



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

Determinación de la concentración de Plomo en Rye Grass del sector de Racar afectados por partículas provenientes de la elaboración de tejas

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Ambiental

Autores:

José David González Cáceres

CI: 0603958943

josedavidgonzalezcaceres@gmail.com

Juan Francisco Moreno Terreros

CI: 0104367362

juanfrancisco.morenot@gmail.com

Directora:

Dra. María Fernanda Uguña Rosas, MSc.

CI: 0103782280

Cuenca - Ecuador

08-Enero-2020



RESUMEN

Las actividades antropogénicas de producción de tejas y ladrillos, han afectado a diversas localidades de la parroquia Racar de la ciudad de Cuenca, no solo a los sembríos, sino también a la salud de los pobladores del sector, por este motivo el presente proyecto planteó como objetivo investigar la presencia y bio acumulación de Plomo en Rye Grass (*Lolium perenne*), un metal pesado de naturaleza tóxica para el ser humano, además de su impacto ambiental, producto de la quema de tejas vidriadas con Óxido de Plomo y Sílice. El estudio abarcó una de área de 2,42 ha, usando para la determinación el bio indicador, una especie nativa del sector antes mencionado. Para abarcar el área de estudio se tomaron 20 muestras del pasto, aplicando un muestreo sistemático en cada uno de los puntos delimitados.

Previo a la lectura de resultados se realizó una digestión de las muestras mediante ataque con ácido empleando Ácido Nítrico y Agua Oxigenada, descomponiendo la materia orgánica de la muestra que se va analizar en medio ácido. Las muestras digeridas fueron analizadas bajo duplicidad aplicando el método de lectura de Espectrometría de Absorción Atómica, los resultados indicaron la presencia de Plomo en el pasto, donde el promedio de las concentraciones es de 5,04 mg Plomo/kg, siendo 22,47 mg Pb/kg el valor más alto de concentración registrada. Estos valores superan los límites definidos en la normativa de la Unión Europea y Codex Alimentarius que establece valores de 0,10 y 0,30 mg Pb/kg de peso seco en hortalizas respectivamente.

Palabras clave:

Metales pesados. Contaminación ambiental. Rye Grass. Espectrometría de Absorción Atómica. Genotóxico. Bio acumulación. Bio indicador. Metalofílica.



ABSTRACT

The anthropogenic activities of production of tiles and bricks, have affected various locations in the Racar of the city of Cuenca, not only the crops, but also the health of the residents of the sector, for this reason the present project proposed as Aim to investigate the presence and bio accumulation of Lead in Rye Grass (*Lolium perenne*), a heavy metal of a toxic nature for humans, in addition to its environmental impact, the product of burning glazed tiles with Lead Oxide and Silica. The study covered an area of 2,42 ha, using the bio indicator, a species native to the aforementioned sector. To cover the study area, 20 grass samples were taken, applying systematic sampling at each of the delimited points.

Prior to reading the results, the samples were digested by acid attack using Nitric Acid and Oxygenated Water, decomposing the organic matter of the sample to be analyzed in an acid medium. The digested samples were analyzed under duplicity applying the Atomic Absorption Spectrometry reading method, the results indicated the presence of Lead in the pasture, where the average concentrations are 5,04 mg Lead / kg, being 22,47 mg Pb / kg the highest concentration value recorded. These values exceed the limits defined in the European Union and Codex Alimentarius regulations that establish values of 0,10 and 0,30 mg Pb / kg of dry weight in vegetables respectively.

Keywords:

Heavy metals. Environmental pollution. Rye Grass, Atomic Absorption spectrometry. Genotoxic. Bio accumulation. Bio indicator. Metalophilic.



CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	14
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS.....	17
OBJETIVO GENERAL (OG):	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE):.....	17
CAPITULO I: MARCO TEORICO	18
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 METALES PESADOS.....	20
1.2.1 GENERALIDADES	20
1.2.2 DEFINICIÓN	21
1.2.3 CLASIFICACIÓN.....	21
1.2.4 DINÁMICA DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO	21
1.2.5 CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS Y SU PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL.....	22
1.3 PLOMO	23
1.3.1 GENERALIDADES.....	23
1.3.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN	24
1.3.3 FUENTES DE EXPOSICIÓN	25
1.3.4 EFECTOS EN EL SUELO	25
1.3.5 EFECTOS EN LA SALUD.....	26
1.4 PLANTAS METALOFILICAS	26
1.4.1 RYE GRASS (LOLIUM PERENNE)	27
1.5 BIOACUMULACION.....	28
1.6 LEGISLACIÓN SOBRE METALES PESADOS.....	28
CAPITULO II: METODOLOGIA	30
2.1 MATERIALES	30
2.1.1 MUESTRAS	30
2.1.2 MATERIALES DE LABORATORIO.....	30
2.1.3 REACTIVOS.....	30
2.1.4 EQUIPOS DE LABORATORIO	30
2.2 METODO.....	30



2.2.1 DELIMITACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	30
2.2.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRA.....	32
2.2.3 PROCESOS DE SECADO	33
2.2.4 PROCESO DE MOLIDO Y CUARTEADO DE LA MUESTRA	34
2.2.5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO	34
2.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS DE RYE GRASS	37
2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS DE RYE GRASS DEL ÁREA DE ESTUDIO.	39
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO	43
3.2.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: EDAD POBLACIÓN ESTUDIADA.....	43
3.2.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: SEXO POBLACIÓN ESTUDIADA	45
3.2.4 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: TIEMPO DE PERMANENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO	46
3.2.5 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: CONOCIMIENTOS SOBRE USO DE SUSTANCIAS TÓXICAS	48
3.2.6 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: CONOCIMIENTO DE SU ENTORNO.....	51
3.3 DISCUSIÓN.....	53
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
4.2 CONCLUSIONES	55
4.3 RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS	62
DATOS DE LABORATORIO OBTENIDOS.....	62
ENCUESTA.....	64

INDICE FIGURAS

Figura 1 Principales fuentes de procedencia de metales pesados en suelos.	19
Figura 2 Dinámica de los Metales en el Suelo	22
Figura 3 Puntos de Muestreo comunidad Pan de Azúcar - Racar.....	31
Figura 4 Proceso de muestreo sistemático.....	32
Figura 5 Recolección de Rye Grass (Lolium perenne)	33



Figura 6 Proceso de lavado de Rye Grass	33
Figura 7 Proceso de secado, cuarteado y molido.....	34
Figura 8 Flujograma de Procesamiento de Muestras de Rye Grass.....	35
Figura 9 Proceso de pesaje de la muestra	36
Figura 10 Adición de reactivos.....	36
Figura 11 Proceso de filtrado	37
Figura 12 Comparación de Concentraciones de Plomo con Normativa de la Unión Europea	40
Figura 13 Comparación de Concentraciones de Plomo con el Codex Alimentarius.	41
Figura 14 Mapa de concentraciones de Plomo.....	42
Figura 15 Edades de población estudiada.....	44
Figura 16 Sexo de población estudiada	45
Figura 17 Tiempo de trabajo en la zona.....	46
Figura 18 Trabajadores de la Fábrica.....	47
Figura 19 Conocimiento sobre uso de compuestos tóxicos.....	48
Figura 20 Afección a la Salud por uso de sustancias tóxicas.....	49
Figura 21 Compuestos utilizados en la fabricación de Tejas.....	49
Figura 22 Uso de Equipo de Protección Personal	50
Figura 23 Cambios Percibidos	51
Figura 24 Tipos de cambios observados	52
Figura 25 Concentraciones de Pb	54

INDICE TABLA

Tabla 1 Fuentes de exposición al Plomo	25
Tabla 2 Clasificación científica Rye Grass (<i>Lolium perenne</i>).....	27
Tabla 3 Valores de concentración de Plomo en Rye Grass	39
Tabla 4 Valores de concentración de Plomo	43
Tabla 5 Edad de la Población Encuestada.....	43
Tabla 6 Sexo de la Población	45
Tabla 7 Tiempo de permanencia en la zona de estudio	46



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

José David González Cáceres en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Determinación de la concentración de Plomo en Rye Grass del sector de Racar afectados por partículas provenientes de la elaboración de tejas", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 8 de enero de 2020

José David González Cáceres

C.I: 0603958943



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Juan Francisco Moreno Terreros en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Determinación de la concentración de Plomo en Rye Grass del sector de Racar afectados por partículas provenientes de la elaboración de tejas", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 8 de enero de 2020

Juan Francisco Moreno Terreros

C.I: 0104367362



Cláusula de Propiedad Intelectual

Cláusula de Propiedad Intelectual

José David González Cáceres, autor del trabajo de titulación "Determinación de la concentración de Plomo en Rye Grass del sector de Racar afectados por partículas provenientes de la elaboración de tejas", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 8 de enero de 2020

José David González Cáceres

C.I: 0603958943



Cláusula de Propiedad Intelectual

Cláusula de Propiedad Intelectual

Juan Francisco Moreno Terreros, autor del trabajo de titulación "Determinación de la concentración de Plomo en Rye Grass del sector de Racar afectados por partículas provenientes de la elaboración de tejas", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 8 de enero de 2020

Juan Francisco Moreno Terreros

C.I: 0104367362



DEDICATORIA

Este proyecto de graduación lo dedico a Dios por regalarme la oportunidad de culminar mis estudios y brindarme un hogar con unos padres que me han podido transmitir la fe y enseñar los valores que hoy en día me hacen el hombre que soy, agradezco por cada esfuerzo, corrección y paciencia. A mis hermanos que cada día de mi vida han estado para mí, gracias por todo el amor.

Agradezco a mi prometida Andrea Carrión que a más del amor que me da cada día, ha estado conmigo en los momentos más difíciles donde he querido renunciar a mis metas y con su apoyo hoy puedo culminar de su mano una etapa importante de mi vida.

Agradezco a mi prima Gabriela Cáceres que desde el cielo sé que intercede por mí, y está presente en cada paso que doy, desde ahí me envía la sabiduría que necesito para mi vida profesional.

Por último, doy las gracias a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos y su tiempo, de corazón Dios les pague.

José David



DEDICATORIA

A mis padres Doris y Paco quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y de no temer las adversidades.

A mis hermanas Natalia y Romina por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todas mis metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano y estar siempre juntos en momentos difíciles.

Juan Francisco



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Doctora María Fernanda Uguña que nos brindó la oportunidad y confianza para trabajar esta investigación, así compartiendo su tiempo para cada revisión y conocimiento para enriquecer la tesis.

Agradecemos al Doctor Giovanni Larriva por brindarnos su apoyo y conocimiento para ejecutar procedimientos aplicados en el tema de investigación.

José David y Juan Francisco



INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados es un tema de importancia tanto en el área ambiental como en la de salud pública, principalmente debido al impacto negativo que ha dejado en la percepción pública. Principalmente el desarrollo de actividades industriales ha contribuido a que cada vez más residuos tóxicos se produzcan y que en altas concentraciones causen inestabilidad del medio biótico que lo rodea (Beltran and Gómez, 2015).

Metales como el Plomo (Pb), Arsénico (As), Cadmio (Cd), entre otros, han sido utilizados desde hace mucho tiempo en distintas aplicaciones industriales y domésticas, sin tener un conocimiento adecuado de los perjuicios que pueden causar (Reyes *et al.*, 2016).

La contaminación por metales pesados no solo ocurre cuando estos están en su forma elemental, ya que la mayoría se encuentra como componentes de diversas sustancias como pesticidas, fertilizantes, lixiviados de minas, combustibles, esmaltes, pinturas, etc. (Zavala, 2012).

Ciertos sectores de la ciudad de Cuenca se caracterizan por la elaboración de tejas vidriadas, siendo esta su principal fuente de ingresos; además que la misma ciudad se caracteriza por la utilización de estas tejas en los techos de sus casas. La problemática surge debido a que los artesanos utilizan un vidrio crudo a base de Óxido de Plomo (PbO_2), el mismo que es altamente tóxico para el ser humano, generando enfermedades en los sistemas: respiratorio, digestivo, neumológico y óseo, además que también es eco tóxico debido a que contamina los componentes ambientales aire, agua y suelo (Alvarez and Chacho, 2015).

En la comunidad de Pan de Azúcar la principal vegetación encontrada es el Rye Grass (*Lolium perenne*), éste es un pasto de fácil adaptación a las condiciones de suelo y clima de la serranía ecuatoriana. La actividad tejera al emitir compuestos tóxicos en su proceso de producción, alteran los diferentes compartimientos presentes en la zona. La presencia metales pesados en pastos resultan ser perjudiciales, por el motivo que se introducirían en la cadena trófica, lo que provocaría diversos efectos nocivos en la salud de los animales, plantas y consecuentemente al ser humano (Hernández, 2016).



Siendo por tanto el estudio de los metales pesados, en particular el Plomo, de interés desde diversos puntos de vista, ya que es un contaminante cuya toxicidad representa un problema creciente a nivel ecológico, evolutivo, nutricional y medioambiental (Burger and Pose, 2010).

Si bien se sabe que la entrada de metales pesados en las plantas se da a través de la raíz, por la absorción de estos elementos del suelo. Tal absorción se produce debido a que el Plomo se une a grupos carboxílicos de los ácidos urónicos del mucílago en las superficies de la raíz, pero aún no se conoce cómo este elemento entra en el tejido de la raíz ya que las plantas no tienen canales específicos para la toma de este metal (Romero, 2017).

Conociendo la toxicidad de dicho elemento y sus riesgos a la salud, es importante conocer los niveles de acumulación de Plomo en el Rye Grass (*Lolium perenne*), esperando que los resultados de este trabajo contribuyan en la gestión ambiental de las zonas donde esta gramínea es ampliamente diseminada (Bustamante *et al.*, 2014).

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En el sector de Racar se encuentran emplazadas micro empresas asociadas a la fabricación de tejas y ladrillos, la mayoría de forma artesanal. Esta producción se la ha venido llevando en ciertas fases de una manera técnicamente inapropiada por parte de los artesanos debido a una formación y capacitación inadecuada, además de que órganos de control no se ha enfocado en hacer un seguimiento de la utilización de sustancias tóxicas, lo que ha ocasionado un exponencial riesgo de carácter eco toxicológico.

La constante quema que se realiza al momento de producir tejas y en menor cantidad ladrillos, ha provocado una importante emisión de cenizas, que con el tiempo ha modificado el mapa epidemiológico de la población circundante.

