00%	100,00%

Elaborado por: Autor.

Esta tabla muestra los recuentos para una tabla de 3 por 3. El primer número en cada celda de la tabla es el recuento ó frecuencia. El segundo número muestra el porcentaje de toda la tabla que representa esa celda. Por ejemplo, hubo 1 valor en la primera fila y la primera columna. Esto representa 12,5% de los 8 valores en la tabla.

Tabla 42.

Prueba de Chi Cuadrado para cadmio total en el fruto de uvilla

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrado	0,889	4	0,9261

Elaborado por: Autor.

Esta tabla 42 se muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de fila y columna son independientes. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho) en la que la cantidad de Cadmio presente en la fruta de uvilla no depende de la zona de muestreo con un nivel de confianza del 95,0%.

Cromo Total (Cr)

Los valores presentados son mínimos y en el Codex Alimentario no se regula la cantidad permitida de cromo en los alimentos, sin embargo, para el análisis se tomó en cuenta el valor en el texto; Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios, en la Legislación Brasileña de Metales Pesados - Revisión Febrero 2019 que para Cromo es un máximo de 0,10 mg/kg.

Tabla 43.

Cromo total (mg/kg) en el fruto de uvilla

	<i>Pilchibuela</i>	<i>La Portada</i>	<i>Domingo Sabio</i>
Noviembre	4.4	5.4	3.9
Diciembre	5.6	6.8	4.2
Enero	6	7.3	4.5

Fuente: Autor.

Como se puede ver en la tabla 43, todos los valores sobrepasan la norma establecida, por lo tanto, se puede decir que la presencia del cromo en la uvilla es significativa, no recomendable para el consumo humano, ya que el prolongado consumo de concentraciones altas de metales pesados a través de productos alimenticios conduce a la acumulación crónica de los mismos en órganos como el riñón y el hígado, interrumpiendo ciertos procesos bioquímicos, provocando enfermedades cardiovasculares, nerviosas, renales y óseas. Las altas concentraciones de metales pesados en frutas y vegetales ha sido relacionada directamente con el cáncer gastrointestinal (Turkdogan et al., 2002). El cromo puede irritar la piel y causar ulceraciones, además de problemas en el sistema circulatorio y el tejido fino nervioso.

Tabla 44.

Tabla para Cromo en Fruto de Uvilla (%)

	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Enero</i>	<i>Total por fila</i>
Domingo Sabio	4	4	5	13
	8,33%	8,33%	10,42%	27,08%
La Portada	5	7	7	19
	10,42%	14,58%	14,58%	39,58%
Pilchibuela	4	6	6	16
	8,33%	12,50%	12,50%	33,33%
Total por Columna	13	17	18	
	27,08%	35,42%	37,50%	100%

Elaborado por: Autor.

Esta tabla muestra los recuentos para una tabla de 3 por 3. El primer número en cada celda de la tabla es el recuento ó frecuencia. El segundo número muestra el porcentaje de toda la tabla que representa esa celda. Por ejemplo, hubo 4 valores en la primera fila y primera columna. Esto representa 8,33% de los 48 valores en la tabla.

Tabla 45.

Prueba de Chi cuadrado de Cromo para Fruto de Uvilla

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Gl</i>	<i>Valor-P</i>
Chi-Cuadrada	0,210	4	0,9949

Elaborado por: Autor.

Esta tabla muestra los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza, o no, la idea de que las clasificaciones de fila y columna son independientes. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, se acepta la hipótesis nula (H_0) en la que la cantidad de cromo en el fruto de uvilla no es afectada por la zona de muestreo en los diferentes meses con un nivel de confianza del 95,0%.

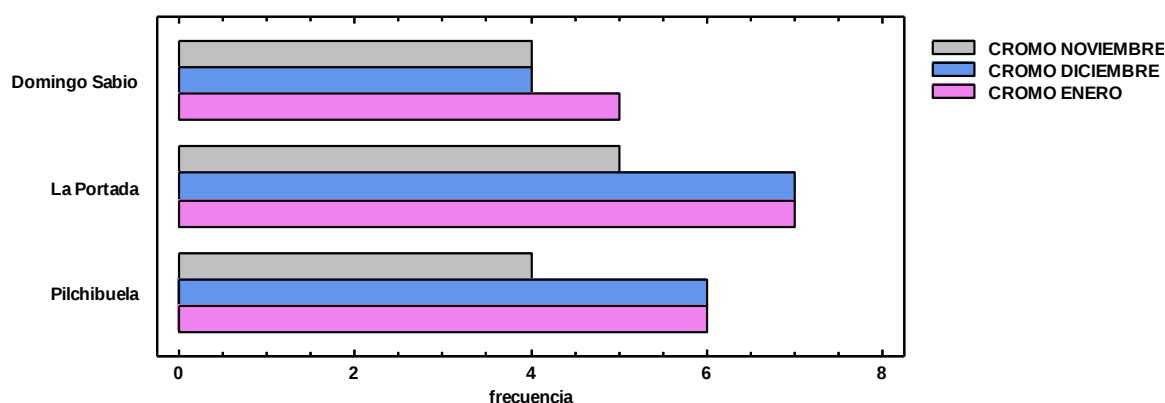


Figura 11. Diagrama de Barras para Cromo en fruto de Uvilla
Elaborado por: Autor

SOCIALIZACIÓN

La socialización de la investigación se realizó en la Cantón Cotacachi en la Microempresa Sumak Mikuy el día 26 de julio del 2018, en la cual se invitaron a 25 productores de las zonas afectadas, sin embargo, se tuvo la presencia de 8 personas de las diferentes entidades, a las que se compartió el resultado de la investigación.

Los participantes se vieron interesados en la investigación, por lo que se sugirió que se hiciera un monitoreo más extenso y se involucrara a las autoridades ambientales competentes con el fin de determinar las posibles fuentes de contaminación.

Se formuló un cuestionario el mismo que fue entregado por la coordinación de vinculación de la Escuela de Ciencias Agrícolas de la PUCE SI cuyos resultados se presentan a continuación.

Organización del evento de socialización

1.- ¿Considera Ud. que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?

