

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Propuesta de restauración de suelos degradados mediante el uso de abonos orgánicos en la vereda Monteadentro municipio de Pamplona

María Mónica Diaz Cardenas

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Departamento de ingeniería Civil, Ambiental y

Química, Programa de Ingeniería Ambiental

MSc. en Geotecnia: Jesús Ramon Delgado Rodríguez

PhD. en Hidrología: María Esther Rivera

Pamplona, Colombia

16 de diciembre del 2022

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

**Propuesta de restauración de suelos degradados mediante el uso de abonos
orgánicos en la vereda Monteadentro municipio de Pamplona**

María Mónica Diaz Cardenas

1121941919

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Directores:

Jesús Ramon Delgado Rodríguez

MSc. en Geotecnia, María Esther Rivera

PhD. en Hidrología

Universidad de Pamplona

Pamplona, Colombia

2022

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Dedicatoria

A Dios siempre Gracias, gracias a mis Padres; a mi madre Hermencia Cardenas Sánchez que me vio feliz y también me vio desbordada en lágrimas, por no lograr lo que quería en el momento. A mi padre Luis Ángel Diaz Gutiérrez, por sus llamadas diarias, por impulsarme así no entendiera el contexto que implicaba cada objetivo. A Mis hermanos Deisy Bibiana, Jose Antonio y Carlos Mario, que decían que todo era fácil y lo podían sacar en cinco minutos. Aquellas personas especiales que se fueron al cielo, antes de ver hacer realidad nuestros sueños; a mi abuelito Jose Manuel Cardenas Acosta, mi segundo papa Jose Wilson Orrego.

El camino no fue fácil, pero gracias a estos seres por el amor, la fuerza y la motivación, que fue depositada en mí, durante mi proceso de formación profesional y personal, por hacerme más ameno el camino. A ellos, infinitas gracias.

Pilar fundamental de mi vida.

Este triunfo también es de ustedes, los amo intensamente.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Agradecimientos

Ha sido una tarea en equipo y este fue el mío, mi más sincero agradecimiento a cada uno de ellos...

A Dios gracias, por acompañarme durante todo mi proceso, por levantarme cuando sentí que mis ganas se desvanecían...

A Mi familia por su apoyo incondicional.

*De manera especial A Mis tutores de trabajo de grado, **Jesús Ramon Delgado Rodríguez & María Esther Rivera**. Por ser fiel creyentes en mi proceso de formación profesional y personal, por depositar su confianza en mí, los quiero mucho Espirituicos los llevaré siempre conmigo, en el camino profesional y sobre todo en mi corazón.*

A mis amigos del camino universitario, Karen T. Rubio, Diego Fernando Núñez, Kenny C. Cabrera, Juan Camilo Rodríguez, Lisander Roncancio, Claudia Delgado, Luis Guerra, Steinlly Bermúdez y Angie Andrea Daza.

A el Profesor Freddy Solano, que permitió que mi proyecto se ejecutara en su predio

Don Fernando y Doña teresa, por sus cafecitos y arepas santandereanas después de una jornada laboral intensa.

A mis profesores y auxiliares de Laboratorio; Janer cantillo, Fidel Antonio Carvajal Suarez, Ana francisca Gonzales, Jhon Jairo Maldonado, Angela Cajiao, Yoli, Mayra Roza García. Por la paciencia que tuvieron al enseñarme.

A Mis profesores de carrera Juan Carlos Rojas Vargas, Julio Isaac Maldonado, Daniel Guadrón Guerrero, Héctor Uriel Rivera, Jarol Ramon Valencia, Javier Augusto Vera Solano. Que forjaron en mí, grandes conocimientos para la solución obstáculos que fueron llegando en durante este paso académico.

Y a todos aquellos que aportaron un granito de arena para que mi sueño de ser profesional fuera una realidad.

GRACIAS,

Pdta.

María Mónica Diaz Cardenas

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Resumen

La finca los Acacios, se encuentra en esta vereda Monteadentro del municipio de Pamplona, se caracteriza por ser una zona agrícola, ubicada entre los 2.400 - 2800 msnm. La finca se sectorizo en cinco áreas: agrícola (cultivos de papa, cebolla), Pasto de corte, pastos Kikuyo, Bosque secundario y zona de restauración. El objetivo de la presente investigación es realizar el análisis del suelo para formular una propuesta de recuperación del suelo mediante el uso de abono orgánico fermentado tipo Bokashi. Para la caracterización física se realizaron 15 apiques y se tomaron muestras compuestas para ensayos de granulometría, textura; ensayos químicos del horizonte A (Materia orgánica, P, Ca, Mg, Na, K, Al y % N total, Fe, Mn, Zn, B). De igual manera, se analizó respiración basal, conteo de hongos y bacterias a nivel general. Para determinar la calidad del suelo se utilizó la metodología de Indicadores e índices de calidad del suelo. Para obtener el abono orgánico se siguieron las recomendaciones dadas por la FAO. Se utilizó un GPSmap Garmin 79S; las curvas de nivel fueron obtenidos a partir de un vuelo de dron Autel Evo 2 Pro 6K a una altura de 200 m. El procesamiento se realizó mediante software Agisoft metashape profesional y plataforma SIG. Se encontró que el área de estudio tiene 13 ha, con suelos en los que predomina una textura franco-arcillosa a arenosa, y una granulometría con tendencias a areno arcillosa a limosa, con presencia de gravas. Se determinó que la zona de pasto de corte menores índices de calidad del suelo. Los análisis químicos del Bokashi presentan un pH de 8.65, Carbono orgánico de 34.78%, N total de 5.10%, indicando que son adecuados para ser aplicados para la restauración de suelos.

Palabras clave: Abono orgánico, Bokashi, Índice de calidad, Modelo de elevación digital, Restauración.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Abstract

The Los Acacios farm is located in this Monteadentro village in the municipality of Pamplona, it is characterized by being an agricultural area, located between 2,400 - 2,800 meters above sea level. The farm was divided into five areas: agricultural (potato crops, onions, peas, garlic, others), cut grass, Kikuyu grass, secondary forest and restoration zone. The objective of the present investigation is to carry out the analysis of the soil to formulate a proposal for the recovery of the soil through the use of fermented organic fertilizer type Bokashi. For the physical characterization, 15 soil pit were made and composite samples were taken for granulometry and texture tests; chemical tests of horizon A (Organic matter, P, Ca, Mg, Na, K, Al and % total N, Fe, Mn, Zn, B). In the same way, basal respiration, fungal and bacterial counts were analyzed at a general level. To determine the quality of the soil, the methodology of indicators and indexes of soil quality was used. To obtain the organic fertilizer, the recommendations given by the FAO were followed. A Garmin 79S gpsmap was used; the contour lines were obtained from a flight of the Autel Evo 2 Pro 6K drone at a height of 200 m. The processing was done using professional Agisoft metashape software and GIS platform. It was found that the study area has 13 ha, with soils in which a clay loam to sandy texture predominates, and a granulometry with tendencies to clayey to silty sand, with the presence of gravel. It was determined that the grass cutting area had lower soil quality indices. The chemical analyzes of the Bokashi show a pH of 8.65, organic carbon of 34.78%, total N of 5.10%, indicating that they are suitable to be applied for soil restoration.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Keywords: Organic fertilizer, Bokashi, Quality index, Digital elevation model, Restoration.

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Lista de Tablas	13
Lista de Figuras.....	14
Lista de Anexos	16
Capitulo I.....	17
1. Introducción	17
2. Planteamiento del Problema y justificación	19
Planteamiento del problema	19
Justificación	20
3. Objetivos	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
Capitulo II.....	22
4. Marco Referencial.....	22
Marco Contextual	22
Antecedentes.....	25

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Regionales y locales.....	25
Nacionales.....	26
Internacionales	27
Marco Teórico	29
Suelos.....	29
Origen Geológico Pamplona.....	30
Componentes del Suelo.....	31
Caracterizacion de los suelos.	31
Índices de calidad del suelo.	43
Contaminación del suelo.....	44
Residuos solidos.....	46
Abonos Orgánicos.....	47
Técnicas de Restauración del suelo	48
Restauración del suelo con técnica de compostaje.	49
Restauración de Suelos desde la Ingeniería Ambiental	53
Escorrentía	53
Marco Legal.....	55
Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.....	55
La ley 461 de 1998 (agosto 4).....	55

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales

Renovables y de Protección al Medio Ambiente).....	55
Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015	56
Capítulo III.....	57
5. Metodología	57
Caracterización física, química y microbiológica del suelo en la zona de estudio	57
Fase 1- Medición de las áreas de estudio.....	57
Fase 2 - Muestreo de suelos	58
Análisis de las condiciones meteorológicas e hidrológicas del área del estudio	62
Fase 3 – Descarga de datos	62
Fase 4 – Calculo de la esorrentía superficial.....	62
Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en restaurantes para su posterior Transformación de los residuos en Abono Orgánico Tipo Bokashi.....	63
Fase 5 – Recolección de datos de los restaurantes en el municipio de Pamplona.....	63
Fase 6- Análisis de datos recolectados.....	64
Fase 7- Elaboración de Abono Orgánico tipo Bokashi.....	66
Fase 8- Análisis del abono orgánico Fermentado tipo “Bokashi”	67

	11
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI	
Formulación de la propuesta de recuperación del suelo	68
Fase 9 Propuesta de recuperacion del suelo.....	68
Capitulo IV	72
6. Resultados y análisis	72
Caracterización física, química y microbiológicamente el suelo en la zona de estudio	72
Fase 1- Medición de las áreas de estudio, total y parcialmente	72
Mapa de Curvas de Nivel Finca los Acacios	78
Fase 2 – Analisis de Muestreo de suelos	79
Analisis químico del suelo	80
Análisis Físico.....	91
Análisis microbiológico	97
Análisis de las condiciones meteorológicas e hidrológicas del área del estudio ..	104
Fase 3 – Interpretacion de Datos de precipitacion normal y efectiva	104
Fase 4 – Calculo de la esorrentía superficial.....	106
Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en restaurantes para su posterior Transformación de los residuos en Abonos Orgánicos	109
Fase 5 – Recolección de datos de los restaurantes en el municipio de Pamplona ..	109
Fase -6 Elaboración de Abono Orgánico tipo Bokashi.....	111
Fase 7- Análisis del abono orgánico Fermentado tipo “Bokashi”	114

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Propuesta de Restauración del suelo.....	117
7. Conclusiones	121
8. Recomendaciones	122
9. Referencias bibliográficas	123
Referencias.....	123
Anexos	140

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Lista de Tablas

Tabla 1.	33
Tabla 2	44
Tabla 3.	59
Tabla 4	63
Tabla 5.	65
Tabla 6.	66
Tabla 7.	67
Tabla 8	70
Tabla 9	72
Tabla 10	79
Tabla 11	96
Tabla 12.	112
Tabla 13	114
Tabla 14	116
Tabla 15	119

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Lista de Figuras

Figura 1	23
Figura 2	24
Figura 3	25
Figura 4	34
Figura 5	54
Figura 6	69
Figura 7	73
Figura 8	74
Figura 9	75
Figura 10	76
Figura 11	78
Figura 12	80
Figura 13	82
Figura 14	83
Figura 15	85
Figura 16	86
Figura 17	87
Figura 18	89
Figura 19	90
Figura 20	91
Figura 21	92

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI	15
Figura 22	93
Figura 23	95
Figura 24	98
Figura 25	99
Figura 26	100
Figura 27	101
Figura 28	102
Figura 29	103
Figura 30	105
Figura 31	106
Figura 32	107
Figura 33	107
Figura 34	108
Figura 35.	109
Figura 36.	110
Figura 37	151

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Lista de Anexos

Anexo 1	140
Anexo 2	140
Anexo 3	141
Anexo 4	141
Anexo 5	142
Anexo 6	143
Anexo 7	145
Anexo 8	146
Anexo 9	147
Anexo 10	148
Anexo 11	148
Anexo 12	149
Anexo 13	149
Anexo 14	149
Anexo 15	150
Anexo 16	150

Capítulo I

1. Introducción

A partir de diferentes estudios e investigaciones en el mundo se demuestran que los primeros 30 cm de suelo contienen prácticamente del doble de carbono que puede existir en la atmosfera. Después de los océanos, el suelo es el segundo sumidero de carbono más importante y grande en el mundo, sobrepasando la capacidad de los bosques y la vegetación para la captura de dióxido de carbono del aire. (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2019)

La vereda Monteadentro del municipio de Pamplona se caracteriza por ser una zona agrícola que se ubica entre los 2400 msnm y 2800 msnm. La finca los Acacios, se encuentra en esta vereda y desde hace varios años se llevan a cabo actividades pecuarias y agrícolas con producción de Lechuga, fresa, mora, tomate de árbol, papa, arveja, repollo.

En la finca se sectorizaron cinco zonas de acuerdo con el uso actual del suelo, a saber: A. Zona de cultivo agrícola (cultivos de papa, cebolla, alverja, ajo, otros), B. Zona Pasto de corte, C. Zona de pastos kikuyo para ganadería bovina, D. Zona de Bosque secundario, E. Zona de restauración.

Para realizar el diagnóstico de la calidad del suelo, se realizó un estudio de análisis del suelo que ayude a conocer su estado actual, a partir de una caracterización física, química y microbiológica. Dicha caracterización incluye: Caracterización Física: Textura, granulometría e infiltración; Química: pH, Fosforo, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio y nitrógeno total, materia orgánica, carbono orgánico; Elementos menores: Hierro, manganeso, cobre, zinc y boro; Microbiológicos: Respiración basal, cultivo de hongos y bacterias para conteo general.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

A partir de la caracterización, se quiere conocer el efecto de degradación ha tenido el suelo en los últimos años por actividades agrícolas y pecuarias, lo que se espera que el estudio brinde, un enfoque más preciso sobre su incidencia en la calidad del suelo y el uso de la tierra. Posterior a este análisis, se pretende formular una propuesta de restauración al suelo del sector que se determine como más degradado, a partir de un análisis de calidad del suelo. Para ello, se consideró la zona de bosque secundario como patrón de comparación, dado que se estimó como premisa que en dicho sector se tiene condiciones óptimas para el crecimiento de vegetación.