En la actualidad una problemática ambiental que inquieta es la causada por metales pesados que, debido a sus características no biodegradables tienden a bio acumularse tanto en el suelo, aire y agua, así como dentro de tejidos y órganos de seres vivos causando afecciones en la salud (Queirolo *et al.*, 2000).



Para este caso la manipulación de Óxido de Plomo constituye un peligro para los artesanos, así lo afirma Peña A (2010), dónde indica que el Plomo es la primera causa de intoxicación ocupacional a nivel mundial por la afinidad a impregnarse y bio acumularse.

Un proceso importante pero peligroso dentro de la fabricación de teja es la fase de vidriado, donde la teja son rociadas con vidrio crudo, un compuesto a base de Óxido de Plomo y Sílice, siendo un compuesto sumamente tóxico; de ahí pasan al horno para que se quemen y adquieran el brillo característico, dónde la acción reductora de los gases del horno conduce a la formación de Plomo metálico que se volatiliza, provocando contaminación por este metal pesado (Alvarez and Chacho, 2015).

El problema se intensifica por la expansión urbana de los últimos años, asentándose alrededor de las fábricas tejas, conjuntos habitacionales y centros comerciales, agravando la problemática.

Dada la probabilidad del ingreso de dichos metales tóxicos en la cadena alimenticia, es importante considerar los límites permisibles de los elementos en alimentos de consumo humano y pastos de consumo animal. (European, 2019) indica que el contenido máximo de metales pesados es de 0,10 mg Pb/kg peso fresco en hortalizas, cultivos y vegetales.

Por lo tanto, resulta fundamental realizar la determinación de la concentración de Plomo en el bio indicador Rye Grass (*Lolium perenne*), cuantificando su presencia dentro del área de influencia y posterior comparación con los límites máximos permisibles, indicados por la legislación.

Con todo lo descrito se plantea la siguiente hipótesis: ¿Es posible que el Rye Grass (*Lolium perenne*) sea un bio acumulador de Plomo proveniente de la fabricación de tejas?



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL (OG):

- ❖ Determinar cuantitativamente la concentración de Plomo, en el bio indicador Rye Grass (*Lolium perenne*) del sector de Racar afectados por partículas provenientes de la elaboración de tejas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE):

- ❖ Determinar la concentración de Plomo presente en Rye Grass (*Lolium perenne*) expuestos a la contaminación por Óxido de Plomo de las fábricas aledañas.
- ❖ Analizar y comparar las concentraciones de Plomo obtenidas de las muestras de Rye Grass (*Lolium perenne*) de la zona investigada, con parámetros y normativas nacionales e internacionales.



CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

A lo largo de la historia el hombre en su afán de satisfacer sus necesidades ha venido realizando actividades donde se ha aprovechado y explotado los recursos naturales que, si bien han contribuido indudablemente a mejorar la calidad de vida, hay que tener presente también que han ocasionado una serie de alteraciones en los ciclos biológicos, geológicos, hidrológicos y químico (Bermejo, 2016), lo que se refleja en efectos adversos a la salud y la contaminación del medio ambiente.

La introducción repentina en el medio ambiente de componentes de mayor o menor toxicidad puede superar la capacidad de auto limpieza de los ecosistemas receptores ocasionando una bio acumulación de contaminantes a niveles tanto problemáticos como perjudiciales (Tenorio, 2006).

En general los suelos poseen metales pesados como resultado de los procesos geológicos y edafogenéticos, de ahí que los ecosistemas tienen la capacidad de asimilar un aporte de iones metálicos puesto que muchos de ellos son necesarios para el desarrollo de los seres vivos a concentraciones muy reducidas (Vílchez, 2005).

La contaminación de los suelos deriva de un incremento del contenido de metales por encima del contenido natural, que surge de la ejecución de determinadas actividades humanas Figura 1 (Diez, 2008). Metales pesados como Plomo, Mercurio, Cromo, Cadmio, Arsénico, son descargados en ecosistemas terrestres en forma de partículas pudiendo alcanzar composiciones altamente tóxicas, especialmente cerca del lugar de descarga, aunque también es posible que se produzca la concentración del metal a lo largo de su recorrido ambiental.

Cabe recalcar que no solo los metales pesados contaminan en su forma elemental, debido a que mayormente se encuentra formando parte de componentes de fertilizantes, pesticidas, combustibles, etc.; en adición, al contrario que los contaminantes orgánicos, los metales no se biodegradan y generalmente se presentan en formas inmóviles, lo que supone un elevado tiempo de residencia en el ambiente (Diez, 2008).

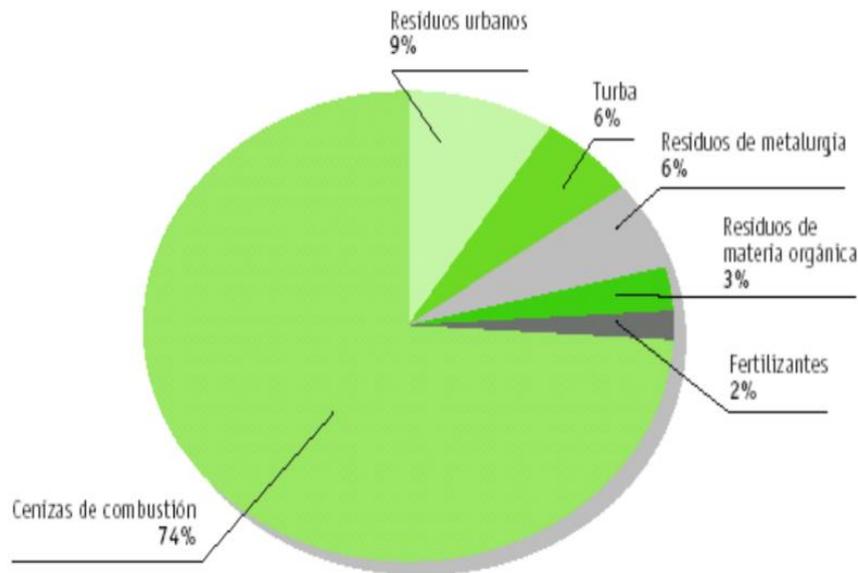


Figura 1 Principales fuentes de procedencia de metales pesados en suelos.
Fuente: Diez, 2008

Hace 5 décadas atrás aún las emisiones provenientes de metales pesados no se consideraba como contaminantes de importancia, por tal motivo se produjeron graves problemas en el medio ambiente y la salud pública (Trasobares, 2010). Pero gracias a que se ha dado una mayor conciencia ambiental en las personas, junto con el avance científico y tecnológico, hoy en día se cuenta con mayor conocimiento de los efectos nocivos de estos elementos. No obstante, tanto la exposición ocupacional como la ambiental siguen constituyendo serios problemas en muchos países en vías de desarrollo, ya que son pocos los que han introducido políticas y normas para reducirla de forma significativa.

En un estudio realizado en la parroquia Victoria, al norte del cantón Pujilí, Cotopaxi, indica que el 54% de niños de esta parroquia murieron a causa de intoxicación por Plomo, debido al trabajo que se realizaba al dar brillo a las tejas y objetos artesanales con el Plomo de pilas y baterías viejas (Moreno, 2016).

En el estudio elaborado por (Tello, 2015), se evaluó el riesgo toxicológico de Plomo y Cadmio en suelos del entorno del parque industrial. El método aplicado fue por digestión ácida y absorción atómica, y los valores que encontró dicho estudio demuestra que en sectores residenciales aledaños a estas zonas de la ciudad de Cuenca las concentraciones de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) en el suelo tienen una



diferencia significativa con relación a los valores promedios de Plomo y Cadmio establecidos tanto por la Norma de calidad Ambiental de Ecuador con normativas internacionales como la EPA (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos), lo que claramente no cumple con los estándares de calidad.

(Romero, 2017) realizó un estudio donde se determinó la concentración de Plomo en pastos afectados por las cenizas del volcán Tungurahua mediante la espectrometría de absorción atómica con horno de grafito (GF-AAS), determinando que mayoría de datos obtenidos están dentro de los límites permisibles indicados por la Unión Europea y en general la concentración del metal.

En la Universidad de Manizales, Colombia, se evaluó la presencia de Cadmio y Plomo en suelos adyacentes a una industria petroquímica del sector y su bioacumulación en tejidos vegetales (pastos) que son utilizados para el pastoreo. En este sentido, la metodología a seguir fue la de extraer aproximadamente 1 kg de muestra de suelo con una profundidad entre 5 y 30 cm. Las muestras extraídas fueron procesadas utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica. El estudio demostró que el pasto introducido de la especie *Brachiaria spp*, muestra mayor tolerabilidad frente a la exposición con metales pesados, pero representa una amenaza para la biodiversidad, dado que al ser una especie invasora resistente conlleva a la pérdida de numerosas especies nativas que prestan un servicio ambiental. Además, se encontró un suelo pobre en nutrientes, posiblemente por malas prácticas agrícolas, sumados a presencia de suelos con altos contenidos de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd), por encima de los niveles máximos permisibles para suelos agrícolas (Peláez *et al.*, 2016).

1.2 METALES PESADOS

1.2.1 GENERALIDADES

En la naturaleza se ha reconocido a 118 elementos de los cuales 40 constituyen los metales pesados. En los seres vivos, el rasgo distintivo de la fisiología de los metales pesados, es que siendo muchos de ellos considerados esenciales para el crecimiento y funcionamiento como el Sodio (Na), Potasio (K), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), Niquel (Ni), Cobre (Cu), Zinc (Zn), se ha reportado que también tienen efectos genotóxicos sobre las células, ya que al no ser biodegradables tienen a bio acumularse lo que ocasiona enfermedades y



trastornos (Cañizares-Villanueva, 2000); además es uno de los principales contaminantes en suelos, por lo que es de suma importancia controlar dichas emisiones al medio ambiente, tratando de evitar el problema desde la fuente de emisión, antes de que estos entren en la complejidad de los ecosistemas (Bermejo, 2016).

1.2.2 DEFINICIÓN

Se define como metales pesados a aquellos elementos que poseen una densidad mayor o igual a los 5 g/cm³ (Passow *et al.*, 1961). Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01% (Navarro-Aviño *et al.*, 2007). No obstante, dicha definición es algo convencional, sobre todo a que este término se utiliza para nombrar elementos pesados tóxicos para el organismo, sin embargo, en realidad cualquier elemento que a priori es beneficioso, pero en concentraciones excesivas puede llegar a ser tóxico.

1.2.3 CLASIFICACIÓN

Según (Navarro-Aviño *et al.*, 2007) los metales se los puede clasificar de dos maneras:

- **Oligoelementos o micronutrientes.** - Necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero tóxicos una vez pasado cierto umbral.
- **Sin función biológica conocida.** - Son aquellos que no son metabolizados por el organismo y se acumulan en los tejidos, produciendo efectos adversos en la salud.

Los elementos pertenecientes a estos dos grupos van a variar según el criterio de diferentes autores. Además, cuando se habla de metales pesados tampoco se especifica el estado del elemento, es decir, si se trata del elemento puro, o de sus diversos estados de oxidación (compuesto), lo que complica su clasificación, ya que no presentan las mismas propiedades físicas, químicas, tóxicas ni eco tóxicas.

1.2.4 DINÁMICA DE LOS METALES PESADOS EN EL SUELO

La dinámica de los elementos en el sistema suelo – planta – atmósfera debe ser acompañada y medida por las siguientes variables: disminución del crecimiento de la raíz, síntomas visibles de la cosecha y la concentración de los tejidos (Hernández, 2016).

Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías (Galan and Romero, 2008):

- Pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción y precipitación.
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas.
- Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.
- Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas como se esquematiza en la Figura 2.

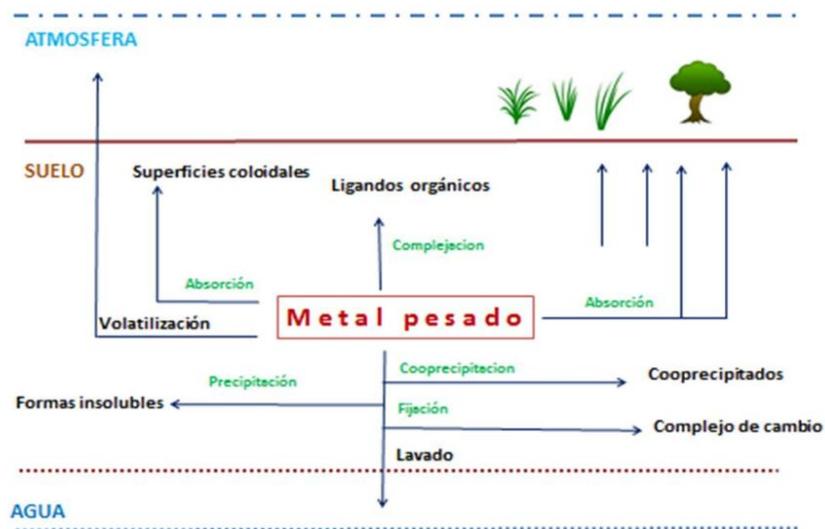


Figura 2 Dinámica de los Metales en el Suelo
Fuente: Galan and Romero, 2008

1.2.5 CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS Y SU PROBLEMÁTICA MEDIO AMBIENTAL

Los metales pesados se han convertido un problema tanto ambiental como de salud pública, ya que cuando son liberados circulan entre los ciclos bióticos y abióticos y al no bio degradarse tiende a bio acumularse, de ahí que autoridades ambientales y de salud de todo el mundo ponen especial atención en minimizar la emisión y exposición a estos elementos tóxicos (Martín, 2008).

Desafortunadamente estos elementos permanecen por largo tiempo, lo que ha provocado que muchos se encuentren en cantidades considerables en el ambiente, produciendo numerosos efectos sobre la salud y el equilibrio de los ecosistemas



(Bermejo, 2016). Entre los más peligrosos se encuentran el Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Arsénico (As) y Cadmio (Cd), para los cuales no se ha encontrado función biológica alguna (García *et al.*, 2012).

La problemática de la contaminación por metales pesados surge en su mayoría como producto de actividades antropogénicas: industria, agricultura y la eliminación de residuos mineros; estos contaminantes son descargados al medio ambiente alcanzando concentraciones por encima de los valores permisibles en las legislaciones internacionales, afectando principalmente al suelo, al caer de la atmósfera por su alta densidad y velocidad de propagación (Orellana, 2005).