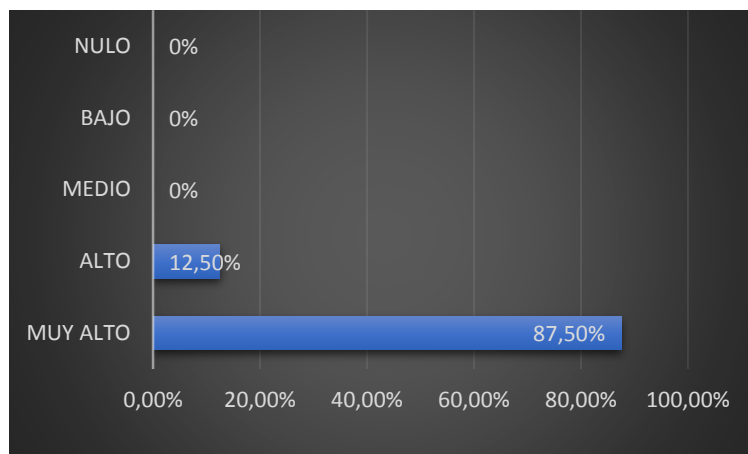


Figura 12. Tabulación del aspecto organizacional del evento de socialización
Fuente y Elaborado por: Autor.

2.- ¿Considera Ud. que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?

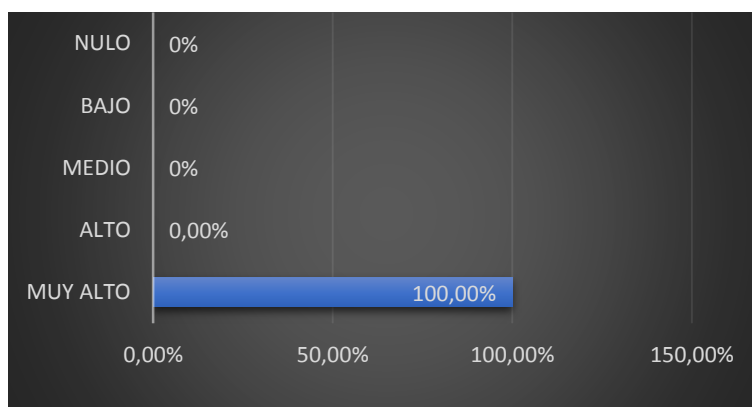


Figura 13. Tabulación del aspecto organizacional del evento de socialización
Fuente y Elaborado por: Autor.

Ejecución del evento por parte del expositor

3.- ¿Considera Ud. que el expositor mostro dominio en el tema?

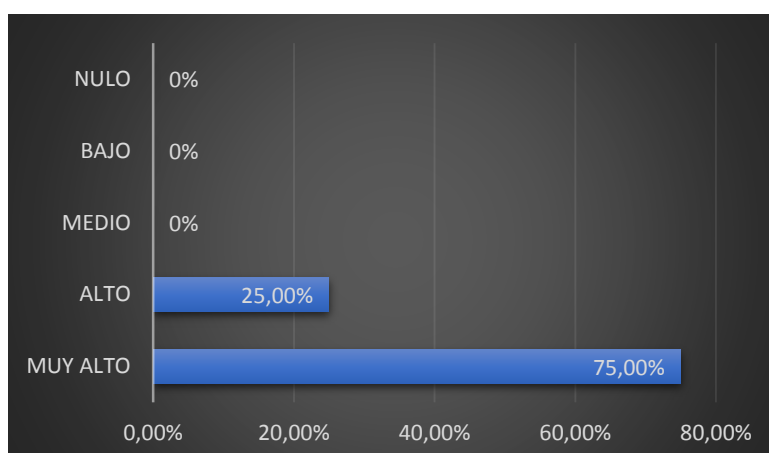


Figura 14. Tabulación del aspecto ejecución del evento por parte del expositor.
Fuente y Elaborado por: Autor.

4.- ¿Estima Ud. que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?

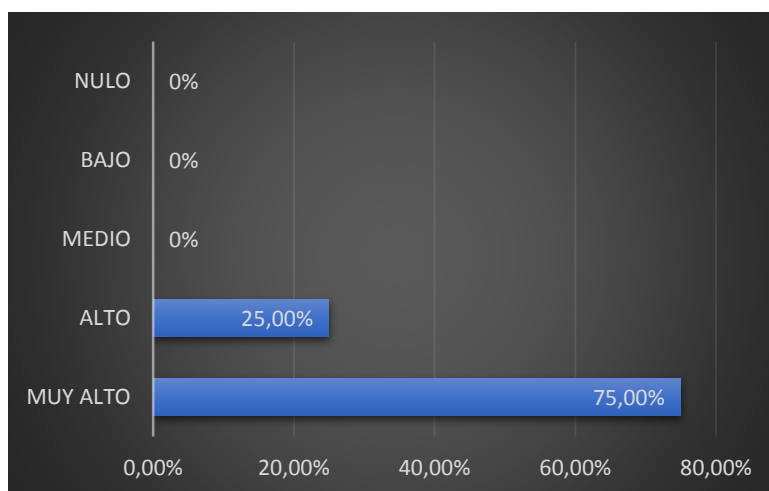


Figura 15. Tabulación del aspecto ejecución del evento por parte del expositor.
Fuente y Elaborado por: Autor.

5.- ¿Considera Ud. que el expositor demostró facilidad de expresión?

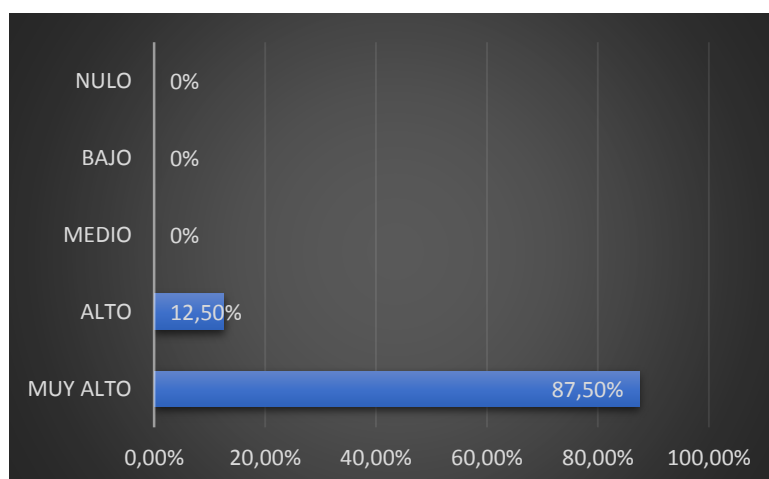


Figura 16. Tabulación del aspecto ejecución del evento por parte del expositor.

