



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS
CENIZAS DE SAMÁN (*Samanea saman*) Y ALGARROBO
(*Ceratonia siliqua*) PARA APROVECHAMIENTO COMO
POTASA
TRABAJO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES
BONILLA VALLES JERSSON STALIN
CÓRDOVA LUDEÑA EDGAR FABIAN**

**TUTOR
ARIZAGA GAMBOA RAÚL ENRIQUE**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

Aprobación del Tutor

Yo, **Blgo. Gamboa Arizaga Raúl**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE SAMÁN (Samanea saman) Y ALGARROBO (Ceratonia siliqua) PARA APROVECHAMIENTO COMO POTASA**, realizado por los estudiantes **Bonilla Valles Jersson Stalin**; con cédula de identidad N° **1723246276** y **Córdova Ludeña Edgar Fabian**; con cédula de identidad N° **0707029179** de la carrera **Ingeniería Ambiental**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Blgo. Gamboa Arizaga Raúl

Guayaquil, 20 de abril del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Aprobación del Tribunal de Sustentación

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE SAMÁN (Samanea saman) Y ALGARROBO (Ceratonia siliqua) PARA APROVECHAMIENTO COMO POTASA”**, realizado por los estudiantes Bonilla Valles Jersson Stalin Y Córdova Ludeña Edgar Fabian, los mismos que cumplen con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Dr. Freddy Arcos Ramos, MSc.
PRESIDENTE

Ing. Diego Muñoz Naranjo
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Jorge Coronel Quevedo
EXAMINADOR PRINCIPAL

Blgo. Raúl Arizaga Gamboa
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 20 de abril del 2021

Agradecimiento

A nuestros padres por darnos la oportunidad de ser profesionales, al tutor por guiarnos de la mejor manera en el inicio y culminación de nuestra tesis y por último y no menos importante, a familiares, colegas, amigos que nos apoyaron en los buenos y malos momentos de nuestra carrera.

Autorización de Autoría Intelectual

Nosotros Bonilla Valles Jersson Stalin y Córdova Ludeña Edgar Fabián, en calidad de autores del proyecto realizado, sobre “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE SAMÁN (*Samanea saman*) Y ALGARROBO (*Ceratonia siliqua*) PARA APROVECHAMIENTO COMO POTASA” para optar el título de Ingenieros Ambientales, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 20 de abril del 2021

Bonilla Valles Jersson
C.I. 1723246276

Córdova Ludeña Edgar
C.I. 0707029179

Índice general

PORTADA	1
Aprobación del Tutor.....	2
Aprobación del Tribunal de Sustentación	3
Agradecimiento	4
Autorización de Autoría Intelectual.....	5
Índice general	6
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	14
Abstract.....	15
1. Introducción	16
1.1 Antecedentes del problema	16
1.2 Planteamiento y formulación del problema	18
1.2.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2.2 Formulación del problema.....	19
1.3 Justificación de la investigación	19
1.4 Delimitación de la investigación	20
1.5 Objetivo general.....	20
1.6 Objetivos específicos.....	20
1.7 Hipótesis.....	21
2. Marco teórico	22
2.1 Estado del arte	22
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 Fabricación de ladrillos en Huaquillas.	24

2.2.1.1 Materia prima e insumos.	24
2.2.1.2 Extracción.	24
2.2.1.3 Mezcla.	24
2.2.1.4 Moldeado.	25
2.2.1.5 Secado.	25
2.2.1.6 Cocción.	25
2.2.1.6.1 Tipos de madera empleada para la quema de ladrillos.	26
2.2.1.6.2 Ceniza y sus tipos.	30
2.2.1.6.3 Principales contaminantes generados en la quema.	30
2.2.2 El potasio y sus funciones.	32
2.2.3 Dinámica del potasio en el sistema suelo-cultivo.	33
2.2.4 La potasa y sus aplicaciones.	34
2.2.4.1 Dosis de fertilizantes potásicos.	35
2.2.5 Conceptos relacionados a la metodología.	35
2.2.5.1 Espectrofotometría.	35
2.2.5.2 Ley de Lambert-Beer.	36
2.2.5.3 Curvas de calibrado.	36
2.3 Marco legal	37
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.	37
2.3.2 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 - Toda una vida	38
2.3.3 Reforma al Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio de Medio Ambiente.	39
3. Materiales y métodos	41
3.1 Enfoque de la investigación.	41
3.1.1 Tipo de investigación.	41

3.1.2 Diseño de investigación.	42
3.2 Metodología.....	42
3.2.1 Variables.....	42
3.2.1.1 Variable independiente.	42
3.2.1.2 Variable dependiente.	42
3.2.2 Diseño experimental.	42
3.2.3 Recolección de datos.....	43
3.2.3.1 Recursos.....	43
3.2.3.2 Métodos y técnicas.	43
3.2.3.2.1 Selección de cenizas mediante tamizado.....	43
3.2.3.2.2 Análisis de la composición química de la ceniza.	44
3.2.3.2.3 Comparación de las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y restauración de suelos.....	46
3.2.3.2.4 Medidas de gestión ambiental para el aprovechamiento de las cenizas y reducción de la contaminación en las ladrilleras del cantón Huaquillas.....	47
3.2.4 Análisis estadístico.....	50
3.2.4.1 Estadística descriptiva.	50
3.2.4.2 Estadística inferencial.	50
4. Resultados.....	52
4.1 Determinación de las cenizas más idóneas generadas en las ladrilleras a partir de dos especies maderables.....	52
4.1.1 Tamizado de cenizas (1cm, 0.5 mm y 0.2 mm).....	52
4.1.2 Recursos empleados para la incineración y muestreo.	54
4.2 Análisis de la composición química de la ceniza obtenida a partir de la combustión de maderas.....	55

4.2.1 Métodos de análisis.	55
4.2.1 Resultados del análisis por espectrofotometría.	56
4.2.2 Análisis estadístico inferencial.	59
4.3 Comparación de las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y restauración de suelos.	61
4.3.1 Requerimientos del cultivo de banano.	61
4.3.2 Degradación de suelos y sus requerimientos para remediación.	63
4.3.3 Diagrama de comparación.	64
4.4 Medidas de gestión ambiental para el aprovechamiento de las cenizas y reducción de la contaminación en las ladrilleras del cantón Huaquillas.	65
4.4.1 Línea base del cantón.	65
4.4.1.1 Caracterización del medio físico.	65
4.4.1.2 Caracterización del medio biótico.	66
4.4.1.3 Caracterización del medio socioeconómico.	67
4.4.2 Diagnóstico ambiental.	67
4.4.2.1 Ubicación de las ladrilleras en el cantón Huaquillas.	67
4.4.2.2 Valoración del proceso productivo del ladrillo.	68
4.4.2.3 Evaluación del cumplimiento de la normativa.	72
4.4.2.4 Evaluación de impacto ambiental.	78
4.4.1 Medidas de gestión ambiental para las ladrilleras.	80
4.4.2 Aprovechamiento de ceniza.	82
5. Discusión.	83
5.1 Composición de la ceniza por espectrofotometría y colorimetría.	83
5.2 Aplicación de la ceniza de las especies maderables.	85
5.3 Impacto ambiental actual de las ladrilleras del cantón Huaquillas.	86

6. Conclusiones	87
7. Recomendaciones	89
8. Bibliografía	90
9. Anexos	100
9.1 Figuras complementarias.....	100
9.2 Tablas complementarias.....	109

Índice de tablas

Tabla 1. Aplicaciones de la potasa	34
Tabla 2. Dosis de fertilizante potásico por cultivo.....	35
Tabla 3. Diseño de bloques al azar	43
Tabla 4. Preparación de disolución para análisis de potasio mediante espectrofotometría	45
Tabla 5. Preparación de disolución para análisis de calcio mediante espectrofotometría	45
Tabla 6. Preparación de disolución para análisis del fósforo mediante espectrofotometría	46
Tabla 7. Modelo de matriz de cumplimiento	47
Tabla 8. Criterios de importancia de impacto	49
Tabla 9. Modelo de plan para las medidas de gestión.....	50
Tabla 10. Técnicas empleadas en laboratorio para cada elemento.....	55
Tabla 11. Resultados de la prueba t-Student para una muestra.....	60
Tabla 12. Varios agroquímicos aplicados en banano y su composición	62
Tabla 13. Fauna del cantón Huaquillas	66
Tabla 14. Materia prima para la fabricación de ladrillos en Huaquillas	68
Tabla 15. Matriz de evaluación del cumplimiento de la normativa	72
Tabla 16. Matriz de importancia ambiental sobre la producción de ladrillos en Huaquillas	79
Tabla 17. Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales	80
Tabla 18. Plan de seguridad y salud en el trabajo	81
Tabla 20. Límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para fuentes fijas de combustión.....	109

Índice de figuras

Figura 1. Proceso de incineración de madera y muestreo de cenizas	53
Figura 2. Herramientas e insumos empleados durante el muestreo.....	54
Figura 3. Resultados promedio de pH para cada muestra	56
Figura 4. Resultados promedio de calcio (%) para cada muestra	57
Figura 5. Resultados promedio de potasio (%) para cada muestra	57
Figura 6. Resultados promedio de magnesio (%) para cada muestra	58
Figura 7. Resultados promedio de fósforo (%) para cada muestra.....	58
Figura 8. Síntesis promedio de los resultados por muestra.....	59
Figura 9. Comparación de las propiedades de las cenizas de especies maderables y fertilizantes para banano. Este diagrama se elaboró considerando las propiedades de varios fertilizantes altos en contenido de calcio y potasio.	64
Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de ladrillos en Huaquillas	71
Figura 11. Resultados de la matriz de cumplimiento	78
Figura 12. Estación de almacenamiento de ceniza	82
Figura 13. Dinámica del potasio en sistemas suelo-cultivo	100
Figura 14. Especie <i>Samanea Saman (Jacq.) Merr</i>	100
Figura 15. Especie <i>Ceratonia siliqua L. (Jacq.) Merr</i>	101
Figura 16. Mezcla lista para moldeado.....	101
Figura 17. Informe de laboratorio perteneciente a la muestra de <i>S. saman (Jacq.) Merr</i>	102
Figura 18. Informe de laboratorio perteneciente a la muestra de <i>C. siliqua (Jacq.) Merr</i>	103
Figura 19. Informe de laboratorio perteneciente a la muestra mezcla	104

Figura 20. Mapa de usos de suelo del cantón Huaquillas	105
Figura 21. Mapa de ecosistemas del cantón Huaquillas	105
Figura 22. Recolección de ceniza	106
Figura 23. Tamizaje de las cenizas	106
Figura 24. Pesaje de las muestras	107
Figura 25. Muestra lista para análisis en laboratorio	107
Figura 26. Ubicación actual de las ladrilleras en el cantón Huaquillas	108

Resumen

En el presente estudio se evaluó la composición química de las cenizas de dos especies maderables, Samán (*Samanea saman Jacq. Merr*) y Algarrobo (*Ceratonia siliqua Jacq. Merr*), producida por la fabricación de ladrillos en el cantón Huaquillas, la principal técnica aplicada para el análisis de sus propiedades fue la espectrofotometría por absorción molecular y de emisión, con el fin de estudiar aplicaciones para su aprovechamiento. Se estableció un diseño experimental completamente al azar (DCA), que se basó en una muestra por especie maderable y una muestra mezcla, dando un total de tres observaciones; posteriormente en un laboratorio certificado se analizaron las concentraciones de los elementos Potasio (K), Calcio (Ca), Fósforo (P), Magnesio (Mg) y pH (potencial de hidrógeno). Además, se evaluó la actual gestión ambiental de las ladrilleras del cantón que permitió la propuesta de medidas. Los resultados demostraron que el Calcio (Ca) es el elemento en mayor porcentaje para cada tipo de ceniza, mismo que se encuentra por encima del 20%; mientras que el potasio (K) es el segundo elemento en mayor porcentaje donde la especie *S. saman (Jacq.) Merr* presenta mayores valores. Los elementos magnesio (Mg) y fósforo (P) presentaron valores inferiores que varían de 1,17 a 2,84%. Según el análisis de las concentraciones la ceniza puede servir como enmendante de suelos ácidos y como fertilizante en cultivos que soporten un nivel de pH superior a 10. Por otra parte, el impacto ambiental de las ladrilleras es negativo y severo en cuanto a deforestación.

Palabras clave: Alcalino, deforestación, concentraciones, espectrofotometría, riesgos.

Abstract

This study evaluated the chemical composition of ashes of two timber species, Samán (*Samanea saman* Jacq. Merr) and Algarrobo (*Ceratonia siliqua* Jacq. Merr), produced by the manufacture of bricks in the canton Huaquillas, the main technique applied for the analysis of its properties was the spec by molecular absorption and emission spectrophotometry, in order to study applications for its use. A completely random experimental design (DCA) was established, which was based on a sample by wood species and a mixed sample, giving a total of three observations; subsequently in a certified laboratory, concentrations of k, Ca, Mg an pH were analysed. In addition, the current environmental management of the canton's brick-and-go larllers that allowed the proposal for the measures was evaluated. The results showed that calcium (Ca) is the highest percentage element for each type of ash, which is above 20%; while potassium (K) is the second highest percentage element where the species *S. saman* (Jacq.) Merr has higher values. Magnesium (Mg) and phosphorus (P) elements had lower values ranging from 1.17 to 2.84%. According to the analysis of concentrations, ash can serve as a mending of acidic soils and as fertilizer in crops that support pH level above 10. On the other hand, the environmental impact of brick-and-go is negative and severe in terms of deforestation.

Keywords: Alkaline, deforestation, concentrations, spectrophotometry, risks.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

En las ladrilleras se observa frecuentemente enormes cantidades de humo durante el proceso de cocción de ladrillos, estos humos se extienden hacia el suelo y ríos cercanos a los lugares de producción a través precipitación de partículas y cenizas, lo que ocasiona riesgos para la salud por deterioro de la calidad del aire (Ministerio de la Producción, 2010). En los casos en que se emplea carbón mineral, es muy difícil evitar la generación de carbono negro asociado al material no quemado y a la generación de cenizas (Ospino et al., 2013). Al ser la ceniza un residuo que se genera a nivel mundial, supone un gran problema de almacenamiento y un grave impacto ambiental, por ello es necesario el desarrollo de aplicaciones que permita valorizarla (Cabo, 2011).

En relación a la generación de ceniza, se afirma que en Perú existe registro aproximado de 2000 microempresas ladrilleras, mismas que son las principales productoras de cenizas industriales, y producen 53500 toneladas de ceniza de fondo al año (Ayala et al., 2019; Durán, 2016). Ecuador en cambio, registra 1805 ladrilleras solo hasta el año 2010, de éstas, más de 4 son grandes empresas, 11 son medianas empresas, 60 son pequeñas empresas y 1730 son microempresas (Consultora Advance, 2013, p.3). Se estima que se genera cerca de 50000 toneladas de cenizas de fondo al año a nivel nacional.

Las ladrilleras del cantón Huaquillas tuvieron origen por inmigración de habitantes de la ciudad de Loja (Crespo, 2018). El oficio de ladrillero es una tradición en la zona, se trata de un trabajo heredado de generación en generación. Los trabajadores se exponen al calor, humor y cenizas del horno, pues queman los bloques durante 48 horas continuas y en ese lapso introducen combustible

constantemente para mantener el fuego; esto indica que la implementación de tecnología para la fabricación de ladrillo es muy necesaria, por ello la Prefectura de El Oro elaboró un plan para tecnificar a los artesanos (El Telégrafo, 2017).

En el plan mencionado, no se considera medidas que gestionen adecuadamente los residuos de ceniza generados en las ladrilleras. Sin embargo, varios investigadores han realizado estudios que valorizan este residuo. Durán (2016) estudió el mejoramiento de un suelo arcilloso con ceniza de madera, dándole así valor a los residuos de la industria de ladrillo artesanales en el Perú, determinando que si es posible dar una aplicación a las cenizas de fondo de ladrilleras; ya que las cenizas mejoran las propiedades mecánicas del suelo. Indica el autor que se podría emplear en bases y sub-base de pavimentos, lo cual tendría impacto económico en obras viales, al obtener mayor tiempo de vida útil. Mamani y Yataco (2017) estudiaron la estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo generada en ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho, Perú; para ello realizaron pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso sujeto de estudio. Los resultados demostraron que existe mejor comportamiento mecánico en la mezcla arcilla-ceniza, a comparación del suelo arcilloso puro. Los autores afirman que es muy necesario seguir investigando las aplicaciones que tiene la ceniza de fondo.

Por tal razón, el presente estudio evaluó las cenizas de fondo generadas en ladrilleras del cantón Huaquillas; esto con el fin de disminuir la contaminación generada por este residuo. Se evaluó la composición de la ceniza generada en la quema de ladrillos y finalmente se propuso un sistema de gestión para el aprovechamiento de las cenizas producidas en las ladrilleras del cantón Huaquillas.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema.

En el cantón Huaquillas existen cerca de 40 ladrilleras artesanales sumando un total de 80 hornos para la quema de ladrillos, proceso que se efectúa una vez al mes para producir entre 31000 a 32000 ladrillos. Este proceso requiere de toneladas de madera y el residuo de cenizas de fondo obtenido varía entre 80 a 100 libras por cada quema. Considerando sólo el periodo de verano, esto representa una generación de 5000 libras de cenizas por mes y más de 15 toneladas de cenizas por año.

La generación excesiva de este material particulado genera problemáticas ambientales ya que las cenizas son dispuestas inadecuadamente en agujeros realizados en el suelo adyacente a las ladrilleras. Las cenizas de madera suelen presentar contenidos importantes de óxidos, hidróxidos y carbonatos, por lo que presentan un fuerte carácter alcalino (Etiégni & Campbell, 1991; Solla-Gullón et al., 2001). Lo que indica que un suelo con alto contenido de cenizas, presenta altos niveles de alcalinidad.

Esta situación se presenta en el cantón Huaquillas, dónde las cenizas producto de la quema de ladrillos no tienen una adecuada gestión para su disposición; las cenizas sólo se recogen y desechan sin procesos previos (tratamiento o aprovechamiento) en las cercanías de las ladrilleras. En consecuencia, se evidencia un suelo agrietado en verano y fangoso en invierno, además, no existe presencia de vegetación en estas zonas debido a la falta de nutrientes que permitan su desarrollo.

Es claro que la problemática es de gran relevancia y es necesario la propuesta de alternativas que disminuyan el impacto de las ladrilleras a la salud y ambiente

como la presente propuesta de investigación que busca evaluar la composición química de las cenizas de madera producida por quema de ladrillos mediante espectrofotometría para la obtención de potasa en el cantón Huaquillas.

1.2.2 Formulación del problema.

Ante la problemática de inadecuada gestión y producción masiva de ceniza de fondo en ladrilleras se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles serán las propiedades de la potasa obtenida a partir de método de dilución de la ceniza generada en ladrilleras del cantón Huaquillas?

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad, diversos procesos tecnológicos y artesanales producen una serie de subproductos o residuos (Ayesta, García, Blanco, & Ayala, 1999), como la ceniza de fondo generada en la quema de ladrillos en hornos. Las ladrilleras artesanales no cuentan con proyectos que compensen la problemática ambiental que generan, por tanto, es importante analizar alternativas que permitan proteger la vida y los recursos naturales (Sánchez & Zapata, 2013).

El presente estudio aporta a la ciencia, el desarrollo del conocimiento sobre el proceso al que debe someterse la ceniza de fondo, como método de dilución, para poder reaprovecharla biotecnológicamente y obtener potasa que pueda ser aplicada para fabricación de productos, agricultura, silvicultura e incluso e tratamiento de aguas. La aplicación de cenizas de madera disminuye la acidificación de suelos forestales esto se debe a las altas concentraciones y solubilidad de K que poseen (Meiwes, 1995). Gil (1972) realizó un ensayo para determinar la acción de la potasia sola y en combinación con nitrógeno en la producción de banano "Poyo" zona bananera de Machala, obteniendo resultados efectivos en la producción de banano con la aplicación de potasa. Katoh, Shiramizu

y Sato (2014) realizaron un experimento sobre la eliminación de plomo en agua empleando cenizas de madera, resultando que en un pH 6 el plomo fue eliminado en un 99%.