Las fuentes de emisión que destacan desde el punto de vista antropogénico, son las operaciones mineras y de fundición (Puga *et al.*, 2006; Bermejo, 2016; Covarrubias and Peña-Cabriales, 2017), los vertidos de aguas residuales urbanas (Erlinch, 1997), los vertidos industriales (Cañizares-Villanueva, 2000; Agoubrode, 2008; Trasobares, 2010; Parra *et al.*, 2015; Moreno, 2016), los desechos de la manipulación de metales (Alvarez and Chacho, 2015) y el uso de fertilizantes y pesticidas (Martí *et al.*, 2002; García-Gutiérrez and Rodríguez-Meza, 2012).

El suelo es el medio que recepta la mayor parte de los residuos producidos por el ser humano, provocando su contaminación, así como de transferir a otros medios como aguas subterráneas y cadenas tróficas por la captación de la vegetación.

(Martin, 2000) emplea el término “polución de suelo” a aquellos que rebasan los límites máximos permitidos, causando efectos inmediatos como reducción del contenido de materia orgánica, disminución de nutrientes, variación del pH generando suelos ácidos, inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas dificultando el crecimiento de una cubierta vegetal protectora favoreciendo la aridez, erosión, disminución de las poblaciones microbianas (Reyes *et al.*, 2016).

1.3 PLOMO

1.3.1 GENERALIDADES

El Plomo es un metal pesado altamente tóxico, se encuentra naturalmente en la corteza en concentraciones de 16 mg/kg (Martínez, 2002). De color gris azulado, es flexible, maleable y se funde con facilidad, de ahí sus múltiples usos (metalurgia, fabricación de baterías, barnices, pinturas). En estado metálico su estructura es



cristalina cúbica, posee una densidad de $11,4 \text{ g/cm}^3$ a $16 \text{ }^\circ\text{C}$, tiene un punto de fusión $327,5 \text{ }^\circ\text{C}$ y punto de ebullición $1740 \text{ }^\circ\text{C}$ (Martín, 2008). Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos como el de Plomo y compuestos órgano metálico.

Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas (Romero, 2017).

1.3.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Las fuentes de contaminación pueden ser de origen natural o antropogénico.

La contribución del Plomo como contaminante ambiental por lo general se relaciona con el proceso de bio movilización a partir de sus depósitos naturales, al propio proceso de erosión de las rocas y a erupciones volcánicas (Albert, 2004).

Las actividades antropogénicas de emisión de este metal son las fuentes más importantes de las emisiones de Plomo, las mismas son muy variadas; lo que causa un desequilibrio en la concentración natural, provocando afecciones en la salud y en el ecosistema.

Según (Doadrio, 2006) se pueden distinguir tres tipos de fuentes antropogénicas:

- **Fuentes Estacionarias.** – Fuentes fijas como la minería, fundición de metales y a otros procesos industriales.
- **Fuentes Móviles.** - Uso de las gasolinas con Plomo en vehículos a motor.
- **Fuentes Químicas.** - Por contaminación de fertilizantes, plaguicidas y desechos orgánicos.

También, según (Albert, 2004) se pueden clasificar las fuentes antropogénicas según su uso en:

- **Industrial.** - Fábricas de baterías, de vidrio, de pinturas y barnices; minería.
- **Doméstico.** - Red doméstica de cañerías; revestimientos vitrificados (tejas); combustión de gasolinas y humo de tabaco.
- **Agrícola.** - Fungicidas, herbicidas y pesticidas.



1.3.3 FUENTES DE EXPOSICIÓN

Las principales exposiciones proceden del ambiente laboral, sin olvidar la importancia toxicológica de las exposiciones domésticas y alimentarias. (Ramírez, 2005) expone las fuentes de exposición a nivel mundial, Tabla 1.

Tabla 1 Fuentes de exposición al Plomo

Ocupacional	Ambiental	Abuso de sustancias	Otras
Fontanería Plomería Metalurgia de Pb Minería de Pb Soldadores Industria cerámica Manufactura de baterías Manufactura de caucho Manufactura de vidrio Manufactura de plásticos	Casas pintadas con pintura a base de Pb Industria gasolineras con Pb "Agua potable" contaminada Polvos de suelos cercanos a fundiciones, autovías, gasolineras	"Olores" de gasolina Tabaco	Suplementos vitamínicos Tejas y ladrillos Cerámica glaseada Alimentos almacenados en latas con soldadura de Pb

Fuente: Ramírez, 2005

1.3.4 EFECTOS EN EL SUELO

Al Plomo se lo considera cómo un elemento traza presente relativamente en concentraciones bajas en suelo. Se estima que la concentración natural de Plomo está en un rango entre 10-150 ppm (Galan and Romero, 2008); estos valores sufren un incremento debido a aportaciones, tales como: fertilizantes, industrias petroquímicas, deposición atmosférica, erupciones volcánicas y erosión natural de rocas (Romero, 2017) lo que provoca que se genere la ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, anomalías en propiedades químicas, desequilibrio en el



contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, dificultad de enraizamiento, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (Puga *et al.*, 2006).

(Gulson *et al.*, 1996) mencionan que excesivas concentraciones de elementos traza como el Plomo en el suelo, podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que éstos pueden ser absorbidos por la vegetación, luego pasan por los rumiantes durante el pastoreo, debido a la ingesta de parte del suelo adherido a las plantas y que generalmente contiene una mayor concentración haciendo que este elemento traza circule por la cadena alimenticia llegando a los seres humanos.

1.3.5 EFECTOS EN LA SALUD

El Plomo ocupa el que hacer del hombre de diversas maneras, por lo que no es de extrañar la prevalencia de enfermedades asociadas a este elemento químico y a sus compuestos. Las vías fundamentales de entrada organismo, son vía dérmica, por ingestión y por inhalación (ATSDR, 2007).

El efecto tóxico del Plomo depende en gran medida de su concentración en sangre y del tipo de población. Este metal se va acumulando en el organismo afectando la síntesis de hemoglobina, la función renal, el tracto gastrointestinal, las articulaciones y el sistema nervioso, por lo que resulta ser nocivo para la salud al no ser degradado fácilmente de forma biológica, ya que no poseen funciones metabólicas específicas (Rodríguez, 2017).

1.4 PLANTAS METALOFILICAS

Son especies que toleran elevadas concentraciones de metales en el suelo porque restringen su absorción o translocación hacia las hojas, lo cual permite mantener concentraciones constantes y relativamente bajas en la biomasa aérea, independientemente de la concentración metálica del suelo en un intervalo amplio. A este mecanismo se le llama exclusión (Baker, 1981). Sin embargo, otras absorben los metales activamente a partir del suelo y los acumulan en formas no tóxicas en su biomasa aérea a las cuales se les llama acumuladoras.



Entre las acumuladoras se han reconocido diferentes grados de acumulación metálica, desde pequeñas cantidades hasta concentraciones excepcionalmente elevadas de metales como Ni, Zn, Pb y Co en su biomasa aérea, sin mostrar ningún síntoma visible de toxicidad (Brooks *et al.*, 1977).

1.4.1 RYE GRASS (**LOLIUM PERENNE**)

Es una gramínea forrajera que se desarrolla con mucha rusticidad en las regiones alto andinas. Este tipo de pasto cumple ciertas características pues forma matas densas abundantes macollos y follaje, por lo cual su altura varía de 30-60 cm, presenta hojas cortas, lampiñas (que no presentan vellosidades), y una tonalidad verde oscuro muy brillante (Licto, 2017).

Es de fertilidad exigente, adaptándose a suelos tanto francos como franco arcilloso con un pH 7,6 cercano a la neutralidad. Es intolerante a salinidad, alcalinidad, sequías e inundaciones (Muslera and Ratera, 1984).

1.4.1.1 UBICACIÓN TAXONÓMICA

(Quilligana, 2016) describe en la Tabla 2 la clasificación taxonómica del bio indicador utilizado en el estudio.

Tabla 2 Clasificación científica Rye Grass (*Lolium perenne*)

REINO VEGETAL	PLANTAE
División	Spermatofita
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Gramineae
Subfamilia	Poacoideae
Tribu	Hordeae
Género	Lolium
Especie	Perenne
NOMBRE CIENTÍFICO	Lolium perenne

Fuente: (Quilligana, 2016)



1.5 BIOACUMULACION

Un aspecto importante a considerar, concerniente a la toxicidad es que el tiempo de residencia de los metales pesados en el suelo ronda los miles de años. Por tanto, surge la necesidad de tratar, descontaminar, y remediar suelos contaminados por metales pesados (Navarro-Aviño *et al.*, 2007).

La bioacumulación se entiende como la retención o acumulación de sustancias químicas en la estructura de un ser vivo. En los últimos años se ha producido un avance en la biotecnología del campo de la ciencia que se dedica a remediar lugares o medios contaminados mediante el uso de plantas y organismos relacionados, denominada fito remediación. Es especialmente significativo el desarrollo que se ha conseguido en la descontaminación de metales pesados (Hernández, 2016).

Los pastos son el género más adecuado para la bioacumulación de formas orgánicas e inorgánicas de metales, por su hábitat de crecimiento y adaptabilidad a una variedad de condiciones edáficas y climáticas (Sierra, 2006).

El Rye Grass (*Lolium perenne*) es capaz de absorber y acumular metales por sobre lo establecido como normal para otras especies en los mismos suelos, a este tipo de vegetación se la denomina hiper acumulador. Estas plantas, generalmente, tienen poca biomasa debido a que ellas utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metal en sus tejidos (Cahuana and Aduvire, 2018).

Con el tiempo las plantas han desarrollado mecanismos específicos para absorber y acumular nutrientes, es ahí donde algunos metales no esenciales aprovechan para bio acumularse debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos.

1.6 LEGISLACIÓN SOBRE METALES PESADOS

La República del Ecuador la ley ambiental que rige y regula el recurso suelo está descrita en la normativa ecuatoriana TULSMA, en el libro VI, Anexo 2 "NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS" que establece:

- ❖ Normas de aplicación general para suelos de distintos usos.



- ❖ Criterios de calidad de un suelo.
- ❖ Criterios de remediación para suelos contaminados.
- ❖ Normas técnicas para evaluación de la capacidad agrológica del suelo.

Para nuestro caso de estudio, el Ecuador no cuenta con una normativa que establezca los límites máximos permisibles de los elementos en alimentos de consumo humano y pastos de consumo animal, así que la Unión Europea indica que el contenido máximo de metales pesados es de 0,10 mg Pb/kg peso fresco (Plomo) en hortalizas, cultivos y vegetales (European, 2019).

De la misma manera se tomará a consideración los límites permisibles de Plomo en hortalizas, cultivos y vegetales según el Codex Alimentarius (Codex Alimentarius, 2009) que tienen un valor de 0,30 mg Pb/kg.

Se debe considerar también que los metales presentes en el suelo son el resultado de diferentes aportaciones, tales como: fertilizantes, deposición atmosférica, erupciones volcánicas y que éstos pueden ser absorbidos o adheridos por la vegetación (Romero, 2017), teniendo presente la normativa ecuatoriana que contempla límites permisibles para uso agrícola de 100 mg Pb/kg y para uso industrial un valor de 150 mg Pb/kg (TULSMA, 2015).



CAPITULO II: METODOLOGIA

2.1 MATERIALES

2.1.1 MUESTRAS

Rye Grass (*Lolium perenne*).

2.1.2 MATERIALES DE LABORATORIO

Instrumental de vidrio, plástico, equipo de protección personal.

2.1.3 REACTIVOS

Ácido Nítrico grado analítico, Agua Oxigenada 50% y 10 % volumen, agua destilada.

2.1.4 EQUIPOS DE LABORATORIO

Estufa de laboratorio (MERMET), Molino universal (OSTERIZER), balanza analítica (BOECO), autoclave (GLOW LS – 1), cámara de extracción de gases y humos tóxico, equipo de Espectrometría de Absorción Atómica (PERKIN ELMER ANALYST 400)

2.2 METODO

2.2.1 DELIMITACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Antes de comenzar con la obtención de las muestras se procedió a realizar un levantamiento de las áreas para muestreo de pasto en la comunidad Pan de Azúcar, considerando la cantidad en peso de muestra y el tiempo que se requiere; cabe recalcar que el número de áreas seleccionadas se deben a la extensión de terreno, al uso que la comunidad o los propietarios dan al mismo, empleándolo para sembrío, alimento de cuyes y alimento para ganado.

El método escogido es el muestreo sistemático el cual nos permite garantizar una mayor cobertura del terreno debido a que los puntos de muestreo se ubican a distancias uniformes entre sí. Se emplea sobretodo para documentar probables gradientes de concentración (Ramirez, 2005).

Se ha realizado un mapa Figura 3 con los puntos donde se tomaron las muestras, las cuales se busca abarcar toda el área de estudio que cuenta con 2,42 ha de dimensión. Esta comunidad de artesanos hoy en día es una de las principales en la

elaboración de tejas y ladrillos que aplican proceso de vidriado, todos los propietarios de los talleres de artesanía viven en el mismo lugar de trabajo donde, desarrollan su vida cotidiana y la de sus hijos, su fuente de comida, sus espacios para alimentación de ganado, se dan dentro de espacios de terreno que en su mayoría están junto o entre fábricas.



Figura 3 Puntos de Muestreo comunidad Pan de Azúcar - Racar
Elaboración: Autores

Con el área delimitada se procede a trazar un cuadrante en el cual se trabajará para subdividirlo en matrices de diferentes tamaños según el área y cuadrante antes delimitado, por ejemplo, 2x2, 3x3, 2x3 y así buscando adaptar el método a las características físicas del terreno. Figura 4

Posterior empleando un metro se dividió el cuadrante y trazarlo mediante una piola las divisiones, así como último paso se extrae la muestra de Rye Grass (*Lolium*



perenne) con ayuda de un pico y una pala.

Figura 4 Proceso de muestreo sistemático

Elaboración: Autores

2.2.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRA

Las muestras de Rye Grass (*Lolium perenne*) fueron recolectadas en la comunidad Pan de Azúcar sector de Racar del cantón Cuenca (latitud: 2°51'22.4"S y longitud: 79°02'13.3"W), provincia del Azuay. El periodo de muestreo del forraje se realizó en un lapso de 10 días.