Fuente y Elaborado por: Autor.

Medición de impacto de la investigación

6.- ¿Considera Ud. que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?

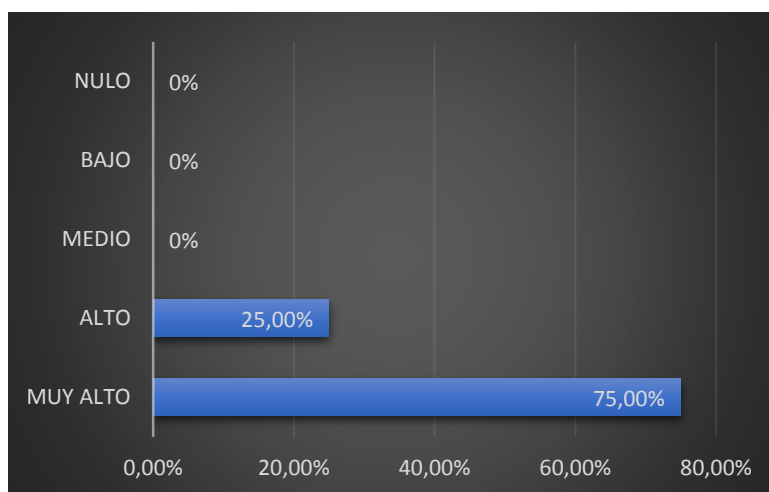


Figura 17. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.

Fuente y Elaborado por: Autor.

7.- ¿Considera Ud. que esta investigación posee perspectiva para estudios complementarios posteriores?

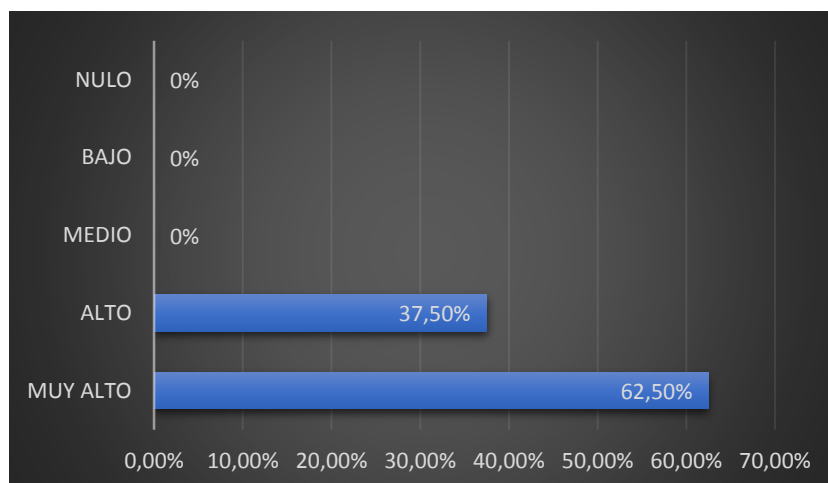


Figura 18. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.

Fuente y Elaborado por: Autor.

8.- ¿Considera Ud. que el tema investigado genera actualmente o a un futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?

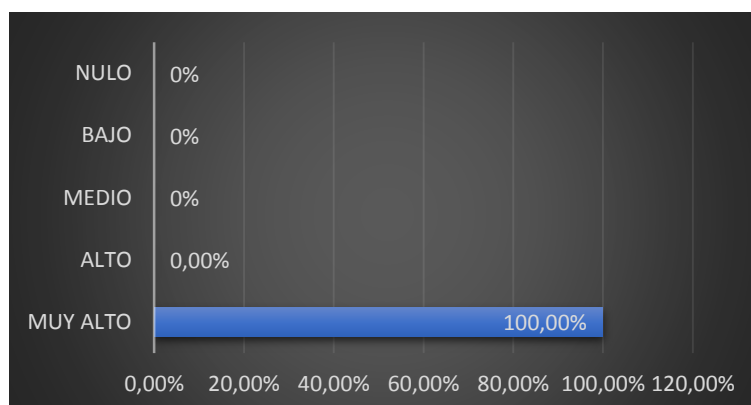


Figura 19. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.

Fuente y Elaborado por: Autor.

9.- ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que estos se cumplieron?

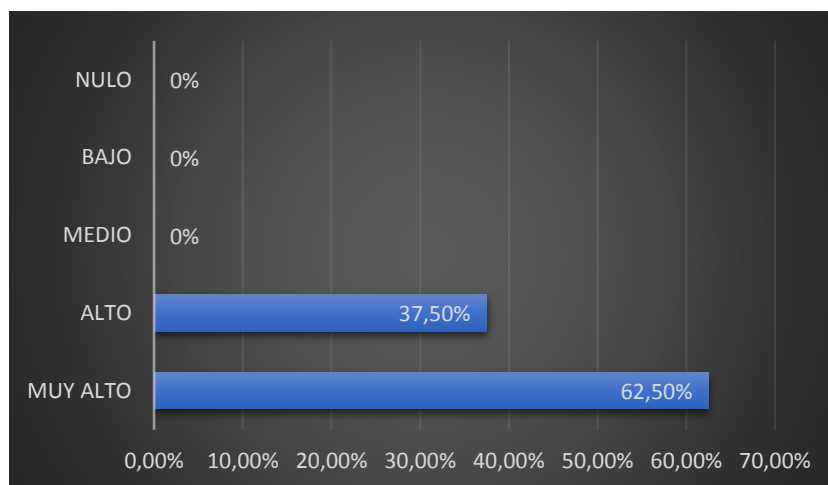


Figura 20. Tabulación del aspecto medición de impacto de la investigación.

Fuente y Elaborado por: Autor.