El presente estudio agrega un valor al residuo de ceniza de fondo volviéndolo rentable. Al ser el cantón Huaquillas, una zona que mantiene como principal actividad agrícola el cultivo de banano, esta investigación se vuelve esencial para presentar una alternativa de abono. Por tanto, el desarrollo de este proyecto se puede convertir en una actividad productiva que podría ser una nueva fuente empleo e ingresos para el cantón.

1.4 Delimitación de la investigación

Espacio: El proyecto se realizó en la ciudad de Huaquillas, provincia de El Oro. Ubicada en las coordenadas planas UTM (aprox) Norte: 9613100 / 9631500 y Este: 583300 / 611090 con un sistema de referencia espacial WGS 84-UTM Zona 17S.

- **Tiempo:** Se desarrolló en un periodo de tres meses.

1.5 Objetivo general

Evaluar la composición química de las cenizas de dos especies maderables producida por la fabricación de ladrillos mediante espectrofotometría para el aprovechamiento como potasa en la producción de banano (*Musa x paradisiaca L.*)

1.6 Objetivos específicos

- Determinar las cenizas más idóneas generadas en las ladrilleras a partir de dos especies maderables Samán (*Samanea saman Jacq. Merr*) y Algarrobo (*Ceratonia siliqua Jacq. Merr*) mediante dos tamizados.
- Analizar la composición química de la ceniza obtenida a partir de la combustión de maderas mediante técnica colorimétrica por espectrofotometría de absorción molecular y de emisión en laboratorio.

- Comparar las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y restauración de suelos con los resultados obtenidos durante la investigación.
- Proponer medidas de gestión ambiental para el aprovechamiento de las cenizas y reducción de la contaminación en las ladrilleras del cantón Huaquillas.

1.7 Hipótesis

La potasa o ceniza de madera obtenida a partir del método de dilución puede ser aplicada en la restauración de suelos como abono en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca L.*).

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Mikkelsen (2008) indica que la ceniza de árboles de madera dura sirvió como una de las primeras fuentes de K para mejorar la fertilidad del suelo. Además, afirma que la ceniza es un material alcalino, con pH entre 9 y 13, tiene un efecto neutralizante de entre 80 a 90%; y que, como fertilizante la ceniza de madera tiene en promedio 0% de N, 1% de Fósforo (P) y 4% de Potasio (K), aproximadamente.

Melissari (2012) señala que la composición química de cenizas se constituye generalmente por Sílice y Calcio, y menores proporciones por Magnesio, Aluminio, Potasio y Fósforo. La ceniza que proviene de árboles tiene una composición mineral distinta a las planchas cosechadas como los cereales, éstas últimas contienen mayores cantidades de óxidos con bajas proporciones de Potasio y Fósforo, además de contener metales pesados en menor cantidad.

Según Fendel y Weneger (como se citó en Téllez-Sánchez et al., 2010) el Calcio y el Magnesio son los elementos químicos más abundantes en la madera. Solla-Gullón, Rodríguez-Soalleiro y Merino, (2001) en su evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido determinaron que el aporte de cenizas incrementa las concentraciones de Ca y Mg en la planta, lo que produce aumento en la producción y rendimiento de un cultivo.

Téllez-Sánchez et al. (2010) realizó un análisis químico del duramen de *Andira inermis* mediante el empleo de un microscopio electrónico de barrido acoplado con un espectrómetro de rayos x operando a 20 kV y 8,5 s. La madera se sometió a un proceso de calcinación en horno a 525° C. Los resultados del microanálisis de las cenizas fueron: Calcio (74,4%), Magnesio (21,96%), Azufre (2,64%) y Silicio (0,96%). Mientras que el pH fue 5,9.

Revilla (2011) estudio la composición química de la madera de cuatro pinos mexicanos de la Subsección *Cembroides* mediante el empleo de un microscopio electrónico de barrido acoplado con un espectrómetro de rayos x operando a 15 kV y 50 s. La madera se sometió a un proceso de calcinación en horno a 580° C. Sus resultados arrojaron que el pH varió de 4,26 a 5,63; mientras que en el análisis elemental de las cenizas se detectó Ca, K, Mg, Na, Si, P, Fe y Al, dónde los primeros tres elementos suman más del 87% en peso del material orgánico.

Bernabé-Santiago et al. (2013) estudiaron los principales componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, México. La madera se sometió a un proceso de calcinación en horno a 525° C. Sus resultados. Los resultados indicaron que el pH en las cenizas varió e 4,0 a 4,4; mediante microanálisis con espectrómetro de rayos x acoplado a un microscopio electrónico a una condición de operación de 20 kV y 8,5 segundos; determinaron que existió mayor concentración de Calcio, Potasio y Magnesio, en un rango de 17,9% a 25,4%.

Ávila-Calderón y Rutiaga-Quiñones (2014) realizaron un análisis químico para determinar los principales componentes presentes en la madera y corteza de *Haematoxylon brasiletto* Karsen (palo de Brasil). La madera se sometió a un proceso de calcinación en horno a 525° C posterior se empleó un microanálisis con espectrómetro de rayos x acoplado a un microscopio electrónico a una condición de operación de 20 kV y 8,5. Determinaron que el Calcio fue el elemento que presentó mayor porcentaje, en duramen 94,65%, en albura 81,28% y corteza 85,03%; seguido por el potasio que se presentó en mayores porcentajes en albura con 11,26% y en corteza con 10,36% y porcentaje bajo en duramen con 2,09%.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Fabricación de ladrillos en Huaquillas.

2.2.1.1 *Materia prima e insumos.*

- *Arena y tierra*: las zonas de extracción se ubican a las afueras del cantón Huaquillas. La arena y tierra adecuadas para la fabricación de ladrillos debe ser uniforme.
- *Greda*: siendo fundamental para la fabricación de ladrillos, de consistencia chiclosa y de color negro-verdoso.
- *Agua*: se emplea agua no potable que se obtiene del grifo conectado al sistema de alcantarillado o cisternas.
- *Cascarilla de arroz*: la cascarilla es un subproducto de la industria molinera abundante en las zonas arroceras de muchos países y que ofrece buenas propiedades como sustrato hidropónico, de baja tasa de descomposición, liviano, buen drenaje y buena aireación (Zambrano et al., 2018).
- *Polvo del corte zapote*: estas partículas de polvo se obtienen del corte del árbol de zapote.
- *Polvillo y virutas de madera*: mismas que se obtienen de las carpinterías cercanas a la ladrillera.

2.2.1.2 *Extracción.*

Primero se debe limpiar las ramas y piedras luego extraer la tierra que se encuentra al ras del suelo; en la parte inferior se encuentra la greda (Kana & Malaga, 2019).

2.2.1.3 *Mezcla.*

La mezcla se realiza manualmente y se inicia con la mezcla de componentes en seco con una pala y pico, y posteriormente se agrega agua hasta obtener una masa

cerámica plástica, que es colocada en pozos construidos en el suelo donde es amasada con pies y manos. Este proceso dura aproximadamente tres horas para 1200 unidades (Febres, 2017).

2.2.1.4 Moldeado.

El material mezclado se moldea manualmente sin comprimir de una a dos unidades por vez, utilizando moldes metálicos o de madera con arena fina o ceniza como desmoldante para facilitar el retiro del molde de mezcla (Febres, 2017).

2.2.1.5 Secado.

Los ladrillos recién moldeados deben secar durante cuatro a siete días de forma natural con ayuda del viento y el sol, ya a los dos días de moldeado se levantan para raspar los perímetros del ladrillo y la parte inferior que estaba en contacto con el suelo, al día siguiente los ladrillos se colocan en forma de castillos para disminuir los días de secado y utilizarnos para el armado del horno (Kana & Malaga, 2019).

2.2.1.6 Cocción.

El ladrillo crudo y presecado es cargado el horno y acomodado para permitir el encendido, así como el flujo de fuego o de calor entre los ladrillos para una cocción uniforme (Febres, 2017). Los ladrillos crudos se colocan en forma de bóveda por las briquetas en cada plancha de ladrillo va leña y así sucesivamente hasta llenar todo el horno, es necesario un ligero espacio entre ladrillos para permitir el flujo del viento y calor (Kana & Malaga, 2019). Los ladrillos son cocidos por acción del fuego y del calor que producen los cambios químicos que transforman la greda y demás materiales en productos sintetizados o vitrificados con característica estructurales de resistencia a la compresión (Febres, 2017).

Para encender la leña se emplea papeles y cartones, la leña es usada como combustible para mantener el calor y prender las briquetas las cuales encienden el

resto del horno, una vez encendidas las briquetas de largo a largo, termina la parte del trabajador; el encendido del horno puede durar entre 8 a 24 horas. Después el quemado se expande a cada plancha de ladrillo crudo con ayuda del viento, en esta etapa no interviene la labor antropogénica, ya que el horno termina de quedar los ladrillos independientemente; este proceso dura de 7 a 20 días dependiendo del tamaño del horno y el viento. Una vez quemados los ladrillos, se procede a abrir las puertas y ventanillas de malecón para el enfriamiento, lo cual demora 4 a 6 días (Kana & Malaga, 2019).

2.2.1.6.1 Tipos de madera empleada para la quema de ladrillos.

En las ladrilleras del cantón Huaquillas, para la quema de ladrillos en el horno se suele emplear madera de samán, algarrobo y guayacán.

- *Samán (Samanea saman)*: este árbol es conocido como cenízaro, sus dimensiones son de 15 metros de altura con un grueso y bajo tronco y una corteza café oscura, cuenta con enormes ramas que alcanzan una longitud de hasta 30 metros, el cual se logra localizar en bosques secos (ver Figura 14, anexos) (Hernández, 2013). Según Global Biodiversity Information Facility (2018) la taxonomía de esta especie es la siguiente:

Reino: Plantae

División Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Género: *Samanea*

Especie: *Samanea saman* (Jacq.) Merr.

Factores ambientales: esta especie logra adaptarse a diferentes tipos de suelo, soportando una amplia calidad de texturas, a partir de suelos ligeros a pesados. No obstante, tolera arcillas pesadas (vertisoles) y suelos infértiles, progresa mejor en suelos aluviales, neutros y fértiles a moderadamente ácidos, su forma de producción es silvopastoril que son árboles dispersos en potreros, es una óptima opción ya que su amplia copa proporciona sombra, y además también favorece su destreza para fijar nitrógeno la cual mejora la cantidad y calidad nutritiva de los pastos cercanos.

Temperatura: esta especie se desarrolla a una temperatura media anual de 20 a 35°.

Humedad: el Samán (*Samanea samán*) no requiere de mucha humedad para crecer ni para vivir normalmente, ya que esta se adapta bien en ambientes secos con promedio de precipitación anual entre 600 y 2,500 mm.

Aspectos de cultivo: esta especie puede ser interplantado como árbol de sombra con cacao, café, té y otros cultivos como la vainilla, además son un componente importante en los sistemas silvopastoriles (García & Islas, 2018).

Distribución geográfica: el Samán crece desde Guatemala a Ecuador, es cultivado en la costa húmeda y seca del Ecuador, entre 0-800 msnm, esta especie prefiere suelos profundos, que están ubicados en las provincias de El Oro, Guayas y Manabí (Jorgensen & Yanes, 1999).

La madera de samán tiene durabilidad alta, lo que la protege contra agentes biológicos como insectos y hongos, además es muy resistente frente a las inclemencias del clima (Ibeprocorex, 2019).

- *Algarrobo (Ceratonia siliqua L. Jacq) Merr:* - Es un árbol muy longevo con un diámetro del tronco de casi dos metros y una altura máxima de 15 metros.

También es típicamente xerofítico, perennifolio, de gran porte y ramificación abundante pero no vertical en su desarrollo, que tiene copas muy densas tendentes a ser formas semiesféricas (ver Figura 15, en anexos). Según Global Biodiversity Information Facility (2019) la taxonomía de esta especie es la siguiente:

Reino: Plantae

División Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Ceratonia*

Especie: *Ceratonia siliqua* L.

Este tipo de especie se reproduce mejor en ambientes semiáridos ocupando zonas casi abandonadas. En las regiones semiáridas y áridas esta especie resulta de gran utilidad ya que son tolerantes a la sequía y a la salinidad, debido a que estos factores son los que limitan el cultivo de muchos cultivos. El algarrobo posee una alta resistencia a la salinidad, debido a que esta especie tolera niveles de hasta 2g en el extracto salino del suelo.

Es resistente a la sequía y la caliza activa alta en suelos tolerantes a la salinidad y con mínimas exigencias en cuidados culturales. La madera del algarrobo es dura, roja, brillante y bastante resistente a la humedad; suele aprovecharse como recurso energético o construcción de bienes (Salazar et al., 2002).

Distribución geográfica: el algarrobo reside en laderas y planicies del bosque seco. Esta especie crece entre 0 y 500 msnm, ubicándose en las

provincias de Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja y Manabí (Jorgensen & Yanes, 1999).

- *Banano* (*Musa* sp.): pertenece a la familia de las musáceas. Existen dos subtipos (a) acuminada y (b) balbisiana; de ahí surgen diploides, triploides y tetraploides; AA, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB (Fagiani & Tapia, 2015). Esta planta tiene origen probablemente en la región Indomalaya, donde han sido cultivados desde hace miles de años, desde Indonesia se propagó hacia el sur oeste, alcanzando Hawaii y la Polinesia. De las plantaciones en África Occidental, los colonizadores portugueses introdujeron el cultivo a Sudamérica en el siglo XVI (Infoagro, 2013).
- **Taxonomía:** Según Naturalista Ecuador (2020) la taxonomía de las musáceas es la siguiente:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Subfilo: Angiospermae

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *paradisiaca*

Características: Es una planta herbácea que forma una mata llamada cepa de la cual surgen varios individuos llamados como madre, hija y nieta. Sus raíces son superficiales distribuidas radialmente en los primeros 30 cm del suelo. Las hojas poseen diferentes formas, a través de ellas se estiman las etapas morfológicas y fenológicas del cultivo. El tallo falso o pseudotallo está

formado por la disposición imbricada de las vainas dispuestas en forma alternada y helicoidal (Fagiani & Tapia, 2015).

2.2.1.6.2 Ceniza y sus tipos.

La ceniza son partículas sólidas resultante de la quema de materiales, como la madera, durante el proceso de combustión de ladrillos en el horno; dependiendo del grado de incineración, posee un color gris a blanco. Se identifican dos tipos de cenizas:

- *De fondo o escorias*: son los residuos generados por la combinación de material total o parcialmente quemado que se descarga en las parrillas (Alonso, 2015).
- *Ceniza volante o ligera*: proveniente del sistema de control de contaminación de aire (Alonso, 2015).

El porcentaje de uno y otro residuo depende de la temperatura que alcance que horno y de las condiciones de combustión. Las cenizas volantes constituyen típicamente el 80% del total de la ceniza, correspondiendo el 20% restante a cenizas de fondo (Centros de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2011). Generalmente las cenizas de fondo se consideran de baja peligrosidad, que pueden ser empleadas en cerámicos tradicionales y agregados, por otra parte, las cenizas volantes tienen elevado carácter tóxico producto de los metales pesados, sales de Cl y compuestos organoclorados (Alonso, 2015).

2.2.1.6.3 Principales contaminantes generados en la quema.

Según CCE citado por Cepeda y Robalino (2018) debido a la presencia de ceniza se pueden presentar los siguientes contaminantes en el aire:

- *Material particulado (PM)*: “Conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera”

(Mészáros citado por Arciniégas, 2012, p.195). La fracción respirable PM-10 y P.-2.5, está constituida por aquellas partículas de diámetro aerodinámico igual o menor que 10 micrones y 2.5 micrones, respectivamente, que tiene la particularidad de penetrar en el apartado respiratorio hasta los alvéolos pulmonares. Sus fuentes principales son la combustión industrial y doméstica del carbón y su acumulación en los pulmones puede originar enfermedades como la silicosis y la asbestosis, además de agravar el asma y enfermedades cardiovasculares (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017).

- *Monóxido de carbono (CO)*: “Gas sin olor y sin color que reduce la habilidad de la sangre para transportar oxígeno. Es muy venenoso y en altas concentraciones puede causar la muerte” (Cepeda y Robalino, 2018, p.14). Tiene origen en la combustión incompleta de hidrocarburos y sustancias que contienen carbón, considerándose la madera como una fuente. En la salud humana ocasiona la carboxihemoglobina que afecta al sistema nervioso central provocando cambios funcionales cardíacos y pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, fallos respiratorios y hasta la muerte (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017, p.22).
- *Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)*: Constituyen un amplio grupo de compuestos químicos. Se caracterizan por estar formados átomos de carbono e hidrógeno que forman anillos bencénicos, mismos que se unen y contienen de cinco a seis átomos de carbono. Los HAP se forman durante la combustión incompleta del carbón, aceites, gases, madera y en general sustancias de origen orgánico (Agudo, 2010). “Los HAP pueden causan cáncer y están

presentes en el humo del cigarro y en el hollín de las chimeneas” (Cepeda y Robalino, 2018, p.15).

- *Compuestos orgánicos volátiles*: los COVs son compuestos orgánicos constituidos fundamentalmente por carbono, que se convierten en vapor o gas; los COVs son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural (Sánchez & Alcántara, 2007). “Como el benceno que puede causar cáncer” (Cepeda y Robalino, 2018, p.15).
- *Dioxinas*: Son compuestos organoclorados muy estables en el ambiente, capaces de bioacumularse en humanos y animales, al presentar toxicidad crónica se ha identificado que posee efectos de carcinogenicidad, mutagenicidad y el efecto disruptor endocrino. Las dioxinas son consideradas contaminantes de síntesis y degradación, que se forman espontáneamente en cantidades trazas cuando hay oxígeno, carbón, hidrógeno y cloro; en temperaturas entre 200° y 650° C bajo condiciones de alcalinidad (Cruz, Moreno, & Lara, 2010).

2.2.2 El potasio y sus funciones.

El potasio es uno de los elementos esenciales más abundantes en la corteza terrestre; los suelos tienen grandes cantidades de K (mucho mayor que lo que absorben las plantas), pero sólo un pequeño porcentaje está disponible (Hernández et al., 2010). El potasio es un macro elemento esencial para el crecimiento de las plantas, porque manifiesta su deficiencia en las plantas rápidamente debido a las grandes cantidades con que es requerido por ellas; también se le considera primario porque interviene en las funciones primarias de la planta (Larriva, 2003). Por ello se requiere altas cantidades de K para mantener la salud de las plantas (Mikkelsen, 2008).

Este elemento es absorbido en forma de ion K^+ , aunque en el suelo y los fertilizantes se expresan en K_2O , llamándose potasa (Larriva, 2003). Entre los roles específicos del K en la planta se incluyen la osmoregulación, equilibrio interno de cationes y aniones, activación de enzimas, adecuado uso del agua, translocación de fotosintatos y síntesis de proteínas (Mikkelsen, 2008). Además, se ha demostrado que, en cultivos con un suministro adecuado de potasio y mejor manejo de nitrógeno, la eficiencia de uso del nitrógeno aumenta significativamente, y consecuentemente se reduce la deposición de N al ambiente (Melgar, Magen, & Imas, 2011).

2.2.3 Dinámica del potasio en el sistema suelo-cultivo.

Las entradas de K al sistema suelo-cultivo provienen básicamente de la fertilización. En cuanto a las pérdidas de K, la principal vía corresponde a la extracción por parte de los cultivos y de no existir erosión, la otra vía a monitorear es la lixiviación de K^+ . Este proceso guarda mayor relevancia en suelos de texturas gruesas, y no está determinado por una serie de factores: ocurrencia de eventos de lluvia o uso de riego, profundidad del sistema radicular de los cultivos, presencia de flujos preferenciales de agua en el perfil, grado de cobertura, dosis de fertilizante, entre otros (ver figura 13 en anexos) (Torres, 2009, párr.6).

En suelos con elevada pendiente, debido al reducido de K^+ a través del perfil, la lixiviación tendría escasa relevancia agronómica. Se conocen valores máximos de lixiviación de K^+ del orden de 15-20 kg/ha/año, cuando se combinan suelos de texturas gruesas y eventos de lluvias o de riego. En zonas tropicales y subtropicales, el escenario edáfico cambia totalmente, pues las intensas precipitaciones y la presencia de suelos muy meteorizados, determinan que gran

parte del K⁺ disponible en la solución del suelo sea lavado fuera de la zona de aprovechamiento radical (Torres, 2009, párr.7).