Para la restauración del suelo fue necesario utilizar técnicas más sostenibles, que fueran beneficiosas para el estudio, una de ellas es el uso de abonos orgánicos ya que estos aportan materia orgánica y otros nutrientes al suelo, estrategias basadas en métodos netamente orgánicos que ayudan a recuperar al suelo ese estado natural y fértil que alguna vez tuvieron. Para esto se elaboró un abono orgánico Fermentado tipo Bokashi, con los residuos sólidos orgánicos de restaurantes del municipio de Pamplona que son actualmente desechados y enviados a relleno sanitario.

Los resultados de la aplicación del abono en el suelo, resulto positivo, lo niveles de Metería orgánica aumentaron, y tuvieron un resultado del 10.48%. Además, estabiliza los Macroelementos del suelo como el P, K, Ca, Mg que también fueron favorables con la aplicación del abono. El aporte nutricional en elementos menores como el Mn, Cu, Zn, B, también se pueden ver contemplados con un aumento a sus concentraciones.

Este trabajo es realizado para el beneficio de la comunidad académica, dueños de la finca y para cualquier persona que se encuentre interesada en el tema de restauración de suelos con abonos orgánicos fermentados tipo Bokashi.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

2. Planteamiento del Problema y justificación

Planteamiento del problema

En los últimos años la degradación de los suelos en Colombia, por agricultura y ganadería, ha sido un problema que está abarcando un área significativa de la superficie del suelo. Algunos procesos de intervención del suelo generan su degradación, entre estos se incluyen procesos bioquímicos que afectan la calidad y fertilidad del suelo en velocidades variables, la pérdida paulatina de la materia orgánica y microorganismos; la intervención física del suelo induce su compactación, reduciendo su infiltración y aumento de la escorrentía que acelera la erosión.

Norte de Santander es de los departamentos en Colombia que presentan mayores problemáticas por el uso del suelo, “prácticas inadecuadas de uso, por carencia de métodos que estimulen el aprovechamiento de este recurso ya sea por la subutilización, 5% (108.247 ha) o por la sobreutilización, estimada en un 25.2% equivalente a 548.690 ha,”. (Guerrero, 2020)

Teniendo en cuenta la problemática que se presenta por agricultura en el municipio de Pamplona, en la finca los Acacios de la vereda Monteadentro, desde hace varios años se lleva a cabo actividades de índole agrícola y pecuario, asociada a la creencia del campesino de que es necesario utilizar compuestos químicos para mejorar la productividad del suelo. Los fertilizantes ayuda al crecimiento de las plantas y a tener un mejor rendimiento, visto que estos poseen características ricas en nutrientes como el nitrógeno, fosforo y potasio que fortalece el suelo para una mayor productividad; y los inhibidores de plagas controlan y eliminan la fauna y microfauna nociva que amenazan los cultivos y a la vez que cumplen como barrera protectora, entre estos tenemos los plaguicidas, acaricidas, funguicidas y herbicidas, pero desafortunadamente también elimina la microbiota que beneficia el suelo y la vegetación.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

En consecuencia, al uso constante de estos compuestos químicos, ocurre que muchas veces estos insumos se concentran en los tejidos de las plantas, aportando elementos que no son requeridos por la vegetación o el cultivo, acumulándose y afectando la calidad del suelo.

De lo anterior se plantean las siguientes preguntas de Investigación:

¿Qué nivel de degradación tienen los suelos en la Finca los Acacios?

¿Será que, a través del uso de abonos orgánicos obtenidos a partir de los residuos sólidos orgánicos, se podrán restaurar los suelos degradados?

Justificación

En la actualidad las prácticas de uso del suelo varían de acuerdo con la necesidad de la población. Este recurso comprende el uso de la tierra en actividades realizadas por los seres humanos para la demanda de bienes y servicios que lo convierten en actividades pecuarias, agrícolas y uso agroforestal. El uso y manejo sostenible del suelo es necesario verlo desde un punto de vista ambiental, económico y social.

El proyecto fue ejecutado en la vereda Monteadentro del municipio de Pamplona, con el fin de conocer el estado actual del suelo, ya que las actividades productivas del municipio de Pamplona son abordadas principalmente por el uso del suelo para la producción de alimentos y manejo de animales, lo que constituye la principal fuente de ingresos de este municipio.

Una de las formas de recuperar y mejorar los suelos es por el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos biodegradables (se descomponen naturalmente). Lo cual se logra, mediante la adición de abonos que favorecen la incorporación de nutrientes.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Estos a su vez ayudan al incremento de la actividad microbiana y así recuperar la fertilidad química, física y biológica del suelo.

Se pretende consolidar la información existente para hacer un análisis entorno al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos que sirva de insumo para la restauración de suelos degradados por agricultura.

La realización de esta investigación beneficia a los dueños de la finca, los habitantes que compran productos de esta finca; a la comunidad científica; a la academia, y al aumento de la vida útil del relleno sanitario del municipio, al aprovechar los residuos sólidos orgánicos, que normalmente son desechados.

3. Objetivos

Objetivo general

Proponer la recuperación de suelos degradados mediante el uso de Abonos orgánico tipo Bokashi en la finca los Acacios de la vereda Monteadentro, municipio de Pamplona.

Objetivos específicos

Caracterizar física, química y microbiológicamente el suelo en la zona de estudio.

Analizar las condiciones meteorológicas e hidrológicas del área del estudio.

Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en restaurantes del municipio para su posterior transformación en Abono fermentado orgánico tipo “Bokashi”.

Formular la propuesta de recuperación del suelo.

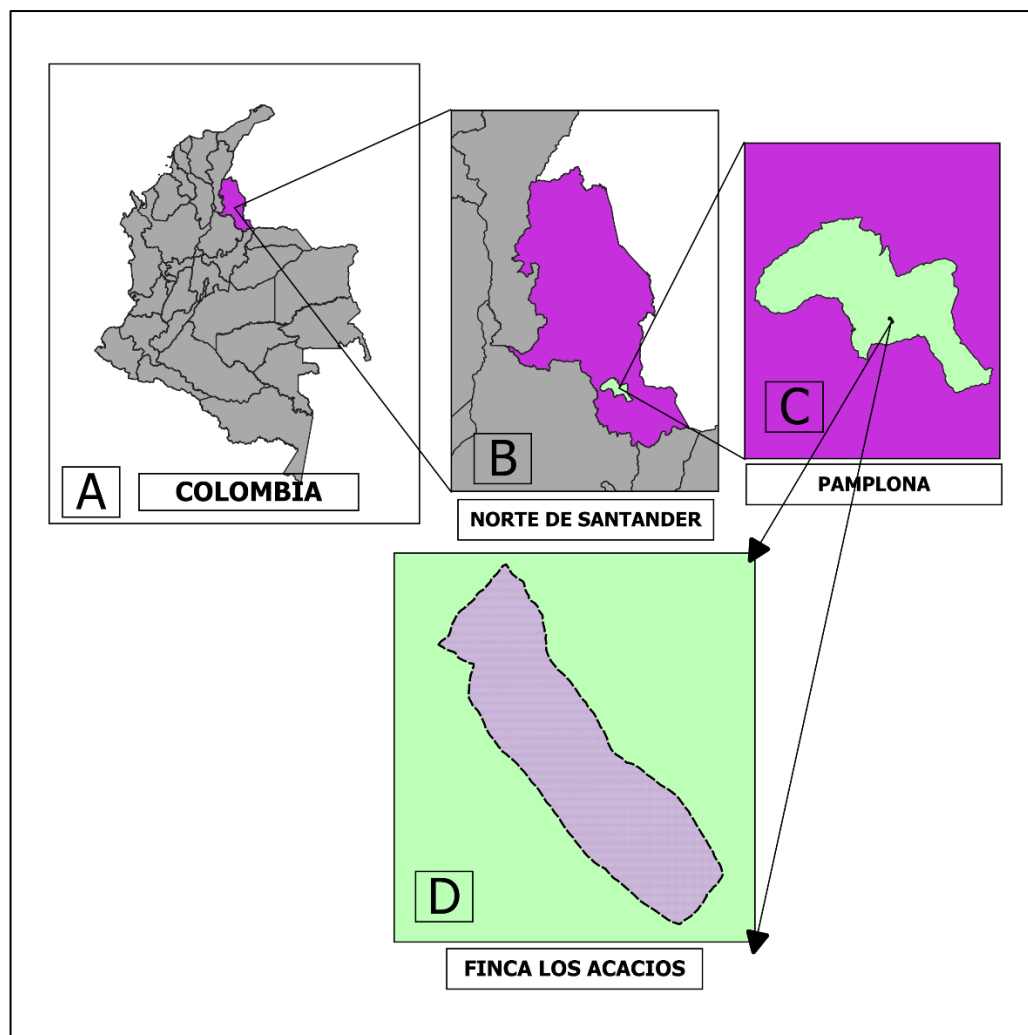
Capítulo II

4. Marco Referencial

Marco Contextual

La vereda Monteadentro se encuentra situada en el municipio de Pamplona, en el departamento Norte de Santander. La economía del municipio de Pamplona está basada en la agricultura, el turismo religioso y la educación. El municipio se localiza en la cordillera oriental de los andes, con una altitud de 2200 msnm, en la zona suroccidental del departamento de Norte de Santander. En ella se encuentra la zona de estudio, finca los Acacios **Figura 1**, se caracteriza por ser una zona agrícola. Con una altura entre los 2.520 y 2800 metros de altitud con una extensión de 13,091 Ha y coordenadas 7°20'55'' N -72°39'47''W y temperaturas que oscilan entre 16-18°C.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 1*Localización área de Estudio*

Nota. Localización área de estudio, **(A)** Colombia extremo norte de Sudamérica, **(B)** Norte de Santander Zona Nororiental del País, **(C)** Capital de la provincia Pamplona, **(D)** Finca los Acacios.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 2

Vista superior satelital Finca los Acacios respecto al municipio de Pamplona (Google Earth Pro, 2022)



La zona urbana del municipio se encuentra aproximadamente a 2 Km de la Finca los Acacios ver

Figura 2.

De acuerdo con el uso actual del suelo, se tiene una distribución del área de estudio de la siguiente manera:

Zona de Pasto de Corte

Zona de Pastos kikuyo para ganadería Bovina

Zona de Cultivo de Papa

Zona de Bosque secundario

Zona de Restauración.

En la **figura 3** se muestra el cultivo de papa en crecimiento y zona de restauración en la finca los Acacios.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 3

Zona de Cultivo y Restauración en la finca los Acacios



Antecedentes

Regionales y locales

En la Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales de la FAO, se menciona que los suelos son el cimiento principal para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, son la principal fuente de suministro de nutrientes y agua para las plantas. Este recurso funciona como filtro y almacenamiento de agua en la tierra, regulando las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero que son generados diariamente por actividades humanas. (FAO, 2017).

Según el estudio realizado por (Laura, Enrique, & K., 2018), los abonos orgánicos son enmiendas que se incorporan al suelo para el mejoramiento de sus propiedades físicas, químicas, biológicas, y a su vez la fertilidad de los suelos; El abono orgánico se elabora más

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

frecuentemente como compostaje o bokashi, que no solo se utiliza como fertilizante, sino como sustratos de crecimiento, ya que permite la nutrición a través de los macroelementos y microelementos, estos mejoran la calidad del suelo e inmovilizan los elementos tóxicos como el aluminio, con el consecuente impacto positivo en el desarrollo sostenible de la productividad del suelo.

Los autores Castañeda & Rodríguez (2017, como se citó (Crisolo Berrospi, 2020) en el departamento de Cundinamarca se desarrolló el aprovechamiento de los residuos mediante el compost, lograron tener buenos resultados por el producto que fue aprovechado por los agricultores de la zona, para la producción de sus cultivos.

Nacionales

Para (Giraldo, 2016), (La ciencia del suelo, un reto para la Ingeniería Ambiental en Colombia). Medellín, Antioquia. La degradación del recurso suelo y la pérdida del servicio ecosistémico de abastecimiento y regulación, pone en peligro a soberanía alimenticia de las poblaciones. Además de esto estabilidad pública, yendo en dirección contraria del tan anhelado desarrollo sostenible. En éste mismo sentido, basado en los conflictos de uso del suelo que son la causa de una gran parte de la degradación en los suelos del mundo, se argumenta la completa necesidad de la inclusión de conocimientos y las aplicaciones de la ciencia el suelo.

Los estudios realizados por (Cardona, Bolaños, & Chavarriaga, 2016), (Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con Musa acuminata AA), Manizales, Caldas. Concluye que los suelos que se les aplico fertilizantes químicos desarrollaron una estructura deficiente. Por el contrario, a los suelos que se les suministro el compost, se logró mejorar su estructura. El suministro de materia orgánica

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

por medio del compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos permitió mejorar las propiedades físicas del suelo.

Para el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM,1996), los suelos y las tierras son “el resultado de factores físicos, naturales y ambientales, los cuales regulan los procesos geodinámicos, biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica, ligados en conjunto a la sostenibilidad. Así mismo, cumplen funciones hidrodinámicas y ecológicas de gran significado en la captación y regulación de las aguas de lluvia y de escorrentía en los sistemas cordilleranos, así como en la conservación de la biodiversidad. La actividad antrópica desordenada puede alterar o degradar el desempeño de las funciones fundamentales de los suelos y las tierras y de sus manifestaciones en los procesos físicos y biológico”.

Internacionales

El estudio realizado por (Sarmiento, 2019), en su artículo titulado “Uso de Bokashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas” en Arequipa, Perú. Describe que los abonos orgánicos fermentados mejoran la fertilidad del suelo, pues contienen una gran cantidad de microorganismos que facilitan la descomposición de la materia orgánica, la cual es una alternativa ecológica importante para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y sustituir en forma progresiva el uso de fertilizantes químicos puesto que, el comercio internacional prefiere alimentos procedentes de sistemas de producción con tecnologías limpias.