Una vez realizada la toma de muestras se procedió al guardado y etiquetado de las mismas. Figura 5



Figura 5 Recolección de Rye Grass (*Lolium perenne*)
Elaboración: Autores

Estas muestras posteriores fueron sometidas a un proceso de lavado en 5 L de agua y desinfectado con 0,5 ml de Cloro (Cl), así se busca eliminar cualquier microorganismo presente el mismo que pueda interferir en la muestra Figura 6

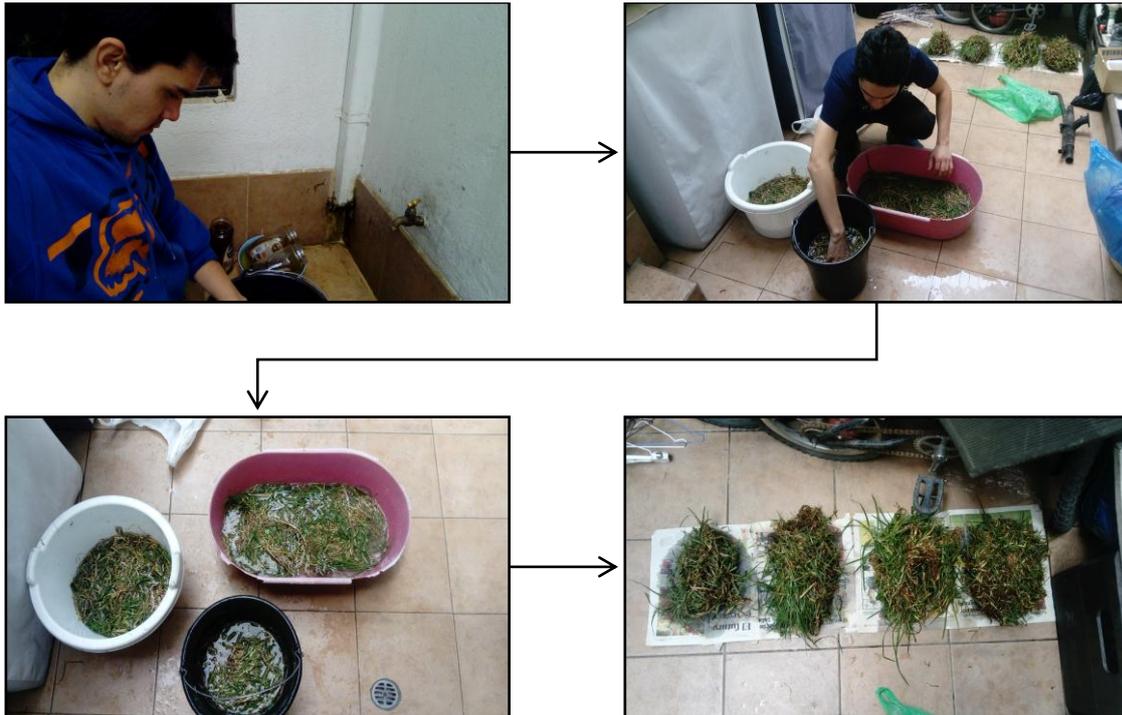


Figura 6 Proceso de lavado de Rye Grass
Elaboración: Autores

2.2.3 PROCESOS DE SECADO

Las muestras fueron expuestas al sol para realizar un secado y eliminar la humedad, lo cual facilita para realizar el proceso de moler.

Las muestras pasaron expuestas al sol durante 10 días los cuales, no fueron muy favorables por el tiempo de lluvia y clima que se vivió en la ciudad, aquí se procede

a realizar el secado de las muestras dentro de una estufa de marca “Mermmet” a 70,5°C por un periodo de 15 días.

2.2.4 PROCESO DE MOLIDO Y CUARTEADO DE LA MUESTRA

Con las muestras secas se facilita el proceso de molido, permitiendo triturar para una manipulación adecuada y lo más importante la homogenización de la misma. Aquí la porción es tamizada, dando como resultado partículas iguales e inferiores a 1 mm, posteriormente se procede a cuartear y almacenar en la funda rotulada Figura 7

Este proceso se aplicó a todas las muestras para posterior pesar y realizar el ataque ácido.



Figura 7 Proceso de secado, cuarteado y molido
Elaboración: Autores

2.2.5 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA EN LABORATORIO

Dentro del laboratorio para realizar la digestión de la muestra orgánica se aplicó el método de digestión ácida por vía húmeda, el cual consiste en someterla a un medio ácido- base de Ácido Nítrico (HNO_3) y Agua Oxigenada (H_2O_2), ejecutando a una

temperatura constante en un tiempo determinado, para una correcta digestión (García *et al.*, 2006).

Aquí se siguió el siguiente flujo de procesos Figura 8

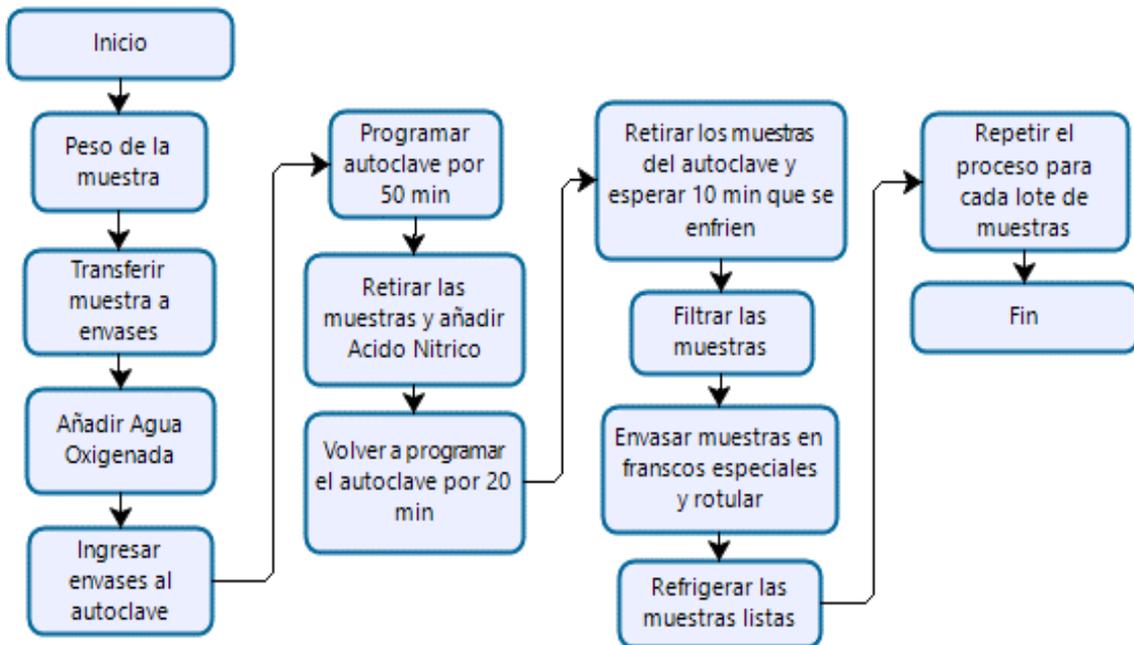


Figura 8 Flujograma de Procesamiento de Muestras de Rye Grass
Elaboración: Autores

2.2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL FLUJOGRAMA

1. **Peso de la muestra:** Se utilizó una balanza analítica. Con la muestra cuarteada y homogenizada se procedió a pesar un 1 g, luego fueron almacenadas en fundas ziploc para su posterior utilización, Figura 9

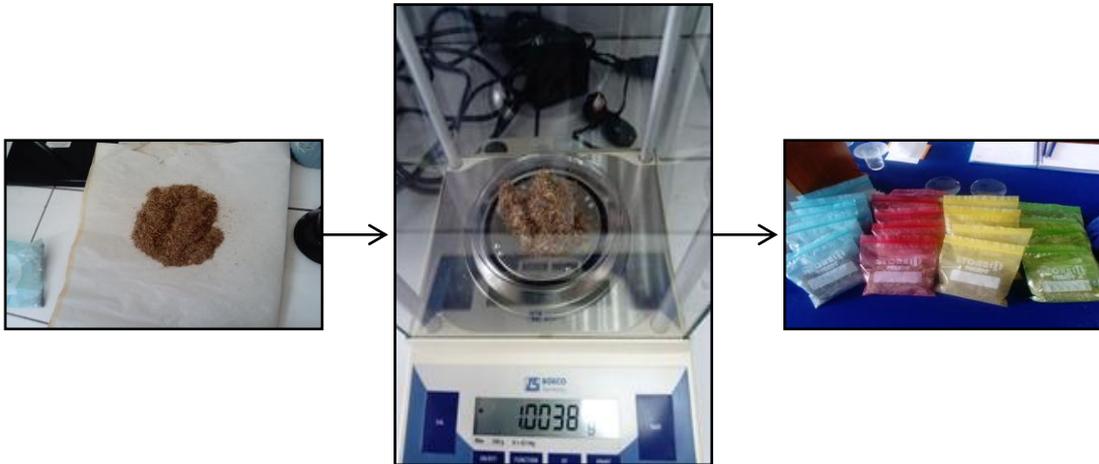


Figura 9 Proceso de pesaje de la muestra
Elaboración: Autores

2. **Añadir Agua Oxigenada:** Mediante una pipeta y una probeta se añadió 50 ml de Agua Oxigenada (H_2O_2), aquí se empleó en dos concentraciones, se agregó 40 ml de la misma a un volumen de 50% y 10 ml de 10 volúmenes
Figura 10

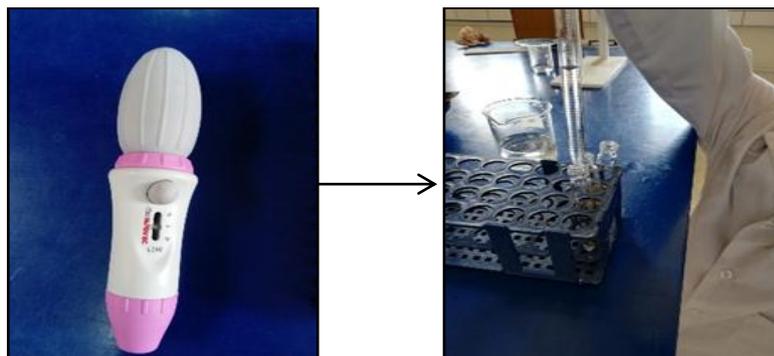


Figura 10 Adición de reactivos
Elaboración: Autores

3. **Ingresar envases y programar autoclave:** se verifico que los envases y tapas estén en condiciones para ser sometidos a una temperatura de $120^{\circ}C$ y a una presión de 1,5 atm por un tiempo de 50 minutos.

4. **Adición de reactivos:** retiradas las muestras de la autoclave se dejó en reposo 10 minutos hasta llegar a temperatura ambiente, mientras continuaba reaccionando el Agua Oxigenada (H_2O_2). A continuación, usando una pipeta se añadió 2 ml de Ácido Nítrico (HNO_3), se esperó 5 minutos hasta que reaccione nuevamente a temperatura ambiente y así, volver a ingresar a la autoclave.
5. **Programar autoclave:** en este proceso se bajó la temperatura, la presión y el tiempo; se trabajó con una temperatura de $115^{\circ}C$, 1 atm y por 20 minutos.
6. **Filtrado:** Retiradas las muestras de la autoclave, se esperó a que se enfríen para proceder a filtrarlas, previamente se preparó un embudo, soporte y papel filtro Figura 11

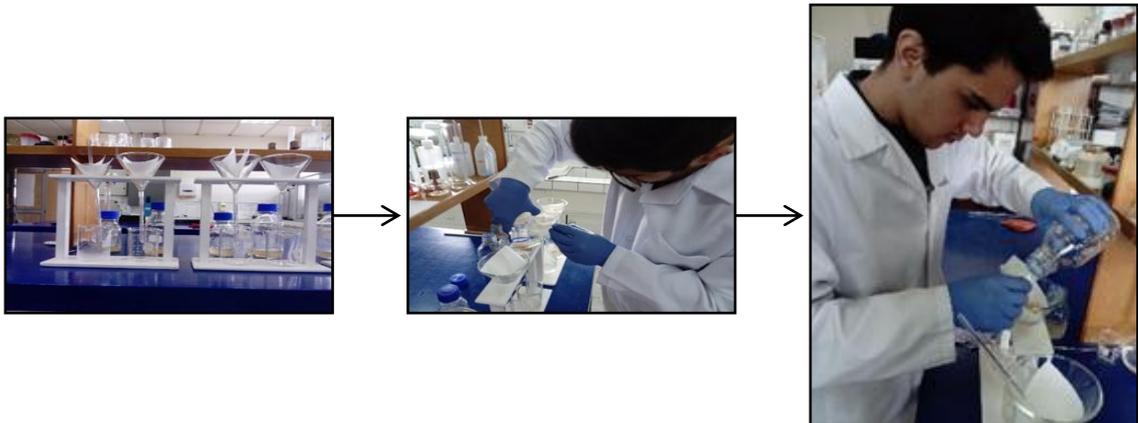


Figura 11 Proceso de filtrado
Elaboración: Autores

7. **Envasado y rotulado:** se usó un envase de plástico especial para almacenar muestras digeridas, asegurándonos que las mismas no sean alteradas por agentes externos y se rotulo bajo el número de muestra que correspondía.

2.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS DE RYE GRASS

Las muestras digeridas fueron llevadas al laboratorio del “CESEMIN” de la Universidad de Cuenca, el cual se encargó de realizar la lectura de concentraciones



de Plomo aplicando el método de espectrofotometría de absorción atómica. Para los resultados finales las lecturas de concentraciones se analizaron en duplicidad, garantizando de la fiabilidad de los resultados obtenidos. Ver Anexos.

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La población investigada a la que se le aplicó la encuesta, comprendía de 42 participantes, los resultados proporcionaron información con respecto a variables como edad, sexo, enfermedades y tipo de ocupación, tiempo de permanencia en la zona investigada. Los datos recolectados tanto del estudio de campo, como del análisis de suelos y valores referenciales investigados en normativas nacionales e internacionales, fueron almacenados y analizados estadísticamente utilizando el paquete Excel 2016.

Para el procesamiento de datos obtenidos de ésta, se valoró el porcentaje de acuerdo al sexo de la población de la zona investigada, para la distribución de la población por edades se aplicó estadística descriptiva: mínimo, máximo, suma, media, desviación estándar, varianza; con respecto al tiempo de permanencia en las zonas investigadas, se determinaron los porcentajes y se compararon entre los sitios de estudio, se determinaron frecuencias de la presencia de enfermedades padecidas y de tóxicos en el ambiente de los sitios estudiados.

En cuanto al análisis de las muestras de Rye Grass (*Lolium perenne*) de la comunidad de Pan de Azúcar, se aplicó estadística descriptiva a los datos de las concentraciones de Plomo en la zona de estudio como: media, mínimo, máximo.