2.2.4 La potasa y sus aplicaciones.

El potasio (K) adicionado en los cultivos es a veces conocido como “potasa”, este término tiene origen en una vieja técnica de producción que obtenía K al lavar cenizas de madera y concentrando los sólidos por evaporación en grandes ollas de hierro. Este método de recolección depende de la absorción de K del suelo por las raíces de los árboles que luego se recupera cuando se quema la madera cosechada (Mikkelsen, 2008). También, potasa es el nombre común que se da a un grupo de minerales que contienen potasio. El tipo más común es el cloruro de potasio (KCl), a éste se conoce comúnmente como Muriato de Potasio (MOP) y se utiliza en dos aplicaciones principales (ver tabla 1) (CRU Internacional Limited, 2018).

Tabla 1. Aplicaciones de la potasa

Aplicación 1: Como fertilizante	Aplicación 2: En aplicaciones industriales
<p>Aplicación directa en campos o como mezcla a granel con otros productos fertilizantes nitrogenados y fosfatado. Como materia prima para otros fertilizantes que incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloruro de potasio KCl • Sulfato de potasio (K₂SO₄): a través del proceso Mannheim, ya que el KCl reacciona con ácido sulfúrico. • Nitrato de potasio (KNO₃): cuando el KCl reacciona con el ácido nítrico. • Sulfato de potasio y magnesio • Tiosulfato de potasio • Monofosfato de potasio 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de nitrato de potasio (y, en menor medida, de sulfato de potasio), que tiene sus propias aplicaciones industriales, además de ser un fertilizante. • Fabricación de hidróxido de potasio (KOH) que tiene aplicaciones industriales, como la fabricación de fertilizantes, carbonato de potasio u otras sales de potasio, y productos químicos orgánicos. • Agente fundente en el reciclaje de aluminio. • Aditivo para la alimentación animal. • Una alternativa al cloruro de sodio. • Sales solares térmicas (como nitrato de potasio).

Fuente: CRU, 2018; Melgar, Magen & Imas, 2011; Ercros, 2012

Elaborado por: Bonilla y Córdova, 2021

2.2.4.1 Dosis de fertilizantes potásicos.

Las dosis son abundantes en casi todos los cultivos y tipos de suelos. Para obtener un mayor rendimiento Melgar, Magen & Imas (2011) indican las dosis por tipo de cultivo (ver tabla 2).

Tabla 2. Dosis de fertilizante potásico por cultivo.

Cultivo	Kg producto/ kg K₂O	Referencia
Maíz	2.9 – 9.2	FAO: 3000 ensayos
Caña de azúcar	100 – 120	Cooke & Getting, 1978
Arroz	4.1 – 10.5	FAO: 5000 ensayos
Café	3.6 – 5.7	Uribe-Henao, 1976
Críticos	110 – 130	Hiroce, 1984
Algodón	7.2	FAO: 71 ensayos
Banana	33 – 40	Rodriguez Gómez

Melgar, Magen & Imas, 2011.

2.2.5 Conceptos relacionados a la metodología.

2.2.5.1 Espectrofotometría.

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz adsorbida depende de forma lineal de la concentración. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma (Abril et al., 2006, p.1).

En espectrofotometría el término luz no sólo se aplica la forma visible de la radiación electromagnética, sino también a las formas UV e IR, que son invisibles.

En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones del ultravioleta (UV cercano, de 195-400 nm) y el visible (400-780 nm). La absorbancia (A) es un concepto relacionado con la muestra puesto que indica la cantidad de luz absorbida por la misma, y se define como el logaritmo de $1/T$, en consecuencia: $A = \log 1/T = -\log T = -\log I/I_0$ (Abril et al., 2006, p.2-3).

2.2.5.2 Ley de Lambert-Beer.

Según Abril et al. (2006) esta ley expresa la relación entre absorbancia de luz monocromática (de longitud de onda fija) y concentración de un cromóforo en solución:

$$A = \log I/I_0 = \epsilon \cdot c \cdot l$$

Dónde:

ϵ = Coeficiente de extinción

La ley de Lambert-Beer se cumple para soluciones diluidas; para valores de c altos, ϵ varía con la concentración, debido a fenómenos de dispersión de la luz, agregación de moléculas, cambios del medio, etc (Abril et al., 2006, p.4).

2.2.5.3 Curvas de calibrado.

Para obtener una curva de calibrado de un compuesto se preparan soluciones de diferentes concentraciones del mismo, determinándose para cada una de ellas el valor de absorbancia a λ_{max} . Estos valores de absorbancia se representan en el eje de abscisas (eje de x) y los de concentración en el eje de ordenadas (eje de y). Se observará que, a bajas concentraciones, el aumento de concentración corresponde con un incremento lineal en la absorbancia (zona de cumplimiento de la ley de Lambert-Beer). A concentraciones altas la linealidad se pierde y se observa que la línea se aplana, por lo que las medidas son poco fiables (Abril et al., 2006, p.7).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador.

Título II: Derechos

Capítulo segundo: Derechos del buen vivir

Sección primera: Agua y alimentación

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Capítulo sexto: Derechos de libertad

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

TÍTULO VI: Régimen de Desarrollo

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera: Naturaleza y ambiente

Art. 397.- Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.

TÍTULO VII: Régimen del Buen Vivir

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección quinta: Suelo

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

2.3.2 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 - Toda una vida .

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras Generaciones

Desarrollaremos una política ambiental urbana, basada en el fortalecimiento de las capacidades de los gobiernos locales y organizaciones sociales, que implemente sistemas de prevención y control de la contaminación ambiental, como el impulso a programas de manejo integral de los desechos sólidos, descontaminación de ríos y esteros, reciclaje de aguas municipales para usos de producción agrícola y, en general, sistemas de reciclaje que promuevan la economía comunitaria, así como medidas de bioseguridad orientadas a preservar la integridad biológica; con ello se minimiza los potenciales efectos negativos o los riesgos que la biotecnología eventualmente pudiera representar sobre el medio ambiente o la salud de las personas.

A través de la Constitución, las leyes y el rescate de la institucionalidad pública alcanzada en la última década, tenemos las bases suficientes para desarrollar una política ambiental en la que participan tanto la sociedad, de manera directa, como su Estado; los dos son capaces de encontrar el balance óptimo entre el uso de recursos naturales, renovables o no renovables, y la capacidad regenerativa y de asimilación de la naturaleza. La sociedad está comprometida, tanto con sus derechos como con sus obligaciones, en la reducción de las cargas de contaminación y las formas nocivas de consumo, mientras que el Estado define políticas y mecanismos eficientes de protección, y fiscaliza las acciones perniciosas y reduciendo toda forma de agotamiento e inequidad en el acceso y uso de bienes y servicios ambientales, tales como el agua y el suelo.

Prioridades ciudadanas e institucionales en el marco de los derechos de la naturaleza y el cuidado de la misma para futuras generaciones

A lo largo de los espacios de participación generados en la construcción del Plan Nacional de Desarrollo, el interés de la ciudadanía reconoce la importancia de integrar aspectos de la gestión pública a temas de conservación y gestión del patrimonio nacional, responsabilidad social en el acceso a los recursos naturales, la minimización de los impactos negativos de actividades humanas y el cambio climático. Debe ser una prioridad impulsar el reconocimiento de los derechos de la naturaleza y la protección del patrimonio natural, para la preservación del recurso genético y del conocimiento ancestral; la revalorización de los recursos locales tradicionales, bajo un marco jurídico-normativo que asegure su conservación y que, al mismo tiempo, fomente la responsabilidad social en el acceso y consumo de los recursos naturales, con énfasis en los recursos hídricos, para su investigación y desarrollo.

De forma adicional, la ciudadanía reconoce a la contaminación ambiental como un tema prioritario que requiere la implementación de políticas y normas eficientes para regular y controlar las actividades humanas. Así también, se reconoce la necesidad del fomento de la educación ambiental, para que la población pueda participar en la solución del problema del deterioro del ambiente. De igual forma, hubo interés en que se incorpore en la política pública

nacional el tema del cambio climático, con el fin de facilitar la ejecución de medidas que enfrenten de manera integral los riesgos vinculados con esa problemática.

2.3.3 Reforma al Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio de Medio Ambiente.

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

4.2 Prevención de la contaminación al recurso suelo

La prevención de la contaminación del recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicadas a cada uno de los procesos productivos. Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire hacia el recurso suelo o viceversa.

4.2.1 Sobre las actividades generadoras de desechos sólidos no peligrosos

Toda actividad productiva que genere desechos sólidos no peligrosos, debe implementar una política de reciclaje o reuso de los mismos. Si el reciclaje o reuso no es viable, los desechos deberán ser dispuestos de manera ambientalmente aceptable.

4.3 De las actividades que degradan la calidad del suelo

Las personas naturales o jurídicas públicas o privadas dedicadas a la comercialización, almacenamiento y/o producción de químicos, hidroelectricidad, exploración y explotación hidrocarburífera, minera, florícola, pecuaria, agrícola y otras, tomarán todas las medidas pertinentes a fin de que el uso de su materia prima, insumos y/o descargas provenientes de sus sistemas de producción, comercialización y/o tratamiento, no causen daños físicos, químicos o biológicos a los suelos.

Anexo 3: Del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas norma INEN normas de construcción de para ladrillos y parámetros permisibles en cuanto a ámbito ambiental.

4 REQUISITOS

4.1 De los límites permitidos de las concentraciones de las emisiones al aire para fuentes fijas de combustión

4.1.1 De las fuentes fijas significativas de emisiones al aire

4.1.1.1 Para la aplicación de la presente norma, se diferencian fuentes fijas significativas y fuentes fijas no significativas, de emisiones al aire por proceso de combustión.

4.1.1.2 Se consideran fuentes fijas significativas a todas aquellas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos, gaseosos, cualquiera de sus combinaciones, biomasa; y cuya potencia calorífica sea igual o mayor a 3 MW (3×10^6 W) o diez millones de unidades térmicas británicas por hora (10×10^6 BTU/h).

4.1.1.3 Las fuentes fijas significativas deberán demostrar cumplimiento de los límites máximos permitidos de emisión al aire, indicados en esta norma, según corresponda. Para ello se deberán efectuar mediciones de la tasa de emisión de contaminantes. Si las concentraciones fuesen superiores a los valores máximos permitidos de emisión, se deberán establecer los métodos o instalar los equipos de control necesarios para alcanzar el cumplimiento con los valores máximos de emisión establecidos en esta norma.

4.1.1.4 Se consideran fuentes fijas no significativas a todas aquellas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos, gaseosos, o cualquiera de sus combinaciones, y cuya potencia calorífica sea menor a 3 MW (3×10^6 W) o diez millones de unidades térmicas británicas por hora (10×10^6 BTU/h).

4.1.2 Valores máximos permisibles de concentraciones de emisión por combustión

4.1.2.1 Los valores máximos de concentraciones de emisión permitidos para fuentes fijas de combustión, incluidas fuentes de combustión abierta, excepto calderos generadores de vapor, turbinas a gas, motores de combustión interna en plantas termoeléctricas, hornos crematorios e incineradores de desechos peligrosos u hospitalarios; se establecen en la Tabla 8, ubicada en anexos.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación.

3.1.1 Tipo de investigación.

El proyecto se define, según la clase de medios que se emplearán para obtener los datos, como una investigación de tipo documental, campo y laboratorio. Una investigación de tipo documental se basa en referencias que apoyen o sustenten los objetivos planteados. Mientras que una investigación de campo se apoya en informaciones que provienen de observaciones (Behar, 2008).

La investigación se apoyó en material bibliográfico técnico y científico que aportó conocimiento técnico en cuanto a la metodología para obtener ceniza de madera idónea de las especies maderables samán (*Samanea saman* Jacq. Merr) y algarrobo (*Ceratonia siliqua* Jacq. Merr).

El nivel de conocimiento o alcance de la investigación fue exploratorio y descriptivo. Un estudio exploratorio se caracteriza por examinar un tema poco estudiado y novedoso, es decir, cuando la revisión de la literatura revela que tan sólo hay ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio. Mientras que un estudio descriptivo especifica las propiedades y características de un objeto de estudio que se somete a un proceso de análisis (Hernández et al., 2010).

La ceniza de madera generada por procesos de combustión en ladrilleras es un tema que no ha sido estudiado hasta la actualidad en el cantón de Huaquillas, por ello, se brinda un valor al residuo evaluando sus propiedades.

3.1.2 Diseño de investigación.

La investigación fue experimental. En este tipo de estudio se manipulan deliberadamente variables, bajo estas condiciones se observan y analizan las reacciones o fenómenos dentro del experimento (Hernández et al., 2010). Se aplicó un control sobre las variables, se analizaron condiciones o propiedades establecidas por los investigadores mediante procesos de laboratorio.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables.

3.2.1.1 Variable independiente.

La variable independiente se definió como muestras de cenizas:

Samanea saman (Jacq.) Merr.

Ceratonia siliqua (Jacq.) Merr.

Mezcla de ambas especies.

3.2.1.2 Variable dependiente.

La variable dependiente se basó en la composición elemental de la ceniza (%) evaluada mediante los elementos:

Potasio (K)

Calcio (Ca)

Fósforo (P)

Magnesio (Mg)

pH (potencial de hidrógeno)

3.2.2 Diseño experimental.

Se estableció un diseño experimental completamente al azar (DCA), que se basó en una muestra por especie maderable y una muestra mezcla, dando un total de tres observaciones (ver tabla 3).

Tabla 3. Diseño de bloques al azar

Muestra	N° de muestras
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr	1
<i>Ceratonia siliqua</i> (Jacq.) Merr	1
Mezcla de ambas especies	1
Total de muestras:	3

Bonilla y Córdova, 2021

3.2.3 Recolección de datos.

3.2.3.1 Recursos.

Los recursos empleados fueron de tres tipos: materiales y equipos de campo y laboratorio suministros de oficina, y talento humano; se especifican a continuación:

Materiales y equipos de campo y laboratorio: Para la investigación en campo se emplearon recursos como fundas plásticas Ziploc de 10x15 cm, pala plástica, guantes de látex, mascarilla, tamiz o cedazo y cartón.

Suministros de oficina: Se utilizaron suministros como bolígrafo, cuaderno de notas, computadora, impresora y celular.

Talento humano: El personal involucrado en el estudio lo conformaron los autores, Fabián Córdova y Jersson Bonilla; el docente tutor, Blgo. Raúl Arizaga Gamboa y la colaboración de los trabajadores de las ladrilleras ubicadas en el cantón Huaquillas.

3.2.3.2 Métodos y técnicas.

3.2.3.2.1 Selección de cenizas mediante tamizado.

En este objetivo se detalló la metodología aplicada por los autores, basado en manuales técnicos y criterios técnicos de expertos, estableciendo de esta forma una metodología propia para recolección y muestreo de cenizas por combustión de

madera para quema de ladrillos en Huaquillas (ver Figura 22, en anexos). Se elaboró un diagrama de flujo del proceso y se detallan las herramientas empleadas mediante un gráfico.

3.2.3.2.2 Análisis de la composición química de la ceniza.

Para el cumplimiento de este objetivo se realizaron los siguientes procesos:

Toma y preparación de muestra: Se tomó la muestra tamizada de cenizas producto de la calcinación de leña empleada en el proceso de quema de ladrillos, se recolectaron dos muestras por horno (ver Figura 23, en anexos). Las muestras ya filtradas se colocaron en bolsas Ziploc de 10x15 cm, representando 200 gramos de ceniza por muestra aproximadamente colocando el respectivo rótulo, posterior se guardaron en una nevera portátil hasta trasladarse al laboratorio (ver Figura 24 y Figura 25, en anexos).

Análisis de composición de las cenizas: Para la determinación de los elementos presentes en la ceniza, se realizará un microanálisis mediante espectroscopía de la energía dispersiva de los rayos X. Una porción en gramos se colocará sobre un portamuestra de cobre utilizando cinta de carbono y sombreará con oro-paladio. La muestra se analizará con un microscopio electrónico de barrido acoplado con un espectrómetro de rayos X. Para una lectura representativa, autores recomiendan mapear una superficie de 0.02 mm² (100 – 150X) en tres puntos seleccionados al azar y luego promediarlos (Revilla, 2011). Dicho análisis se realizará en un laboratorio acreditado en la ciudad de Guayaquil.

Para determinar potasio (K) se usa el procedimiento espectrofotometría de emisión, lo cual es el opuesto de absorción. Dónde la muestra ya calcinada, es atomizada en una llama de alta temperatura para excitar los átomos los átomos excitados emiten radiación a longitudes de ondas características. Esta radiación es

aislada de la otra radiación emitida por los átomos y se mide la intensidad (McKean, 1993). En la tabla 4 se presenta la técnica de dilución que se aplicará en laboratorio para la determinación del potasio.

Tabla 4. Preparación de disolución para análisis de potasio mediante espectrofotometría

Paso	Proceso	Descripción
1	Disolución	A partir de la solución patrón de 1000 ug m^{-1} de K tomar alícuotas de 0, 2.5, 5, 10, 15, 20 y 30 ml. Agregar 5 ml de ácido perclórico (HClO ₄) y diluya a 250ml con agua. Estos estándares contienen 0, 10, 20, 40, 60, 80 Y 120 ug K ml^{-1} de solución.
2	Lectura	Se hace la determinación de los porcentajes de K en la solución por emisión e inmediatamente después de agitarlo. Se cuadra el espectrofotómetro para leer por emisión con una longitud de onda de 766.5 nm.

McKean, 1993

Para determinar Ca el procedimiento más usado en espectrofotometría por absorción atómica. Esta técnica se basa en el principio de que los átomos absorben luz a longitudes de onda características (McKean, 1993). En la tabla 5 se presenta la técnica de dilución que se aplicará en laboratorio para la determinación del calcio.

Tabla 5. Preparación de disolución para análisis de calcio mediante espectrofotometría

Paso	Proceso	Descripción
1	Disolución	A partir de la solución patrón de 1000 ug m^{-1} de Ca. Tomar alícuotas de 0, 2.5, 5, 10, 15, 20 y 30 ml. Diluir a 250 ml con agua. Estos estándares contienen 0,4, 10, 20, 40, 60 y 120 ug Ca ml^{-1} de solución Utilizar el dilutor (2/18), tomar 2 ml de muestra y agregar 18 ml de la solución de trabajo de óxido de lantano. Agitar las muestras y pasar a la lectura en el espectrofotómetro.
2	Lectura	Se cuadra el espectrofotómetro para leer por absorbancia con una longitud de onda de 422.5 nm.

McKean, 1993

Para el caso del fósforo, se suele emplear la técnica colorimétrica del vanadato-molibdato, donde la solución es tratada con un reactivo que contiene ácido molibdico y ácido vanádico, para formar un complejo amarillo de ácido llamado vanadimolibfosfórico, cuya absorbancia se lee a 330 nm aunque en ocasiones se han obtenido resultados en el intervalo de 420 – 480 nm (Terán, 2016). En la tabla

6 se presenta la técnica de dilución que se aplicará en laboratorio para la determinación del fósforo.

Tabla 6. Preparación de disolución para análisis del fósforo mediante espectrofotometría

Paso	Proceso	Descripción
1	Hidrólisis ácida	La hidrólisis ácida consiste en que una alícuota de muestra solubilizada, se le agrega 1 ml de ácido sulfúrico y 5 ml de ácido nítrico y se calienta en una placa calefactora hasta casi sequedad. Luego se le agregan 20 ml de agua desmineralizada.
2	Neutralización	La neutralización consiste en agregar a la muestra, luego de sometida a la hidrólisis ácida, hidróxido de sodio en presencia de fenolftaleína, hasta leve coloración violeta. La muestra alcanzará un pH aproximado de 6 a 7.
3	Reacción de color	La muestra neutralizada se lleva a volumen de 100 mL y se saca una alícuota de 25 ml para hacerla reaccionar con 10 ml de reactivo vanadimolibdofosfórico, quien le da la coloración amarilla a la muestra en donde la concentración de fósforo está directamente relacionada con la intensidad del color formado.
2	Lectura	La muestra coloreada es medida en un espectrofotómetro de absorción molecular a una longitud de 400-420 o 470 nm dependiendo de la sensibilidad y magnitud de la concentración. La curva de calibración se realiza a partir de una solución concentrada de KH_2PO_4 de 100 mg/L. entre los 1 a los 20 mg/L.

Lillo, 2013

Determinación del pH: Para la determinación del potencial de hidrógeno, se colocará 2 gramos de cenizas en un vaso de precipitación, previamente esterilizado, se añadirá 20 ml de agua destilada, la lectura del pH se realizará con un pH-metro (Bernabé-Santiago et al., 2013).