(Monbiot, 2019) menciona que un grupo de científicos y activistas, influyeron en restaurar, defender y restablecer bosques, turberas, manglares, marismas del sal, lechos marinos y ecosistemas esenciales. Protegiendo y restaurando estos ecosistemas, se mejora la resiliencia de

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

la población frente a desastres climáticos. Un análisis del suelo realizado en la unión europea mostro que se almacena alrededor de 75000 millones de toneladas de carbono orgánico, lo que compensaría un pequeño porcentaje de esas emisiones de gases efecto invernadero. Con suelos sanos mantendrían el carbono bajo la tierra, además al adsorber y almacenar ese exceso de agua, alivia las inundaciones y en estaciones secas estos suelos pueden liberar lentamente el agua subterránea que almacenan, lo que mitiga las posibles consecuencias de la sequía.

El estudio realizado por Astier, M. en el 2002 en (Garcia R. &., 2012) citado en el artículo “Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso”, menciono que los indicadores de calidad del suelo son una herramienta de medición que ofrecen información de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, los cuales se consideran fundamentales en la evaluación del índice de estabilidad a nivel de ecosistemas agrícolas, que son medidos y dan un seguimiento continuo a los efectos del manejo del suelo en un periodo dado. Teniendo en cuenta que en este recurso interactúan factores múltiples y no es válido declarar que un solo indicador provee la información para determinar la calidad y salud del suelo.

El ensayo experimental efectuado en la investigación se analizaron cuatro tratamientos de abonos a partir de residuos orgánicos: compost de hojas de eucalipto, Abono Bokashi, humus de lombriz y compost de residuos de cocina. El tratamiento recomendado por el autor (Tarqui, 2015), (Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, Bokashi, y Lumbrifert elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad del alto). que mejores aportes y características químicas presento fue el abono bokashi y el compost de eucalipto. Por rentabilidad económica, su obtención en poco

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

tiempo y alto rendimiento en masa, con tiempos de preparación de 19 y 29 días. Consideraron la posibilidad que la presente investigación genere información que favorezca la productividad de los cultivos y muestren técnicas que mejoren la calidad de los suelos.

En la investigación de (Ulibarry, 2019) se determinaron las consecuencias ambientales provocadas por el uso de fertilizantes químicos en Chile. La tasa anual de consumo de compuestos químicos en Chile fue de 169 kilotón (KT) de nitrógeno, 130 (KT) de fósforo y 99 (KT) de potasio. La agricultura convencional depende directamente de la aplicación de estos compuestos químicos para un mayor rendimiento en los cultivos, pero debido al uso excesivo ha producido, con el tiempo, la contaminación del suelo, las fuentes hídricas por eutrofización debido al aumento de concentración del nitrógeno, que es uno de los nutrientes primarios el cual desencadena desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad en los ecosistemas.

Los residuos agrícolas son producidos año tras año, y una parte es aprovechada para la alimentación, dejando una cantidad desbordada de desechos, que después terminan en botaderos, lo que lleva a un aumento la contaminación ambiental. Por otra parte, el aprovechamiento de estos residuos orgánicos para la transformación en abonos contribuiría a mejorar los cultivos y los suelos donde son cultivados. Una de las practicas que son actualmente usadas son las enmiendas con abono fermentado Bokashi, donde sus contenidos nutricionales y carga microbiana son altos, lo que se podría emplear en la agricultura. (Ramos Agüero & Terry Alfonso, 2014)

Marco Teórico

Suelos.

Para Bautista Z y Estrada M (1998), los suelos dependen de la profesión que lo estudie, por ejemplo: para el geólogo es una capa de roca diseminada, mientras que para el edafólogo se

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

define como un sistema abierto que presenta intercambios de materia y energía con el medio, en donde se desarrollan diversos procesos físicos, químicos y biológicos responsables de su morfología y propiedades. Sin embargo, (Giraldo, 2016) opina que en los estudios ambientales se consideran los suelos como un espacio de intervención. Sin embargo, a nivel de Colombia sólo una universidad ha planteado que la Ingeniería Ambiental manejen un enfoque integrador y social para el desarrollo de aplicaciones de la ciencia del suelo en el tratamiento, manejo y conservación de los mismo.

La formación de los suelos sucede a partir del agua de las lluvias y el calor que ayudan a romper y disolver los elementos minerales contenidos en las rocas y facilitan el crecimiento de plantitas muy pequeñas llamadas algas, las cuales crecen sobre las rocas, mueren cuando cumplen su ciclo de vida y entonces se pudren y se descomponen, siendo de alimento a otros organismos como hongos, bacterias, actinomicetos y a las plantas superiores. Todos estos organismos adicionan sustancias sobre las rocas que ayudan a desintegrarlas y a disolverlas más fácilmente. Este proceso se repite en la naturaleza y, así, se forman capas que se van engrosando con el tiempo, cubren la superficie de la tierra y permiten el crecimiento de las plantas. Así mismo, Bautista Z y Estrada M (1998), consideran que los suelos se originan de manera natural, por la combinación de cinco factores denominados “formadores de suelo”: roca, clima, organismos, relieve y tiempo.

Origen Geológico Pamplona

Un estudio realizado por el autor (Ferreira Garcia, 2017), La formación geológica en esta área de estudio es correspondiente al conjunto de rocas de aspecto masivo y con composición correspondiente a rocas ígneas plutónica intermedia, que afloran las fallas de occidente de Pamplona entre Chitaga y Silos.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

En Whard (1973 como se citó (Ferreira Garcia, 2017)) este suelo residual presenta una composición de Gneise cuarzofeldespáticos que van desde granito a tonalita y dorita.

Predominando la roca Ortoneis, mezclada con biotita de grano grueso, plástoclasa, cuarzo y algunos cristales de feldespato potásico para bandas claras, al ser meteorizada obtienen un color naranja ladrillo debido a la alteración de las micas que liberan el hierro (Ward & Cruz B., 1973).

Componentes del Suelo.

Los componentes del suelo varían de acuerdo con el tipo del suelo que pertenezcan, generalmente disponen de minerales, arenas (partículas más gruesas), las arcillas o gredas que son las partículas más pequeñas y otro componente, llamado limo. Así mismo, contiene organismos vivos, pequeños animales (lombriz de tierra, los caracoles, gusanos, hormigas y cucarrones). Sin olvidar que las plantas forman parte de la tierra y generan su alimento por medio de las raíces (Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, 2022) . Cuando la capa de tierra es gruesa y negra hay gran cantidad de nutrientes disponibles, entonces, el suelo es fértil; si es delgado o de colores muy claros, habrá poco alimento y no crecerían bien las plantas y este suelo no sería fértil. El rol de las plantas es evitar que el suelo se pierda por erosión, es decir por el arrastre producido por las aguas lluvias y vientos.

Caracterización de los suelos.

Los suelos y las tierras son un componente de los sistemas naturales, que ofrecen soporte y sustento a las plantas. Son el resultado de factores físicos, naturales y ambientales, los cuales regulan los procesos geodinámicos, biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica, ligados en conjunto a la sostenibilidad. Cumplen funciones hidrodinámicas y ecológicas de gran significado en la captación y regulación de las aguas de lluvia y de escorrentía

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

en los sistemas cordilleranos, así como en la conservación de la biodiversidad. La actividad antrópica desordenada puede alterar o degradar el desempeño de las funciones fundamentales de los suelos y las tierras y de sus manifestaciones en los procesos físicos y biológicos.

Propiedades físicas y químicas de los suelos.

El uso del suelo dependen en gran magnitud de las propiedades físicas de éstos, de esta manera se puede determinar la capacidad del suelo para las diferentes actividades, la condición física de los suelos, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento de la planta, también la factibilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad del drenaje y de almacenamiento de agua, y la retención de nutrientes, se considera necesario, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influye el crecimiento de las plantas (L. Rucks, 2004).

Es muy importante conocer cómo la actividad humana puede afectar y modificar sus características naturales. Esto servirá para comprender la importancia de mantener dichas características en el mejor estado posible.

Propiedades físicas del suelo.

Color. es una característica del suelo, fácil de observar y de uso para identificar un tipo de suelo, dentro de un cuadro regional o local. Las principales sustancias que confieren al suelo su color son el humus, compuestos minerales como los óxidos, sulfuros, sulfatos, carbonatos.

La gama de coloraciones **Tabla 1** se describen desde el rojo y a veces del granate, al beige, pasando por el amarillo, el anaranjado y el pardo, por otra parte, del gris al verde pasando por los diferentes matices del gris, son casi siempre debidas a los compuestos del

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

hierro, sea que intervengan prácticamente solos, o que se asocien a otros elementos coloreados del suelo para dar el tinte resultante.

Tabla 1

Colorimetría del suelo

NOMBRE COMPUESTO	NOMENCLATURA QUIMICA	COLOR
La Hematita	Fe ₂ O ₃ Sesquioxido de Hierro	Rojo, estado amorfo o microcristalino
La Goethita	Fe ₂ O ₃ , 3H ₂ O; o FeO. OH	Amarillo
La stilpnosiderita (limonita)	Fe ₂ O ₃ , nH ₂ O	Amarillo
El hidróxido férrico	Fe (OH) 3	Rojizo
El óxido ferroso	FeO	verde grisáceo o azulado, azul en medio alcalino y verde en medio ácido
El hidróxido ferroso	(Fe (OH) ₂)	Verde grisáceo
Los complejos ferroorgánicos		Negro, hierro-arcilla de color variable amarillo o pardo
Complejos ternarios		Hierro-arcilla-humus de color pardo
Los complejos ferro y ferrisilícicos		Grisáceos y rojizos

Nota: colorimetria del suelo,. Colores, normenclatura y su compuesto quimico al cual pertenece. Fuente: Ruck (2004)

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

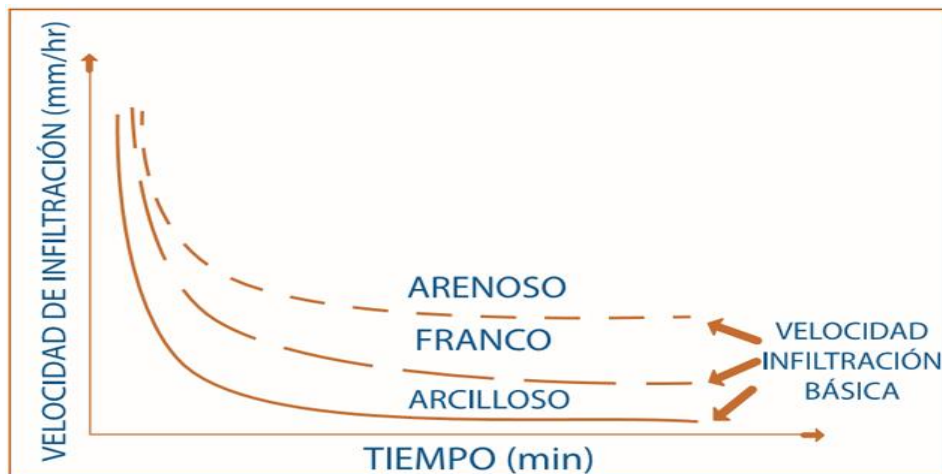
Infiltración.

El proceso de infiltración del agua es una medida a la cual el suelo es capaz de adsorber la precipitación y está dada en pulgadas/hora o milímetros/hora. Un factor importante es si la tasa de infiltración sobrepasa el nivel máximo de saturación producirá escorrentía, a menos que exista una barrera física que incida. Cuando un suelo ha sido muy trabajado en actividades que lo compactan, se va perdiendo su capacidad de infiltración.

Esta variable depende fundamentalmente de la textura ver **Figura 4**, estructura del suelo, los tipos de vegetación, profundidad del nivel freático y la humedad del suelo.

Figura 4

Velocidad de Infiltración de acuerdo con la textura del suelo (Dallatorre, 2018).



El contenido de agua y la intensidad de la precipitación están ligados a el control de la entrada de agua y la capacidad de infiltración. La vegetación que es una barrera protectora que crea suelos más porosos protegiéndolo de estancamientos; a través de sus raíces van soltando el suelo, a esto se debe que las áreas arboladas tengan tasas de infiltración más altas. (Dallatorre, 2018).

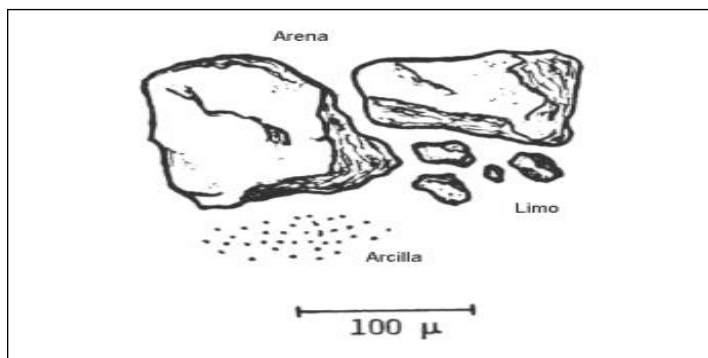
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Textura.

La proporción de cada elemento del suelo se denomina textura. La textura del suelo representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. Comúnmente en los suelos se separan por lo menos tres clases por tamaño usualmente denominados arena, limo y arcilla.

Figura 5

Relación de partícula Arena, Limo y Arcilla. Fuente: Rucks (2004)



En la **figura 5** se observa la composición textural que puede tener el suelo, el cual influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (FAO, 2022).

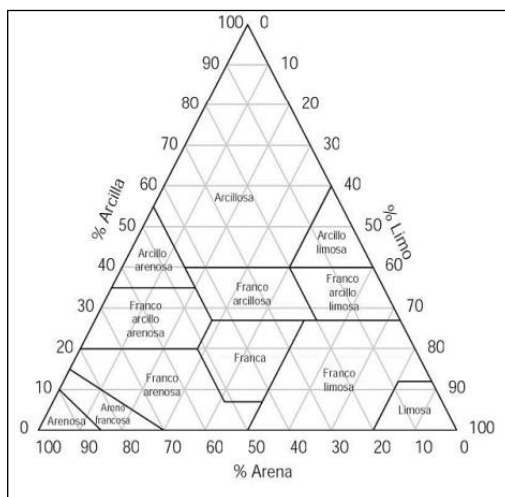
En las dos escalas de clasificación, la internacional y la americana. Siendo la segunda la más utilizada **Figura 6**, conocido como el triángulo de texturas, las líneas que son trazadas en el triángulo contienen límites porcentuales en arcilla, limo y arenas. Un ejemplo, si el suelo contiene 60% de arena, 30% de limo y 10% de arcilla corresponde directamente a una textura

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

franca arenosa. Los suelos son clasificados como familia de texturas, en los pesados estan los de textura fina, medios con texturas intermeduas y livianos con texturas gruesas (Prosap, 2022).