Se comparó las concentraciones de Plomo con las normativas internacionales de la Unión Europea y el Codex Alimentarius, debido a que el país tiene una norma para suelos contaminados con metales pesados, pero carece de una clasificación para cultivos, forrajes o pastos.

CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN



3.1 ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS DE RYE GRASS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La Tabla 3 indica los resultados de la concentración en ppm de 20 muestras de Plomo en Rye Grass (*Lolium perenne*) las cuales se realizaron por duplicado.

Tabla 3 Valores de concentración de Plomo en Rye Grass

Puntos Muestreo	Coordenadas UTM		C _A de Pb (ppm)	C _B de Pb (ppm)	Promedio C _{AB} de Pb (ppm)
	X	Y			
P1	718242,7	9684113,6	20,49	20,5	20,495
P2	718216,5	9684100,6	22,47	22,48	22,475
P3	718194,8	9684089,3	6,99	7	6,995
P4	718160,0	9684074,9	5,61	5,6	5,605
P5	718150,5	9684092,3	5,47	5,48	5,475
P6	718134,1	9684124,6	1,43	1,42	1,425
P7	718181,8	9684125,2	7,99	8	7,995
P8	718108,7	9684185,5	2,61	2,62	2,615
P9	718193,9	9684160,1	5,13	5,13	5,13
P10	718162,1	9684149,5	1,9	1,9	1,9
P11	718120,8	9684159,0	1,3	1,3	1,3
P12	718218,2	9684153,2	1,73	1,73	1,73
P13	718201,8	9684184,4	3,48	3,48	3,48
P14	718203,9	9684134,7	4,03	4,03	4,03
P15	718231,5	9684136,4	10,21	10,23	10,22
P16	718187,1	9684210,4	N.D.	N.D.	N.D.
P17	718173,7	9684239,7	N.D.	N.D.	N.D.
P18	718160,6	9684260,2	N.D.	N.D.	N.D.
P19	718154,3	9684189,3	N.D.	N.D.	N.D.
P20	718134,2	9684216,3	N.D.	N.D.	N.D.
					$\bar{x} = 5,04$

-C_A: Primera lectura de las concentraciones de Plomo



-C_B: Segunda lectura de las concentraciones de Plomo
-C_{AB}: Promedio de las lecturas de las concentraciones de Plomo

Fuente: CESEMIN UCUENCA-EP Elaboración Autores

La Tabla 3, presenta los resultados obtenidos de las concentraciones de Plomo registrados en los sitios de estudio, los cuales se realizaron por duplicado en veinte puntos de muestreo de la comunidad Pan de Azúcar de Racar, después se calculó la media aritmética de la columna promedio, dando como resultado 5,04 mg Pb/kg.

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN RYE GRASS VS. NORMATIVA UE

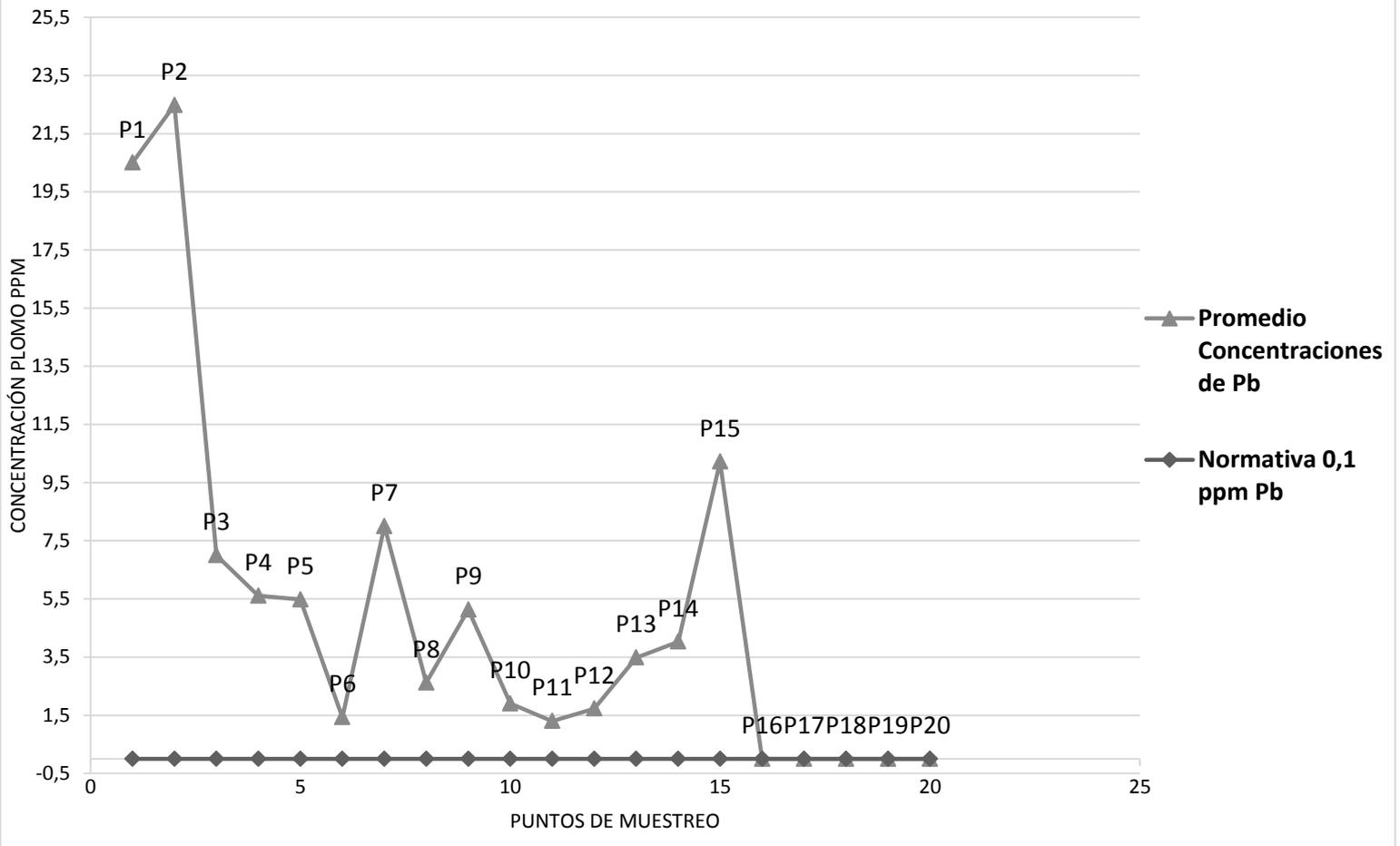


Figura 12 Comparación de Concentraciones de Plomo con Normativa de la Unión Europea

Elaboración: Autores

En la Figura 12, se formaron picos elevados de concentraciones y otros denominados No Determinados (N.D.) es decir, su concentración no pudo ser medida por el equipo de Espectrometría de Absorción Atómica (PERKIN ELMER



AANALYST 400), pues no se ajustaba al rango de la curva de calibración, sus concentraciones pudieron ser nulas o muy bajas.

La concentración promedio de Plomo obtenida en los análisis de 5,04 mg Pb/kg, sobrepasa el límite máximo permisible establecido por la Legislación de la Unión Europea, aplicada para hortalizas leguminosas.

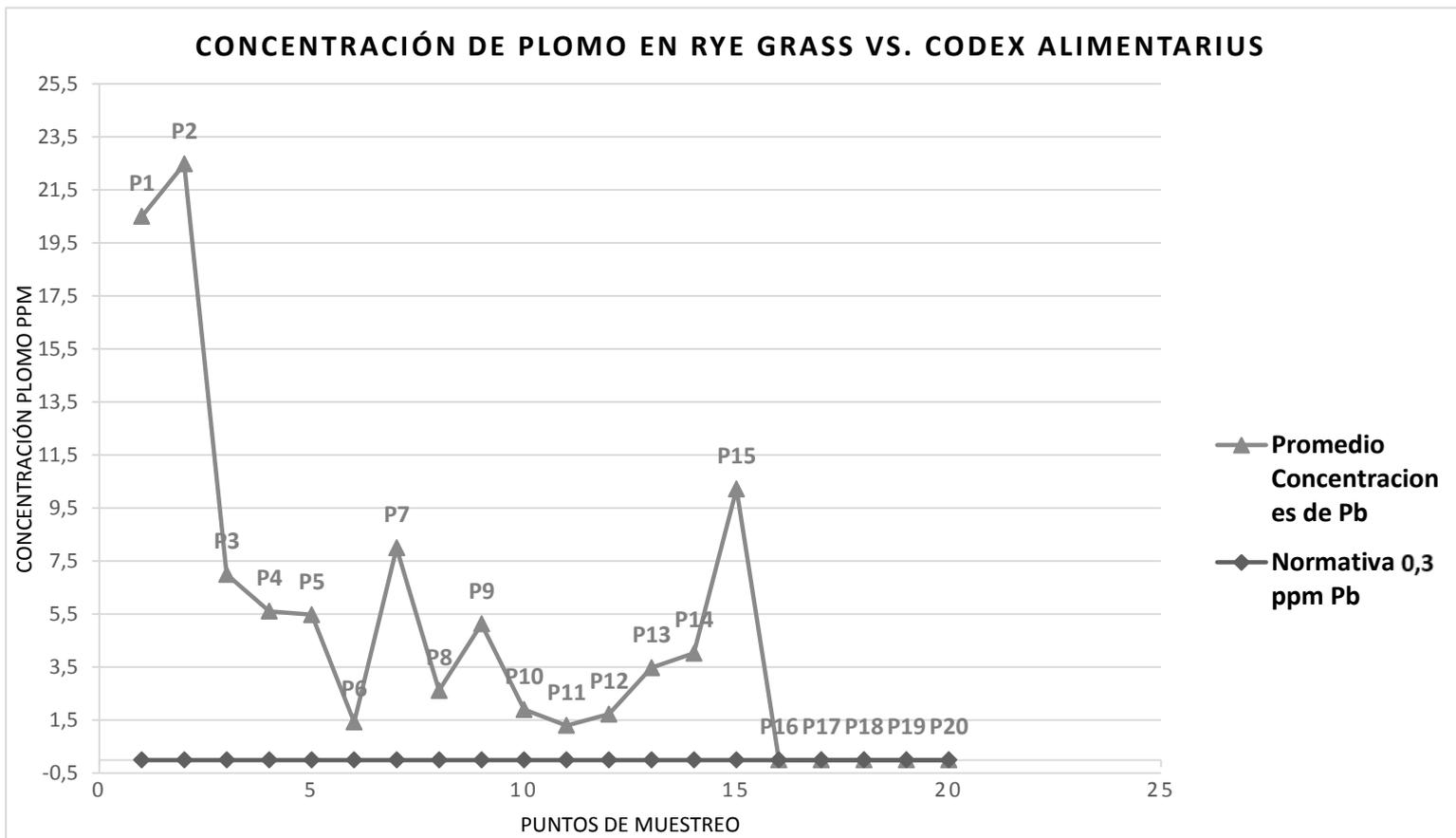


Figura 13 Comparación de Concentraciones de Plomo con el Codex Alimentarius

Elaboración: Autores

En la Figura 13, se comparó la concentración promedio de Plomo obtenida en los análisis de 5,04 mg Pb/kg, con el Codex Alimentarius, en donde sobrepasa el límite máximo permisible establecido de 0,3 mg/kg de Plomo en hortalizas de hoja.

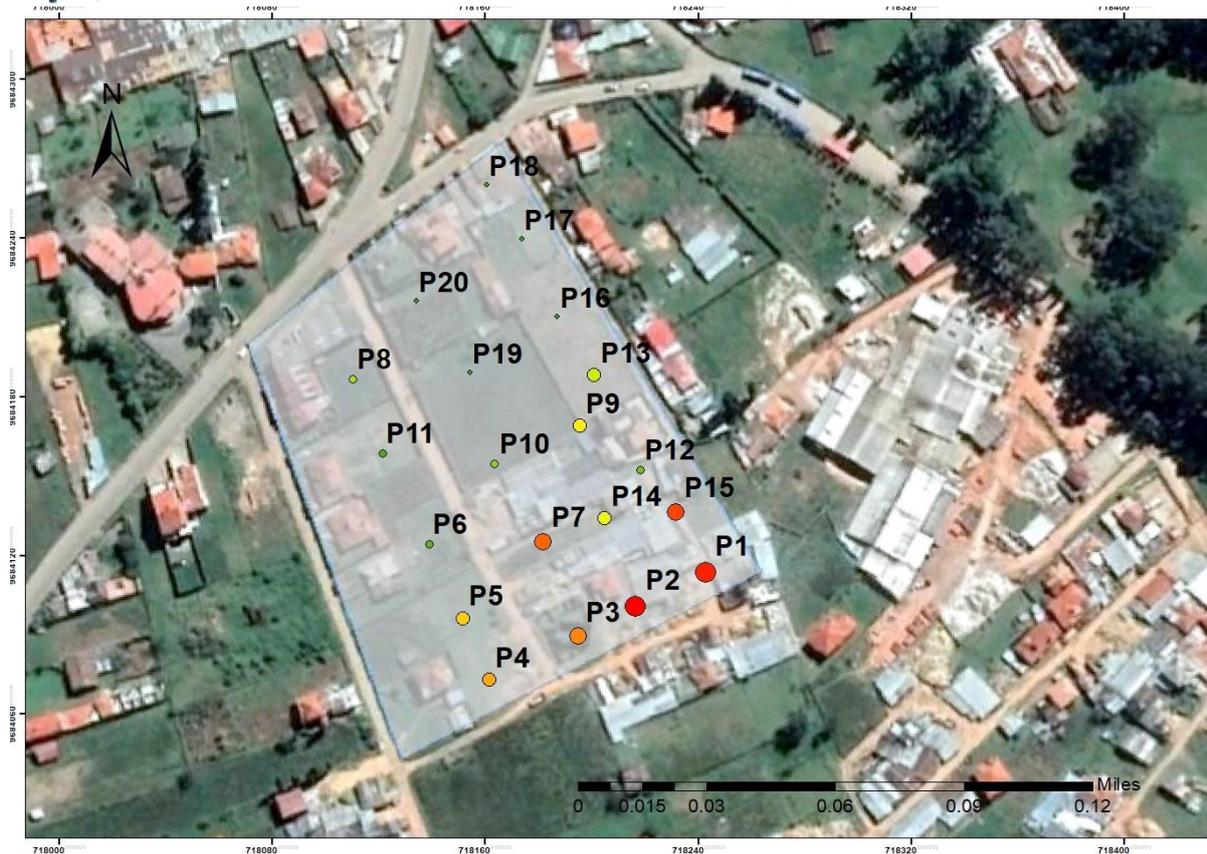


Figura 14 Mapa de concentraciones de Plomo

Elaboración: Autores

En la Tabla 3 y en la Figura 14 se observa que los puntos de mayor concentración de Plomo se ubican en talleres donde emplea Óxido de Plomo para el proceso de vidriado, cuanto más se aleja de esta área, su concentración se reduce, llegando al punto más alejado donde la concentración de Plomo es mínima.