Las problemáticas mencionadas que podrían ser investigadas son:

- Manejo de los residuos industriales y químicos que se utilizan en las curtiembres.
- Realizar un monitoreo basado en un análisis microbiológico del recurso agua en el área de influencia.
- Contaminación de los productos del sector.

7. CONCLUSIONES

- Se determinó que la Conductividad Eléctrica en el Sector de Pilchibuela denominada zona baja en el mes de Noviembre, en lo que respecta al suelo, sobrepasa el límite de la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo, que es de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y se obtuvo un valor alto de 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual es un valor extremadamente alto, y a su vez en el mes de diciembre con un valor de 325 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en enero de 332 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual se determina que en esta zona existe una elevada salinidad del suelo, debido principalmente a precipitación y humedad que se generó en ese mes, además de las sales disueltas en las aguas de escorrentía.
- En lo referente a plomo y cadmio en suelo, no se obtuvo un valor significativo, por lo que se replicó sus análisis en otros meses diferentes del primer muestreo lo que se obtuvo es que objetivamente no existe el metal plomo y cadmio en las tres zonas y en los 3 meses que se realizó el muestreo.
- En cuanto al metal cromo se observa valores significativos, pero no sobrepasa los niveles que es de 54mg/kg, el valor más alto es en el sector de Pilchibuela denominada como zona baja, en el mes de enero, se puede definir que existe un valor indicador ya que existe la producción de curtiembres en esa zona ya que el cromo es relativamente inmóvil debido a su gran capacidad de adsorción en los suelos.
- Al caracterizar el agua de riego en cada piso altitudinal se determinó que la conductividad eléctrica, los niveles de nitrógeno total, se encuentran dentro de los parámetros normales, al igual que los metales pesados plomo y cadmio no se identificó con el equipo que existan dichos metales a pesar de su verificación en los meses de abril, mayo y junio de 2018.
- En cuanto a cromo en el agua de riego se observa que existe gran cantidad ya que supera el límite que determina el Registro Oficial - Edición Especial N° 387 de 04 de noviembre de 2015, anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua; Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola que es de 0.1 mg/l, los valores obtenidos en el mes de enero son los más altos que va de la zona baja a la zona alta respectivamente, de 11.8 mg/l, 7.8 mg/l, y 2.26 mg/l, el cual se llega a la conclusión que es factor tiempo ya que en este mes es de lluvias además que

el cromo hexavalente se encuentra en rocas, plantas y suelo en donde existe en combinación con otros elementos para formar diversos compuesto y acarrea todo lo de la ciudad hasta la zona baja, además de la gran demanda de producción del cuero que se da en esta época ya que abarca en la aplicación de procesos de curtido, pigmento de textiles.

- En lo que respecta a los metales pesados plomo y cadmio para fruto de uvilla (*Physalis peruviana*), no se evidencia un valor significativo lo cual no se determina la presencia de los metales anteriormente mencionados.
- En relación a cromo para el fruto de uvilla (*Physalis peruviana*), existe un alto grado de contaminación en todos los meses y zonas estudiadas, lo que quiere decir que es significativa y no apta para el consumo humano, ya que la ingesta excesiva de metales pesados incrementaría los riesgos por desarrollar cáncer, especialmente de piel, pulmón, hígado o estómago.
- Al realizar las pruebas estadísticas de chi cuadrado para comprobar la relación que existe entre la zona de muestreo y la concentración de metales pesados por mes en el suelo, agua y fruto, se evidenció que la cantidad de metales por mes no tiene una relación directa con la zona de recolección de la muestra.
- La socialización de los resultados de la investigación mostró la preocupación de los 8 productores de la microempresa Sumak Mikuy procesadora de la uvilla del Cantón Cotacachi y su interés por seguir realizando estudios en el tema

8. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos estudios en los que se involucren otros metales pesados como Arsénico y Mercurio por su alta relación con los procesos antropogénicos que se presenta en el cantón y como estos afectan a la fauna y flora.
- Iniciar un proceso de identificación de las principales fuentes de contaminación durante el curso de la microcuenca del Río Pichaví y de esta manera evitar que se eleven los niveles de contaminación, con la participación de las entidades de control.
- Implementar programas de capacitación a los agricultores y expendedores de los mercados para que los productos que comercializados sean aptos para el consumo humano de acuerdo a normas y reglamentos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E; Carrasco, M; Olga, L; Martinez, E; Silva, P; Castillo, G. (2005). Criterios de calidad suelos, aguas y agrícola.
- Acosta, M., & Montilla, J. (2011). Evaluación De La Contaminación Por Cadmio Y Plomo En Agua, Suelo, Y Sedimento Y Analisis De Impactos Ambientales En La Subcuenca Del Rio Balsillas Afluente Del Rio Bogotá., 24.
- Almeida, L. (2014). *Una revisión de la evaluación de la calidad de agua de los ríos de la provincia de Imbabura*. Retrieved from http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/8370/1/Almeida_Betancourt_Lucio_Antonio.pdf
- APHA, AWWA, & WEF. (2012). *Manual de Métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales* (Vol. 1912).
- AQUAfast, -Thermo Scientific Orion. (2012). Powder and Tablet Reagent Chemistry. In *Powder and Tablet Reagent Chemistry* (pp. 16-53-54-67).
- Báez, S., García, Ma., Guerrero, F., & Larrea, A. (1999). *Cotacachi Capitales Comunitarios Y Propuestas De Desarrollo Local*.
- Cabezas, J., Alonso, J., Pastor, J., Sastre-Conde, I., & Lobo, M. (2004). Absorción y acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora. *Environmental Biotechnology and Engineering*, 6–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.05.002>
- Cabrera, W. (2002). *Propuesta de manejo del Rio Ambi, Provincia de Imbabura*. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- CODEX. (1999). Norma General Del Codex Stan 193-1995, Para Los Contaminantes Y Las Toxinas Presentes En Los Alimentos Y Piensos. In *Codex Stan 193_1995* (pp. 1–48).
- Cordero J. (2015). Fitorremediación in Situ Para La Recuperación De Suelos Contaminados Por Metales Pesados (Plomo Y Cadmio) Y Evaluación De Selenio En La Finca Furatena Alta En El Municipio De Útica (Cundinamarca), 13–43.
- Díaz Aguirre, S., Mayari, R., Del Carmen Espinosa, M., & Hernández Díaz, R. (2005). Metodología para el Muestreo y Manipulación de muestras de Aguas y Aguas Residuales en un Labmovil. (Spanish). *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 36, 1.
- Díez Ortiz, M. (2006). Valores de Fondo de Elementos Traza en Suelos de La Provincia de Granada. *Tesis Doctoral, UG*, 200.
- Douglas A. Skoog, F. J. H. y T. A. N. (1990). *Principios de Análisis Instrumental*.
- Eapen, S., Singh, S., & D'Souza, S. F. (2007). Advances in development of transgenic plants