3.2.3.2.3 Comparación de las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y restauración de suelos.

Para comparar las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y restauración de suelos se investigó en diversas referencias de validez científica y técnica, como libros con editorial e ISBN, artículos científicos con DOI y manuales técnicos de instituciones gubernamentales a nivel nacional e internacional; además se realizaron consultas a técnicos especializados en el tema.

3.2.3.2.4 Medidas de gestión ambiental para el aprovechamiento de las cenizas y reducción de la contaminación en las ladrilleras del cantón Huaquillas.

Para la propuesta de medidas de gestión para el aprovechamiento de las cenizas en las ladrilleras del cantón Huaquillas, primero se describió una línea base breve del cantón y posterior un diagnóstico ambiental que permitió determinar el actual impacto que producen las ladrilleras.

Línea base del cantón: Dentro de la línea base del cantón Huaquillas se consideró la caracterización del medio físico, biótico y socioeconómico. Esta información fue obtenida de su actual Plan de desarrollo y ordenamiento territorial.

Diagnóstico ambiental: Se basó en la ubicación de las ladrilleras en el cantón, la valoración del proceso productivo del ladrillo, y finalmente la evaluación de los impactos ambientales a través de una matriz de cumplimiento y de importancia. En la matriz de cumplimiento se analizó las conformidades y no conformidades de artículos de normas legales y técnicas relacionadas a la producción de ladrillos. El modelo de matriz se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7. Modelo de matriz de cumplimiento

N°	Norma ambiental	Status	Impacto identificado	Evidencia
1	Constitución de la República del Ecuador			
Art. 14		C		
Art. 15		Nc-		
Art. 405		Nc-		

Bonilla y Córdova, 2021

El status se evaluó conforme a el cumplimiento de conformidades y no conformidades, mayores y menores. El análisis de las conformidades se presentó

mediante un diagrama de pastel. Una vez identificadas las problemáticas se procedió a la evaluación de impactos mediante una matriz de importancia propuesta por Conesa Fernández-Vitoria (2009). Esta matriz se basa en la siguiente ecuación:

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Dónde:

± = Naturaleza del impacto.

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción

Los criterios de calificación para cada factor de la ecuación y la evaluación del impacto se presentan en la tabla 9:

Tabla 8. Criterios de importancia de impacto

Criterio	Calificación	Valor
Carácter (CA)	Positivo	(+)
	Negativo	(-)
Intensidad (IN)	Baja	1
	Media	2
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	4
	Total	8
	Crítica	12
Momento (MO)	Largo plazo	1
	Medio plazo	2
	Inmediato	4
	Crítico	8
Persistencia (PE)	Fugaz	1
	Temporal	2
	Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Medio plazo	2
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin sinergismo (Simple)	1
	Sinérgico	2
	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto	1
	Directo	4
Periodicidad (PR)	Irregular y discontinuo	1
	Periódico	2
	Continuo	4
Recuperabilidad (RE)	De Manera Inmediata	1
	A Medio Plazo	2
	Mitigable	4
	Irrecuperable	8
Importancia (I)= - (3in+2ex+Mo+Pe+Rv+Si+Ac+Ef+Pr+Rp)	Carácter Negativo	
	Irrelevante	<-25
	Moderado	-25 A <-50
	Severo	-50 A -75
Crítico	>-75	
Importancia (I)= + Ca (3in+2ex+Mo+Pe+Rv+Si+Ac+Ef+Pr+Rp)	Carácter Positivo	
	No Importante	<25
	Importante	25 A 50
	Muy Importante	>50

Conesa Fernández-Vitoria, 2009

Propuesta gestión: Una vez determinados los impactos se procedió a establecer medidas que mitiguen los mismos, basándose en manuales técnicos, guías de buenas prácticas y en la norma ISO 9001:2015 para establecer procesos gestionados adecuadamente y que permita el aprovechamiento de las cenizas producidas en la ladrillera. Esta propuesta se elaboró bajo el modelo presentado en la tabla 10.

Tabla 9. Modelo de plan para las medidas de gestión

Plan de manejo para ladrilleras del cantón Huaquillas					
Objetivo:					
Metas:					
Problemática	Programa	Objetivo	Actividades	Responsables	Periodicidad

Bonilla y Córdova, 2021

3.2.4 Análisis estadístico.

El análisis estadístico aplicado en este estudio se basó en estadística descriptiva e inferencial (test de hipótesis).

3.2.4.1 Estadística descriptiva.

Medidas de tendencia central: Las medidas de tendencia central son medidas estadísticas que pretenden resumir en un sólo valor a un conjunto de valores. Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos (Quevedo, 2011, p.1). Se analizaron las medidas de tendencia central: media, mediana y moda.

Medidas de dispersión: Las medidas de dispersión miden el grado de dispersión de los valores de la variable, es decir, evalúan en qué medida los datos difieren entre sí (Quevedo, 2011, p.1). Se analizaron variables como varianza, desviación estándar y coeficiente de determinación.

3.2.4.2 Estadística inferencial.

Se aplicó la prueba paramétrica t de Student para una muestra. En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado haciéndose uso del estadístico t, donde se ocupan la media muestral, desviación estándar muestral y el tamaño de la muestra (Olea, 2018). La comparación de los valores se realizó bajo un nivel de significancia de 0,05; comprobándose las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): Las muestras poseen el mismo porcentaje por elemento.

Hipótesis alternativa (H_a): Al menos una de las muestras posee diferente porcentaje por elemento.

4. Resultados

4.1 Determinación de las cenizas más idóneas generadas en las ladrilleras a partir de dos especies maderables

4.1.1 Tamizado de cenizas (1cm, 0.5 mm y 0.2 mm).

Se colocó madera totalmente seca, aproximadamente 300 kilogramos de cada especie de árbol para su combustión durante 24 horas, no se empleó productos químicos únicamente uso del fuego hasta superar el punto de ignición, la temperatura máxima del horno alcanzó los 600°C.

El carbón restante y cenizas se mantuvieron al aire libre por 6 días hasta la reducción de su temperatura (enfriamiento). Una vez regulada la temperatura de la ceniza se procedió a la recolección con una pala (esterilizada con agua destilada) colocando la ceniza en un recipiente esterilizado. El criterio de selección de muestra se basó en tomar las cenizas de la capa principal de biomasa (zona carbonizada superficial), considerándose la zona más apta para muestreo, que resultó en alrededor de 12 cm de altura de total de madera sometida a combustión.

Se obtuvo un total de 32 kilogramos de ceniza equivalente al 5,33% en peso respecto a la biomasa inicial. Posterior, la ceniza seleccionada se filtró o tamizó aplicando tres medidas de tamiz (1cm, 0.5 mm y 0.2 mm) sobre una superficie seca, lisa y limpia. Empleando una espátula esterilizada se colocó ceniza en la gramera para pesar 200 gramos y finalmente depositar en las fundas herméticas como muestra para el análisis elemental. En la Figura 1 se observa el diagrama de flujo del proceso de incineración de madera y muestreo de cenizas.

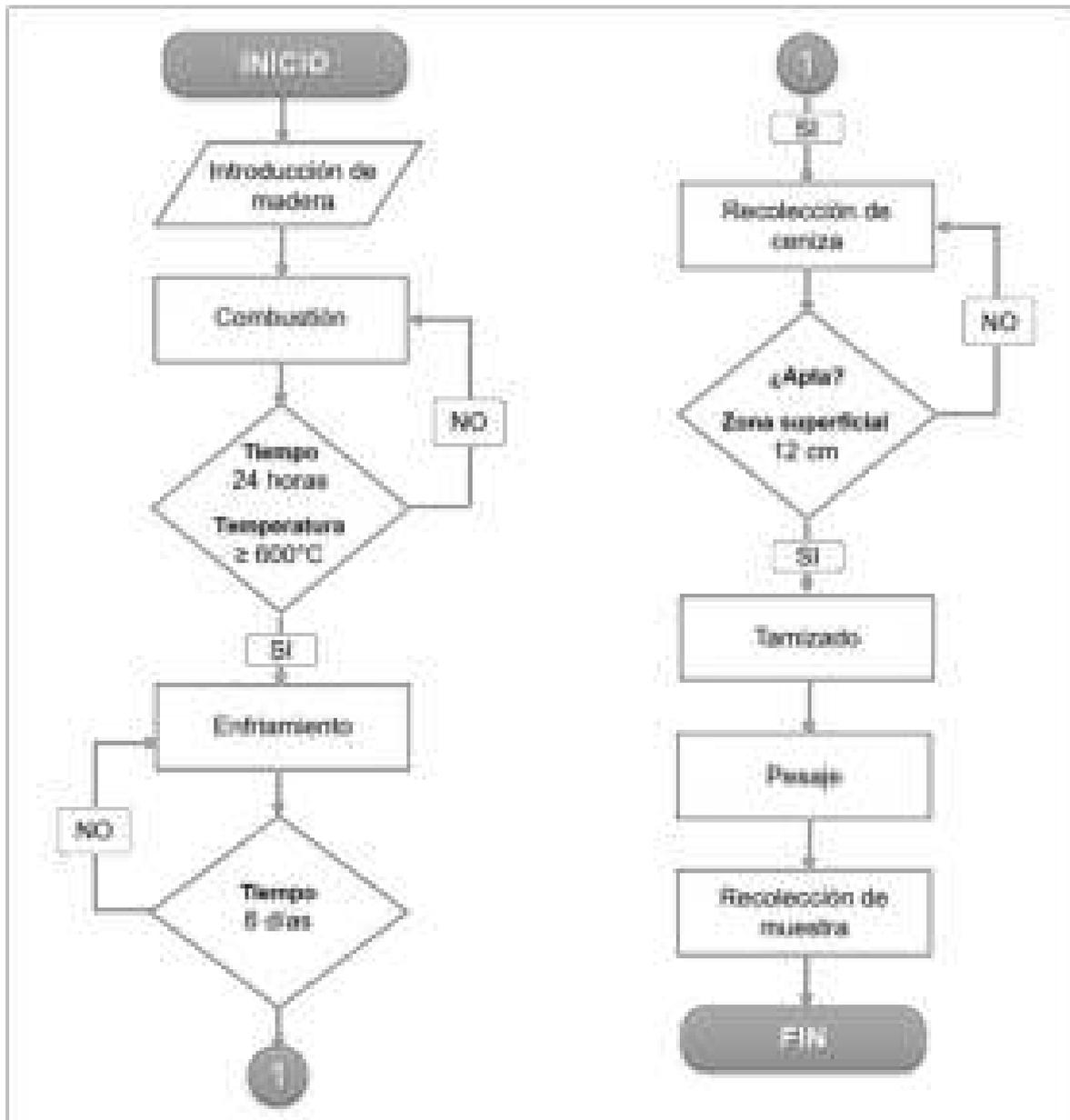


Figura 1. Proceso de incineración de madera y muestreo de cenizas
Bonilla y Córdova, 2021

4.1.2 Recursos empleados para la incineración y muestreo.

En la Figura 2 se presentan los recursos empleados para la incineración y muestreo de cenizas, en la imagen se detalla el nombre de cada herramienta, material o equipo.



Figura 2. Herramientas e insumos empleados durante el muestreo
Bonilla y Córdova, 2021

4.2 Análisis de la composición química de la ceniza obtenida a partir de la combustión de maderas

4.2.1 Métodos de análisis.

En el análisis de la composición química de la ceniza se consideraron los elementos Calcio, Potasio, Magnesio, Fósforo y potencial de hidrógeno (pH). Cada elemento se determinó mediante distintas técnicas que se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Técnicas empleadas en laboratorio para cada elemento

Elemento	Método	Descripción
Calcio	Determinación de calcio en alimentos harinas – balanceados por absorción atómica	POE-LA-043. D033: Métodos analíticos SAA WEPAL-1996 / AOAC 985,35 Determinación de minerales en fórmulas infantiles, alimentos y harinas.
Potasio	Determinación de potasio en alimentos harinas – balanceados por absorción atómica	POE-LA-043. D033: Métodos analíticos SAA WEPAL-1996 / AOAC 985,35 Determinación de minerales en fórmulas infantiles, alimentos y harinas.
Magnesio	Determinación de magnesio en alimentos harinas – balanceados por absorción atómica	POE-LA-043. D033: Métodos analíticos SAA WEPAL-1996 / AOAC 985,35 Determinación de minerales en fórmulas infantiles, alimentos y harinas.
Fósforo	Determinación de fósforo por espectrofotometría UV-VIS en harinas	POE-LA-061. ME-711.02-056 (Chile) Determinación de fósforo total – Método espectrofotométrico del molibdato de Amonio 2014 (basado en método AOAC N°995.11)
pH	Métodos estándar para el examen de aguas y aguas residuales por colorimetría	POE-LA-061. 4500 H+ -pH – Norma NTE INEN 526:2013. Primera Revisión – Determinación de Ión Hidrógeno en Harina de origen vegetal

Fuente: Word Survey Services Ecuador

Elaborado: Bonilla y Córdova, 2021

Los análisis se realizaron en el laboratorio Word Survey Services Ecuador en la ciudad de Guayaquil. El muestreo y análisis se realizó considerando las especies *S. saman* (Jacq.) Merr y *C. siliqua* (Jacq.) Merr, una muestra por cada especie y una última mezclando proporciones de ambas especies durante la combustión en

el horno. El informe del laboratorio se observa en la Figura 17 a la Figura 19 ubicadas en anexos.

4.2.1 Resultados del análisis por espectrofotometría.

En las siguientes graficas se observan los resultados promedios de 3 réplicas que se realizó a cada una de las muestras, representadas por el eje x(especie) y en el eje y (los parámetros estudiados).

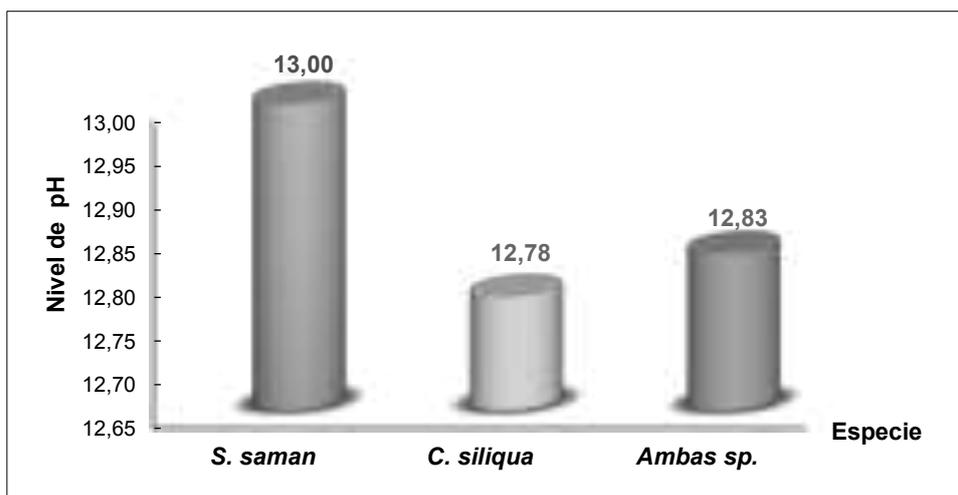


Figura 3. Resultados promedio de pH para cada muestra Bonilla y Córdova, 2021

En la Figura 3 se observan el resultado promedio de 3 réplicas de pH para cada muestra de estudio, la ceniza procedente de la especie *S. saman* (Jacq.) Merr presentó un nivel de pH de 13, lo cual indica alta alcalinidad; mientras que las muestras procedentes de la especie *C. siliqua* (Jacq.) Merr y la muestra mezcla presentaron un nivel de pH de 12,78 y 12,83 respectivamente, valores que indican que la ceniza es moderadamente alcalina.

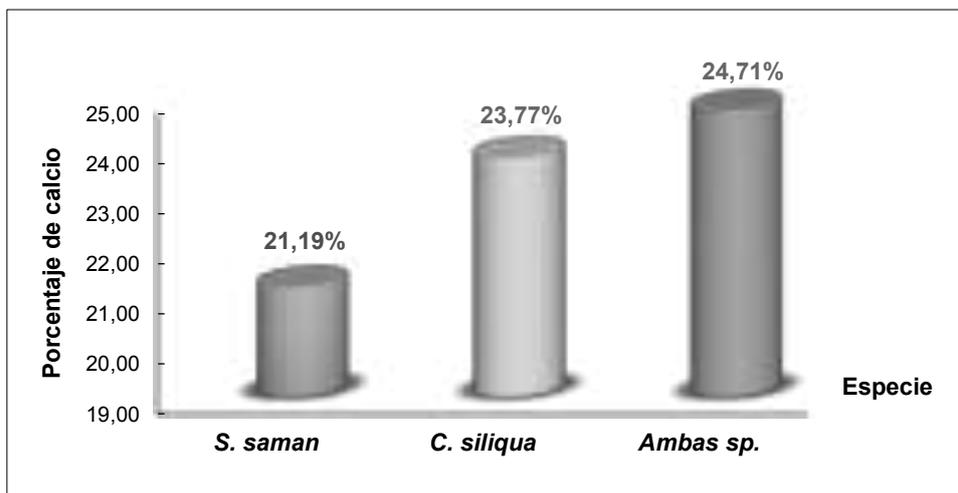


Figura 4. Resultados promedio de calcio (%) para cada muestra Bonilla y Córdova, 2021

En la Figura 4 se observan los resultados promedio de 3 réplicas en porcentaje del elemento Calcio (Ca) para cada muestra de estudio, la mezcla de ceniza de ambas especies presentó el mayor porcentaje de Calcio con 24,71% y la ceniza procedente de la especie *S. saman (Jacq.) Merr* presentó el menor porcentaje de calcio con 21,19%.

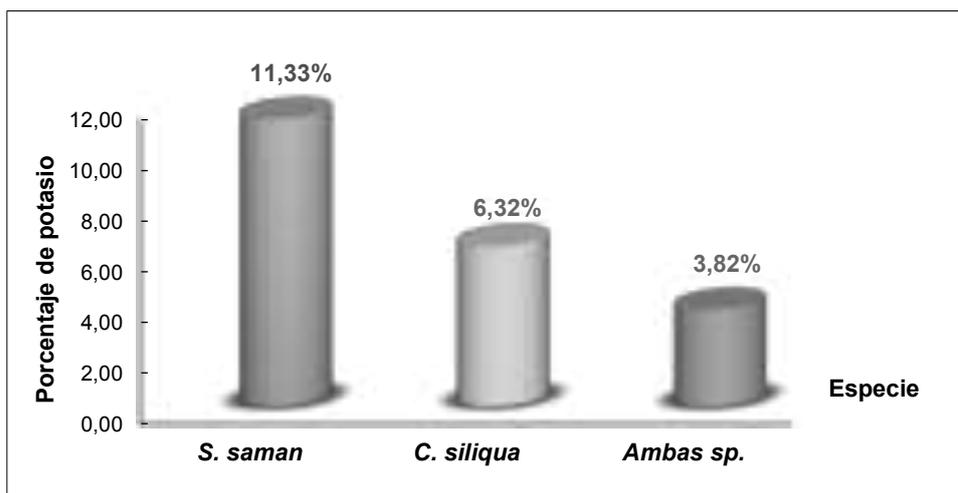


Figura 5. Resultados promedio de potasio (%) para cada muestra Bonilla y Córdova, 2021

En la Figura 5 se observan los resultados promedio en porcentaje del elemento Potasio (K) para cada muestra de estudio, la ceniza procedente de la especie *S. saman (Jacq.) Merr* presentó el mayor porcentaje de potasio con 11,33% y la

mezcla de ceniza de ambas especies presentó el menor porcentaje de potasio con 3,82%.