Figura 6

Diagrama triangular para la determinación de la textura del suelo.



Nota. La grafica representa la clasificación de textura del suelo de acuerdo con el triángulo textural, Tomado de Rucks (2004).

Estructura.

La configuración física del suelo se precisa en la agrupación las partículas individuales de arena, limo y arcilla. La agregación del suelo puede asumir diferentes modalidades, lo que da por resultado distintas estructuras de suelo. La circulación del agua en el suelo varía notablemente de acuerdo con la estructura; La forma más provechosa de describir la estructura del suelo es en función del grado (grado de agregación), la clase (tamaño medio) y el tipo de agregados forma, la estructura evoluciona de acuerdo con las características del clima, presencia de animales, plantas y la acción del hombre (Infoagro, 2017). Por definición, la clase de estructura se describe el

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

tamaño medio de los agregados individuales. En relación con el tipo de estructura de suelo de donde proceden los agregados, se pueden reconocer, en general, cinco clases distintas que son las siguientes: Muy fina o delgada; Fina o delgada; Mediana; Gruesa o espesa; Muy gruesa o espesa (FAO, 2018).

Porosidad.

De acuerdo con FAO (2018), se encuentra constituida por los poros o pequeñas cavidades que presenta el suelo y a través de las cuales penetra el aire y el agua. En los suelos que poseen partículas de arena, los poros son grandes y el agua y el aire penetran fácilmente. Por otro lado, en los suelos que tienen partículas más pequeñas como las arcillas, los poros son muy pequeños. La porosidad determina la permeabilidad o movimiento de agua y el aire dentro del suelo. Los suelos que se empantanar tienen permeabilidad muy lenta.

Drenaje.

Es la actividad con que los suelos se secan después de un aguacero o riego. Existe drenaje interno y drenaje externo. El primero, es la rapidez con que el agua se arrastra dentro del suelo y el segundo es la rapidez con que el agua se filtra por la superficie del terreno (UNAG, 2013).

% Humedad.

El contenido de agua o humedad representa el porcentaje del peso de agua en una determinada masa de suelo con respecto al peso de partículas sólidas, agua por peso o volumen y pulgadas de agua por pie cúbico. A su vez es la cantidad de agua concentrada en un material, como suelo, rocas, cerámica o madera, medida a través de análisis volumétrico o gravimétrico (García, 2006).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

La humedad del suelo está relacionada directamente con las precipitaciones, el consumo de agua de las plantas o la temperatura, esta variable interfiere directamente en el crecimiento de la planta.

Propiedades Químicas del suelo

pH.

El pH del suelo está constituido por aspectos del clima, vegetación e hidrología donde el suelo se ha formado, por otra parte, es afectado por el material parental, la naturaleza química de la lluvia, las prácticas de manejo del suelo y las actividades que realizan los organismos (plantas, animales, microorganismos) que viven en el suelo. El valor del pH oscila entre 3,5 (muy ácido) y 9,5 (muy alcalino), los suelos con un pH de 6,5 son ideales para cultivos agrícola.

Elementos mayores

Las propiedades químicas que posee el suelo permiten reconocer ciertas cualidades que se pueden identificar cuando se producen cambios químicos o reacciones que alteran su composición.

se observa fundamentalmente al contenido de diferentes sustancias nutricionales como:

Nitrógeno Total.

Se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas y microorganismos como nitrato (NO_3) o amonio (NH_4). La falta de nitrógeno provoca color verde y pálido en las hojas.

Para garantizar una nutrición nitrogenada óptima, la estrategia es optimizar el balance de nitrógeno en el suelo lo que se consigue maximizando las entradas y

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

minimizando las salidas. De acuerdo con (J, 2022) este compuesto es el más usado por las plantas en comparación con los demás nutrientes y el balance varía según: Cultivo y variedad, suelo (principalmente textura), fertilización, nivel de materia orgánica. El mayor reservorio de nitrógeno en el suelo se encuentra en los microorganismos que lo habitan como las bacterias, hongos y nematodos.

Fosforo.

Del total del P en los suelos solo un porcentaje muy bajo (entre 0,1 ppm y 0.3 ppm) se encuentra realmente en solución, lo que lo hace disponible para plantas y microorganismos. En la disponibilidad del P influye: pH del suelo, presencia de Fe, Al y Mn, Minerales de calcio y magnesio disponibles, Cantidad y descomposición de materia orgánica, Actividad de microorganismos.

Potasio.

Es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas al realizar las siguientes funciones: ayuda a formar tallos fuertes y vigorosos, ayuda al balance de agua en las plantas, Favorece el crecimiento vegetativo, da a la planta resistencia a las enfermedades.

Elementos Menores

Hierro.

El Fe contribuye a los colores que se observan en el suelo como amarillo-pardo en las zonas templadas-frías o coloraciones rojas en regiones áridas, la deficiencia de Fe se ve favorecida en presencia de suelos con alto contenido de calcio que insolubiliza al Fe y no puede ser tomado por las plantas.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Manganeso.

El Mn que existe en el suelo proviene de óxidos, carbonatos, silicatos y sulfatos. Las causas de las carencias de Mn se deben a que son suelos calcáreos y suelos arenosos muy lavados.

Zinc.

El Zn se encuentra con mayor frecuencia en suelos ácidos que en alcalinos, siendo su mínima disponibilidad para pH por encima de 7. La deficiencia de Zn se da en una amplia variedad de suelos como son los sueltos, calcáreos, margosos y especialmente en suelos pobres en materia orgánica.

Boro.

El B se encuentra en la disolución del suelo como ácido bórico, formando complejos con Ca o unido a compuestos orgánicos solubles.

Los factores del suelo que influyen en su asimilación son: El B queda fijado por el suelo cuando el pH es de 8 a 9, en suelos de textura liviana el B puede ser fácilmente lixiviado, mientras que en suelos de textura arcillosa su movilidad es prácticamente nula. (InfoAgro, 2016)

Cobre.

La principal fuente de suministro de Cu en el suelo lo constituyen los sulfuros. El Cu se encuentra en forma cúprica (CuII), en la fase sólida del suelo, formando parte de las estructuras cristalinas de minerales primarios y secundarios.

Caracterización Microbiológica del suelo

Los microorganismos presentes en el suelo contienen una amplia variedad de formas biológicas, tamaños variables, como las bacterias, hongos, lombrices hormigas y

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

las raíces vivas de las plantas superiores, la importancia biológica depende de las propiedades que posea el suelo.

Materia Orgánica.

La materia orgánica del suelo contiene elementos esenciales para las plantas, tales como el nitrógeno, el fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes.

Este elemento cumple un papel de importancia, pues el efecto que tiene sobre las propiedades físicas es: forman agregados y da una estabilidad estructural, uniéndose arcillas que forman un cambio, favoreciendo la infiltración del agua y funcionando como esponja para la retención de esta.

Los autores (Julcan A., 2006) también mencionan, que la cantidad de materia orgánica depende de factores que se incorporan como restos orgánicos con una velocidad de oxidación biológica y química. Estos mecanismos también facilitan la adsorción de sustancias peligrosas para el suelo. “El aumento en la materia orgánica del suelo es indispensable para determinar las funciones tanto productivas como ambientales del sustrato, ya que esta participa activamente en la formación del suelo y en las relaciones entre las plantas, los microorganismos y los nutrientes, pues influye en las propiedades edáficas del suelo” Navarro y Navarro, (2002 como se citó en (Giron Pinto, 2019).

Cultivo de hongos y bacterias conteo general.

Las bacterias y hongos son organismos que desempeñan funciones que depende de su naturaleza, las primeras oxidan el amoníaco y lo convierten en nitrato, mientras que otras intervienen en el proceso de descomposición de materiales orgánicos. Los hongos representan el 70% de la población microbiana, y constituye el segundo grupo más grande de microorganismos del suelo, todos son eucariotas heterótrofos. Se les conoce como descomponedores primarios que

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

mediante su metabolismo liberan gran cantidad enzimas que destruyen compuestos estructurales para obtener energía y alimentación. Los beneficios para los cultivos se relacionan directamente con el incremento de las raíces y la protección al ataque de fitopatógenos que quieran afectar la planta (Lizarazo, 2018).

Carbono Orgánico.

El carbono orgánico amplifica el ciclo del carbono a través del suelo, la vegetación la atmosfera y el océano. La reserva de carbono almacena 1500 PgC equivale a una gigatonelada, en el primer metro del suelo, lo cual contiene más carbono que el contenido en la atmosfera. La cantidad de Carbono orgánico que almacena el suelo depende del equilibrio entre el Carbono que entra al suelo y la que sale del suelo. Por esto, los niveles de almacenamiento son controlados gestionando la cantidad y el tipo de residuos orgánicos que entran al suelo (FAO, Organizacion de las naciones unidas para la Alimentacion y la Agricultura , 2017).

Respiración Basal.

La actividad microbiológica mantiene la calidad de los suelos. El análisis de la respiración basal arroja una idea de la actividad microbiológica de los organismos a través del desprendimiento del CO₂ que se produce bajo condiciones determinadas de temperatura y humedad. El 80% de la respiración del suelo se puede dar en los meses más cálidos (Bragado, 2017). A partir de la década de los 90 se presta mucha más atención a la respiración edáfica que este proceso se reconoce como la principal fuente de flujo de carbono procedente de la superficie terrestre, se llega a la conclusión que los suelos que se encuentran bajo bosque presentan más alto índice de producción de CO₂ (J. Vasquez, 2013).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Índices de calidad del suelo.

La evaluación de la sostenibilidad del suelo, se han introducido conceptos de calidad para determinar si el uso que se está dando al suelo es sostenible, para esto se recurre a la introducción de conceptos de índices e indicadores, los cuales son propiedades del suelo que se pueden medir, este indicador especifica la medición donde la variable está asociada a estados o valores. Los indicadores deben obedecer preferiblemente a variables cuantitativas medibles, donde existen tres categorías, las físicas, las químicas y la biológicas (E. Sarmiento, 2018).

Para la medición de estas propiedades, los indicadores deben obedecer a condiciones de sensibilidad a cambios en el suelo, tanto en procesos de degradación como en los de recuperación y alta correlación en los procesos del ecosistema. Las principales características son consideradas indicadores del estado de salud del suelo, que designan la disponibilidad de nutrientes, disponibilidad de oxígeno para las raíces y la capacidad de retención de nutrientes. Se considera la salud del suelo un estado relativo, es acertada cuando la vegetación es natural, una vez convertida a una actividad como el cultivo, empieza a ser evaluada (FAO, Organización de las naciones unidas para la alimentacion y la Agricultura , 2022).

Los indicadores de suelo a nivel nacional que fueron considerados como útiles y muy útiles para ser aplicarlos en la investigación son: “el carbono orgánico total (COT), densidad aparente (DAP), estabilidad de agregados (EA), pH agua, carbono orgánico particulado (COP), conductividad hidráulica (CH), resistencia mecánica a la penetración (RMP), conductividad eléctrica (CE), fósforo disponible (Pd), nitrógeno total (Nt), respiración microbiana (Res), agua útil (AU), porosidad específica de aireación = macroporosidad = capacidad de aire (PEA-CA), índice de productividad (IP), textura (tex), bases de cambio (bases), eficiencia uso de agua

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI (EUA), capacidad intercambio cationes (CIC), carbono biomasa microbiana (CBM) y cantidad o stock de COT (CCOT)” (Wilson, 2017).

Los indicadores de fertilidad expresados en la **Tabla 2** por el autor Cantú (2007, como se citó en (Estrada H, Hidalgo M, Guzman P, & Almaraz, 2017), “Los valores de los indicadores fueron normalizados utilizando una escala de 0 a 1. Para los ICS estos valores representan la peor y mejor condición desde el punto de vista de la calidad, respectivamente”

Tabla 2

Indicadores de Fertilidad, (Estrada H, Hidalgo M, Guzman P, & Almaraz, 2017).

Indicador	Valor máximo ($I_{\max}$) [†]	Valor mínimo ($I_{\min}$) [‡]
pH (H ₂ O) (1:2)	7.5	5.0
Materia orgánica (MO) (%)	6.0	2.0
[§] P _{ext} (Olsen) (ppm)	20.0	8.0
^Φ Ca _{int} (cmol kg ⁻¹)	35.0	8.0
^º Mg _{int} (cmol kg ⁻¹)	5.0	2.0
^{††} K _{int} (cmol kg ⁻¹)	1.0	0.2
^{‡‡} CICE (cmol kg ⁻¹)	40.0	15.0
^{§§} C _{BM} (mg kg ⁻¹)	400.0	10.0

Nota. Adaptado de Manual de indicadores de Calidad del suelo, Cantú, M. 2007. (Estrada H, Hidalgo M, Guzman P, & Almaraz, 2017)

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo es producida por presencia de una sustancia física, química o biología no natural, que no pertenece al sitio, y es encontrada de una concentración más alta, ocasionando efectos adversos sobre los organismos presentes. La

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

mayoría de los contaminantes tienen origen antropogénico, aunque algunos pueden ocurrir naturalmente en los suelos por minerales existentes (Rodríguez N, 2019). Las malas prácticas agrícolas reducen la materia orgánica del suelo, lo que afecta su capacidad de degradar naturalmente los contaminantes orgánicos y esto aumenta el riesgo de acumularse en el suelo y contaminarlo, la producción intensiva agrícola ha venido agotando los recursos del suelo, poniendo en peligro la capacidad de su productividad. Un estudio realizado por el (Banco Mundial, 2022) trata “las actividades agrícolas y forestales y los cambios en el uso de la tierra son responsables de alrededor del 25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)”.