- for remediation of xenobiotic pollutants. *Biotechnology Advances*.
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.05.001>
- Equator Initiative. (2008). Unión de Organizaciones Campesinas e Indígenas de Cotacachi. Retrieved from
http://www.equatorinitiative.org/index.php?option=com_content&view=article&id=543:unorcac&catid=107&Itemid=816
- Europea, U., Maximos, C., Metales, E. N., En, P., & Alimenticios, P. (2019). METALES PESADOS Revisión Febrero 2019.
- Fallas, J. (2012). *PRUEBA DE HIPÓTESIS*.
- FAO. (1996). El Estado Mundial De La Agricultura Y La Alimentacion. Retrieved from
<http://www.fao.org/docrep/003/w1358s/w1358s.pdf>
- Flórez, Á. J. (2012). *Pruebas de hipótesis*.
- Galán Huertos, E., & Romero Baena, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Macla*, 10, 48–60.
- García, I.; Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados. En Tecnología de Suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Revista Científica Ciencia Médica*. Granada, España.
- Gil Olcina, D. A., & Rico Amorós, D. A. M. (2007). *El problema del agua en la comunidad de Valencia*. Retrieved from
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/23026/1/2007_Antonio_Rico_Problema_agua_CV.pdf++
- Giuffré, L., Ratto, S., Marbán, L., Schonwald, J., & Romaniuk, R. (2005). Riesgo por metales pesados en horticultura urbana. *Ciencia Del Suelo*.
- Gobierno autónomo descentralizado del cantón Cotacachi. (2011). *Plan de desarrollo y de ordenamiento territorial del Cantón Cotacachi*.
- INAMHI. (2015). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- INEC. (2010). Instituto Nacional de Estadísticas y. *CENSO Del 2010*. Retrieved from
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>.
- Izquierdo, J., & Rodríguez, F. M. (2006). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPA): En busca de sostenibilidad, competitividad y seguridad alimentaria*.
- Karlanian, M. (2010). Cómo medir el pH y la conductividad eléctrica. Retrieved from
<http://inta.gob.ar/documentos/como-medir-el-ph-y-la-conductividad-electrica/>
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Bioteconología En El Sector*

- Agropecuaria Y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- López, M. G. (2009). Distribución y fitodisponibilidad de metales pesados (Sb, Hg, As) en los jales de la mina de Antimonio de Wadley, Estado de San Luis Potosí, 149.
- Lora Silva, R., & Bonilla Gutiérrez, H. (2010). Remediation of a Soil Contaminated With the Heavy Metals Cadmium and Chromium on the High Basin of the Bogota River. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 61–70. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262010000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Mafla, E. (2015). “Determinación de cromo, plomo y arsénico en aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo - Ambato y evaluación de la transferencia de dichos metales a hortalizas cultivadas en la zona; mediante espectrofotometría de absorción atómica.”
- Mahecha Pulido, J., Trujillo González, J., & Torres Mora, M. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región Ariari, Departamento de Meta. *Orinoquia*, 19(1), 108–122. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v19n1/v19n1a11.pdf>
- Martí, L., Cavagnaro, M., & Burba, J. N. (2002). Metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos. *FCA UNCuyo Review*, pp. 43–48.
- Martínez, G., & Palacio, C. (2010). *Determinación de metales pesados Cadmio y Plomo en suelos y granos de cacao frescos y fermentados mediante espectroscopia de absorción atómica de llama. Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Martínez, Y., & Rivero, C. (2005). Evaluación de diferentes métodos para determinar las fracciones de metales pesados presentes en el suelo. *Revista Ingeniería UC.*, 12(3), 7.
- Mejía, C. M. (2011). *Metales Pesados En Suelos Y Plantas: Contaminación Y Fitotoxicidad. Departamento Académico de Bromatología y Nutrición. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/204360496/METALES-PESADOS-EN-SUELOS-Y-PLANTAS-CONTAMINACION-Y-FITOTOXICIDAD>
- Méndez, P., Ramírez, G., César, A., Gutiérrez, R., Alma, D., & García, P. (2009). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>.
- Molina, C. I., Ibañez, C., & Gibon, F. M. (2012). Proceso de biomagnificación de metales pesados en un lago hiperhalino (Poopó , Oruro , Bolivia): Posible riesgo en la salud de consumidores Biomagnification process of heavy metals of a hyperhaline lake. *Ecología En Bolivia*, 47(2), 99–118.
- Navarro-Aviñón, J. P., Aguilar Alonso, I., & López-Moya, J. R. (2007). Aspectos bioquímicos

- y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas*.
<https://doi.org/10.7818/re.2014.16-2.00>
- Pérez Vázquez, R. G. (2011). Efecto de los metales pesados en la salud humana. *Universidad de Pinar Del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca” Departamento de Geología*.
- ProEcuador. (2016). Perfil Sectorial de Frutas No tradicionales 2016. *Instituto de Promoción de Exportaciones E Inversiones*, 1(1). Retrieved from <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/PERFIL-FRUTAS-NO-TRADICIONALES.pdf>
- Rábago, I. Aracil, J. (2011). *Capacidad de amortiguación de la contaminación por plomo y por cadmio en suelos de la comunidad de madrid. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid*.
- Registro oficial de Ecuador. (2015). Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria. *Acuerdo No. 061 Reforma Del Libro Vi Del Texto Unificado De Legislación Secundaria*, 80. Retrieved from <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
- Rhoades, R. (2006). Desarrollo con Identidad, Comunidad, cultural y Sustentabilidad en los andes. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=Wk8KVrCuBEwC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- Rocha, E. (2000). *Principios básicos de espectroscopia*.
- Rodríguez Ortiz, J. C., Alcalá Jáuregui, J. A., Hernández Montoya, A., Rodríguez Fuentes, H., Ruiz Espinoza, F. H., García Hernández, J. L., & Díaz Flores, P. E. (2014). Elementos traza en fertilizantes y abonos utilizados en agricultura orgánica y convencional. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4), 695–701. Retrieved from <http://redalyc.org/articulo.oa?id=263130476013>
- Roy, S., Labelle, S., Mehta, P., Mihoc, A., Fortin, N., Masson, C., ... Greer, C. W. (2005). Phytoremediation of heavy metal and PAH-contaminated brownfield sites. *Plant and Soil*, 272(1–2), 277–290. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-5295-9>
- Shaxon, F., & Barber, R. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. *Boletín de Suelos de La FAO*, 105.
- Singh, A; Rajesh Kumar, S; Madhoolika, A y Fiona, M. (2014). *Risk Assessment of Heavy Metal Toxicity Through Contaminated Vegetables From Waste. International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science* (Vol. 51).