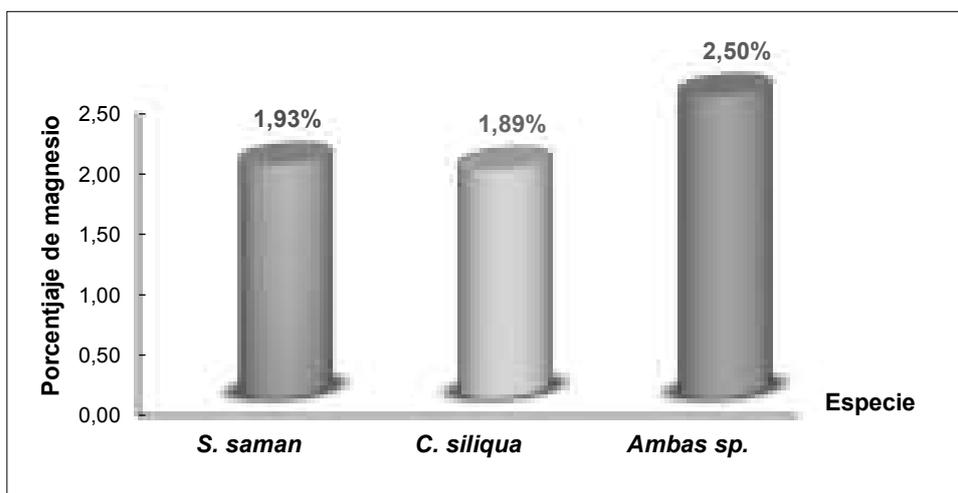


Figura 6. Resultados promedio de magnesio (%) para cada muestra Bonilla y Córdoba, 2021

En la Figura 6 se observan los resultados promedio en porcentaje del elemento Magnesio (Mg) para cada muestra de estudio, la mezcla de ceniza de ambas especies presentó el mayor porcentaje de Magnesio con 2,5% y la ceniza procedente de la especie *C. siliqua* (Jacq.) Merr presentó el menor porcentaje de magnesio con 1,89%.

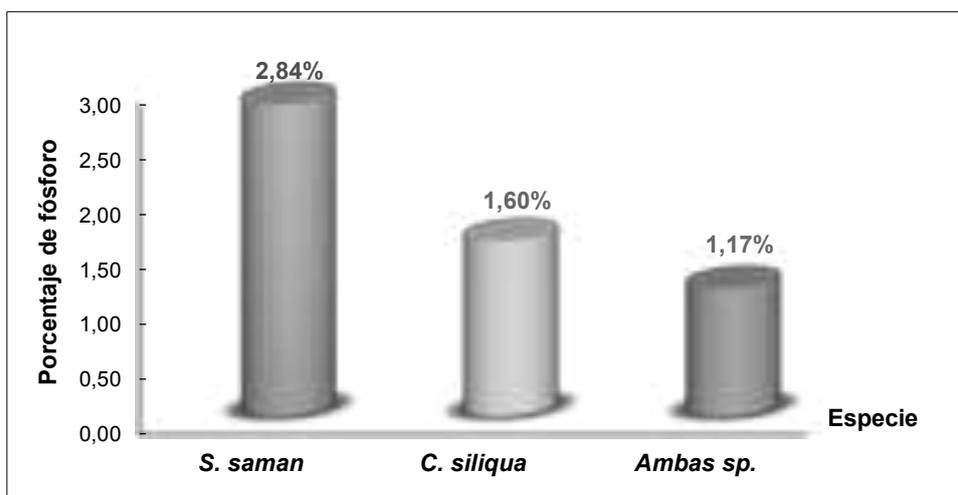


Figura 7. Resultados promedio de fósforo (%) para cada muestra Bonilla y Córdoba, 2021

En la Figura 7 se observan los resultados promedio en porcentaje del elemento Fósforo (P) para cada muestra de estudio, la ceniza procedente de la especie *S.*

saman (Jacq.) Merr presentó el mayor porcentaje de Fósforo con 2,84% y la mezcla de ceniza de ambas especies presentó el menor porcentaje de fósforo con 1,17%.

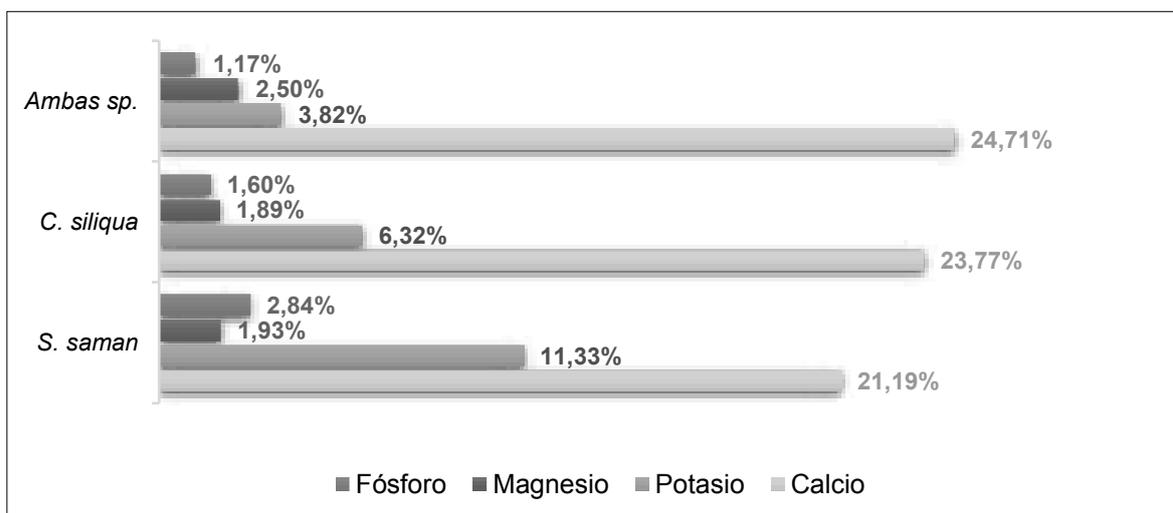


Figura 8. Síntesis promedio de los resultados por muestra Bonilla y Córdova, 2021

En la Figura 8 se presenta la síntesis promedio del contenido de los elementos analizados por cada muestra. Se observa que el Calcio (Ca) es el elemento de mayor porcentaje para cada tipo de ceniza, mismo que se encuentra por encima del 20%; mientras que el Potasio (K) es el segundo elemento de mayor porcentaje dónde la especie *S. saman (Jacq.) Merr* presenta mayores valores. Los elementos magnesio (Mg) y Fósforo (P) presentaron valores inferiores que varían de 1,17 a 2,84%

4.2.2 Análisis estadístico inferencial.

Para determinar si existe diferencia significativa entre muestras se aplicó la prueba t-Student para una muestra bajo un nivel de significancia de 0.05, comparando así los valores por elemento perteneciente a cada muestra. En la Tabla 11 se presentan los resultados de la prueba estadística inferencial.

Tabla 11. Resultados de la prueba t-Student para una muestra promedio.

Variable	n	Media	DE	LI(95)	LS(95)	T	p(Bilateral)
pH	3	12,87	0,12	12,58	13,16	193,29	<0,0001
Calcio	3	23,22	1,82	18,7	27,75	22,07	0,002
Potasio	3	7,16	3,82	-2,34	16,66	3,24	0,0834
Magnesio	3	2,11	0,34	1,26	2,95	10,69	0,0086
Fósforo	3	1,87	0,87	-0,28	4,02	3,74	0,0648

Bonilla y Córdova, 2021

El pH presenta un valor de probabilidad inferior al nivel de significancia, esto indicaría que las muestras presentan diferencias significativas entre sí. Los elementos Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) también presentan un valor de probabilidad inferior al nivel de significancia, por tanto, las muestras son significativamente diferentes. Mientras que los elementos Potasio (K) y Fósforo (P) presentan un valor de probabilidad superior al nivel de significancia, por tanto, las muestras no son significativamente diferentes.

4.3 Comparación de las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y restauración de suelos

Para establecer la comparación de las propiedades de la ceniza se investigó en primer lugar los requerimientos del cultivo de banano, y el tipo de degradación de suelo que se presenta en la ciudad de Huaquillas, de esta forma se establecieron los requerimientos para su remediación. Finalmente se elaboró un diagrama de comparación con lo cual se analizó si la ceniza de madera proveniente de las especies *S. saman* (Jacq.) Merr y *C. siliqua* es apta para estas aplicaciones.

4.3.1 Requerimientos del cultivo de banano.

Condiciones del suelo: Los suelos aptos para el desarrollo del cultivo de banano son aquellos que presentan un pH de 6,5. El banano es muy sensible a la salinidad, la conductividad eléctrica no debe superar 1 dS/m. Es necesario considerar que la dosis y el tipo de fertilizantes dependen de los requerimientos del cultivo y de los resultados del análisis foliar y de suelos, de esta forma realizar un balance nutricional para el cultivo (Jaramillo, 2015).

Elementos nutricionales del cultivo: Los elementos más importantes para la nutrición del banano son principalmente el potasio y el nitrógeno, seguido del manganeso, zinc, boro y sílice. La carencia de potasio resulta en fruta de bajo peso, corta, delgada y muy susceptible a la madurez temprana. La deficiencia de K es probablemente el factor nutricional que más daño ocasiona la industria del banano a nivel internacional. Se requiere entre 650 a 900 kg de K/ha (Jaramillo, 2015).

Cuando el banano presenta falta de absorción de calcio ocurre crecimiento y división celular aceleradas esto deriva en lesiones que oscurecen la fruta. Por tanto, el calcio es muy importante en la célula ya que es parte de la pared celular y actúa como agente cementante que une las paredes celulares. Lo anterior explica que las

aplicaciones de calcio permiten el mejoramiento de la firmeza y resistencia al ablandamiento en el fruto (Abarca, 2017).

Fertilización: La aplicación de fertilizantes se realiza solo durante la época lluviosa durante los cuatro primeros meses del año, pues es cuando el racimo empieza a formarse. En plantaciones de alta densidad se aplica cada mes (Tumbaco et al., 2015). Una estrategia en el cultivo de banano es el uso de fórmulas completas ya sean físicas o químicas. Las fórmulas físicas se basan en porcentajes por cada elemento siguiendo el orden de N, P₂O, K₂O, MgO, un ejemplo de proporciones sería 14-2-25-7 (SO₄⁻²) (López & Espinosa, 1995). En cuanto a dosis químicas, en la Tabla 12 se presenta el porcentaje por elemento que contienen diversos fertilizantes comercializados en Ecuador para el cultivo de banano.

Tabla 12. Varios agroquímicos aplicados en banano y su composición

Elemento	Fórmula	Porcentaje	Dosis recomendada
Korn-Kali			
Óxido de potasio	K ₂ O	40%	100 kg/ha
Óxido de magnesio	MgO	6%	
Azufre	S	4%	
Boro elemental	B	0.25%	
KMag			
Potasio	K ₂ O	22%	100 a 150 kg/ha
Magnesio	MgO	18%	
Azufre	S	22%	
MicroEssentials SZ			
Nitrógeno	NO ₃	12%	100 a 150 kg/ha
Fósforo	P	40%	
Azufre	S	10%	
Zinc	Zn	1%	
Fernitrok-Ca			
Nitrógeno	NO ₃	14%	50 a 100 kg/ha
Potasio	K ₂ O	22%	
Calcio	CaO	13%	
FertinitroK			
Nitrógeno	NO ₃	13,5%	100 a 150 kg/ha
Potasio	K ₂ O	45%	

Fertisa, 2020

4.3.2 Degradación de suelos y sus requerimientos para remediación.

El GAD de Huaquillas posee un registro de 5081 negocios distribuidos en varios servicios como: agricultura, fabricación de textiles, camaroneras, ladrilleras entre otros (GAD del cantón Huaquillas, 2014). El cantón posee una extensión de camaroneras que representa el 25% del área total del territorio.

En el caso de las bananeras y camaroneras, cuando no se efectúa una buena práctica de manejo ambiental, da lugar a la erosión, acidificación y salinización del suelo (Ordoñez, 2016). Debido a los productos químicos que emplean para lograr su producción. Según la información anterior, la ceniza proveniente de las especies *S. saman* (Jacq.) Merr y *C. siliqua* (Jacq.) Merr podrían tener las siguientes aplicaciones:

Remediación de suelo bajos en Ca y K: Por ejemplo, en suelos alcalinos (pH alto) el Ca reacciona con el P formando fosfatos de calcio insolubles limitando de esta forma la disponibilidad del fósforo. La aplicación de cal en los suelos tropicales corrige la toxicidad de Al y la deficiencia de Ca, lo cual permite un incremento en la absorción de P (López & Espinosa, 1995).

Fertilizante y enmendante orgánico: Según Orellana et al. (2008), los carbonatos de K, Mg y Ca que fertilizan el suelo para el cultivo de banano se obtenían antiguamente de la ceniza más abundante de plantas. Se debe considerar que la determinación de las dosis de fertilizante a aplicarse en el suelo para el cultivo de banano debe apoyarse en el análisis de suelo, diagnóstico foliar, estado de la plantación, entre otras.

4.3.3 Diagrama de comparación.

Conforme a lo investigado, en la Figura 9 se presenta el diagrama de comparación de las propiedades de la ceniza de las especies maderables contrastando con los parámetros edáficos y de restauración de suelos. El mencionado diagrama fue elaborado en base la información presentada en los apartados anteriores.



Figura 9. Comparación de las propiedades de las cenizas de especies maderables y fertilizantes para banano. Este diagrama se elaboró considerando las propiedades de varios fertilizantes altos en contenido de calcio y potasio. Bonilla y Córdova, 2021

4.4 Medidas de gestión ambiental para el aprovechamiento de las cenizas y reducción de la contaminación en las ladrilleras del cantón Huaquillas

Las medidas de gestión ambiental que consideran el aprovechamiento de las cenizas generadas por la combustión de ladrillos en el cantón Huaquillas, se establecieron conforme a una línea base breve del cantón y un diagnóstico ambiental que permitió determinar el actual impacto que producen las ladrilleras.

4.4.1 Línea base del cantón.

Dentro de la línea base del cantón Huaquillas se consideró una breve caracterización del medio físico, biótico y socioeconómico.

4.4.1.1 Caracterización del medio físico.

Clima: La ciudad de Huaquillas se ubica en una zona tropical intensa, por ello presenta un clima tropical megatérmico-semiárido. Su temperatura promedio varía entre los 25 y 32°C, las precipitaciones anuales son inferiores a 500 mm y se concentran en el periodo de enero a abril (GAD del cantón Huaquillas, 2014; Cedeño, 2014).

Recursos hídricos: Dentro del territorio del cantón no existe un río circundante que se aproveche para el abastecimiento del agua potable, por ello, se implementó la planta regional de agua potable “Arenillas-Huaquillas” que capta agua de la presa Tahuín, mediante bombas eléctricas y tuberías el agua se distribuye al cantón (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

Geología y suelos: Esta zona posee un suelo arenoso profundo (40-100 cm) susceptible a la erosión eólica. En pendientes por debajo del 25% se encuentra un suelo franco de color rojizo, poco profundo (10-40 cm) con piedras y arcilla aluvial. En las colinas sedimentarias se pueden encontrar suelos con más de 35% de arcilla, y donde la pendiente se encuentra por encima del 25%, los suelos son

menos profundos que los anteriores descansando sobre material parental discontinuo (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

Uso de suelos y ecosistemas: En este cantón se identifican suelos de uso agropecuario mixto, agrícola, agua, antrópico, de conservación y protección, forestal, pecuario, tierras en descanso y tierras improductivas (ver Figura 20, en anexos). En cuanto a ecosistemas presenta los tipos de zona urbana, bosque deciduo de tierras bajas de la costa, manglar matorral espinoso litoral, matorral seco de tierras bajas de la costa y salinas improductivas (ver Figura 21, en anexos) (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

4.4.1.2 Caracterización del medio biótico.

Flora: La vegetación es dispersa y las especies predominantes son el algarrobo, muyuyo, ceibos, guayacán, tamarindo y cactus que conforman el bosque seco la zona. Las especies cultivadas son mango, papaya, banano, tomate, pimiento y maíz. En cuanto a especies herbáceas existen el cedillo, pata de gallina, cebolla y totora (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

Fauna: En el cantón existe diversidad de especies presentadas en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Fauna del cantón Huaquillas

Aves	Reptiles y anfibios	Insectos	Acuáticos	Mamíferos
Tilingo	S. lisa	Mariposas	Toyo	Venados
Petirrojo	S. coral	Avispas	Bagre	Zorros
Picaflor	S. mataballo	Abejas	Tilapia	Murciélago
Gavilán	Lagartija	Caballo del diablo	Tambulero	
Paloma	Iguana	Saltamontes	Guanchiche	
Gallinazo	Ranas	Langostas	Camarón	
Garzas		Comadrillas	Cangrejos	
Gaviotas		Chicharras	Concha	

GAD del cantón Huaquillas, 2014

4.4.1.3 Caracterización del medio socioeconómico.

Población: Según el censo poblacional 2010, el cantón registra 48285 habitantes, de los cuales un 1,3% no fue registrado, se estima que la población es mayor alcanzando los 60000 hasta el año 2014. Huaquillas tiene una tasa de crecimiento poblacional del 10,23% (10000 habitantes cada diez años), este valor se debe a la llegada de migrantes con fines de comercialización en la zona fronteriza (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

Salud: El cantón cuenta con dos hospitales y varios sub centros de salud, además de consultorios privados. Las principales causas de enfermedades y muertes que se presentan son agresiones, enfermedades hipertensivas y del corazón, accidentes de transporte, diabetes mellitus, neumonía y tumores malignos (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

Principales actividades económicas: La economía del cantón se centra en el comercio, por ser una zona fronteriza se da el intercambio de toda clase de productos. El comercio representa un 31,11%, agricultura y pesca un 10,7%, manufactura 8,08%, sector público 7,65% y varias actividades en un 41,41% (GAD del cantón Huaquillas, 2014).

4.4.2 Diagnóstico ambiental.

El diagnóstico ambiental se basó en la ubicación de las ladrilleras en el cantón, la valoración del proceso productivo del ladrillo, y finalmente la evaluación de los impactos ambientales a través de una matriz de cumplimiento y de importancia.

4.4.2.1 Ubicación de las ladrilleras en el cantón Huaquillas.

El cantón Huaquillas cuenta con 40 ladrilleras aproximadamente en la actualidad, y la mayoría cuenta con dos hornos para la cocción de ladrillos. La ubicación de las mismas se observa en la Figura 26 , ubicada en anexos.

4.4.2.2 Valoración del proceso productivo del ladrillo.

La valoración se realizó mediante la determinación de las entradas y salidas de cada actividad del proceso productivo del ladrillo, esto ayudó además a identificar problemáticas ambientales, así como de seguridad y salud.

Obtención de materia prima: Para la fabricación de ladrillos se emplean diversos insumos que se detallan en la Tabla 14 a continuación:

Tabla 14. Materia prima para la fabricación de ladrillos en Huaquillas

Materia prima	Origen	Evidencia
Arena y tierra	Se extraen dentro de la misma zona de las ladrilleras con una retroexcavadora o se obtiene de las afuera del cantón, esto representa erosión del suelo por actividad antrópica.	
Greda	Se compra en la parroquia de Chacras, y llega hasta la ladrillera por transporte pesado (volquetas). Este material sirve para generar mayor consistencia en el bloque.	
Agua	Se obtiene del sistema de alcantarillado mediante bombeo, y el consumo de este recurso es alto. Se consume de 8000 a 11000 litros diarios. Es almacenada en pozos que no cuentan con medidas técnicas.	
Cascarilla de arroz	Se obtiene de los cultivos de arroz del país vecino Perú, siendo un subproducto que no tiene valor para los agricultores, pero se aprovecha en la elaboración del ladrillo.	
Polvo y virutas de madera	Se obtiene de las carpinterías cercanas a las ladrilleras, siendo un subproducto que no tiene valor para los artesanos, pero se aprovecha en la elaboración del ladrillo. El polvo residuo de la madera proviene de especies conocidas como zapote y balsa.	

Mezcla inicial de agregados: En primer lugar, se traslada la greda en carreta hasta dónde se encuentra la tierra, en esta zona se tritura la greda hasta mínimas proporciones. Posterior, se agrega tierra y arena en mayor proporción que la greda y se mezcla con agua, empleando alrededor de 600 litros de agua sólo para humedecer los agregados. Una vez la mezcla haya absorbido el agua, se agrega polvo y virutas de madera, esto en el caso de no obtener cascarilla de arroz, material que los ladrilleros prefieren por factibilidad económica. En este primer proceso se identifican riesgos por cortes (empleando el azadón), caídas, lesiones y aspiración de polvo.

Preparación de la mezcla de barro: El primer proceso se repite cerca de cuatro veces dependiendo de la cantidad de ladrillos que se planifiquen elaborar en un día, la proporción idónea de mezcla según los artesanos es 50% tierra, 30% greda y 20% de arena. Culminado el proceso de los agregados, se mezcla todo uniformemente con el azadón en cortes finos hasta que en la mezcla no se observe cascarilla de arroz y la textura sea cremosa y sin grumos (ver Figura 16, en anexos).