En el mapa de resultados Figura 14, se puede observar los puntos de mayor concentración de Plomo en Rye Grass (*Lolium perenne*), siendo estas clasificadas según la concentración en ppm. Se clasifico en 5 grupos, Tabla 4

Tabla 4 Rango de Concentraciones de Plomo

	Valores menores a 5,130000 ppm
	Valores entre 5,130001 - 5,610000 ppm
	Valores entre 5,610001 - 8,000000 ppm
	Valores entre 8,000001 - 10,220000 ppm
	Valores entre 10,220001 - 22,480000 ppm

Elaboración: Autores

Las concentraciones clasificadas en color rojo son pertenecientes a los dos picos de bioacumulación registrada, siendo estos 22,47 y 20,49 ppm, debido a que están ubicadas en un area donde se emplea mas el proceso de vidriado con Óxido de Plomo y Sílice.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población investigada estuvo comprendida por 20 encuestados todos ellos trabajadores de las fábricas de producción acentuadas en la comunidad “Pan de Azúcar”, las encuestas proporcionaron información con respecto a variables como edad, sexo, enfermedades y tiempo de permanencia en la zona investigada.

3.2.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: EDAD POBLACIÓN ESTUDIADA

Pregunta: ¿Las edades de los trabajadores oscilan entre?

Tabla 5 Edad de la Población Encuestada

Área de Estudio	N° de Encuestados	Mínimo	Máximo	Media
COMUNIDAD PAN DE AZUCAR	20	18	68	33,40

Elaboración: Autores

La Tabla 5, nos indica el número de personas encuestadas, vinculadas a los procesos de producción de tejas, el mínimo de edad fue de 18 años, el máximo de 68 años, obteniéndose una media aritmética de 33,40 años, Figura 15



Figura 15 Edades de población estudiada

Fuente: Elaboración Autores

La Figura 15, indica que los rangos de edades de los artesanos se encuentran entre 21 a 30 años de edad, es una población joven que se ha dedicado a realizar esta actividad como su principal fuente de ingresos.

3.2.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: SEXO POBLACIÓN ESTUDIADA

Pregunta: ¿Los trabajadores son de sexo?

Tabla 6 Sexo de la Población

Área de Estudio	N° de Encuestados	Sexo		Porcentaje %
COMUNIDAD PAN DE AZUCAR	20	Masculino	9	45,0
		Femenino	11	55,0

Elaboración: Autores

En la Tabla 6, se indica los resultados de la población de la comunidad Pan de Azúcar con un porcentaje de 45,0 para el sexo masculino y de 55,0 para el femenino, observándose que la mayoría de la población encuestada fueron mujeres, además se corrobora en la Figura 16.

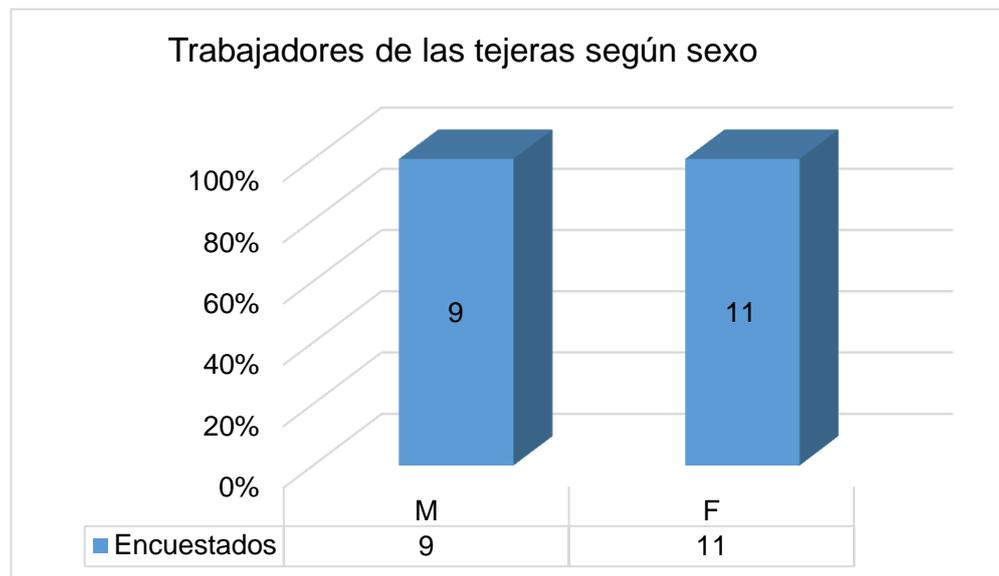


Figura 16 Sexo de población estudiada

Elaboración: Autores

3.2.4 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: TIEMPO DE PERMANENCIA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Pregunta: ¿Cuántos años lleva Ud. en la fabricación artesanal de tejas?

Tabla 7 Tiempo de permanencia en la zona de estudio

Tiempo de trabajo en la zona	Pan de Azúcar
Menos de 2 años	6
3 – 5 años	5
6 – 10 años	3
11 – 20 años	2
Más de 20 años	4

Elaboración: Autores

En la Tabla 7 y en la Figura 17, se puede observar que existe un mayor número de personas que tienen poco tiempo dedicados a la actividad, el 30% representa la permanencia en las zonas de estudio en menos de 2 años, estos datos sirvieron de soporte para poder hacer los cálculos predictivos del riesgo a una exposición durante toda la vida, ya que la mayoría de las poblaciones son residentes fijos.

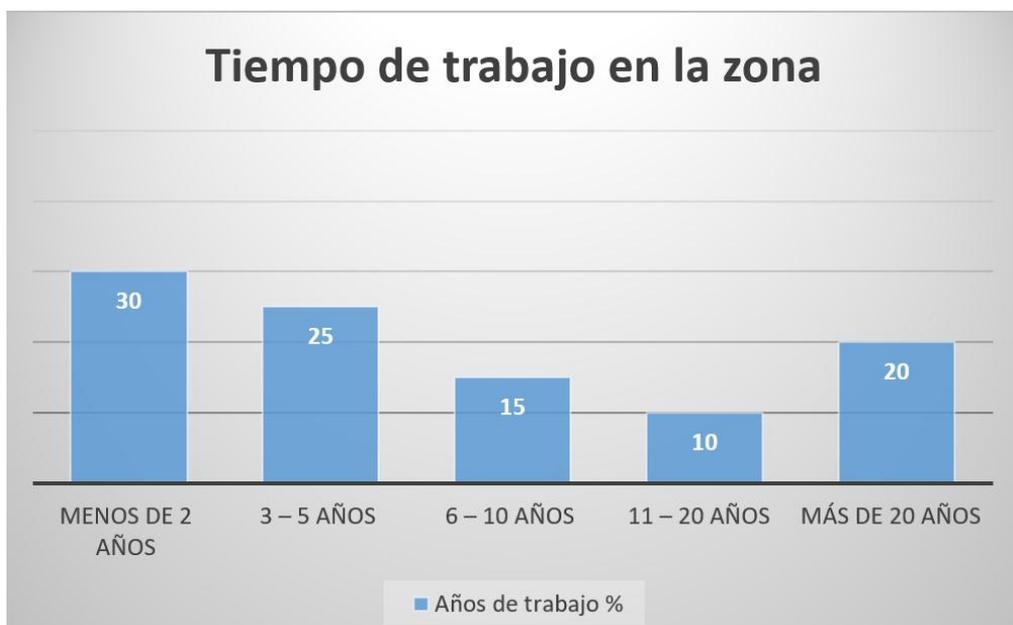


Figura 17 Tiempo de trabajo en la zona

Elaboración: Autores

La Figura 18, indica que es un negocio familiar.

Pregunta: ¿El personal involucrado en la elaboración de tejas es?

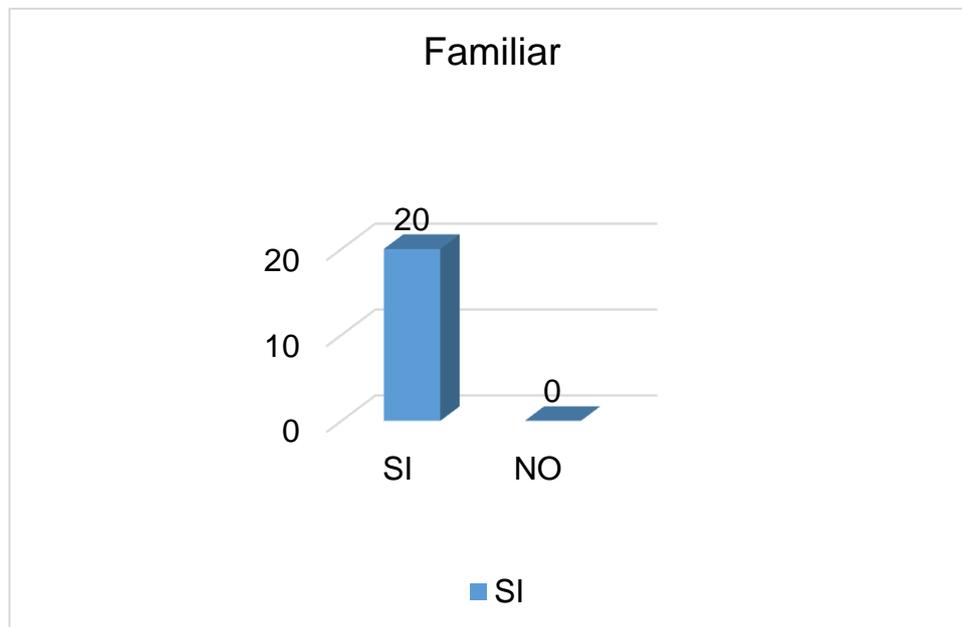


Figura 18 Trabajadores de la Fábrica

Elaboración: Autores

3.2.5 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: CONOCIMIENTOS SOBRE USO DE SUSTANCIAS TÓXICAS

Pregunta: ¿Sabía Ud. que, durante el proceso de elaboración artesanal de tejas, se producen compuestos tóxicos que afectan a su salud, y a la vez, al medio ambiente?



Figura 19 Conocimiento sobre uso de compuestos tóxicos

Fuente: Autores

Pregunta: ¿Considera Ud. que las exposiciones a los productos utilizados en esta actividad le han producido afecciones a su salud?



Figura 20 Afección a la Salud por uso de sustancias tóxicas

Elaboración: Autores

Pregunta: ¿Qué tipo de compuesto utiliza para realizar el vidriado de las tejas?



Figura 21 Compuestos utilizados en la fabricación de Tejas

Elaboración: Autores

Pregunta: Al momento de vidriar la teja Ud. Utiliza un equipo de seguridad personal, ¿Guantes, Mascarilla entre otros?

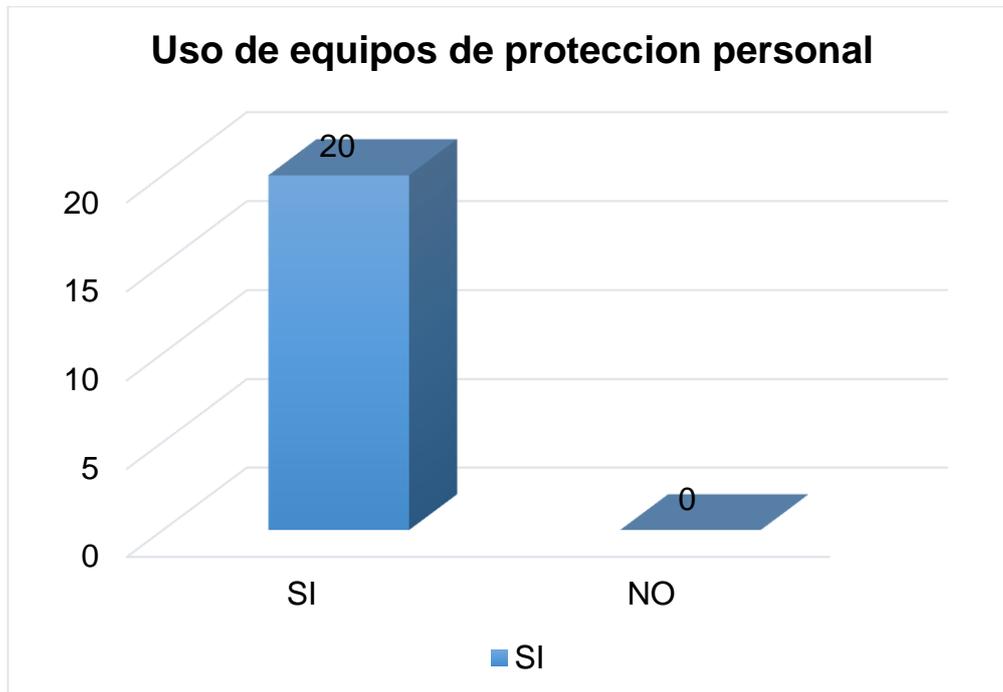


Figura 22 Uso de Equipo de Protección Personal

Elaboración: Autores

Al ser una población joven la que elabora tejas, estas están conscientes al riesgo toxicológico a la que están expuestas a diario. La Figura 21 y Figura 22 claramente reflejan que la mayor parte de la población conoce el peligro que representa trabajar en esta actividad y que trae graves problemas para su salud. Aun así, estas personas no tienen otra alternativa de producción más que seguir usando el Óxido de Plomo y Sílice para el vidriado de las tejas Figura 21, que resulta más rentable que otros químicos generando ingresos económicos suficientes para su manutención y no perder competitividad con otras fábricas del sector.

En la Figura 22 cabe resaltar que la población consciente del riesgo toma medidas adecuadas para realizar la actividad y evitar en cierta parte los estragos del manejo de Plomo, con la utilización de equipo de protección personal en todo momento.