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.041>

Spectroquant, N. 60. (2007). Métodos de análisis, 136.

Turkdogan, K., Kilicel, F., Kara K., Tuncer, I. & Uygan, I. (2002). Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Science Direct. 175-179. DOI: 10.1016/S1382-6689(02)00156-4

UNESCO-WWAP. (2003). Agua para todos, agua para la vida. *United Nations*, 36. Retrieved from <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>

United Nations. (2006). *El agua, una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409S.pdf>

Waisberg, M., Joseph, P., Hale, B., & Beyersmann, D. (2003). Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis. *Toxicology*. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(03\)00305-6](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(03)00305-6)

10. ANEXOS

Anexo 1. Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	Ausencia	5.0
Arsénico	As	mg/l	0.1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.75
Cadmio	Cd	mg/l	0.05
Cinc	Zn	mg/l	2.0
Cobalto	Co	mg/l	0.01
Cobre	Cu	mg/l	0.2
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2.5
Materia Flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.5
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0.5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH	mg/l	6-9
Plomo	Pb	mg/l	5.0
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sulfatos	SO ₄	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0.1

Anexo 2. Parámetros de los Niveles de la Calidad de Agua para Riego

Problema potencial	Unidades			
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Salinidad (1):				
CE (2) SDT	milimhos/cm	0.7	0.7-3.0	>3.0
(3)	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración (4):				
RAS = 0 – 3 y CE		0-7	1-0.2	<0.2
RAS = 3 – 6 y CE		1	3 1,90,	<0.3
RAS = 6		2	3 1,90	<0.5
RAS = 12		2.9	5,0-2, 9	<1.3
20 y CE =		5.0		<2.9
Toxicidad por iones	meq/l	3.0	3.0-9.0	>9
específico (5) Sodio				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	4.0	4.0-10.0	>10.0
Aspersión	meq/l	3.0	3.0-0.7	>9
-Cloruros:	mg/l	0.7	3.0	
Irrigación superficial				
Aspersión	meq/l			
-Boro	meq/l			>3
Efectos misceláneos (7)				
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5.0	5.0-30	>30.0
Bicarbonato (HCO3) Solo	meq/l	1.5	1.5-8.5	>8.5
aspersión				
pH	Rango normal		6.5-8.4	

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua de riego

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

(2) Conductividad eléctrica del agua. Regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).

(3) Sólidos disueltos totales.

(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.

(6) RAS, reacción de absorción de sodio ajustada.

(7) Afecta a los cultivos susceptibles

Fuente: (Registro oficial de Ecuador, 2015)

Anexo 3. Criterios de Calidad de Suelo

<i>PARÁMETROS GENERALES</i>			
Parámetros	Unidades	Valor	
Conductividad	uS/cm		200
pH			6-8
Relación de adsorción de Sodio (Índice SAR)			4*

<i>Parámetros inorgánicos</i>		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Como VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Níquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60

Anexo 4. Resultados de análisis físicos del agua realizados en el laboratorio de la PUCESI

Fecha y número de muestreo: Primera salida 30 de Noviembre 2016 Segunda salida 27 de Diciembre 2016 Tercera salida 20 de Enero del 2017

PARÁMETROS	RESULTADOS ANALÍTICOS				RESULTADOS ANALÍTICOS			RESULTADOS ANALÍTICOS		
	Unidad	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA
Conductividad Eléctrica	µScm-1	728.1	624.1	576	735	645	598	745	610	590
pH		7.39	7.25	7,08	7,4	7.08	7.09	7.47	7.24	5.59

Fuente: Autor.

Anexo 5. Resultados de análisis químicos y determinación de metales pesados del agua realizados en el laboratorio de la UTN

Fecha y número de muestreo: Primera salida 30 de Noviembre 2016 Segunda salida 27 de Diciembre 2016 Tercera salida 20 de Enero del 2017

PARÁMETROS	RESULTADOS ANALÍTICOS				RESULTADOS ANALÍTICOS			RESULTADOS ANALÍTICOS		
	Unidad	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA
Nitrógeno Total	mg/l	7.82	4.27	0.43	4.40	2.33	0.15	5.32	19.10	2.00
Plomo	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio	mg/l	0.025	0.034	0.027	ND	ND	ND	<0,1	<0,1	<0,1
Cromo	mg/l	0,287	0,074	ND	0,04	0,019	0,081	11,8	7,8	2,26

Fuente: Autor.

Anexo 6. Resultados del análisis físico del suelo realizados en el laboratorio de la PUCESI

<i>Fecha y número de muestreo: Primera salida 30 de Noviembre 2016 Segunda salida 27 de Diciembre 2016 Tercera salida 20 de Enero del 2017</i>										
<i>PARÁMETROS</i>	<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			
	<i>Unidad</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>
Conductividad Eléctrica	µScm-1	720	81.9	43	325	142	95	332	145	90
pH		6.7	6.8	7.2	7.7	6.74	6.14	7.72	6.78	6.1

Fuente: Autor.