Moldeado y secado: Una vez la mezcla esté lista, se traslada en una carretilla diseñada especialmente para el barro. Previamente humedecido el molde del ladrillo y espolvoreado con arena, con el fin de que el barro no se adhiera al mismo y perjudique al producto, se coloca la mezcla de barro y se procede a moldear. El ladrillo recién moldeado se pre-seca al aire libre durante tres a cuatro días en el suelo.

Raspado: En este proceso se emplea un cuchillo casero para eliminar el exceso de barro de los ladrillos, dando forma y perfeccionando los bordes. Estos residuos se desechan en las proximidades de las ladrilleras.

Apilado y secado: se apilan los ladrillos ya raspados de 500 a 800 unidades por grupo al aire libre. Luego se cubren con plástico con medidas de 45 cm de ancho y 5-6 metros de largo para protección por lluvias. Este plástico se rehúsa durante seis meses o hasta que se desintegra, aunque no en su totalidad y se desecha al suelo; además, suele ocurrir que aves silvestres enganchan sus patas a este material y al volar llevan consigo el mismo. Los ladrillos apilados deben secar por 15 días.

Horneado: Los ladrillos se colocan en forma de malla para distribuir uniformemente el fuego en el horno. Generalmente para la quema de ladrillos emplean madera, cuando no es posible conseguirla emplean rechazo de pallets de las bananeras, cajas de frutas o restos de muebles desechados (Cedeño, 2014). Dependiendo de la ladrillera, pueden emplear aceite saturado proveniente de lubricadoras o diésel para encender la madera en las hornillas. La introducción y combustión de madera se realiza generalmente por 26 horas continuas alcanzando temperaturas de 700 a 900° C. Producto de la quema de ladrillos los residuos generados son carbón y ceniza.

Enfriamiento y comercialización: Culminado el proceso de horneado por 26 horas, se procede al enfriamiento del horno al aire libre por tres días. Para entonces, los artesanos gestionaron la venta del producto, por tanto, una vez fríos los ladrillos son cargados directamente al camión del comprador o intermediario. En esta última etapa, son necesarios entre cuatro a cinco trabajadores para descargar entre cuatro a cinco ladrillos por cada vuelta, cada trabajador sobrelleva un peso máximo de 40 libras.

En la Figura 10, se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración de ladrillos en Huaquillas, en el mismo se detallan las entradas y salidas por cada actividad.



Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de ladrillos en Huaquillas Bonilla y Córdoba, 2021

4.4.2.3 Evaluación del cumplimiento de la normativa.

En la evaluación de la actual gestión de las ladrilleras del cantón Huaquillas mediante normativa, presentada en la Tabla 15, se consideraron las siguientes normas: Constitución Política del Ecuador, TULSMA: Libro VI: Anexo 2, 3 y 6, así como el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

Tabla 15. Matriz de evaluación del cumplimiento de la normativa

Numeral	Descripción del ítem	Status	Observaciones	Evidencia
1	Constitución Política de la República del Ecuador			
Art. 14	Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> . Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.	Nc-	Las ladrilleras artesanales generan impactos al ambiente que pueden ser controlados.	-
Art. 83	6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.	Nc-	Las ladrilleras artesanales generan impactos al ambiente que pueden ser controlados.	-
Art. 326	5. Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.	Nc+	Los trabajadores se exponen a riesgos físicos sin aplicar medidas de seguridad.	-

Numeral	Descripción del ítem	Status	Observaciones	Evidencia
Art. 396	Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.	Nc+	Las ladrilleras, compradores e intermediarios no asumen la responsabilidad de las afectaciones ambientales.	-
Art. 409	Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.	Nc+	Zonas aledañas a las ladrilleras poseen alto grado de erosión. No existe un sistema de gestión para su restauración.	
2 TULSMA: Libro VI: Anexo 2: Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados				
4.1	Prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales, industriales, comerciales y de servicios, incorporando técnicas apropiadas y procedimientos para su minimización, reuso y reciclaje.	Nc+	Los restos de residuos de ladrillos no son gestionados de forma adecuada, se disponen en el suelo cercano a las ladrilleras.	
4.1.1.1	Las industrias y proveedores de servicios deben llevar un registro de los desechos generados, indicando volumen y sitio de disposición de los mismos.	Nc+	Las ladrilleras no registran la cantidad de desechos generados.	-

Numeral	Descripción del ítem	Status	Observaciones	Evidencia
3	TULSMA: Libro VI: Anexo 3: Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión			
4.1.4.10	Las fuentes fijas nuevas significativas determinarán la altura apropiada de chimenea mediante la aplicación de modelos de dispersión. La altura seleccionada de chimenea deberá considerar el efecto de turbulencia creado por la presencia de edificaciones adyacentes a la chimenea, caracterizándose dicho efecto por la ocurrencia de altas concentraciones de contaminantes emitidos previamente junto a la estructura o edificación.	C	Los hornos de quema de ladrillo se encuentran a una distancia apropiada entre sí.	
4.1.5.2	Se prohíbe el uso de aceites lubricantes usados como combustible en calderas, hornos u otros equipos de combustión, con excepción de que la fuente fija de combustión demuestre, mediante el respectivo estudio técnico, que cuenta con equipos y procesos de control de emisiones producidas por esta combustión, a fin de no comprometer la calidad del aire al exterior de la fuente, e independientemente de si la fuente fija es significativa o no significativa	C	El combustible empleado en las ladrilleras es madera o restos de pallets de banano.	
4.1.5.4	Toda fuente fija, sea significativa o no, deberá comunicar a la Entidad Ambiental de Control cualquier situación anómala, no típica, que se presente en la operación normal de la fuente, y en la que se verificaron emisiones de contaminantes superiores a los valores máximos establecidos en este reglamento.	Nc-	No realizan este monitoreo, debido a la falta de una empresa que proporcione los equipos necesarios.	-

Numeral	Descripción del ítem	Status	Observaciones	Evidencia
4	TULSMA: Libro VI: Anexo 6: Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos			
4.2.8	Se prohíbe la disposición o abandono de desechos sólidos, cualquiera sea su procedencia, a cielo abierto, patios, predios, viviendas, en vías o áreas públicas y en los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.	Nc+	Residuos de ladrillos son desechos en lagunas próximas a las ladrilleras.	
4.2.8	f) Se prohíbe echar cenizas, colillas de cigarrillos u otros materiales encendidos en los contenedores de desechos sólidos o en las papeleras peatonales, los cuales deberán depositarse en un recipiente adecuado una vez apagados	Nc+	Las ladrilleras no cuentan con recipientes para la disposición de ceniza generada por la quema de ladrillos.	-
4.3.3.5	Las actividades de manejo de desechos sólidos deberán realizarse en forma tal que se eviten situaciones como: d) La contaminación del aire, suelo o agua. e) Los incendios o accidentes. f) La generación de olores objetables, polvo y otras molestias	Nc-	Durante la quema de ladrillos se emiten gases y partículas al aire, por provenir de madera no generan mayor afectación.	

Numeral	Descripción del ítem	Status	Observaciones	Evidencia
5	Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo			
Obligaciones de los empleadores: 2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.	Nc-	El único EPP disponible para trabajadores son guantes.		
Art. 11	3. Mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro.	C	Los hornos, vehículos y herramientas empleadas se encuentran en buen estado.	-
	5. Entregar gratuitamente a sus trabajadores vestido adecuado para el trabajo y los medios de protección personal y colectiva necesarios.	Nc-	El único EPP disponible (entregado de forma gratuita) son guantes.	-
	9. Instruir sobre los riesgos de los diferentes puestos de trabajo y la forma y métodos para prevenirlos, al personal que ingresa a laborar en la empresa.	Nc-	Los empleadores no capacitan adecuadamente a sus trabajadores respecto a los riesgos en ladrilleras.	-
Art. 21	3. Alrededor de los hornos, calderos o cualquier otra máquina o aparato que sea un foco radiante de calor, se dejará un espacio libre de trabajo dependiendo de la intensidad de la radiación, que como mínimo será de 1,50 metros.	C	Los hornos mantienen la distancia adecuada. Alrededor de 3 metros de radio distancia.	

Numeral	Descripción del ítem	Status	Observaciones	Evidencia
Art. 28	Escaleras de mano: 2. Cuando sean de madera, los largueros serán de una sola pieza y los peldaños estarán ensamblados y no solamente clavados. La madera empleada será sana, sin corteza y sin nudos que puedan mermar la resistencia de la misma.	Nc-	Las escaleras no están ensambladas. Y al menos un peldaño contiene un nudo.	
	3. Las escaleras de madera no deberán pintarse, salvo con barniz transparente, para evitar de que queden ocultos sus posibles defectos.	C	Las escaleras no están pintadas.	-
	4. En la utilización de escaleras de mano se adoptarán las siguientes precauciones: d) El ascenso, descenso y trabajo, se hará siempre de frente a la escalera	C	Los trabajadores cumplen esta medida	
	4. g) Se prohíbe, sobre las mismas, el transporte manual de pesos superiores a 20 kilogramos.	C	Los trabajadores cumplen esta medida	-
	4. j) Para efectuar trabajos en escaleras de mano a alturas superiores a los tres metros se exigirá el uso del cinturón de seguridad.	Nc+	Los trabajadores no cumplen esta medida cuando cargan o descargan ladrillos al horno.	
Total		20 ítems		

En la Figura 11, se presentan los resultados de los 20 ítems considerados en la matriz de cumplimiento. Se observa que las ladrilleras de Huaquillas cumplen en 30% con la normativa, 35% corresponde a no conformidades mayores y el 35% restante corresponde a no conformidades menores. El impacto ambiental de las no conformidades mayores y menores se evaluaron en la matriz de importancia.

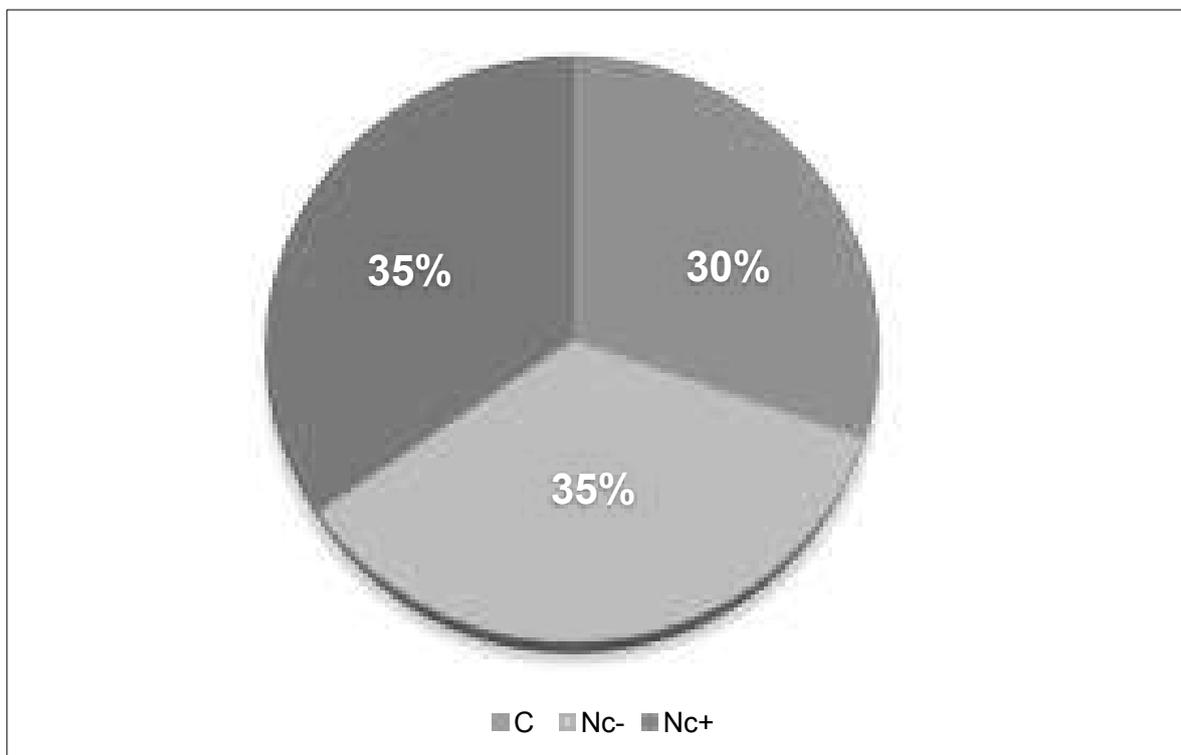


Figura 11. Resultados de la matriz de cumplimiento
Bonilla y Córdova, 2021

4.4.2.4 Evaluación de impacto ambiental.

Dentro de la matriz de importancia se consideraron las categorías, físico, biótico y socioeconómico. Se evaluó un total de 17 impactos ambientales, determinándose 6 impactos negativos irrelevantes, 9 impactos negativos moderados, un impacto negativo severo (deforestación) y un impacto positivo importante (generación de empleo); esta información se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16. Matriz de importancia ambiental sobre la producción de ladrillos en Huaquillas

Categoría	Componente ambiental	Componente	Obtención de materia prima	Mezclado de agregados y barro	Moldeado y secado	Raspado	Aplado y secado	Horneado y enfriamiento	Impacto ambiental	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperación	Importancia	Calificación	
Físico	Aire	Contaminación sonora	x						Ruido por circulación de vehículos	-	2	4	1	1	2	1	2	1	1	15	Irrelevante	
			x						Ruido por funcionamiento del ventilador	-	2	4	1	1	1	1	1	2	1	1	14	Irrelevante
		Calidad del aire	x						x	Generación de polvo/ceniza	-	4	8	4	1	2	4	4	1	1	29	Moderado
			x						x	Generación de sólidos sedimentables	-	4	4	2	2	2	4	2	1	1	22	Irrelevante
			x						x	Emisión de gases	-	4	4	4	1	2	1	2	1	1	20	Irrelevante
			x						x	Emisión de material particulado	-	4	4	4	1	2	1	2	1	1	20	Irrelevante
	Suelo	Calidad del suelo por desechos		x	x	x	x	x	Contaminación por residuos sólidos	-	12	4	4	4	4	4	4	4	4	2	42	Moderado
		Fertilidad		x				x	x	Pérdida de suelo fértil	-	8	4	4	2	4	1	2	2	4	31	Moderado
	Agua	Calidad de agua superficiales		x					Descarga de aguas residuales	-	4	1	4	2	4	1	4	4	2	26	Moderado	
	Biótico	Paisaje	Calidad paisajística	x	x				x	Alteración estética del paisaje	-	12	4	2	2	4	1	4	2	4	35	Moderado
Flora		Árboles, arbustos hierbas	x					x	Deforestación	-	12	10	4	4	4	4	4	4	4	50	Severo	
Fauna		Aves y mamíferos	x					x	Afección de especies faunísticas	-	6	4	4	2	4	1	4	2	2	29	Moderado	
			x						Fragmentación de hábitats	-	6	4	4	2	4	1	4	2	2	29	Moderado	
Socioeconómico	Económico	Consumo del recurso agua		x					Elevado consumo de agua	-	4	4	2	4	2	4	2	4	1	27	Moderado	
		Consumo de energía eléctrica	x					x	Elevado consumo de energía	-	2	1	1	1	1	1	1	1	1	10	Irrelevante	
	Social	Seguridad y salud del personal		x	x			x	Afección a la salud de los trabajadores	-	10	4	4	4	2	4	2	2	2	34	Moderado	
		Generación de empleo	x	x	x	x	x	x	Generación de empleo	+	8	8	4	4	1	1	2	2	1	31	Importante	

Bonilla y Córdova, 2021

4.4.1 Medidas de gestión ambiental para las ladrilleras.

Las medidas para las ladrilleras de Huaquillas se presentan en base a dos planes, de prevención y mitigación de impactos ambientales y el plan de seguridad y salud en el trabajo. En las tablas 17 y 18 se detallan las medidas propuestas por plan.

Tabla 17. Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales

Objetivo: Mitigar impactos ambientales actuales generados por las ladrilleras del cantón Huaquillas e implementar medidas para prevenir futuros impactos.

Lugar de aplicación: Ladrilleras del cantón Huaquillas

Responsable: GAD del cantón Huaquillas y artesanos

Aspecto ambiental	Impacto identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Frecuencia de ejecución
Calidad del aire	Ruido por circulación de vehículos	Mantenimiento de las vías de acceso a las ladrilleras.	Número de mantenimientos cumplidos/ Mantenimientos programados	Registro de mantenimiento	Anual
	Ruido por funcionamiento del ventilador	Mantenimiento y calibración de los vehículos que transportan madera, greda y ladrillos.	Número de mantenimientos cumplidos/ Mantenimientos programados	Registro de mantenimiento	Mensual
	Generación de sólidos sedimentables	Cubrir la carga de materiales con lonas hasta el traslado a las ladrilleras	Cantidad de lonas	Factura de compra y registro fotográfico	Mensual
	Emisión de gases y material particulado	Prohibir el uso de combustibles contaminantes, cambiando al uso de aceite vegetal saturado proveniente de los hogares.	Volumen de aceite recolectado/ volumen de aceite empleado	Registro fotográfico	Mensual
	Generación de polvo/ceniza	Aprovechamiento/rehuso de la ceniza en agricultura.	Cantidad de ceniza generada (kg)	Registro de cuantificación	Mensual
Calidad del suelo	Contaminación por residuos sólidos	Almacenar o apilar los ladrillos descartados para su posible rehuso. Fragmentar los residuos de ladrillos y apilar mensualmente, posterior entregar a un centro de acopio o directamente al relleno sanitario del cantón para su disposición final.	Cantidad de ladrillos Cantidad de residuos	Registro fotográfico Registro fotográfico	Mensual Mensual

Tabla 18. Plan de seguridad y salud en el trabajo

Objetivo: Establecer condiciones de seguridad en las labores de las ladrilleras para reducir los riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores.				
Lugar de aplicación: Ladrilleras del cantón Huaquillas				
Responsable: GAD del cantón Huaquillas y artesanos				
Riesgo identificado	Medidas propuestas	Indicadores	Medios de verificación	Frecuencia de ejecución
Riesgos ergonómicos: Dolores lumbares y articulaciones por posición continua	El empleador debe otorgar lapsos de descansos para evitar futuras lesiones en las articulaciones	Cantidad de trabajadores con malestares/ Cantidad de trabajadores sanos	Horario de descanso	Diario
Riesgo físico por insolación	El empleador debe exigir a sus trabajadores el uso de buzos, gorra y bloqueador solar durante la jornada laboral en el día. Así como brindar suficiente agua potable para mantener hidratado al personal	Cantidad de trabajadores agotados/ Cantidad de trabajadores activos	Registro fotográfico Inspección del uso del equipo	Diario
Lesiones por cortes	El empleador debe capacitar al personal en cuanto al uso del azadón para evitar cortes durante el mezclado	Cantidad de trabajadores lesionados/ Cantidad de trabajadores sanos	Registro fotográfico y video	Diario
Lesiones por caídas y golpes	El personal que se encarga de la descarga de ladrillos desde la escalera de mano, debe emplear un arnés de seguridad que se instale y ajuste al horno.	Cantidad de trabajadores lesionados/ Cantidad de trabajadores sanos	Registro fotográfico Inspección del uso del equipo	Diario
Exposición al polvo y gases	Durante el proceso de introducción de madera al horno, los trabajadores deben emplear mascarilla	Cantidad de trabajadores con malestares/ Cantidad de trabajadores sanos	Registro fotográfico Inspección del uso del equipo	Diario

Bonilla y Córdova, 2021

4.4.2 Aprovechamiento de ceniza.

Dentro del plan de prevención y mitigación de impactos ambientales se propone la implementación de un programa de rehusó de la ceniza en agricultura. Para ejecutar dicha medida, es necesario que el proceso de recolección de ceniza se realice conforme a un proceso estándar. Es la presente investigación dentro del apartado 4.1 de resultados se describe el procedimiento aplicado en este estudio y que es posible implementar como práctica para mantener la calidad de la ceniza (ver figura 1).

Además de un proceso estándar, es necesario el establecimiento de un área y recipientes de almacenamiento para la ceniza. Los recipientes deberán mantenerse alejados del horno y bajo sombra. En la Figura 12 se presenta un modelo estación de almacenamiento de ceniza.