De acuerdo con el artículo de (Zabaloy, 2021) establece que la relación que existe entre el suelo y la salud. La capacidad del suelo de fusionar el ecosistema para el sostenimiento de la vida de los animales, seres humanos y las plantas, “el suelo puede acarrear algunos efectos negativos para la salud humana y animal, ya sea indirectamente, por déficits de minerales que impactan, por ejemplo, sobre la calidad nutricional de los alimentos, o directamente, por la exposición a sus componentes abióticos y bióticos, como microorganismos y sus toxinas”, los eventos biológicos ocurren en forma natural en el microbioma del suelo, puede incrementarse significativamente debido al uso de enmiendas orgánicas derivadas de excretas animales, al riego con aguas residuales, al uso de agroquímicos y a la deforestación de áreas naturales. La falta de regulación y control para la aplicación de residuos agropecuarios crudos como estiércoles y efluentes en los suelos, es una de las principales causas de contaminación del suelo (Zabaloy, 2021).

Principales contaminantes en el suelo

La contaminación del suelo es dada por dos tipos de contaminación, la antrópica o la natural, donde se destacan los principales agentes de contaminación del suelo: los residuos

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

sólidos orgánicos que contaminan el suelo y el agua, los plaguicidas que incluyen (insecticidas, herbicidas, funguicidas), la minería y la gran acumulación de basuras (Cardona A. , 2019).

Residuos solidos

Los Residuos Sólidos, constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. “Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo” (Rivas A, 2018).

Los criterios más usados para la clasificación de los residuos son: la peligrosidad de los residuos, el origen del residuo y la composición del residuo. Donde se contempla la composición del residuo como orgánico, inorgánico, mezcla de residuos y residuos peligrosos.

Panorama actual de la disposición final de los residuos

La situación actual de disposición final a nivel nacional establece que “los próximos 10 años la generación de Residuos sólidos crezca en el país en un 20%. En la actualidad el Departamento nacional de Planeación (DNP) tiene datos que en el país se generan 11,6 millones de toneladas de Residuos sólidos al año y de esta cantidad de residuos que se generan al año solo se recicla el 17%” (Rivas A, 2018).

Técnicas de Aprovechamiento de residuos sólidos Orgánicos

Al generar el aprovechamiento de estos residuos mediante técnicas o tecnologías más ecológicas, permiten la obtención de productos con un valor agregado; que pueden ser insertados a la cadena productiva nuevamente, minimizando los impactos ambientales y obteniendo un mayor costo y beneficio con el aprovechamiento (Acevedo S, 2018). Los

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

residuos sólidos orgánicos son aquellos que poseen propiedades biológicas, donde se describen de origen animal, vegetal, desechos de madera, jardín, restos de comida, es decir los que son descompuestos naturalmente (Volta, 2020).

Que pueden ser transformados en Abonos orgánicos, Agua de calidad de riego, recuperación energética a través de biodigestores y alimentación animal (Segura, 2022).

Abonos Orgánicos

La mezcla de materiales orgánicos en descomposición proporciona nutrientes al suelo, una de las formas más eficaces es utilizar residuos sólidos orgánicos en desperdicio. Este proceso favorece la gestión de estos residuos para la fabricación de fertilizantes naturales para las plantas y también para crear abonos en el sistema de agricultura (WWF, 2021).

Tipos de Abonos Orgánicos

En la variedad de abonos orgánicos encontramos:

Bokashi. Es una técnica japonesa denominada como materia orgánica fermentada, es un abono que se puede elaborar a partir de materiales locales de acuerdo con la materia prima disponible en la región donde se realice el proceso (Ramos Aguero & Terry Alfonso, 2014).

Abono verde. Este abono contiene un aporte extra de nitrógeno, se obtiene a partir de las leguminosas como las habas, judías, alfalfas o trébol.

Compost. Se obtiene a partir de la materia orgánica fermentadas, la cual es elaborada con restos de comida, residuos agrícolas, estiércol de animales, humus de lombriz.

Estiércoles. Es conseguido por las excretas de animales herbívoros, como la vaca. Cabras, ovejos, caballos y conejos, los cuales después de estar secos son usados para la nutrición de las plantas.

Guano. Conocida como la gallinaza, es similar a los abonos de estiércol

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Turba. compuesto de color pardo oscuro, encontrado en áreas pantanosas debido a la gran descomposición de restos vegetales. Con un pH de 3.5, se usa para mezclar con otro sustrato, ya que su función es la de acidificar (Inenka, 2020).

Lombricultura. Según el autor Oswaldo M. (2007 como se citó en (Perez, 2022))El proceso es realizado mediante el uso de residuos orgánicos que sirven como alimento para la lombriz roja californiana, y este al ser procesado es excretado como producto el humus, el cual es usado como sustrato para abonar diferentes sistemas (Borrero, 2022).

Técnicas de Restauración del suelo

Actualmente se dispone de técnicas utilizadas para la recuperación de suelos, diseñadas para aislar las sustancias que alteran su estructura (Ortiz Bernad, Sanz Garcia, Dorado Valiño, & Villar Fernandez, 2007). Las técnicas pueden ser realizadas de forma In situ y ex situ; la primera, actúa sobre el suelo alterado, de forma directa y requieren menos manejo, son procesos más lentos. La segunda requiere excavaciones para el tratamiento, con procesos más costosos y rápidos, una recuperación completa de la zona alterada. El autor Kaifer (2004, como se citó en (Ortiz Bernad, Sanz Garcia, Dorado Valiño, & Villar Fernandez, 2007)) Las técnicas se distinguen en:

Técnicas de Contención.

Esta técnica aísla el contaminante en el suelo. Mediante la aplicación de barreras físicas en el suelo, son; **Barreras** verticales, Barreras horizontales, Barreras en suelo seco, Sellado en superficie, Sellado profundo, Barreras hidráulicas.

Técnicas de Confinamiento.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Reduce la movilidad del contaminante en el suelo, las cuales son descritas:

Estabilización fisicoquímica, Inyección de solidificantes, Vitricación.

Técnicas de Descontaminación.

Dirigidas a disminuir la concentración del contaminante, son:

Tratamientos fisicoquímicos:

Extracción: Extracción de aire, Extracción de agua, Extracción de fase libre, Extracción de fases densas, Extracción con disolventes y ácidos.

Lavado, Flushing, Electrocínética Adición de enmiendas, Barreras permeables activas, Inyección de aire comprimido, Pozos de recirculación, Oxidación ultravioleta.

Tratamientos Biológicos:

Procesos in situ: Biodegradación asistida, Biotransformación de metales, Fitorrecuperación, Bioventing. Procesos Ex situ: Landfarming, Biopilas (SEMARNAT, 2007), **Compostaje**, Lodos biológicos.

Tratamientos térmicos:

Incineración, Desorción térmica. Tratamientos mixtos: Extracción multifase, Atenuación Natural,

Restauración del suelo con técnica de compostaje.

Cuando se restauran los suelos de una zona degradada, la presión sobre los estos es aliviadas, ya que las actividades humanas se van redistribuyendo en un área mucho más amplia (Thiaw, 2019). La riqueza natural de suelo mediante la aplicación de técnicas de biorremediación orgánica (compost) es una de las soluciones más acertadas para la revitalizar el suelo, el abono orgánico reduce la necesidad del uso de fertilizantes químicos, produce un mayor rendimiento en los cultivos y optimiza el proceso de reforestación, restauración de humedales y hábitats.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Los procesos de degradación pueden minimizarse a partir de la implementación de enmiendas orgánicas (Hueso Gonzalez, Martinez Murillo, & Ruiz Sinoga, 2018), incrementando los valores de carbono orgánico en el suelo respecto a las que se pueden observar bajo un suelo desnudo. Como lo mencionaron el autor Jordán (2010 como se citó en (Hueso Gonzalez, Martinez Murillo, & Ruiz Sinoga, 2018) Este aumento está relacionado con la actividad microbiológica y la estabilidad de los agregados. En estos años, se ha demostrado que los procesos de degradación podrían minimizarse mediante la implementación de técnicas encaminadas al uso de residuos orgánicos tanto animales como vegetales.

Abono Fermentado tipo Abono Bokashi

Esta técnica de sistema abierto aerobio favorece a una ventilación natural para el proceso de compost, el aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira de los lados para su oxigenación, lo que favorece la actividad metabólica de los microorganismos aeróbicos (ACADEMIA, 2022).

El bokashi tiene propiedades que benefician y sustentan al suelo durante el proceso del uso y la producción, por su alta carga microbiana y disposición de macroelementos primarios como el nitrógeno, fósforo y potasio y secundarios (Calcio, magnesio y azufre). Además, aporta microelementos que juegan un papel importante en el metabolismo de las plantas y de gran número de reacciones enzimáticas. En su estructura física Jakobsen (1996, como se citó en (Su Garcia & Chinchay Inga, 2021)) “benefician la infiltración del agua, la estructura del suelo y promueven a un mejor estado fitosanitario de las plantas”.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

La fabricación de este abono es muy diversa, y depende de la materia prima que se tenga en cada localidad (Olvera Granados & Avila Villegas, 2006), lo ideal es tener una relación carbono/nitrógeno nivelado 1 a 25-35, que traduce a que no debe estar ni muy húmedo ni muy seco.

Los materiales más utilizados en este proceso son: los de origen vegetal y animal.

Ingredientes: Agua, Carbón vegetal, cascarilla de arroz, estiércol, harina de rocas, levadura, melaza, salvado de trigo y tierra agrícola (Moneva Roca, 2020).

Factores que afectan el proceso de elaboración

La Temperatura. Esta función esta es relacionada a la actividad microbiológica del abono, y es iniciada a partir de la mezcla de todos los ingredientes (Portilla, Morataya, Santos , & Carcamo, 2011). Según el autor (Lopez Velasquez, Montejo Sierra , & Vasquez Mazariegos, 2020). No es recomendable que la temperatura exceda de los 50° a los 60°C. después de las 12 horas posteriores de haberlo preparado, lo ideal es manejar temperaturas que no excedan los 50°C, al presentar estas temperaturas durante la degradación, dan un buen indicio de su estado, para la continuación de las demás etapas del proceso.

El pH. La acidez del abono requiere que estén entre 6 y 7.5, niveles básicos. Los niveles extremos inhiben el crecimiento de los microorganismos. El inicio del proceso es ácido, al pasar de los días gradualmente se va corrigiendo (Lopez Velasquez, Montejo Sierra , & Vasquez Mazariegos, 2020).

La humedad. Para lograr la máxima eficiencia del proceso de fermentación es necesario que la humedad oscile entre los 50% y 60%. Cuando la oxidación de los materiales se da a una humedad del 35%, la descomposición aeróbica será muy lenta (Portilla, Morataya, Santos , & Carcamo, 2011).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

La Aireación. Este factor es necesario para que no existan limitaciones del proceso de fermentación, por esta razón es aconsejable y necesario el volteo de la pila por lo menos dos veces al día (Restrepo Rivera , 2001). sin embargo, cuando los microporos se encuentran en estado anaeróbico debido al exceso de humedad, en consecuencia, se obtiene un producto de mala calidad.

El tamaño de las partículas de la materia prima. El tamaño de los componentes puede ser ventaja para la descomposición microbológica; por otro lado, si las partículas son muy pequeñas puede llevar al proceso a una compactación, lo que no es favorable para el desarrollo aeróbico (Restrepo Rivera , 2001). Por tanto, este fenómeno puede ser corregido mediante el relleno con materiales de partículas mayores.

Relación Carbono/Nitrógeno. La relación carbono/nitrógeno debe ser 1 a 25-35, en efecto es importante determinarla en cada uno de los materiales (Restrepo Rivera , 2001), y la fijación de las cantidades que serán mezcladas, para así, garantizar una relación adecuada. Por cada 25 a 35 partes de carbono será una de nitrógeno en peso, no en volumen. En esta relación el carbono siempre será mayor que el nitrógeno (Esto es Agricultura, 2022).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Restauración de Suelos desde la Ingeniería Ambiental

La ingeniería Ambiental juega un papel muy importante en la restauración de los suelos, ya que a través de las normas ambientales se pueden controlar, combatir, frenar y dar soluciones a los diferentes tipos de contaminación y deforestación que genera el hombre (Zuñiga Silgado, Camargo Moreno, García Gil, Arango Ortiz, & Linero Florez, 2020).

Escorrentía

La escorrentía superficial o directa es la precipitación que se filtra en ningún momento, moviéndose en la superficie del terreno por acción de la gravedad. Existen distintos tipos de escorrentía, dependiendo de su procedencia: Escorrentía superficial o directa, escorrentía subsuperficial y escorrentía subterránea.