Anexo 7. Resultados de análisis químicos y determinación de metales pesados del suelo realizados en el laboratorio de la UTN

<i>Fecha y número de muestreo: Primera salida 30 de Noviembre 2016 Segunda salida 27 de Diciembre 2016 Tercera salida 20 de Enero del 2017</i>										
<i>PARÁMETROS</i>	<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			
	<i>Unidad</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>
Fósforo Total	mg/kg	2,96	1.0	4.0	20,66	10,11	4,05	18,48	12,3	4,13
Nitrógeno Total	mg/kg	29.97	14.88	10.41	62.29	6.5	2.59	63.7	6.4	2.5
Plomo	mg/kg	ND	ND	ND	9,96*10 ⁻⁴	5,39*10 ⁻⁴	2,69*10 ⁻⁴	<1*10 ⁻³	<1*10 ⁻³	<1*10 ⁻³
Cadmio	mg/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.014	0.048	0.068
Cromo	mg/kg	3,76	3,22	4,09	7,23	6,46	8,27	19,17	7,14	4,04

Fuente: Autor.

Anexo 8. Resultados de la verificación de Plomo y Cadmio en agua realizados en el laboratorio de la UTN

<i>Fecha y número de muestreo:</i>		<i>Abril 2018</i>			<i>Mayo 2018</i>			<i>Junio 2018</i>		
PARÁMETROS		<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>		
	<i>Unidad</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>
Plomo	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmio	mg/l	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

Fuente: Autor

Anexo 9. Resultados de la verificación del Plomo y Cadmio en suelo realizados en el laboratorio de la UTN

<i>Fecha y número de muestreo:</i>		<i>Abril 2018</i>			<i>Mayo 2018</i>			<i>Junio 2018</i>		
PARÁMETROS		<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>			<i>RESULTADOS ANALÍTICOS</i>		
	<i>Unidad</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>
Plomo	mg/kg	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.10	0.50	0.25	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cadmio	mg/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.072	0.045	0.013

Fuente: Autor.

Anexo 10. Resultados de absorción en el fruto de uvilla realizados en el laboratorio de la UTN

<i>Fecha y número de muestreo: Primera salida 30 de Noviembre 2016 Segunda salida 27 de Diciembre 2016 Tercera salida 20 de Enero del 2017</i>										
PARÁMETROS	RESULTADOS ANALÍTICOS			RESULTADOS ANALÍTICOS			RESULTADOS ANALÍTICOS			
	<i>Unidad</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>	<i>ZB</i>	<i>ZM</i>	<i>ZA</i>
Plomo	mg/kg	0.0142	0.0121	0.0125	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Cadmio	mg/kg	0.030	0.026	0.019	0.015	0.024	0.028	0.015	0.023	0.027
Cromo	mg/kg	4,4	5,4	3,9	5,6	6,8	4,2	6	7,3	4,5

Fuente: Autor.

*Anexo 11. Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios para Cadmio - Legislación Brasileña de Metales Pesados -
Revisión febrero 2019*

<i>CADMIO (Cd)</i>	
<i>ALIMENTO</i>	<i>TOLERANCIA EN PPM (mg/kg)</i>
Bebidas alcohólicas fermentadas	0.50
Bebidas alcohólicas fermentadas-destiladas	0.20
Refrescos	0.20
Zumos de frutas y jarabes naturales	0.50
Pescado y productos de la pesca	1
Otros alimentos	1

*Anexo 12. Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios para Cromo - Legislación Brasileña de Metales Pesados -
Revisión febrero 2019*

<i>CROMO (Cr)</i>	
<i>ALIMENTO</i>	<i>TOLERANCIA EN PPM (mg/kg)</i>
Cualquier Alimento	0.10

Fuente: (Europea, Maximos, Metales, En, & Alimenticios, 2019)

Anexo 13. Límites permisibles para Plomo - CODEX ALIMENTARIO (Normas Internacionales de los Alimentos)

<i>Producto Código</i>	<i>Nombre</i>	<i>Nivel mg/kg</i>	<i>Sufijo Tipo</i>
FC 0018	Frutos Cítricos	0.1	NM

Fuente:(CODEX, 1999)

Anexo 14. Encuesta de proceso de socialización de investigación



ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA		
EXPOSITOR		
LUGAR	DENTRO PUCESI	FUERA PUCESI

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					
EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					
MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					
REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO					
MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD					
INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO					

Fuente: PUCESI

Anexo 15. Registro fotográfico en el campo y laboratorio



Recolección de muestras de Agua.

Fuente: Autor



Identificación de las Plantaciones de Uvilla

Fuente: Autor



Análisis de Metales en el espectrofotómetro de absorción atómica
Fuente: Autor



Análisis Químicos de la Muestra de Uvilla
Fuente: Autor



Análisis Físicos del Suelo
Fuente: Autor



Uvilla deshidratada, previo a su análisis
Fuente: Autor



Preparación de Muestra de Uvilla, previo al análisis de absorción atómica
Fuente: Autor



Espectrofotómetro de Absorción Atómica
Fuente: Autor



Verificación de los puntos de muestreo en el río Pichaví
Fuente: Autor



Socialización
Fuente: Autor

Anexo 16. Certificación de los análisis realizados en el laboratorio UTN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Ibarra, 12 de octubre de 2017

CERTIFICACION

A petición verbal de la Señorita Sofia Carolina Maiguasca Rivera, estudiante de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la PUCE – SI, certifico que realizó análisis Físicos y Químicos de muestras de suelos, aguas y uvilla, el requerimiento analítico consta de los siguientes parámetros:

- Suelos y Aguas:

Parámetro	unidad
pH	-----
Conductividad	uS/cm
Solid. Totales	g/100 g
Nitritos	ppm
Nitratos	ppm
Amoniaco	ppm
Fosfatos	ppm
Plomo	ppb
Cadmio	ppb
Cromo	ppm
- Uvilla, fruto seco

Parámetro	unidad
Plomo	ppb
Cadmio	ppb
Cromo	ppm



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)299/7800
Fax: Ext. 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

FICAYA

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

La determinación de metales pesados, cadmio, plomo y cromo se siguió la siguiente técnica:

1. Pesado de la muestra, aproximadamente 1 a 2 g
2. Digestión ácida con ácido nítrico libre de metales (traza metal), en un horno microondas de digestiones ácidas, marca Milestone, modelo Star D.
3. Aforo del digerido a 100 ml con agua tipo 1.
4. Determinación en espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmers, AAnalyst400.
5. Construcción de curva de calibración de 5 puntos con estandar ACCUSTANDAR y concentración de 1000 ppm.
6. Coeficiente de varianza superior a 0,9 e inferior a 1.
7. Corrimiento de las muestras y obtención de resultados.
8. Cálculos.