3.2.6 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA: CONOCIMIENTO DE SU ENTORNO

Pregunta: Considera usted que los cultivos han sido afectados en su desarrollo o rendimiento por el uso de plomo en el proceso de fabricación de tejas

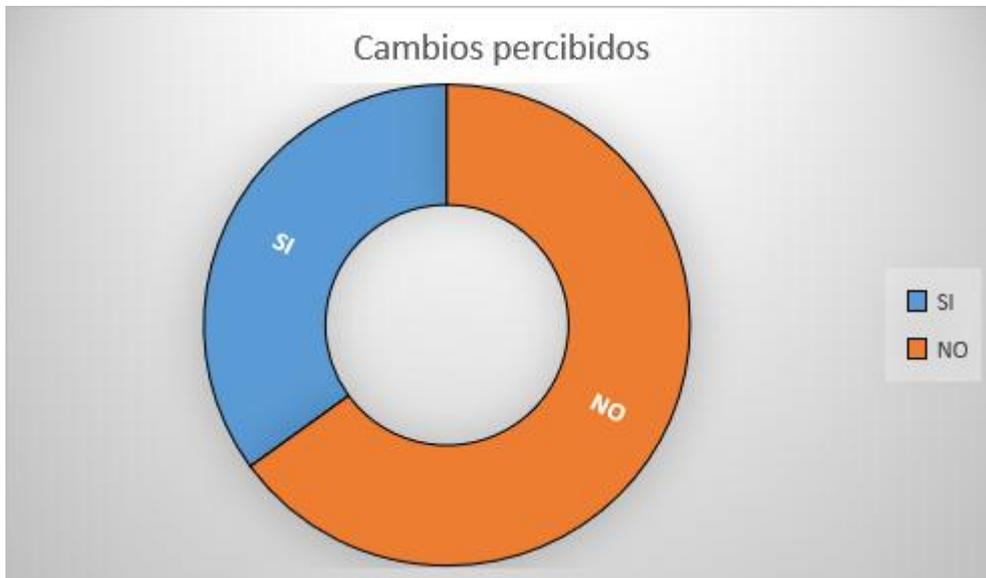
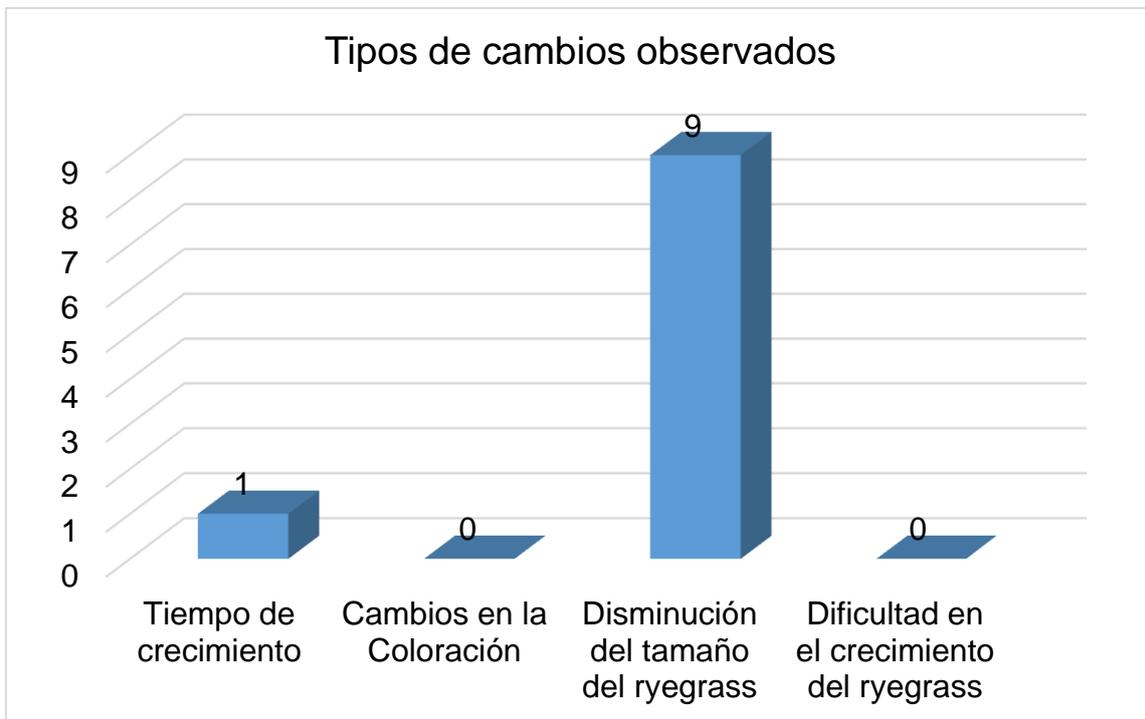


Figura 23 Cambios Percibidos

Elaboración: Autores

En la Figura 23 la población del sector no considera haber notado algún tipo de cambio en lo que respecta a la parte de cultivos y Rye Grass, esto podría deberse a que como en la misma área donde trabajan, residen permanentemente y que su percepción de lo que ocurre se les haga algo normal, además que en el área no se identifica una gran actividad agrícola, sino solo pequeños sembríos para consumo local.

Pregunta: Posibles cambios observados en los pastizales**Figura 24** Tipos de cambios observados**Elaboración:** Autores

En cuanto al Rye Grass, la Figura 24, indica que la población considera que esto ya no crece de la misma manera, esto basándonos en bibliografía sabemos que son síntomas que expresa en sus condiciones físicas cuando se encuentra en un ambiente contaminado.



3.3 DISCUSIÓN

Con el estudio realizado se comprobó la bio acumulación de Plomo en el Rye Grass de la zona de estudio, siendo una especie metalofílica, estos resultados se corroboran con el trabajo realizado por (Romero, 2017), donde el bio indicador Pasto azul acumulo 0,092 mg Pb/Kg los cuales provienen de emisiones volcánicas.

Así también (Peláez *et al.*, 2016) emplea al pasto *Brachiaria spp* como indicador para cuantificar la contaminación ambiental provocada por una refinería de crudo ubicada en Magdalena Medio colombiano, obteniendo concentraciones de 15,23 mg Pb /Kg en forrajes.

El presente trabajo analizo la contaminación ambiental generada por la actividad tejera, obteniendo un promedio de 5,04 mg Pb/ Kg. En la Figura 25. Se observa los principales focos de contaminación dando como valor máximo 22,47 mg Pb /kg correspondiente al punto dos. Dentro de la Figura 25. sobresalen 10 puntos, donde se ha clasificado según su concentración, así los puntos de color rojo conciernen con muestras tomadas de áreas cercanas a los talleres de elaboración de tejas, y los puntos de color verde a muestras tomadas a 800 m de distancia de los focos de emisión.

Los puntos P20, P19, P18, P17 y P16 se consideró como muestras blanco, permitiendo confirmar que la contaminación por el metal pesado se desarrolla por el empleo de Óxido de Plomo dentro de la actividad tejera.

En relación, al Plomo - planta, en su estudio (Bizarro *et al.*, 2008) afirma que el Plomo no tiene funciones biogeoquímicas esenciales por los organismos vivos, ya que pertenece al grupo de elementos tóxicos; el riesgo aparece cuando hay un incremento de la cantidad de Plomo en el medio abiótico, por cualquiera de sus fuentes, y puede ser fácilmente absorbido y traslocado al interior de la planta.

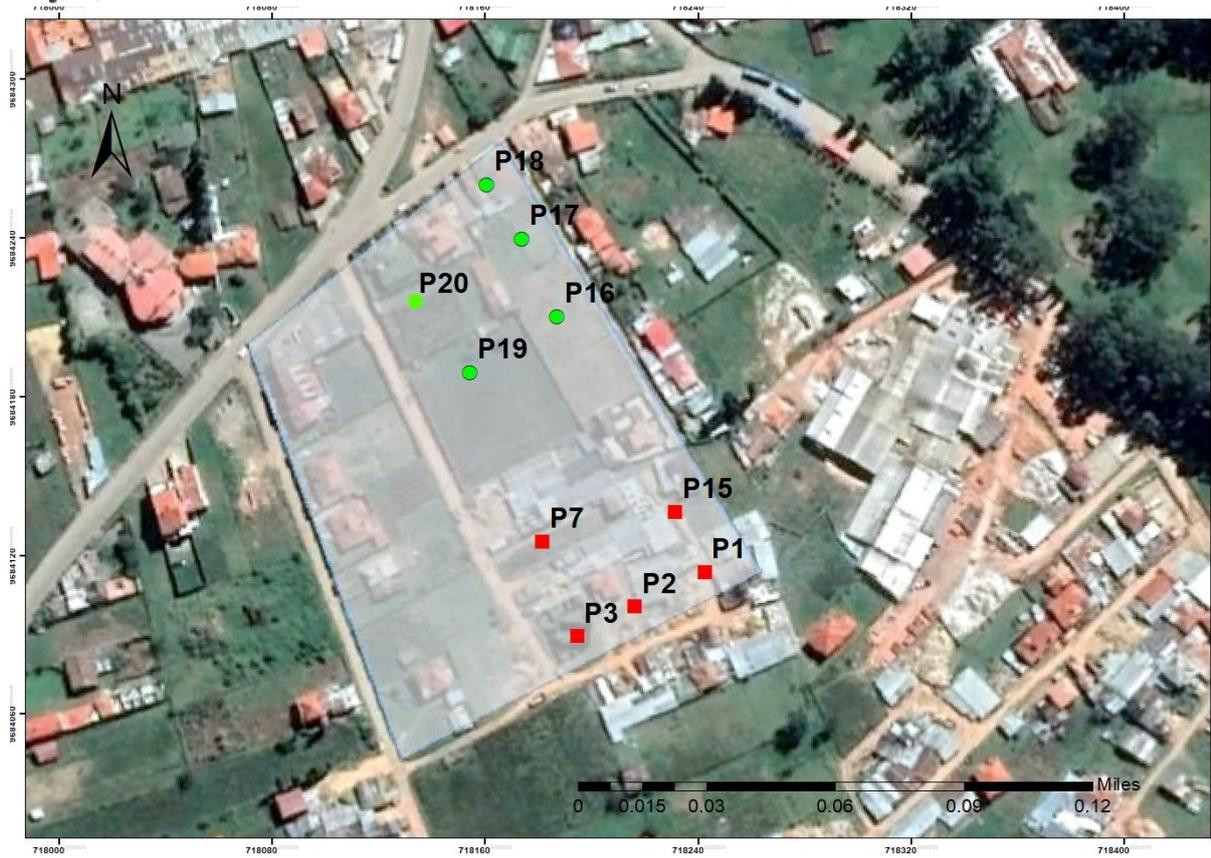


Figura 25 Concentraciones de Pb

Elaboración: Autores



CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.2 CONCLUSIONES

El proceso de muestreo, lavado y secado, es un punto clave para la obtención de resultados fiables, así eliminando una posible alteración en las muestras por degradación microbiana. Para el proceso de digestión de las muestras, mediante bibliografía y resultados se puede concluir que el emplear Ácido Nítrico ayuda para una correcta desintegración y elimina cualquier interferencia provocada por la materia orgánica de difícil oxidación, siendo así la más apta para trabajar con metales pesados y facilitando la dilución de Óxido de Plomo presente en las muestras.

Los valores de las concentraciones de Plomo obtenidas de las 20 muestras sobrepasaron los límites máximos permisibles por la UE y del Codex Alimentarius, tomando en consideración los límites para hortalizas que es la clasificación que más se asemeja al bio indicador estudiado. A su vez, correlacionando los datos obtenidos con las encuestas realizadas, los resultados reflejan el uso de Óxido de Plomo para el proceso de vidriado, siendo así que dentro de la comunidad Pan de Azúcar se empleó el método de fritado por un periodo de prueba, careciendo de resultados que se obtenían anteriormente en el producto terminado, razón por la cual volvieron a emplear Óxido de Plomo en el vidriado y por consiguiente la continua y excesiva demanda de este insumo, generando una elevada bio acumulación en los forrajes del sector Racar, siendo el Rye Grass (*Lolium perenne*) un bio indicador adecuado para determinar la contaminación proveniente de metales pesados.

El bio indicador por los resultados obtenidos en este estudio, se concluye que es una planta metalofílica bio acumuladora de metales pesados, apta para la bio remediación de suelos contaminado con Plomo. Este tipo de forraje según bibliografía consultada se adapta perfectamente a zonas alto andinas, así evaluando factores como costos de adquisición, tiempos de crecimiento, adaptabilidad, resistencia y cuidado de la misma, lo vuelve una buena opción para procesos de bio remediación.



Con el estudio realizado se concluye también que el suelo de la comunidad Pan de Azúcar del sector Racar se encuentra contaminado con altas concentraciones de Plomo, el mismo que se transfiere a diferentes bio indicadores, dando una alta probabilidad de contaminación en los niveles tróficos, convirtiéndose en una línea base para desarrollar mejoras en la zona.

4.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar estudios sobre la presencia de metales pesados en diferentes ambientes de posible contaminación, por efecto del uso de Óxido de Plomo en la fabricación de tejas, estos estudios se pueden enfocar en bio indicadores como los artesanos expuestos, ganado vacuno que se alimenta del Rye Grass y cultivos de hortalizas.
- Se recomienda desarrollar proyectos de bio remediación con Rye Grass en zonas afectadas por el uso de metales pesados, para mejorar los diferentes compartimientos.
- La técnica de análisis ejecutada, se recomienda emplearla para otros estudios similares en el cual necesiten analizar metales pesados.
- Para trabajar con comunidades es necesario un plan de socialización previo al realizar estudios de impacto ambiental en las áreas.
- Se recomienda planes de educación ambiental, apoyadas por instituciones públicas para correcto uso de sustancias tóxicas.



BIBLIOGRAFIA

Agoubrode, L. (2008) "Remoción de metales pesados por medio de adsorbentes no convencionales".

Albert, L. (2004) "Contaminación ambiental origen, clases, fuente, efectos.pdf".

Alvarez, A. and Chacho, G. (2015) "Sustitución del vidrio crudo a base de óxido de plomo por uno fritado en la elaboración de tejas en el sector San José de Balzay y Racar".

ATSDR (2007) "Resúmenes de Salud Pública - Plomo (Lead)".

Baker, A. (1981) "Accumulators and Excluders - Strategies in the Response of Plants to Heavy Metals", *Journal of Plant Nutrition*, 3(1–4), pp. 643–654.
doi:10.1080/01904168109362867.