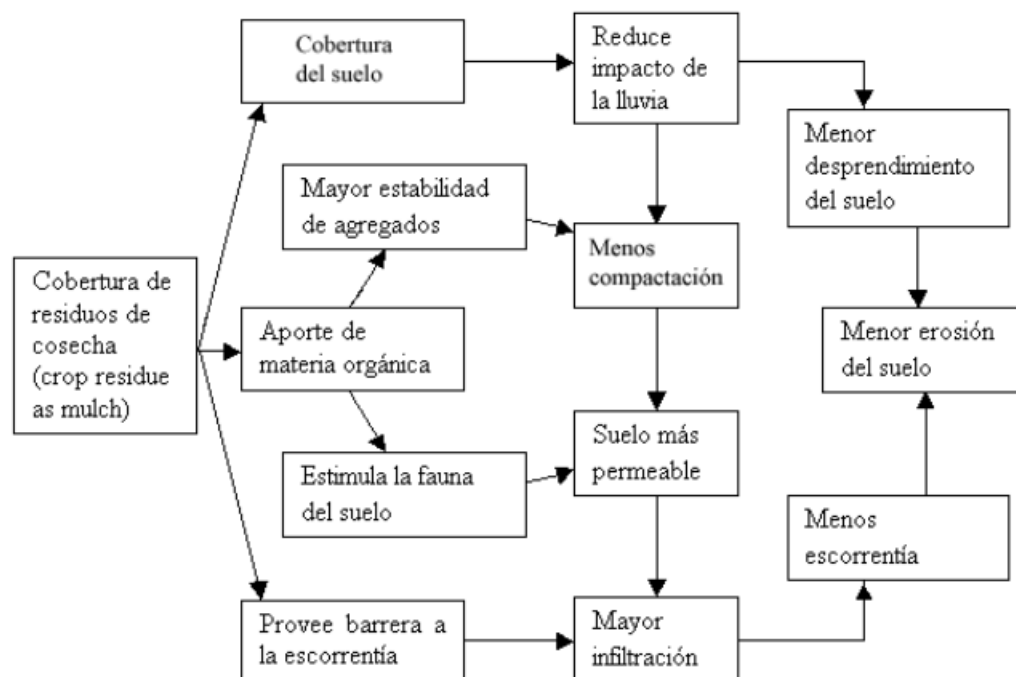
Cuando la capacidad de infiltración es inferior a la intensidad de la lluvia el agua comenzará a moverse por la superficie del terreno, que es corrida por la acción de la gravedad, según la pendiente del terreno y frenada por irregularidades del suelo o presencia de vegetación (FICG, 2022).

Donde el suelo es expuesto a al tiempo Climatológico, las partículas pueden ser arrastradas por el agua o el viento. Al ser protegido por una cubierta orgánica, ver **figura 5**.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 5

Efecto de la conservación del suelo por escorrentía (Erenstein, 2002)



Método de Numero de Curva

Este método es desarrollado en el 1954 por el “El Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (Soil Conservation Service - SCS), para el cálculo de las abstracciones iniciales de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración denominada número de curva de escorrentía” (CORPAMAG, 2004). La escorrentía está en función de la profundidad total de la precipitación, es un parámetro referido al número de curva de escorrentía o CN. Este método es aplicado para cuencas menores a 250 k², el índice representa la combinación de grupos hidrológicos del suelo, el uso y la clase de tratamiento de la tierra.

El CN está en función de tres factores: Clase de suelo (textura) para la determinación hidrológica al cual pertenezca, cobertura y condiciones de humedad antecedente, (Resolución 0865 de Julio 22, 2004).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Con base a Perdue research Foundation (2004, como fue citado en (Roa Lobo & Kearney, 2012), el NC puede ser aplicado para calcular valores de escorrentía promedios anuales e inclusive para el cálculo de promedios mensuales.

Marco Legal

Tratados internaciones

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación es el único tratado internacional que se ocupa de la tierra, de la gestión sostenible de la tierra. Se habla de la “Madre Tierra”: el 99,7 % de nuestros alimentos viene de la tierra. También se habla de la “Tierra Protectora”: es la tierra la que nos protege de los desastres naturales y, cuando está bien protegida, nos permite tener una economía próspera (Thiaw, 2019).

Nacional

La ley 461 de 1998 (agosto 4)

“Por medio de la cual se aprueba la "Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África", hecha en París el diecisiete (17) de junio de mil novecientos noventa y cuatro (1994)” (Ambiente, 1998) .

Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente)

Artículo 36.- “Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán, preferiblemente, los medios que permitan: a) Evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana; b) Reutilizar sus componentes; c) Producir nuevos bienes; d) Restaurar o mejorar los suelos” (DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Además de contemplar, “PARTE VII DE LA TIERRA Y LOS SUELOS TITULO I DEL SUELO AGRÍCOLA”.

CAPITULO III DEL USO Y CONSERVACION DE LOS SUELOS

Artículo 180.- “Es deber de todos los habitantes de la república colaborar con las autoridades en la conservación y en el manejo adecuado de los suelos. Las personas que realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, están obligadas a llevar a cabo las prácticas de conservación y recuperación que se determinen de acuerdo con las características regionales”.

Artículo 182. “Estarán sujetos a adecuación y restauración los suelos que se encuentren en alguna de las siguientes circunstancias: a) Inexplotación si, en especiales condiciones de manejo, se pueden poner en utilización económica; b) Aplicación inadecuada que interfiera la estabilidad del ambiente; c) Sujeción a limitaciones fisicoquímicas o biológicas que afecten la productividad del suelo; d) Explotación inadecuada” (DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974).

Decreto 1076 del 26 de mayo del 2015

Artículo 2.2.1.1.18.6 “establece entre las obligaciones de los propietarios de predios para la protección y conservación de suelos:

- Usar los suelos de acuerdo con sus condiciones y factores constitutivos de tal forma que se mantenga su integridad física y su capacidad productora, de acuerdo con la clasificación agrológica del IGAC y con las recomendaciones señaladas por el ICA, el IGAC y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

- Proteger los suelos mediante técnicas adecuadas de cultivos y manejo de suelos, que eviten la salinización, compactación, erosión, contaminación y, en general, la pérdida o degradación de los suelos.

- Mantener la cobertura vegetal de los terrenos dedicados a ganadería, para lo cual se evitará la formación de caminos de ganado o terracetas que se producen por sobrepastoreo y otras prácticas que traigan como consecuencia la erosión o degradación de los suelos (...)” (Decreto compilatorio de normas reglamentarias preexistentes, 2015).

Capítulo III.

5. Metodología

La investigación fue realizada en la finca los Acacios del municipio de Pamplona-Norte de Santander. Los análisis de laboratorio se ejecutaron en la universidad de Pamplona, Universidad Industrial de Santander (UIS) y la Universidad Francisco de Paula Santander.

Caracterización física, química y microbiológica del suelo en la zona de estudio

Fase 1- Medición de las áreas de estudio

Esta fase fue desarrollada en dos etapas, en la primera visita se ubicaron los linderos de la finca y se hizo la delimitación de cada uno de los sectores dependiendo el uso actual, mediante el uso del GPS GPSMAP Garmin 79S y Garmin GPSMAP 16csx; en la segunda etapa se hizo un vuelo con Dron, el equipo EVO II Pro.

Con el procesamiento de las fotografías con el software Agisoft Metashape se obtuvo el DEM. Estas áreas fueron delimitadas de la siguiente forma: agrícola (cultivos de papa, cebolla, alverja, ajo, otros); Zona Pasto de corte; Zona de pasto kikuyo para ganadería bovina; Zona de Bosque secundario; Zona de restauración y zona de construcciones.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

En la obtención de las áreas se utilizó una plataforma SIG a partir de las coordenadas obtenidas por los GPS; las curvas de nivel se lograron al procesar la ortofoto con el vuelo del dron y el mapa de pendientes en la plataforma SIG.

Fase 2 - Muestreo de suelos

Se utilizó la metodología de muestreo de suelos establecida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2020), la cual establece separar las áreas con características similares, teniendo en cuenta como criterio el uso actual del suelo.

Muestras Compuestas

Con lo anterior ya consolidado, se realizaron tres apiques en diagonal para cada sector con la ayuda de una paladraga. Los apiques alcanzaron una profundidad máxima de aproximadamente 1.5m, al considerar que los sectores tienen áreas menores a 10 hectáreas, según la metodología del (IGAC, 2020). En cada apique las muestras simples fueron recogidas en cantidades similares de suelo, posteriormente fueron mezcladas y cuarteadas para obtener las muestras compuestas. Se tomaron muestras en los horizontes A y B y la muestra compuesta fue recolectada en una bolsa plástica de 2 kg con cierre hermético, se rotuló y fueron llevadas a los laboratorios de Control de calidad y de diagnóstico, microbiología y laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad de Pamplona; y a los laboratorios de Análisis químico y consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Caracterización del suelo.

En la **tabla 3** se muestra los parámetros y métodos analíticos utilizados en la caracterización química, Física y microbiológica.

Caracterización química del suelo.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

En el laboratorio de Control de calidad y de diagnostico de universidad de Pamplona, se realizaron las pruebas de: Carbono orgánico total, Nitrógeno total, % de humedad; En los laboratorios de la UIS se realizaron las pruebas de Caracterización: pH, fosforo, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, nitrógeno total, Elementos menores: Hierro, manganeso, cobre, zinc, boro.

Tabla 3.

Caracterización del suelo, parámetros y métodos analíticos.

Caracterizacion quimica del suelo		
Parametros		Metodo analitico
pH		Relacion 1:1 Agua destilada
Materia Organica	(%M.O)	Walkley Black K ₂ Cr ₂ O ₇ -H ₂ SO ₄
Fosforo	(P)	Colorimétrico: Bray II. HCl 0,1 N-NH ₄ F 0,03 N
Calcio	(Ca)	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Magnesio	(Mg)	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Sodio	(Na)	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Potasio	(K)	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Aluminio	(Al)	Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio
Nitrogeno total	(%N.T)	Formulas propuestas por la literatura de Plaster 2000, Thompson y troeh 2002.
Elementos Menores		
Hierro	(Fe)	Absorción Atómica; Extracción con DTPA
Manganeso	(Mn)	Absorción Atómica; Extracción con DTPA
Cobre	(Cu)	Absorción Atómica; Extracción con DTPA

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Zinc	(Zn)	Absorción Atómica: Extracción con DTPA
Boro	(B)	Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico
Caracterizacion Fisica		
Textura	%	Bouyoucous: Agua destilada
Granulometria		Granulometría por tamizado
Infiltracion		Green y Ampt en suelos
% de Humedad	%	Método gravimétrico
Caracterizacion Biologica		
Respiracion Basal	CO ₂	Colorimétrico de incubaciones estáticas de Alef.
Cultivo de hongos y bacterias	(UFC)	Siembra en superficie en medio de cultivo de
conteo general		Malik.

Caracterización Física.

En el laboratorio de mecánica de suelos la Universidad de Pamplona se realizaron pruebas físicas granulométricas;

La prueba de infiltración

Esta prueba fue realizada directamente en la zona de estudio mediante la prueba de tubo simple; con los datos obtenidos de infiltración se aplicó la ecuación de Green Ampt para el análisis de permeabilidad del suelo.

Textura

En los laboratorios de la UIS se determinó la prueba de textura y clasificación del suelo de acuerdo con el sistema triangular, mediante el método del hidrómetro, descrito por Gree y Bauder (1986) y el método determinación de agregados en seco.

% de Humedad

Para la prueba, se utilizó el método gravimétrico propuesto por el autor Gardner (1986), que se expresa en la relación que existe entre la cantidad de agua y el peso del

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

suelo seco en % (Cherlinka , 2022). Se extrajeron muestras de suelo de 50 gr que fueron llevadas a la mufla a 110°C. Posterior a este paso, se realiza el cálculo de masa de agua en la muestra de suelo, que es la diferencia entre la masa de la muestra húmeda menos la muestra seca; sobre la muestra seca por el 100%.

Caracterización del microbiota presente en el suelo.

Respiración basal del suelo

En la prueba de se realizó siguiendo el método colorimétrico de incubaciones estáticas de (Alef, 1995), con el que se mide el desprendimiento de CO₂ por la actividad microbiana del suelo durante un tiempo determinado y bajo condiciones controladas en el laboratorio; para ello se pesaron 20g de suelo sin tamizar, se colocaron en frascos de vidrio con tapa hermética de 500 ml, y se dejó a temperatura ambiente durante 24 horas.

Preparación e inoculación de medios de cultivo para hongos y bacterias

En este laboratorio se utilizó el criterio de conteo general, de acuerdo con la guía de Métodos analíticos de laboratorio, establecido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2020), realizando la inoculación de medios para hongos y bacterias, con disoluciones de 10⁻⁵ y 10⁻⁶ por duplicado. Los Medios de cultivo utilizados fueron Agar nutritivo para bacterias y agar YGC para hongos.

Carbono orgánico total & contenido de materia orgánica

Estas variables se determinaron mediante los metodos citados en Plaster (2000, como se cito en (Gamarra Lezcano , Diaz Lezcano, Vera de Ortiz, Galeano, & Cabrera Cardus, 2017), mediante el metodo de calcinacion a 500° durante 2 horas, es aplicada la ecuacion de difreencias entre peso inicial y final de la muestra, sobre el peso incial menos el crisol multiplicado por el 100%.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Análisis de las condiciones meteorológicas e hidrológicas del área del estudio

Fase 3 – Descarga de datos

Para la obtención de los datos puntuales de precipitación, los registros mensuales fueron extraídos de la plataforma DHIME del Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Para el estudio se utilizaron los registros de la estación del ISER, con un rango temporal de 50 años.

La información sobre la cobertura del suelo se determinó a partir de los recorridos en campo y el análisis físico del suelo en los laboratorios; para determinar la clase de suelo y su respectivo uso. A partir de los datos recolectados en el paso anterior, fueron generados los mapas desde la plataforma GIS. Para la precipitación, los datos obtenidos oscilaron en un rango de inicio, del mes de abril de 1972 a octubre del 2022. Esta información fue reorganizada y llevada al programa CROPWAT el cual incorpora procedimientos para el cálculo de precipitación efectiva.

Fase 4 – Calculo de la escorrentía superficial

Con respecto a las condiciones hidrológicas del área de estudio se determinó la escorrentía superficial mediante el número de curva (CN), según la metodología establecida en la resolución 0865 del 22 de julio del 2004 Metodología de Cálculo del índice de Escases- Calculo de oferta hídrica y Relación lluvia escorrentía. En la cual, para el procesamiento de datos, es necesario el uso de la precipitación efectiva adoptada del del procedimiento anterior.

Para el procedimiento de asignación de NC se plantea la descripción mensual de escorrentía en la **Tabla 4**, la cual está condicionada de la siguiente forma:

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Tabla 4*Condición de Humedad Ascendente.*

Condición de Humedad ascendente (AMC)	NC	Ecuación aplicada
AMC I (Condición Seca)	NC (I)	$\frac{CNII}{2.3 - 0.013CNII}$
AMC II (Condición Normal)	NC (II)	Considerado en la tabla de clasificación Hidrológica de Suelos. (SCS, 1993)
AMC III (Condición Humedad)	NC (III)	$\frac{CNII}{0.43 + 0.0057CNII}$

Nota. Condiciones de humedad ascendente (AMC) en condición seca, normal y humedad, y la ecuación correspondiente aplicada.

Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en restaurantes para su posterior Transformación de los residuos en Abono Orgánico Tipo Bokashi.

Fase 5 – Recolección de datos de los restaurantes en el municipio de Pamplona

La recolección de la información sobre los restaurantes que actualmente estaban vigentes en el municipio fue suministrada por la entidad pública Cámara y comercio de Pamplona. Esta información mostro todos los restaurantes que estaban matriculados actualmente en el municipio, con fecha en la matrícula y las posibles renovaciones. A partir de esto se realizó un sondeo de los restaurantes que a la presente estaban matriculados ver **tabla 5**, y además cumplían con el registro mercantil vigente.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Tabla 5*Numero de restaurantes con y sin registro Mercantil.*

Parámetros de Selección	Numero de restaurantes	
Se considero la propuesta de clasificación en elección a los restaurantes que cumplieran con el registro mercantil reciente	Numero de restaurante con registro mercantil actualizado a la fecha	62
	Número total de restaurantes	90

Nota. Numero de restaurantes activos respecto al número total de restaurantes matriculados.

Fase 6- Análisis de datos recolectados

El análisis fue realizado a partir de la fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas a partir del dato-número de restaurantes que cumplían con el registro mercantil. La cual establece la siguiente ecuación:

Ecuación 1.*Formula de muestras infinitas.*

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

Nota: Adaptado de Tamaño de la muestra, (Requena Serra, 2022).

Variables:

n= Tamaño de la muestra buscado

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

N = Tamaño de la población o universo

Z = Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

$q = (1-p)$ = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Obteniendo el tamaño muestral de 60 establecimientos, se procede a encuestar a los restaurantes del municipio lo que permite orientar y dar una vista más clara de los establecimientos que podrían aportar sus residuos sólidos orgánicos para la elaboración del abono.

Para la recolección de estos residuos se tuvo en cuenta el acceso y disposición de los establecimientos que pudieran aportar sin afectar la ejecución de sus actividades diarias. A los restaurantes seleccionados se les hizo la sugerencia de clasificar los residuos según su origen. Esto, con el propósito de que lo recogido fuera de origen orgánico compostables y no afectara la producción ver **tabla 5**.

Tabla 5.

Descripción de residuos compostables, utilizados en el proceso de elaboración del Bokashi.

Nº	DESCRIPCION
1	Restos de fruta
2	Restos de verduras
3	Restos de huerta
4	Residuo de té y Café
5	Cascaras de huevo
6	Restos de Comida

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Fase 7- Elaboración de Abono Orgánico tipo Bokashi

Para Producción del Abono Orgánico fermentado tipo “Bokashi” se aprovechó como principal ingrediente los residuos sólidos.

Se realizó la preparación del abono orgánico fermentado tipo bokashi, la metodología aplicada para su producción fue la sugerida por Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (Agricultura, 2011). Se usaron los siguientes materiales ver **tabla 6**:

Tabla 6.

Porcentaje requerido para la elaboración de Abono Orgánico Fermentado "Bokashi".

<i>Materiales</i>	<i>% Cantidad</i>
<i>Estiércol de Vaca</i>	15%
<i>Tierra Fértil</i>	25%
<i>Desechos orgánicos</i>	28.5%
<i>Cascarilla</i>	15%
<i>Agua</i>	9% (depende de la cantidad de elementos húmedos)
<i>Carbón</i>	6.2%
<i>Cal</i>	0.6%
<i>Melaza</i>	0.25%
<i>Levadura</i>	0.5%
<i>Total</i>	100%

Todos los materiales gruesos fueron triturados para su posterior mezcla. Donde fueron dispuestos por capas, sin ningún orden. Se mezclaron hasta lograr una textura completamente homogénea. Se tuvo en cuenta que la abonera no fuera superior a los 50 cm de alto, lo anterior para asegurar una temperatura regulada (Agricultura, 2011).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Para verificar el proceso, durante siete días se aseguró el seguimiento y control en las dos jornadas del día; Mañana y tarde. Se da vuelta a toda la pila y se realizaron las lecturas de humedad, pH, color, olor y temperatura en tres repeticiones. Pasados estos días de control, pasa la primera etapa del proceso. La segunda etapa, denominada maduración, la cual es la degradación de los materiales orgánicos que todavía presentan un proceso más lento, para posterior de los 21 días llegar a su estado ideal y aplicarlo.

Fase 8- Análisis del abono orgánico Fermentado tipo “Bokashi”

El análisis del producto final se realizó con 1 kg de la muestra puntual, fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Industrial de Santander, los parámetros examinados ver **Tabla 7** para el abono fueron los siguientes:

Tabla 7.

Análisis Fisicoquímico de la muestra de Abono Orgánico.

Parámetro	Expresión/Sigla	Método
pH (Unidades de pH)	pH	Potenciométrico / NTC 5167
Conductividad (mS/cm)	CE	Conductivimétrico / NTC 5167
Nitrógeno Total (% N)	NT	Digestión Kjeldahl-Titrimétrico/NTC370
Fósforo (% P ₂ O ₅)	P ₂ O ₅	Espectrofotométrico/ NTC 234
Potasio Soluble en Agua (% K ₂ O)	K ₂ O	Absorción Atómica/ NTC 5167
Carbono Orgánico Total Oxidable (% C)	COT	Espectrofotométrico/ NTC 5167
Sodio (% Na)	Na	Absorción Atómica/ NTC 5167

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Calcio (% CaO)	Ca	Absorción Atómica/ NTC 5167
Magnesio (% MgO)	Mg	Absorción Atómica/ NTC 5167
Manganeso (mg Mn/kg)	Mn	Absorción Atómica/ NTC 5167
Cobre (mg Cu/kg)	Cu	Absorción Atómica/ NTC 5167
Zinc (mg Zn/kg)	Zn	Absorción Atómica/ NTC 5167
Hierro (g Fe/kg)	Fe	Absorción Atómica/ NTC 5167
Azufre (% S)	S	Absorción Atómica/ NTC 5167
Boro (mg B/kg)	B	Colorimétrico / NTC 5167
Silicio Total (%SiO ₂)	SiO ₂ T	Gravimétrico / NTC 5167
Relación C/N	C/N	Cálculo

Formulación de la propuesta de recuperación del suelo***Fase 9 Propuesta de recuperacion del suelo***

La propuesta es estructurada de acuerdo con el conjunto de variables analizadas, para formar un enlace entre ellas, y así lograr determinar cuál el suelo de la zona está más degradada, en el área de estudio. Las variables que fueron analizadas son las siguientes: índice de calidad del suelo, el mapa de pendiente, textura del suelo, curvas de nivel, escorrentía superficial y los resultados físicos, químicos y microbiológicos obtenidos a partir del análisis de laboratorio del suelo, las cuales fueron correlacionadas, y a partir de ellas establecer la zona que se va a restaurar.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Para la prueba piloto, se realiza un encierro de 1m de Ancho x 1.20m de alto, mediante el uso de cuatro bases de madera, son encerrados con una malla plástica, en la parte inferior se pusieron unas tablas, evitando que el abono que se aplique no sea arrastrado por escorrentía. Contemplado que en mes de octubre fue lluvioso. Posterior a esto, se procede a remover toda la capa vegetal, de forma que queden los segmentos completos de cobertura verde sin alterarlos.

Cuando ya se tiene totalmente el suelo descubierto, se realiza un semilabrado al suelo y es añadida la dosis de enmienda orgánica de Bokashi de 8 kg, es lo recomendado por la FAO para terrenos en los que nunca se han aplicado abono orgánico tipo Bokashi. En continuidad, se es mezcla todo el abono con el suelo descubierto para después de estar mezclado cubrirlo con la cobertura vegetal que se retiró al inicio del proceso ver **Figura 6**, esto, con el propósito de que las condiciones ambientales como el viento y las precipitaciones no alteren el proceso de restauración del suelo, y en cambio sea beneficioso, además de conservar los organismos que se encontraban allí.

Figura 6

Prueba piloto Restauración del suelo



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Para el estudio se determinó un tiempo de 15 días, para dejar actuar el abono en el suelo. Pasado este tiempo, se extrae una muestra de 500 gr. En la **Tabla 8**, se pueden observar los métodos que fueron aplicados para el análisis de cada una de las variables.

Tabla 8

Análisis físico químico del suelo restaurado

PARAMETRO	UNIDAD	METODO
pH		Potenciometro 1:1
Materia Organica	%	Walkley Black Colorimetrico
Fosforo	(PPM)	Blay II Colorimetrico
Potasio	(meq/100g)	Extracción de acetato de amonio
Calcio	(meq/100g)	pH 7.0
Magnesio	(meq/100g)	Adsorción atómica
Sodio	(meq/100g)	Emisión
CIC	(meq/100g)	Titulación con NaOH 0.1N
Acidez intercambiable	(meq/100g)	Titulación con NaOH 0.5N
Hierro	(PPM)	Método de DTPA adsorción atómica
Manganeso	(PPM)	Método de DTPA adsorción atómica
Cobre	(PPM)	Método de DTPA adsorción atómica
Zinc	(PPM)	Método de DTPA adsorción atómica
Boro	(PPM)	Colorimétrica extracción con fosfato monocalico
Azufre	(PPM)	Turbidímetro
Textura		Determinación al tacto
Arenas	%	Método de Bouyoucos

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Arcilla	%	Método de Bouyoucos
Limo	%	Método de Bouyoucos

Se llevarla al laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander, para el análisis Fisicoquímico del suelo con la adición del abono orgánico.

Capítulo IV

6. Resultados y análisis

Caracterización física, química y microbiológicamente el suelo en la zona de estudio

Fase 1- Medición de las áreas de estudio, total y parcialmente

La medición de las áreas parceladas se distribuyó de la siguiente forma, de acuerdo con el número de hectáreas y al porcentaje correspondiente al área **Tabla 9**. Ver **figura 7** Mapa de distribución de la finca los Acacios. También fueron generados los mapas de Cobertura del suelo, Mapa de Pendientes, curvas de nivel y texturas del suelo.

Tabla 9

Áreas Parceladas y porcentajes de área.

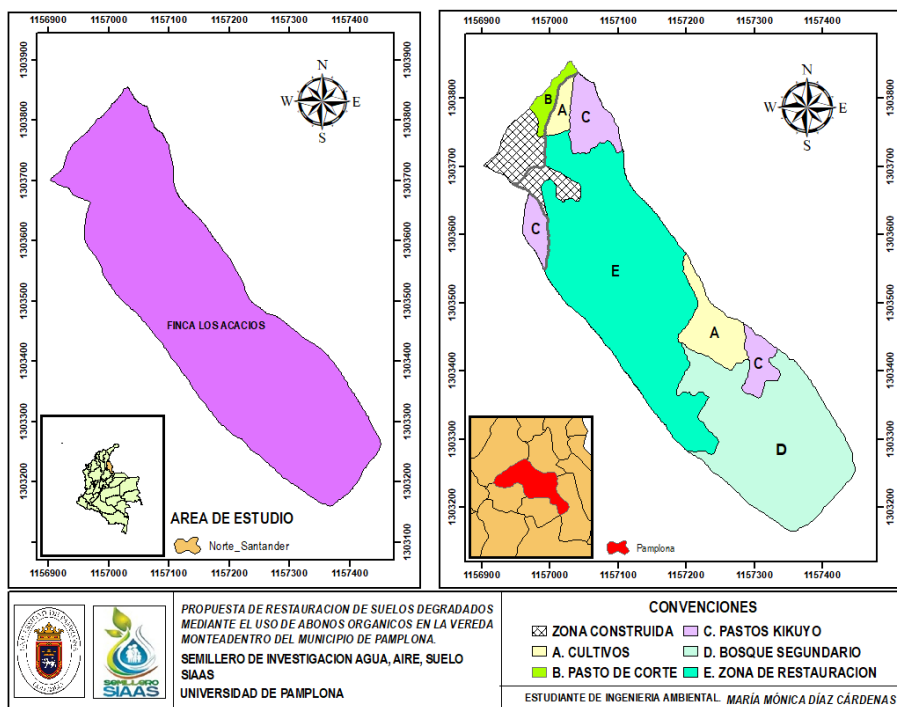
Zona	Área (ha)	% de área
Zona A. de Cultivos (ZCP)	0.724 y 0.212 (ha)	5.64 % y 1.66%
Zona B. Pasto de Corte (ZPC)	0.212 (ha)	1.66%
Zona C. Pastos Kikuyo (ZKI)	0.567, 0.264 y 0.333 (ha)	9.1%
Zona D. Zona de Bosque Secundario (ZBS)	4.01(ha)	31.25%
Zona E. Zona de Restauración (ZR)	5.720 (ha)	44.56 %
Zona Construida	0.813 (ha)	6.33%
Total, de área	12.833 (ha)	100%

Nota: La tabla de medición de áreas está sujeta a el mapa Parcelado, con su respectiva distribución.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 7

Mapa de distribución del área de estudio, Finca los Acacios.



Nota. El grafico representa el área total y la distribución de las áreas respecto a las actividades que son realizadas en el predio de la Finca Los Acacios. A. Zona de Cultivos de Papa, B. Zona de Pastos de Corte, C. Zona de Pastos Kikuyo, D. Zona de Bosque Secundario y E. Zona de Restauración.

Mapa de Cobertura vegetal y uso del suelo, Finca los Acacios

El uso del suelo de la finca los Acacios, fue clasificado en seis tipos de cobertura según la metodología Corine Land Cover, ver **Figura 8**, adaptada para Colombia. Los cuales Pertenecen a: La primera zona es clasificada como territorio artificializado urbano con un 16,102%, en el nivel 3, 1.1.2 con tejido urbano discontinuo, donde se encuentran construidas las viviendas de la finca.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

El 5.6 % y 1.6% son terrenos agrícolas dedicados principalmente a la producción de alimentos, que se comprenden en cultivos transitorios de Papa clasificados en el nivel 3, de la metodología como tubérculos (Metodología Corine Land Cover).