Figura 12. Estación de almacenamiento de ceniza
Bonilla y Córdova, 2021

5. Discusión

5.1 Composición de la ceniza por espectrofotometría y colorimetría.

En este estudio se evaluó la composición química de las cenizas de samán (*S. saman (Jacq.) Merr*) y algarrobo (*C. siliqua (Jacq.) Merr*) proveniente de la quema de ladrillos en el cantón Huaquillas, con el fin de aprovechar este residuo llamado comúnmente como potasa. Conforme al análisis de espectrofotometría y de colorimetría se determinó que el pH de las muestras varía entre 12,78 a 13, estos valores indican que la ceniza de las especies en estudio es fuertemente alcalina. En la actualidad, los artesanos de las ladrilleras disponen la ceniza de cada quema directamente en las proximidades del área de trabajo, al ser fuertemente alcalina, estos suelos se consideran alcalinos según la norma de calidad de suelo (TULSMA: Anexo 2).

Por otra parte, los resultados del análisis de laboratorio revelaron que el Calcio (Ca) fue el elemento de mayor porcentaje en las cenizas con valores por encima del 20%; y el Potasio (K) fue el segundo más abundante. Los elementos Magnesio (Mg) y Fósforo (P) presentaron valores inferiores que varían de 1,17 a 2,84%.

Los resultados obtenidos concuerdan con Mikkelsen (2008), el autor afirma que la ceniza de madera es alcalina, con pH entre 9 y 13; y como fertilizante tiene en promedio 0% de N, 1% de Fósforo (P) y 4% de Potasio (K), aproximadamente. Sin embargo, los valores de Potasio resultaron más elevados que lo expresado por el autor llegando a más de 11%. Mientras que se difiere con Fendel y Weneger (como se citó en Téllez-Sánchez et al., 2010) quienes indican que el Calcio y el Magnesio son los elementos químicos más abundantes en la madera, y en el presente estudio las especies maderables presentaron como elementos más abundantes al Calcio y el Potasio.

Teniendo en cuenta estos resultados, se demuestra lo afirmado por los técnicos de Fertilizar (2011), en su teoría indican que a medida que el pH del suelo aumenta, la solubilidad de muchos nutrientes se reduce; por ejemplo, a valores de pH por encima de 7.5, la cantidad de Hierro, Fósforo, Manganeso, Magnesio, Zinc, Cobre y Boro en la solución puede ser baja y esto no permite un crecimiento saludable a plantas. Esto se debe, a que un alto nivel de Calcio puede reducir la capacidad de absorción de los otros elementos. Dicho hecho se consolida con la visita in situ a las zonas de influencia de las ladrilleras, dónde se evidenció que la vegetación es escasa.

La especie *S. saman* (Jacq.) Merr presentó los mayores porcentajes en los elementos Fósforo (2,84%) y Potasio (11,33%), y los menores porcentajes en Magnesio (1,93%) y Calcio (21,19%) a comparación de la especie *C. siliqua* (Jacq.) Merr y la mezcla de ambas especies. Los valores de Calcio y Magnesio de *S. saman* (Jacq.) Merr y *C. siliqua* (Jacq.) Merr son menores a la especie *Andira inermis* (74,4% y 21,96% respectivamente) estudiada por Téllez-Sánchez et al. (2010), mientras que el valor de pH es más elevado alcanzando un nivel fuertemente alcalino mientras que la *A. inermis* no supera el nivel neutro (5,9). Lo mismo ocurre con la madera de pino estudiada por Revilla (2011) y Bernabé-Santiago et al. (2013), su nivel de pH varía entre 4,0 a 5,63. En relación a los porcentajes de Calcio de la especie *Haematoxylon brasiletto* Karsen (palo de Brasil) son más elevados que los de *S. saman* (Jacq.) Merr y *C. siliqua* (Jacq.) Merr, alcanzando en duramen 94,65%, en albura 81,28% y corteza 85,03%. Mientras que los niveles de Potasio son menores a las especies de este estudio, alcanzando en albura 11,26%, en corteza 10,36% y en duramen 2,09%.

5.2 Aplicación de la ceniza de las especies maderables

Al realizar la comparación de las propiedades de la ceniza con los parámetros edáficos del cultivo de banano y la restauración de suelos, se analiza que el pH que presenta la ceniza es elevado comparado al que requiere un suelo para cultivo de banano. Sin embargo, cuando se trata de acidificación debido al uso de fertilizantes puede servir la aplicación de la ceniza como enmendante e incluso como fertilizante en cultivos que soporten un nivel de pH >10.

Según Martínez (2009) la disposición de las cenizas como fertilizantes en un cultivo, es una alternativa amigable con el ambiente debido a que contribuye a la reducción del uso de fertilizantes químicos y compensa la extracción de nutrientes. Además, esta sustitución repercute en el coste total de la producción del cultivo. En el caso de la ceniza proveniente de las especies *S. saman* (Jacq.) Merr y *C. siliqua* (Jacq.) Merr es necesario reducir su nivel de pH para que pueda ser aprovechada como fertilizante en cultivo como el banano, debido a que posee porcentajes considerables de potasio y calcio, dos de los elementos principales que requiere este cultivo.

Se han realizado estudios que comprueban la efectividad de las cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido. Solla-Gullón et al. (2001) comprobaron que la aplicación de cenizas de madera (especie *Avena sativa*) produjo un aumento del pH del suelo lo cual derivó en una disminución del Al en disolución, y la fracción sólida presentó incremento de las concentraciones de P, Ca y Mg en formas asimilables, posterior se comprobó que las concentraciones de Ca y Mg aumentaron también en la planta cultivada en ese suelo.

Cabe indicar, que en el relleno sanitario del cantón Huaquillas existe un área destinada al compostaje, dicho proceso se basa en el tratamiento de la sangre y

rumiante proveniente del camal municipal (GAD del cantón Huaquillas, 2014). A este proceso podría adicionarse la ceniza ya que proviene de biomasa de especies maderables y aportaría concentraciones necesarias de calcio, potasio y magnesio. Sin embargo, según Jaramillo (2015) es necesario considerar que la dosis y el tipo de fertilizantes dependen de los requerimientos del cultivo y de los resultados del análisis foliar y de suelos, de esta forma realizar un balance nutricional para el cultivo.

5.3 Impacto ambiental actual de las ladrilleras del cantón Huaquillas

Según una encuesta realizada por Cedeño (2014) en Huaquillas, el 50% de los fabricantes de ladrillos se dedican a esta actividad desde hace un máximo de quince años, el 28% desde hace 8 a 11 años y el 17% desde hace 4 a 7 años. Al realizar la visita in situ, se consultó con los artesanos desde hace cuántos años se dedican a la elaboración de ladrillos, en su mayoría indicaron que realizan esta actividad desde hace más de 20 años, otros desde hace 15 años y pocos desde hace 10 años. Por lo tanto, se difiere con Cedeño (2014), siendo probable que no se encuestaran a varios artesanos.

Se estima que en la actualidad existen alrededor de 40 ladrilleras en el cantón Huaquillas y la mayoría cuenta con dos hornos, la quema de ladrillos se realiza cada 21 días. En este proceso se requieren toneladas de madera, y la madera que emplean proviene de especies silvestres que han sido taladas durante más de 20 años al menos diez veces al año, por tanto, es claro que existe una alta afectación a la flora. Es muy necesario establecer medidas de reforestación para recuperar la flora del cantón y sus alrededores.

6. Conclusiones

Las cenizas más idóneas para un muestreo se deben recolectar desde la superficie de los restos con materiales esterilizados evitando el carbón, posterior la muestra debe ser tamizada, entre menor sea el tamaño del tamiz mayor pureza obtendrá la muestra. Se obtuvo un total de 32 kilogramos de ceniza equivalente al 5,33% en peso respecto a la biomasa inicial, sin embargo, para el análisis elemental de la ceniza en laboratorio se requiere una muestra con peso mayor a diez gramos.

Según los resultados de laboratorio donde se aplicaron técnicas de espectrofotometría de absorción molecular y de emisión, el Calcio (Ca) es el elemento de mayor porcentaje (>20%) para cada tipo de ceniza; además, la combinación de cenizas de las especies *S. saman* (Jacq.) Merr. y *C. siliqua* (Jacq.) Merr. contiene la mayor concentración de calcio, esto ocasiona que disminuyan las concentraciones del resto de elementos. La especie *S. saman* (Jacq.) Merr. presentó las mayores concentraciones en los elementos Fósforo (2,84%) y Potasio (11,33%), y las menores concentraciones en Magnesio (1,93%) y Calcio (21,19%).

Conforme al análisis de las concentraciones de la ceniza proveniente de especies maderables, en especial *S. saman* (Jacq.) Merr., se determina que la ceniza puede servir como enmendante de suelos ácidos y como fertilizante en cultivos que soporten un nivel de pH superior a 10. Para su aplicación como fertilizante orgánico en cultivos como el banano, es necesario reducir su nivel de pH, lo cual es posible como adición a otros compuestos orgánicos proveniente de los camales de Huaquillas.

El impacto ambiental de las ladrilleras es negativo y severo en cuanto a deforestación, además se determinaron nueve impactos negativos moderados (generación de ceniza, contaminación por residuos sólidos, pérdida de suelo fértil,

descarga de aguas residuales, alteración del paisaje, afectación a especies faunísticas, fragmentación de hábitats, elevado consumo de agua y afectación a la salud de trabajadores). Además, los trabajadores se encuentran expuestos a diversos riesgos físicos como radiación, cortes, golpes y lesiones por caída. Las medidas propuestas para mitigar estas problemáticas y aprovechar la ceniza de madera son factibles para los artesanos por su bajo costo de inversión.

7. Recomendaciones

La madera empleada para el proceso de quema de ladrillos no debe contener sustancias o productos contaminantes que puedan modificar las propiedades de la ceniza, afectando su aplicación como fertilizante orgánico.

Se recomienda el análisis de ceniza de las mismas especies maderables en laboratorio para la determinación de las concentraciones de otros elementos como Boro, Zinc, Nitrógeno, entre otros.

La comprobación del uso de las cenizas de las especies *S. saman (Jacq.) Merr* y *C. siliqua (Jacq.) Merr* como fertilizante orgánico bajo condiciones de control, además, de la investigación de otras posibles aplicaciones de la ceniza.

Se recomienda ejecutar el plan de mitigación de impactos ambientales y de seguridad y salud para las ladrilleras, en un trabajo conjunto con el GAD del cantón Huaquillas, lo cual permitirá mejorar las condiciones laborales y ambientales a corto plazo.

8. Bibliografía

- Abarca, J. (2017). *Efecto de la fertilización con calcio en la fruta de banano (Musa AAA cv. Gal) para el control de la mancha de madurez (Tesis de pregrado)*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Abril, N., Bárcena, A., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., Túnez, I. (28 de septiembre de 2006). *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. Obtenido de Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad de Córdoba: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
- Agudo, A. (2010). *Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP): Acercamiento a su problemática como riesgo laboral*. Madrid, España: UGT Comisión Ejecutiva Confederal y Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente.
- Alonso, S. (2015). *Valorización de cenizas volantes y cenizas de fondo procedentes de la incineración de residuos sólidos urbano: Revisión bibliográfica (Tesis de pregrado)*. Cantabria, España: Universidad de Cantabria.
- Arciniégas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: Partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. *Revista Luna Azul de la Universidad de Caldas*(34), 195-213.
- Ávila-Calderón, & Rutiaga-Quiñones, J. (2014). Componentes químicos de la madera y la corteza de *Haematoxylum brasiletto* Karsten (Leguminosae). *Bosques y madera*, 20(2), 153-158.
- Ayala, G., Rosadio, A., & Durán, G. (2019). Estudio del efecto de adición de cenizas proveniente de ladrilletras artesanales en la estabilización de suelos arcillosos para pavimentos. *17th LACCEI International Multi-Conference for*

Engineering, Education, and Technology: "Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities" (págs. 1-6). Jamaica: LACCEI.

Ayesta, G., García, M., Blanco, F., & Ayala, J. (1999). Obtención de ladrillos cara vista a partir de cenizas volantes de la central térmica del Narcea (Asturias). *Materiales de construcción*, 49(256), 15-28.

Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Cabo Verde: Ediciones Shalom.

Bernabé-Santiago, R., Ávila-Calderón, L., & Rutiaga-Quiñones, J. (2013). Componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán. *Madera y Bosques*, 19(2), 21-35.

Cabo, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción (Tesis de pregrado)*. Navarra, España: Universidad Pública de Navarra.

Cedeño, E. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una asociación comercializadora de ladrillo en el cantón Huaquillas, provincia de El Oro (Tesis de pregrado)*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (5 de septiembre de 2005). *Suelos ácidos y alcalinos*. Obtenido de CIMMYT web site: <http://wheatdoctor.org/es/suelos-acidos-y-alcinos>

Centros de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. (diciembre de 2011). *Ficha técnica: Cenizas volantes de carbón y cenizas de hogar o escorias*. Obtenido de sitio web de CEDEX: <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/B01FDCCB-AC8E-4089-9699-FA6413FBEE7C/119905/CENIZASVOLANTESDECARBONYCENIZASDEHOGAR.pdf>

- Cepeda, M., & Robalino, A. (2018). *Determinación de niveles de CO de ladrilleras y su posible afectación a la formación del Carboxihemoglobina en el cantón Chambo (Tesis de pregrado)*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros.
- Consultora Advance. (2013). *Informe local de consultoría: Estudio de mercado del sector artesanal en el cantón Cuenca*. Cuenca: ALTIOR Cia. Ltda.
- Crespo, J. (2018). Los ladrilleros de Huaquillas trajeron su oficio desde Loja. *Diario Expreso*. Obtenido de <https://www.pressreader.com/ecuador/diario-expreso/20180123/282471414282679>
- CRU Internacional Limited. (2018). *Potasio: Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2035*. Santiago, Chile. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Potasio_FINAL_11Dic2018.pdf
- Cruz, A., Moreno, G., & Lara, M. (2010). Toxicología de las dioxinas y su impacto en la salud humana. *Revista de Medicina Veterinaria*(19), 73-84.
- Diario El Telégrafo. (2017). Los ladrilleros de la frontera sur están decididos a pulir su oficio. *Diario El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/los-ladrilleros-de-la-frontera-sur-estan-decididos-a-pulir-su-oficio>
- Durán, G. (2016). *Mejoramiento de un suelo arcilloso con ceniza de madera: Agregando valor a los residuos de la industria de ladrillo artesanales en el Perú*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres. Obtenido de

https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/Congreso_Ingenieria_20-Oct-16.pdf

Ercros. (30 de mayo de 2012). *Hidróxido de potasio*. Obtenido de http://www.ercros.es/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=767&Itemid=647

Etiégni, L., & Campbell, A. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresour Technology*, 37, 173-178.

Fagiani, M., & Tapia, A. (2015). Ficha del cultivo de banano. INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cultivo_del_banano.pdf

Febres, T. (2017). *Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa (Tesis de maestría)*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.

Fertilizar. (2011). Los suelos alcalinos. *Fertilizar Asociación civil*(19), 30-32.

Fertisa. (2020). *Portafolio Banano: El portafolio completo para su bananera*. Obtenido de https://www.fertisa.com/pdf/portafolio_6.pdf

García, J. M., & Islas, C. G.-R. (2018). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales*. México: Universida de Colima, 2018.

Gil, M. (1972). *Ensayo para determinar la acción de la potasia sola y en combinación con nitrógeno en la producción de banano "Poyo" zona bananera de Machala, provincia de El Oro (Tesis de pregrado)*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Global Biodiversity Information Facility. (2018). *Taxonomía, características y distribución de la especie Samanea saman (Jacq.) Merr.* Obtenido de <https://www.gbif.org/es/species/2972960>

- Global Biodiversity Information Facility. (2019). *Taxonomía, distribución y características de la especie Ceratonia siliqua L.* Obtenido de <https://www.gbif.org/es/species/5356354>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Huaquillas. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Huaquillas.* Huaquillas, Ecuador. Obtenido de <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- Hernández, J. (2013). *Área de conservación Guanacaste.* Obtenido de <https://www.acguanacaste.ac.cr/paginas-de-especies/plantas/112-fabaceae/230-samanea-saman-fabaceae>
- Hernández, J., Barbazán, M., & Perdomo, C. (2010). *Descripción del elemento Potasio.* Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Del Pilar, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F., México: McGraw-Hill e Interamericana Editores.
- International Volcanic Health Hazard Network. (2010). *Procedimientos para coleccionar muestras de cenizas.* Obtenido de https://www.ivhhn.org/uploads/es/IVHHN_Ash_Collection_Procedures_Spanish.pdf
- Ibeprocorex. (2019). *El samán tiene una amplia gama de usos.* Obtenido de <https://ibeprocorex.com/saman/>
- Infoagro. (2013). El cultivo del plátano (banano). Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano__asp

- Jaramillo, S. (2015). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de banano*. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca y Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agr.
- Jorgensen, P. M., & Yanes, S. L. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador*. Ecuador: Missouri Botanical Garden.
- Kana, R., & Malaga, G. (2019). *Análisis de riesgo a la salud por exposición de cenizas de carbón de piedra en las ladrilleras artesanales en Yarabamba-Arequipa 2018 (Tesis de pregrado)*. Arequipa, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Katoh, M., Shiramizu, M., & Sato, T. (2014). Repeatable use of wood ash to remove lead from contaminated water. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17(3), 590-597.
- Larriva, N. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. *Revista de la facultad de Ciencias Pecuarias y Agroindustriales La granja*(21), 23-24.
- Lillo, F. (2013). *Estimar el balance de fósforo en el proceso de fabricación de celulosa de fibra corta: evaluación de la carga de fósforo aportado al río Biobío (Tesis de pregrado)*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- López, A., & Espinosa, J. (1995). *Manual de nutrición y fertilización del banano*. Quito, Ecuador: International Plant Nutrition Institute y Corporación Bananera Nacional.
- Mamani, L., & Yataco, A. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el Departamento de Ayacucho (Tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.

- Martínez, S. (2009). *Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña (Tesis de posgrado)*. Girona, España: Universitat de Girona.
- McKean, S. (1993). *Manual de análisis de suelo y tejido vegetal. Una guía teórica y práctica de metodologías*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT.
- Meiwes, K. (1995). Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, 85(1), 143-152.
- Melgar, R., Magen, H., & Imas, P. (15 de marzo de 2011). *El rol del Potasio en la Producción agrícola*. Obtenido de http://www.fertilizando.com/articulos/Melgar_Magen_Imas-Rol-Potasio-En-Produccion-Agricola.pdf
- Melissari, B. (2012). Comportamiento de las cenizas y su impacto en sistemas de combustión de biomasa. *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*(10), 69-82.
- Mikkelsen, R. (2008). Managing Potassium for Organic Crop Production. *Better Crops With Plan Food*, 92(2), 26-29.
- Ministerio de la Producción. (2010). *Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales*. Lima, Perú: Programa Regional de Aire Limpio (PRAL) y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).
- Naturalista Ecuador. (2020). *Taxonomía de plátanos Familia Musaceae*. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/62910-Musaceae>
- Olea, F. (2018). *Técnicas estadísticas aplicadas en nutrición y salud*. Universidad de Granada. Obtenido de <https://www.ugr.es/~fmocan/MATERIALES%20DOCTORADO/testt2016.pdf>

- Ordoñez, A. (2016). *Impacto ambiental en los recursos naturales derivado de la actividad agrícola bananera en el cantón Machala, provincia de El Oro (Tesis de pregrado)*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Orellana, H., Solózano, H., Bonilla, A., Salazar, G., Falconí-Borja, C., & Velasteguí, R. (2008). Manejo orgánico ecológico del cultivo de banano. *Vademécum Agrícola*, 1-6. Obtenido de https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual_cultivos/BANANO%20ORGANICO.pdf
- Ospino, A., Arias, J., Gutierrez, L., Valera, J., Bermúdez, R., Alzate, A., . . . Morales, M. (2013). *Diagnóstico sectorial de la industria ladrillera en el departamento del César*. Departamento del Cesar, Colombia: Corporación Autónoma Regional del César y Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales.
- Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. *Medwave*, 11(3), 1-6.
- Reforma al Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio de Medio Ambiente. (04 de noviembre de 2015). Acuerdo Ministerial 97-A. Ecuador: Registro Oficial Edición Especial 387. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Revilla, E. (2011). *Química de la madera de cuatro pinos mexicanos de la Subsección Cembroides (Tesis de pregrado)*. Chapingo, Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.