Beltran, M. and Gómez, A. (2015) "Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación Heavy metals (Cd, Cr and Hg): impact on environment and possible biotechnological strategies for remediation ALIDA MARCELA GÓMEZ RODRIGUEZ", (2), pp. 82–113.

Bermejo, D. (2016) "Remoción de plomo y cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao".

Bizarro, V. G., Meurer, E. J. and Tatsch, F. R. P. (2008) "Adsorção de Cádmiio em Solos da Região Sul do Brasil.", *Ciencia Rural*, 38(1), pp. 247–250.
doi:10.1590/S0103-84782008000100041.

Brooks, R., Lee, J., Reeves, R. and Jaffre, T. (1977) "Detection of Nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plants", *Journal of Geochemical Exploration*, 7. doi:10.1016/0375-6742(77)90074-7.

Burger, M. and Pose, D. (2010) *Plomo, Salud y Ambiente*. Motevideo: OPS / OMS.

Bustamante, J., Chaparro, A., García, C., Peláez, M. and Hernández, W. (2014) "Niveles de metales pesados (Pb, Cd, Mo y Zn) en ganado bovino criado sobre



pastos naturales en Colombia", p. 19. Available at:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/2016/documentos/04022016/metales.pdf.

Cahuana, L. and Aduvire, O. (2018) "Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú", *Planning for closure 2018*, pp. 1–18.

Cañizares-Villanueva, R. (2000) "Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana", pp. 131–143.

Codex Alimentarius (2009) "Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos", *CODEX STAN 193-1995. Adoptada en 1995. Revisión: 2009. Enmienda: 2016*, p. 76. Available at: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BSTAN%2B193-1995%252FCXS_193s.pdf.

Covarrubias, S. and Peña-Cabriales, J. (2017) "Contaminación ambiental por metales pesados en México problemática y estrategias de fitorremediación", 33, pp. 7–21. doi:10.20937/RICA.2017.33.esp01.01.

Diez, F. (2008) *Fitocorrección de suelos contaminados con n metales pesados : Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas*. Universidad de Santiago de Compostela.

Doadrio, A. (2006) "Ecotoxicología y acción toxicológica del plomo", pp. 409–422.

European, U. (2019) "LEGISLACIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS DE METALES PESADOS".

Galan, E. and Romero, A. (2008) "Contaminación de Suelos por Metales Pesados", in *Conferencia Contaminación de Suelos por Metales Pesados*, pp. 48–60.

García-Gutiérrez, C. and Rodríguez-Meza, G. (2012) "Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa".

García, H., El Zauahre, M., Morán, H., Acosta, Y., Senior, A. and Fernández Nola (2006) "Análisis comparativo de dos técnicas de digestión para la determinación de



metales pesados en lodos residuales", *Multiciencias*, 6(3), pp. 234–243.

García, P., Esmeralda, P., Cruz, A. and Isabel, M. (2012) "Los efectos del Cadmio en la salud".

Gulson, B. L., Mizon, K. J., Korsch, M. J. and Howarth, D. (1996) "Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate lead exposure in a major lead mining community", *Science of the Total Environment*. doi:10.1016/0048-9697(95)05015-9.

Hernández, M. (2016) *Bioacumulación de cadmio en rye grass (lolium perenne l. Var. Nui) sembrado en tres sustratos en condiciones de invernadero*.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.

Licto, S. (2017) *Estudio de la biofortificación foliar con diferentes fuentes de zinc en rye grass perenne*. ESPE.

Martí, L., Burba, J. and Cavagnaro, M. (2002) "Metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos", pp. 43–48.

Martin, C. W. (2000) "Heavy metal trends in floodplain sediments and valley fill , River Lahn , Germany", pp. 53–68. doi:10.1016/s0341-8162(99)00080-6.

Martín, M. (2008) *Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados*. Universidad de Granada.

Martínez, A. (2002) "Plomo en suelo y su asociación con los niveles sanguíneos en niños y mujeres embarazadas".

Moreno, K. (2016) *Determinación de los niveles de plomo en sangre en trabajadores de una fábrica de pinturas en la ciudad de Quito, por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito*.

Muslera, E. and Ratera, C. (1984) *Praderas y forrajes: 'Producción y aprovechamiento'*. Madrid: Mundi-Prensa.

Navarro-Aviño, Aguilar Alonso and Lopez-Moya (2007) "Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas", pp. 10–25.

Orellana, J. (2005) "Ingeniería Sanitaria Capitulo II Contaminación Ambiental", pp.



Parra, A., Castillo, C. and Meléndez, I. (2015) "Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre tasajero en la ciudad de Cúcuta, norte de Santander, Colombia", pp. 13-20.

Passow, H., Rothstein, A. and Clarkson, T. W. (1961) "THE GENERAL PHARMACOLOGY OF THE HEAVY METALS", *Pharmacological Reviews*, 13(2), pp. 185 LP – 224. Available at:
<http://pharmrev.aspetjournals.org/content/13/2/185.abstract>.

Peláez, M., Bustamante, J. and Gómez, E. (2016) "Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el magdalena medio colombiano", *Revista Luna Azul*. doi:10.17151/luaz.2016.43.5.

Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T. and Quintana, C. (2006) "Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera heavy metals pollution in soils damaged by mining industry", 5(1995).

Quilligana, S. (2016) "Comparación productiva de tres cultivares de ryegrass Perenne (*Lolium perenne*) en términos de producción y calidad, Tambillo- Ecuador 2015".

Ramírez, A. (2005) "El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo", 66(1), pp. 57-70.

Ramirez, F. (2005) "El Muestreo de Suelos".

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. and González, E. (2016) "Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria", *Revista de Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16, pp. 66-77.

Rodríguez, D. (2017) "Intoxicación ocupacional por metales pesados", *Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba*, p. 14. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012.

Romero, C. (2017) "Determinación de Cadmio y Plomo por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito en pastos del cantón Quero afectados por las cenizas del volcán Tungurahua", *Universidad Técnica de Ambato*. Ambato.



Sierra, R. (2006) *Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO".

Tello, M. (2015) "Evaluación del riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de cuenca".

Tenorio, G. (2006) *Caracterización de la biosorción de cromo con hueso de aceituna*. Universidad de Granada.

Trasobares, E. (2010) *Plomo mercurio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores de exposición*. Madrid.

TULSMA (2015) "NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS".

Vílchez, R. (2005) *Eliminación de metales pesados en aguas mediante sistemas de lechos sumergidos estudio microbiológico en las biopelículas*. Universidad de Granada.

Zavala, M. (2012) "Contaminación por plomo en suelos de Torreón Coah., daños a la salud y métodos de eliminación."



ANEXOS

DATOS DE LABORATORIO OBTENIDOS

 <p>CESEMIN Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos</p>	 <p>UCUENCA-EP ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS, BRANDEO TECNOLÓGICO, CONSULTORÍA ESPECIALIZADA BANCA PÚBLICA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA</p> <p>REPORTE DE RESULTADOS</p>	<p>Nº RMG 1895-1904</p> <p>Hoja 1 de 1</p>
--	--	--

CLIENTE: JUAN MORENO
MUESTRA: MUESTRAS LÍQUIDAS (10)
FECHA: 2019-09-18

ANÁLISIS QUÍMICO

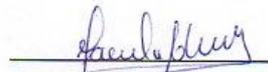
MUESTRA	Pb Valor A ppm	Pb Valor B ppm	Pb Promedio ppm
P1 Sep 11/19	20,49	20,50	20,50
P2 Sep 11/19	22,47	22,48	22,48
P4 Sep 11/19	5,61	5,60	5,61
P8 Sep 11/19	2,61	2,62	2,62
P10 Sep 11/19	1,90	1,90	1,90
P11 Sep 11/19	1,30	1,30	1,30
P12 Sep 11/19	1,73	1,73	1,73
P13 Sep 11/19	3,48	3,48	3,48
Casa 2 Sep 11/19	10,21	10,23	10,22
P5 Casa 06/08/19	N.D.	N.D.	N.D.

OBSERVACIONES:

- Método: Lectura por Espectrometría Absorción Atómica. Equipo: PERKIN ELMER AANALYST 400
- ppm: Partes por millón. (unidades: µg/ml)
- N.D.: No Detectado.
- Límite de Detección Plomo: 0,15 µg/ml
- Fecha de recepción de muestra: 2019-09-17
- Fecha de realización de lecturas: 2019-09-17



Responsable Área Metales
Ing. Marcela Idrovo



Director CESEMIN
Ing. Marcela Idrovo

cc. archivo
mig

Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.
Este el informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESEMIN.
El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.
Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.

FMC2302-02

Universidad de Cuenca, sector Balzay- Teléfono: (07) 4089561
Email: cesemin@ucuencaep.com.ec
Cuenca - Ecuador



 CESEMIN Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos	 UCUENCA-EP <small>ADMINISTRACIÓN DE SERVICIOS - GESTIÓN TECNOLÓGICA - CALIDAD Y EFECTIVIDAD</small>  <small>INSTITUTO PÚBLICO DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA</small>	Nº RMG 1905-1914 Hoja 1 de 1
REPORTE DE RESULTADOS		

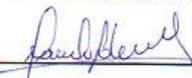
CLIENTE: JOSÉ GONZALEZ
MUESTRA: MUESTRAS LÍQUIDAS (10)
FECHA: 2019-09-18

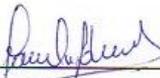
ANÁLISIS QUÍMICO

MUESTRA	Pb Valor A ppm	Pb Valor B ppm	Pb Promedio ppm
P1 Casa 06/08/19	N.D.	N.D.	N.D.
P2 08/08/19 Casa	N.D.	N.D.	N.D.
P3 08/08/19 Casa	N.D.	N.D.	N.D.
P4 08/08/19 Casa	N.D.	N.D.	N.D.
P3 12/09/19	6,99	7,00	7,00
P5 12/09/19	5,47	5,48	5,48
P6 12/09/19	1,43	1,42	1,43
P7 12/09/19	7,99	8,00	8,00
P9 12/09/19	5,13	5,13	5,13
Casa 1 12/09/19	4,03	4,03	4,03

OBSERVACIONES:

- Método: Lectura por Espectrometría Absorción Atómica. Equipo: PERKIN ELMER AANALYST 400
- ppm: Partes por millón. (unidades: µg/ml)
- N.D.: No Detectado.
- Límite de Detección Plomo: 0,15 µg/ml
- Fecha de recepción de muestra: 2019-09-17
- Fecha de realización de lecturas: 2019-09-17


 Responsable Área Metales
 Ing. Marcela Idrovo


 Director CESEMIN
 Ing. Marcela Idrovo

cc. archivo
mig

Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.
 Este el informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESEMIN.
 El laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.
 Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el cliente y son de su entera responsabilidad.

FMC2302-01

Universidad de Cuenca, sector Balzaín- Telefax: (07) 4089561 Email: cesemin@ucuenca.edu.ec
 Cuenca - Ecuador
<http://rai.ucuenca.edu.ec/cesemin/>



ENCUESTA

1. ¿Los trabajadores son de sexo?

M	
F	

2. ¿Las edades de los trabajadores oscilan entre?

15 – 20 años	
21 – 30 años	
31 – 40 años	
41 – 50 años	
51 – 60 años	
61 – 70 años	

3. ¿Cuántos años lleva Ud. en la fabricación artesanal de tejas?

Menos de 2 años	
3 – 5 años	
6 – 10 años	
11 – 20 años	
Más de 20 años	
¿Cuántos?	

4. La actividad de elaboración artesanal de tejas es:

FAMILIAR	SI	
	NO	

5. SABIA UD QUE, DURANTE EL PROCESO DE ELABORACION ARTESANAL DE TEJAS, SE PRODUCEN CON:

SI	
NO	
CUAL	

6. CONSIDERA UD, QUE LA EXPOSICION A LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN ESTA ACTIVIDAD LE HAN P:

SI	
NO	

7. QUE TIPO DE COMPUESTO UTILIZA PARA REALIZAR EL VIDRIADO DE LAS TEJAS

OXIDO DE PLOMO DE BATERIA	
SILICE	
BARNIZ PREPARADO	
FRITA EFA 80	

8. AL MOMENTO DE VIDRIAR LA TEJA UD. UTILIZA UN EQUIPI DE SEGURIDAD PERSONAL, ¿ GUANTES.

SI	
NO	

9. SABIA UD. QUE EL PLOMO UTILIZADO EN LA FASE DE VIDRIADO CUANDO LLEGA A LA FASE DE QUEI

SI	
NO	

10. CUANTAS QUEMAS DE TEJAS REALIZA SEMANALMENTE

0-2	
3 – 5	
6 – 8	
8 – 10	
> 10	
CUANTAS	



11. CONSIDERA USTED QUE LOS CULTIVOS HAN SIDO AFECTADOS EN SU DESARROLLO O RENDIMIENTO

SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

12. HA OBSERVADO CAMBIOS QUE CAUSA DISMINUCION EN EL CRECIMIENTO DE LAS PASTIZALES

SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

13. EN CASO DE SER AFIRMATIVA SU RESPUESTA SEÑALE LOS POSIBLES CAMBIOS OBSERVADOS EN LOS

Tiempo de crecimiento	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cambios en la Coloración	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Disminución del tamaño del ryegrass	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Dificultad en el crecimiento del ryegrass	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1. ¿Cuántos años lleva Ud. en la fabricación artesanal de telas?	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Menos de 2 años	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3 - 5 años	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6 - 10 años	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11 - 20 años	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Más de 20 años	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cuántas	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. ¿La actividad de elaboración artesanal de telas es:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FAMILIAR	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. ¿SABIA UD. QUE DURANTE EL PROCESO DE ELABORACION ARTESANAL DE TELAS, SE PRODUCEN CON:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
CUAL	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4. CONSIDERA UD. QUE LA EXPOSICION A LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN ESTA ACTIVIDAD LE HAN P:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

5. ¿QUE TIPO DE COMPUESTO UTILIZA PARA REALIZAR EL VIDRIADO DE LAS TELAS:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
OXIDO DE PLOMO DE BATERIA	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SILICE	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
BARNIZ PREPARADO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FRITA SPA 80	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6. ¿AL MOMENTO DE VIDRIAR LA TELA UD. UTILIZA UN EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL (GUAANTES):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

7. ¿SABIA UD. QUE EL PLOMO UTILIZADO EN LA FASE DE VIDRIADO CUANDO LIEGA A LA FASE DE QUEL:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
SI	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
NO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

8. ¿CUANTAS QUEMAS DE TELAS REALIZA SEMANALMENTE?	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0-2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3-7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8-10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
> 10	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
CUANTAS	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>