Es todo cuanto puedo afirmar en honor a la verdad por lo que la Señorita, puede hacer uso del presente documento como estime.

Atentamente

Bioq. José Luis Moreno

Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext: 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 17. Resultados de los análisis de agua, suelo y fruto en los laboratorios de la UTN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13
FICAYA
Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe No	118-2019
Análisis Solicitado	Sra. Sofia Maigunshca
Empresa:	No aplica
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	28 de mayo de 2019
Fecha de entrega:	04 de junio de 2019
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No de lote:	No aplica
No. Unidades de lote	9

Agua

Parámetro Analizado	Unidad	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA
Fósforo Total	mg/l	1.202	0,7	0,763	1,82	0,536	0,131	0,83	0,273	0,076
Nitratos	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,91	0,46	ND	1,675	16,41	<0,01
Nitrato	mg/l	4,965	3,288	0,039	ND	ND	ND	<0,01	2,575	<0,01
Plomo	mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,1	<0,1	<0,1
Cadmio	mg/l	0,025	0,034	0,027	ND	ND	ND	<0,1	<0,1	<0,1
Cromo	mg/l	0,287	0,074	ND	0,04	0,019	0,081	11,8	7,8	2,26

Suelo

Parámetro Analizado	Unidad	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA
Fósforo Total	mg/kg	2,96	1,0	4,0	20,66	10,11	4,05	18,48	12,3	4,13
Nitratos	mg/kg	0,44	0,12	0,16	31,83	2,2	0,025	31,4	2,28	0,02
Nitrato	mg/kg	29,0	13,1	9,4	24,93	<1	<0,01	26,8	<1	<0,01
Plomo	mg/kg	ND	ND	ND	$9,96 \times 10^{-4}$	$5,39 \times 10^{-4}$	$2,69 \times 10^{-4}$	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$	$<1 \times 10^{-3}$
Cadmio	mg/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,014	0,038	0,068
Cromo	mg/kg	3,76	3,22	4,09	7,23	6,46	8,27	19,17	7,14	4,04

Uvilla

Parámetro Analizado	Unidad	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA
Plomo	mg/kg	0,0142	0,0121	0,0125	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09
Cadmio	mg/kg	0,030	0,026	0,019	0,015	0,024	0,028	0,015	0,023	0,027
Cromo	mg/kg	4,4	5,4	3,9	5,6	6,8	4,2	6	7,3	4,5

Atentamente:



Blas Luis Moreno C.
Técnico de Laboratorio



Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova, Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Fuente: Laboratorios UTN

Anexo 18. Resultados de los Análisis de verificación para muestra de suelo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13
FICAYA
Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	058 -2018
Análisis solicitado por:	Srta. Sofia Maiguashca
Empresa:	No aplica
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	23 de abril de 2018
Fecha de entrega informe:	11 de julio de 2018
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	9

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Suelos	No aplica

Mes: Abril

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		Zona alta	Zona media	Zona Baja	Media	
Plomo	ppb	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	Espectrofotometría de Absorción Atómica. Horno de Grafito
Cadmio	ppb	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	

Mes: Mayo

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		Zona alta	Zona media	Zona Baja	Media	
Plomo	ppb	0,10	0,50	0,15	0,25	Espectrofotometría de Absorción Atómica. Horno de Grafito
Cadmio	ppb	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	

Mes: Junio

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		Zona alta	Zona media	Zona Baja	Media	
Plomo	ppb	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	Espectrofotometría de Absorción Atómica. Horno de Grafito
Cadmio	ppb	72	45,4	13,2	43,53	

Nota: Los valores obtenidos y reportados < 0.05 y < 0.002, se encuentran bajo el límite de detección del equipo: Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmers AAnalyst 400. No se evidencia señal emitida por el metal analizado, sin embargo se evidencia señal debido al ruido propio del sistema electrónico del equipo, la cual no se considera cuantificable.

Tratamiento de la muestra: la muestra se deseco por 48 horas en horno de secado a 70°C, se disgregó. Se pesó una muestra analítica en balanza analítica Mettler Toledo, dentro de un caso de digestión de teflón, se agregó ácido nítrico traza metal, marca Fisher. Se digirió en horno de microondas marca Milestone Modelo Star D, por 2 horas. Se disolvió en agua destilada y se cuantificó por horno de grafito. Se realizaron los cálculos respectivos.

Atentamente:



Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova, Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2967800
Fax: Ext: 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Anexo 19. Resultados de los Análisis de verificación para muestra de agua



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13
FICAYA
Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°:	057-2018
Análisis solicitado por:	Srta. Sofia Maiguashca
Empresa:	No aplica
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	23 de abril de 2018
Fecha de entrega informe:	11 de julio de 2018
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	9

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Aguas	No aplica

Mes: Abril

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		Zona alta	Zona media	Zona Baja	Media	
Plomo	ppb	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	Espectrofotometría de Absorción Atómica. Horno de Grafito
Cadmio	ppb	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	

Mes: Mayo

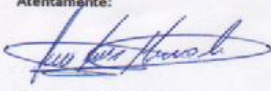
Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		Zona alta	Zona media	Zona Baja	Media	
Plomo	ppb	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	Espectrofotometría de Absorción Atómica. Horno de Grafito
Cadmio	ppb	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	

Mes: Junio

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		Zona alta	Zona media	Zona Baja	Media	
Plomo	ppb	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	Espectrofotometría de Absorción Atómica. Horno de Grafito
Cadmio	ppb	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	

Nota: Los valores obtenidos se encuentran bajo el límite de detección del equipo: Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmers AAnalyst 400. No se evidencia señal emitida por el metal analizado, sin embargo se evidencia señal debido al ruido propio del sistema electrónico del equipo, la cual no se considera cuantificable.

Atentamente:



Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova, Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2967800
Fax: Ext. 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

Fuente: Laboratorios UTN