- Salazar, D., Melgarejo, P., López, I., Martínez, R., Martínez, J., & Hernández, F. (2002). *Cultivos leñosos: Frutales de zonas áridas. El cultivo del algarrobo*. Madrid, España: AMV Ediciones.
- Sánchez, J., & Alcántara, A. (2007). Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. En S. Jiménez, & A. Doadrio (Edits.), *Contaminación y salud (Monografía XXII)* (págs. 375-401). Madrid: Real Academia Nacional de Farmacia.
- Sánchez, M., & Zapata, L. (2013). Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda Los Gómez de Itagüí. *Cuaderno Activa Revista científica de la Facultad de Ingeniería del Tecnológico de Antioquia*(5), 109-123.
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (18 de noviembre de 2017). *Norma Ambiental de Calidad del Aire*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/dom60781.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una vida*. Ecuador: SENPLADES. Obtenido de https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
- Solla-Gullón, F., Rodríguez-Soalleiro, R., & Merino, A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetal*, 16(3), 379-393.
- Téllez-Sánchez, C., Ochoa-Ruiz, H., Sanjuan-Dueñas, R., & Rutiaga-Quiñones, J. (2010). Componentes químicos del duramen de *Andira inermis* (W.Wright)

- DC. (Leguminosae). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16(1), 87-93.
- Terán, C. (2016). *Comparación de los métodos de digestión seca y digestión ácida por microondas para el análisis de fósforo en brócoli y acelga por Espectrofotometría Ultravioleta - Visible (Tesis de pregrado)*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Torres, M. (2009). *Ciclo del potasio en agroecosistemas y reacción de los fertilizantes potásicos en el suelo*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2009/05/19/118513>
- Tumbaco, A., Patiño, M., Tumbaco, J., & Ulloa, S. (2015). *Manual del cultivo de plátano de exportación*. Quito, Ecuador: Grupo de Investigación en Cultivos Tropicales.
- Vega, L., Llinares, M., Villagrà, C., Gallego, V., & González, B. (2010). *Guía de construir con madera*. Madrid, España: CONFEMADERA.
- Zambrano, M., Muñoz, J., Dueñas, A., Párraga, R., & Loor, J. (2018). Evaluación de la cáscara de arroz para fabricación de ladrillos. *Pro Sciencias: Revista de producción, ciencias e investigación*, 2(10), 28-31.

9. Anexos

9.1 Figuras complementarias

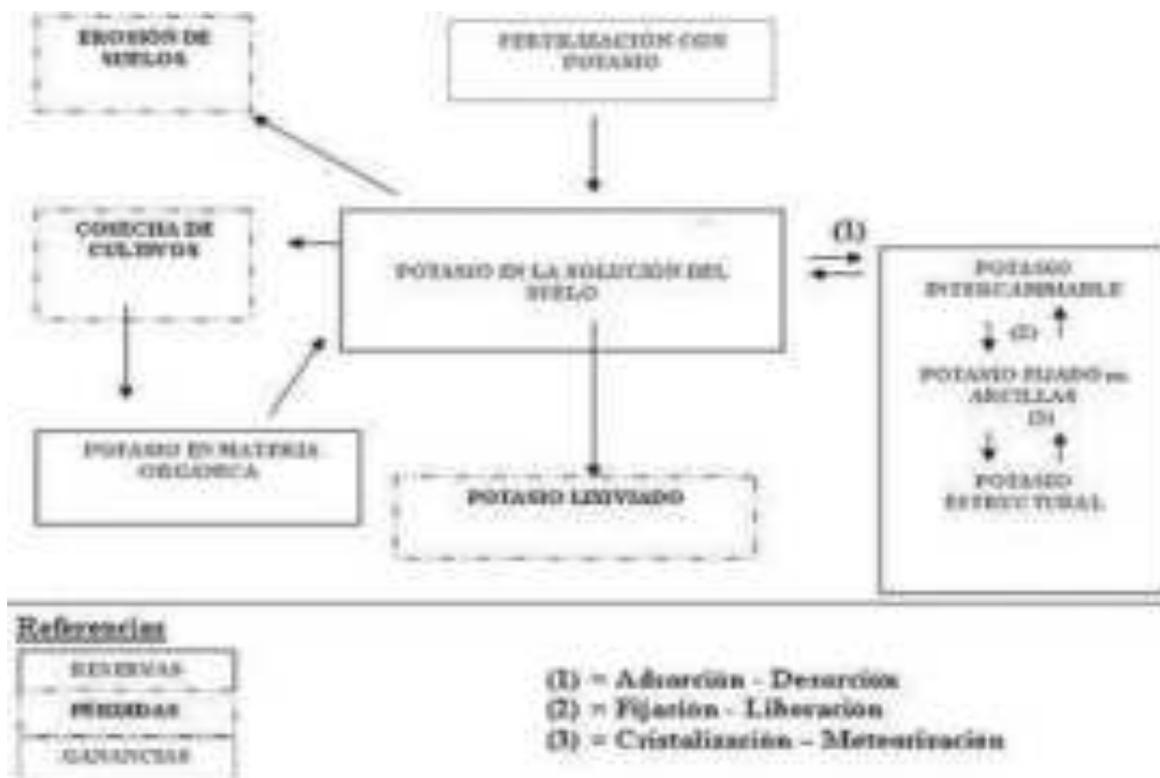


Figura 13. Dinámica del potasio en sistemas suelo-cultivo
 Torres, 2009



Figura 14. Especie *Samanea Saman* (Jacq.) Merr
 Global Biodiversity Information Facility, 2018



Figura 15. Especie *Ceratonia siliqua* L. (Jacq.) Merr
Global Biodiversity Information Facility, 2019



Figura 16. Mezcla lista para moldeado
Bonilla y Córdova, 2021

**LABORATORIO WSS
WORLD SURVEY SERVICES ECUADOR S.A.**



Página 1 de 1
048 01 70 41 0000 0000

INFORME DE ENSAYO N° 14564-20

Número de OT:	40271	Fecha de recepción:	04/11/2020
Ciudad:	SEÑALLA VALLE, GUAYAS ECUADOR	Fecha inicio de Ensayo:	08/11/2020
Dirección:	WOLFE S/N, TERCER LOS HEROS LES PE VERDUALES	Fecha Término de Ensayo:	10/11/2020
Nombre, Número y correo de contacto:	Alonso Torres Torres		
Código:	00000		
Laboratorio:	Agave		
Tipo de Muestra:	Cafe de Muestra		
Origen de Muestra:	Muestra proporcionada por el cliente		
Temperatura de recepción:	22.8 °C		
Tipo de envase:	Bolsa Plástica		
Cantidad de Muestra:	200 g		
Mostr. Representa:	10.0%		

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Muestra-Intercambio	Ensayo	Resultado	Unidad	LOE	LOC	LAP*	Observaciones
2021	CAFE	21.1%	-	-	-	-	DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE ALIMENTOS ORGANIZADOS POR ASOCIACIÓN ECUATORIA PARA LA CALIDAD (SENAE) Muestra analizada SGA MEXICALTLA 14564-2000 de Desempeño de Muestra (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Na, K, P) en gramos. Método: Método estándar de referencia. Norma: 2018
	PROTEIN	11.52%	-	-	-	-	DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS DE ALIMENTOS ORGANIZADOS POR ASOCIACIÓN ECUATORIA PARA LA CALIDAD (SENAE) Muestra analizada SGA MEXICALTLA 14564-2000 de Desempeño de Muestra (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Na, K, P) en gramos. Método: Método estándar de referencia. Norma: 2018
	MOHOS	1.9%	-	-	-	-	DETERMINACIÓN DE MOHOS DE ALIMENTOS ORGANIZADOS POR ASOCIACIÓN ECUATORIA PARA LA CALIDAD (SENAE) Muestra analizada SGA MEXICALTLA 14564-2000 de Desempeño de Muestra (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Na, K, P) en gramos. Método: Método estándar de referencia. Norma: 2018
	POSPORO	2.94%	-	-	-	-	DETERMINACIÓN DE FOSFORO POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV VIA DE HERNANDEZ DE FRECHOS BALANCEADO. MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA CALIDAD (SENAE) Muestra analizada SGA MEXICALTLA 14564-2000 de Desempeño de Muestra (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Na, K, P) en gramos. Método: Método estándar de referencia. Norma: 2018
	Na	12.0%	-	-	4.9%	-	DETERMINACIÓN DE FOSFORO POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV VIA DE HERNANDEZ DE FRECHOS BALANCEADO. MÉTODO ESTÁNDAR PARA LA CALIDAD (SENAE) Muestra analizada SGA MEXICALTLA 14564-2000 de Desempeño de Muestra (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, Na, K, P) en gramos. Método: Método estándar de referencia. Norma: 2018

SENAE - INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD. Av. Francisco de Orellana 1500, Guayaquil, Ecuador. Teléfono: 048 01 70 41 0000. 2020014
LABORATORIO 001. Av. de los Libertadores 2225 y Av. Pío IX, Guayaquil - Ecuador. Teléfono: 048 01 70 41 0000. www.senaec.gub.ec

Figura 17. Informe de laboratorio perteneciente a la muestra de *S. saman* (Jacq.) Merr
Word Survey Services Ecuador, 2021

**LABORATORIO WSS
WORLD SURVEY SERVICES ECUADOR S.A.**



Registro N° 7
R.M. 11-01-2010

INFORME DE ENSAYO N° 14565-20

Número de OT : 40271
 Cliente : BONILLA VALLES JORISSON STRAIN
 Dirección : BOYPA DEL 1 DOOP LON VERDELES PE WARRLEZ
 Servicio, número y correo de contacto : wss.ec_7488@hotmail.com
 Laboratorio : Agua
 Tipo de Muestra : Control de Materia
 Origen de Muestra : Muestra proporcionada por el cliente
 Temperatura de recepción : 23.5 °C
 Tipo de ensayo : Bateria Práctica
 Cantidad de Muestra : 200 g
 Fecha de recepción : 04/10/2020
 Fecha Inicio de Ensayo : 04/10/2020
 Hora Recepción : 10:56
 Fecha Término de Ensayo : 14/10/2020

RESULTADOS DE ANALISIS

Muestra - Fracción	Ensayo	Método	Result	LOE	LOC	LMP	Observaciones
100%	CAJCO	ETFA	-	-	-	-	DETERMINACION DE CALCO EN MUESTRAS DE FERTILIZANTES POR ABSORCIÓN ÁCIDICA POR LA OLI. 2003 Método químico para calcio, magnesio y potasio en fertilizantes de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en forma soluble. Muestra, al menos de 100 gramos. Norma NTC 5719
	PHENOL	N/2%	-	-	-	-	DETERMINACION DE FENOL EN ALIMENTACIONES BALANCEADAS POR ABSORCIÓN ÁCIDICA POR LA OLI. 2003 Método químico para calcio, magnesio y potasio en fertilizantes de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en forma soluble. Muestra, al menos de 100 gramos. Norma NTC 5719
	MAGNESIO	1.26%	-	-	-	-	DETERMINACION DE MAGNESIO EN ALIMENTACIONES BALANCEADAS POR ABSORCIÓN ÁCIDICA POR LA OLI. 2003 Método químico para calcio, magnesio y potasio en fertilizantes de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en forma soluble. Muestra, al menos de 100 gramos. Norma NTC 5719
	PHENOL	1.81%	-	-	-	-	DETERMINACION DE FENOL POR SUPLENCIÓN EN MUESTRAS DE ALIMENTACIONES BALANCEADAS POR ABSORCIÓN ÁCIDICA POR LA OLI. 2003 Método químico para calcio, magnesio y potasio en fertilizantes de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en forma soluble. Muestra, al menos de 100 gramos. Norma NTC 5719
	PH	11.71	-	-	100%	-	DETERMINACION DE FENOL POR SUPLENCIÓN EN MUESTRAS DE ALIMENTACIONES BALANCEADAS POR ABSORCIÓN ÁCIDICA POR LA OLI. 2003 Método químico para calcio, magnesio y potasio en fertilizantes de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) en forma soluble. Muestra, al menos de 100 gramos. Norma NTC 5719

Figura 18. Informe de laboratorio perteneciente a la muestra de *C. siliqua* (Jacq.) Merr
Word Survey Services Ecuador, 2021

**LABORATORIO WSS
WORLD SURVEY SERVICES ECUADOR S.A.**



Fecha: 2021
E-Mail: info@wss.ec

INFORME DE ENSAYO N° 14566-20

Número de OT: 40271
 Cliente: BONILLA VILLER, JESSICA STALIN
 Dirección: NIMYS BOL. 7 COOP LOS VERDELES PE VERDELES
 Servicio, nombre y número de muestra: 145666_145666 (Muestra) (Muestra)
 Laboratorio: Agave
 Tipo de Muestra: Control de Materia
 Origen de Muestra: Muestra proporcionada por el cliente
 Temperatura de recepción: 22.8 °C
 Tipo de ensayo: Balanza Píndula
 Cantidad de Muestra: 200 g
 Método Recorrido: 10.58
 Fecha de recepción: 10/10/2020
 Fecha Inicio de Ensayo: 10/10/2020
 Fecha Término de Ensayo: 10/10/2020

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Muestra-Submuestra	Elemento	Resultado	norm	LOD	LOQ	LOP	Método
145666	SALIC	0.11%	-	-	-	-	DETERMINACION DE CLORURO DE ALUMINIO POR ALUMINATO DE AMONIO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR ABSORCIÓN ATÓMICA MÉTODO 980 - 0701 Método aplicable para muestras sólidas y líquidas de concentración de aluminio (Ca, Mg, Fe, Cu, Ni, Mn, K, Al) en muestras sólidas, aplicando el método formal 980-0701
	PIRAC	0.01%	-	-	-	-	DETERMINACION DE FOSFATO EN ALUMINATO DE AMONIO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR ABSORCIÓN ATÓMICA MÉTODO 980 - 0701 Método aplicable para muestras sólidas y líquidas de concentración de aluminio (Ca, Mg, Fe, Cu, Ni, Mn, K, Al) en muestras sólidas, aplicando el método formal 980-0701
	MAGNEC	2.30%	-	-	-	-	DETERMINACION DE MAGNESIO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR ALUMINATO DE AMONIO EN MUESTRAS SÓLIDAS POR ABSORCIÓN ATÓMICA MÉTODO 980 - 0701 Método aplicable para muestras sólidas y líquidas de concentración de aluminio (Ca, Mg, Fe, Cu, Ni, Mn, K, Al) en muestras sólidas, aplicando el método formal 980-0701
	PIRAC	1.11%	-	-	-	-	DETERMINACION DE FOSFATO POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS EN MUESTRAS DE FERTILIZANTES POR CÁTEDRA MÉTODO 980 - 0701 Método aplicable para muestras sólidas y líquidas de concentración de aluminio (Ca, Mg, Fe, Cu, Ni, Mn, K, Al) en muestras sólidas, aplicando el método formal 980-0701
	PH	10.07	-	-	1.00	-	DETERMINACION DE FOSFATO POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS EN MUESTRAS DE FERTILIZANTES POR CÁTEDRA MÉTODO 980 - 0701 Método aplicable para muestras sólidas y líquidas de concentración de aluminio (Ca, Mg, Fe, Cu, Ni, Mn, K, Al) en muestras sólidas, aplicando el método formal 980-0701

WORLD SURVEY SERVICES ECUADOR S.A. es un servicio de análisis de laboratorio que opera desde el 2011. Nuestra sede principal se encuentra en QUITO, Ecuador. Actualmente contamos con laboratorios en QUITO, GUAYAS, LOS RIOS y LOS MORON. Nuestro equipo de trabajo está conformado por profesionales altamente capacitados y comprometidos con la calidad y el servicio al cliente.

Figura 19. Informe de laboratorio perteneciente a la muestra mezcla Word Survey Services Ecuador, 2021

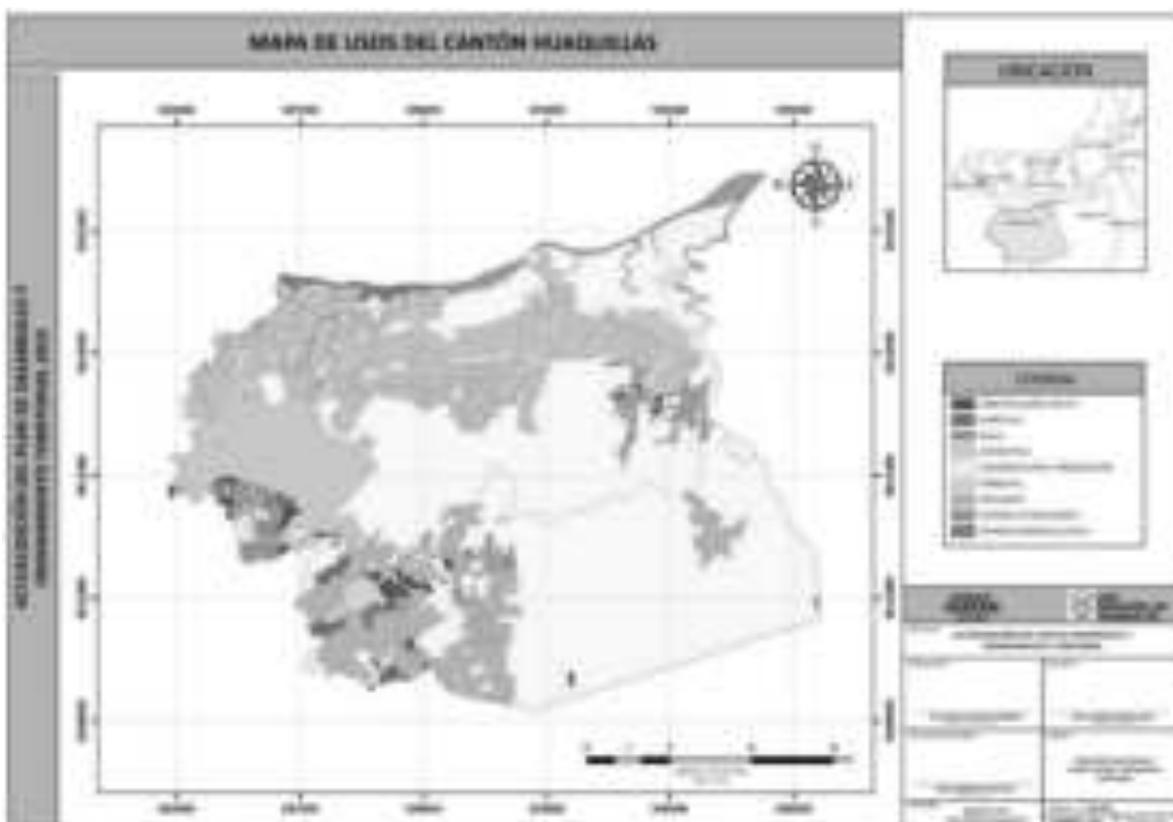


Figura 20. Mapa de usos de suelo del cantón Huaquillas
Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Huaquillas, 2014



Figura 21. Mapa de ecosistemas del cantón Huaquillas
Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Huaquillas, 2014



Figura 22. Recolección de ceniza
Bonilla y Córdova, 2021



Figura 23. Tamizaje de las cenizas
Bonilla y Córdova, 2021



Figura 24. Pesaje de las muestras
Bonilla y Córdova, 2021



Figura 25. Muestra lista para análisis en laboratorio
Bonilla y Córdova, 2021



Figura 26. Ubicación actual de las ladrilleras en el cantón Huaquillas Bonilla y Córdova, 2021

9.2 Tablas complementarias

Tabla 19. Límites máximos permisibles de concentraciones de emisión al aire para fuentes fijas de combustión

Contaminante	Combustible	Fuente fija existente	Fuente fija nueva
Material particulado	Sólido sin contenido de azufre	200	70
	Fuel oil	200	50
	Diesel	150	50
Óxidos de nitrógeno	Sólido sin contenido de azufre	900	600
	Fuel oil	700	400
	Diesel	500	400
Dióxido de azufre	Gaseoso	140	140
	Fuel oil	1650	1650
	Diesel	1650	1650
Monóxido de carbono	Sólido sin contenido de azufre	1800	1800
	Fuel oil	300	120
	Diesel	250	120
	Gaseoso	100	80

Reforma al Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio de Medio Ambiente, 2015