Las zonas de Pastos de Corte y Pastos Kikuyo, están distribuidos en 1.66 y 9.1 %, están en el nivel 2 de pastos, 2.3.1 Pastos Limpios y 2.3.2 Pastos arbolados respectivamente. Con tierras cubiertas dedicadas al pastoreo por periodos permanentes, una característica de esta cobertura se debe al alto porcentaje de acción antrópica. Con amplia variedad de relieves, condicionadas principalmente al manejo animal (ovejos y vacas), (IGAC, 2010).

La zona de Bosque secundario y Zona de restauración es una de las zonas más grandes del lugar, tienen el 44.56 y 31.25%. clasificado en Bosques y áreas semi Naturales, áreas con vegetación herbácea y arbustiva. Donde están en el nivel 3.2.3 vegetación secundaria o en transición y 3.2.2 Arbustal. La primera, originada de un proceso de vegetación natural que se ha presentado algo de intervención, y los arbustales que comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos ver **Figura 9** (IDEAM, 2014).

Figura 8

Cobertura y uso del suelo, Finca los Acacios

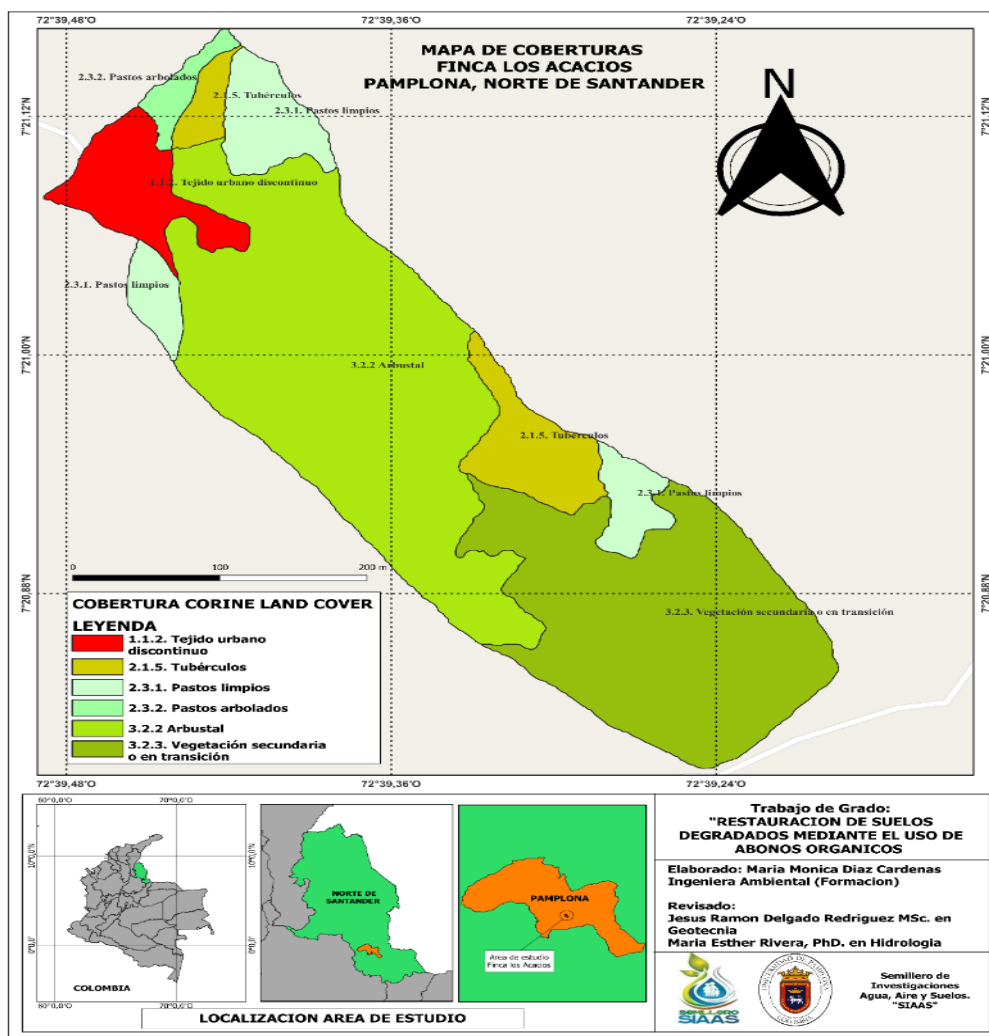


PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI



Figura 9

Mapa de Coberturas del suelo



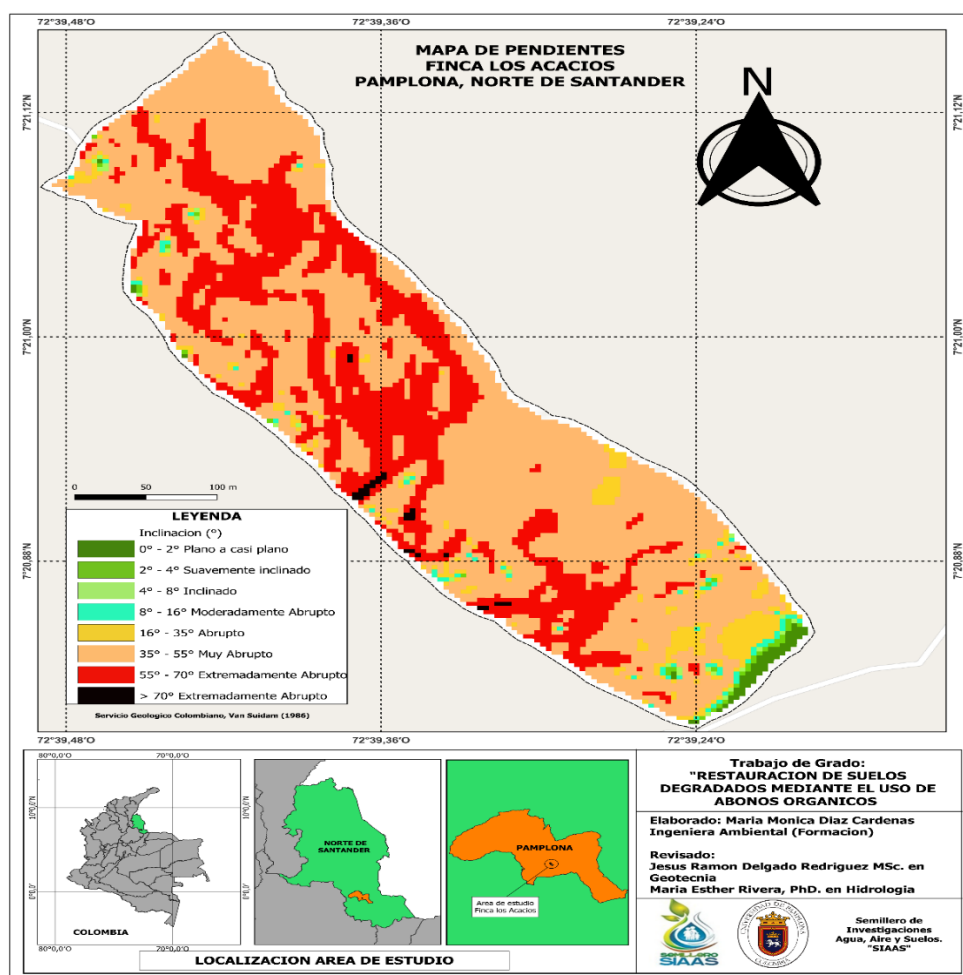
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Mapa de Pendientes Finca los Acacios

La finca los Acacios se observa que las pendientes **Figura 10** expresadas en: 0°-2°, se ubican algunos puntos en la zona construida, cultivos de papa y en mayor proporción en la orientación Sur del Bosque Secundario. Predominan las inclinaciones de 35-55° muy abruptas en casi toda el área. Puntos donde se ubican los 8 a los 16°, que corresponde a un relieve ondulado, otros de 16° a 35° denominado abruptas, ubicado en la zona del bosque secundario, el área construida y algo en la zona de restauración.

Figura 10

Mapa de Pendientes



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

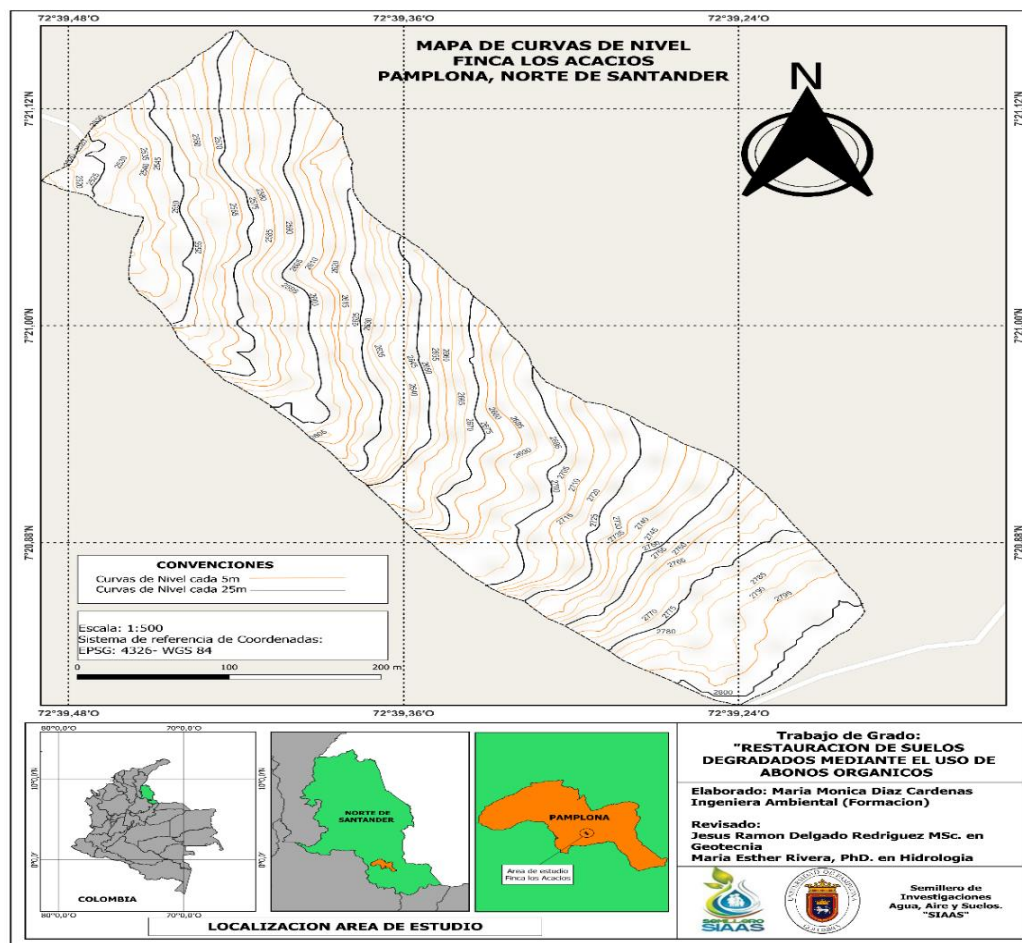
Las inclinaciones más importantes se dan de 55 a los 77°, con pendientes extremadamente abruptas en el área de pastos, restauración y cultivos. La longitud de inclinación está directamente relacionada con la vulnerabilidad de suelo a la erosión. Al incrementar la longitud de la pendiente, mayor será la cantidad de agua que fluirá por la cuenca, denominada escorrentía, y mayor será la erosividad del suelo. Además, que esta erosividad no se da solo a causa de la lluvia, se pueden representar en épocas de sequías intensas, por esto la vulnerabilidad del suelo aumenta cuando la primera capa del suelo es más delgada, denominada horizonte A (Hincapie Gomez & Ramirez Ortiz , 2010).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Mapa de Curvas de Nivel Finca los Acacios

Figura 11

Mapa de Curvas de Nivel, Finca los Acacios



Las Isolíneas para la elaboración de este mapa, fueron elaboradas cada 5 y 25 metros. La distribución de estas líneas muestra cómo cambian los valores en cada superficie; en la zona de pasto de corte, en pequeños fragmentos hay un cambio menor, las líneas se encuentran más separadas, lo mismo que está pasando en el bosque secundario. En contraste con las curvas en la zona de Restauración, que se observan las líneas más juntas y continuas con áreas más empinadas (Pro, 2022). La margen izquierda

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

del mapa indica ubicaciones más pronunciadas, que pueden corresponder a una mayor elevación.

Fase 2 – Analisis de Muestreo de suelos

El muestreo de suelos corresponde a análisis químicos que incluyen macronutrientes primario y secundario y caracterización, Ver **tabla 10**.

Los físicos son: % de humedad, textura e infiltración.

Microbiológicos corresponden al % de humedad, Textura del suelo, e Infiltración y permeabilidad.

Tabla 10

Análisis químico del Suelo, Finca los Acacios

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO							
Caracterización	Indicadores		ZPC	ZKI	ZCP	ZR	ZBS
	Macronutrientes primarios	pH	5,2	5,3	4,9	5,4	4,5
		Materia Orgánica (%)	2,77	2,87	3,2	2,27	3,83
		nitrógeno Total (%)	1,7	1,13	1,3	2,06	1,63
		Fosforo (ppm)	4,38	12,6	92,3	5,68	5,54
		Potasio (meq/100g suelo)	0,14	0,76	1,02	0,64	0,35
	Macronutrientes Secundarios	Calcio (meq/100g suelo)	2,19	5,21	4,4	2,5	0,41
		Magnesio (meq/100g suelo)	0,51	0,9	0,87	1,05	0,25
		Sodio (meq/100g suelo)	0,1	0,04	0,02	0,03	0,03
		Aluminio (meq/100g suelo)	3	0	0,8	1,2	6

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Elementos Menores	Hierro	293	180	272	51,1	418
	Manganeso	4,39	2,46	8,83	9,96	2
	Cobre	0,93	1,03	1,16	1,16	1,33
	Zinc	0,29	0,46	3,36	0,21	0,48
	Boro	0,21	0,02	0,14	0,03	0,18

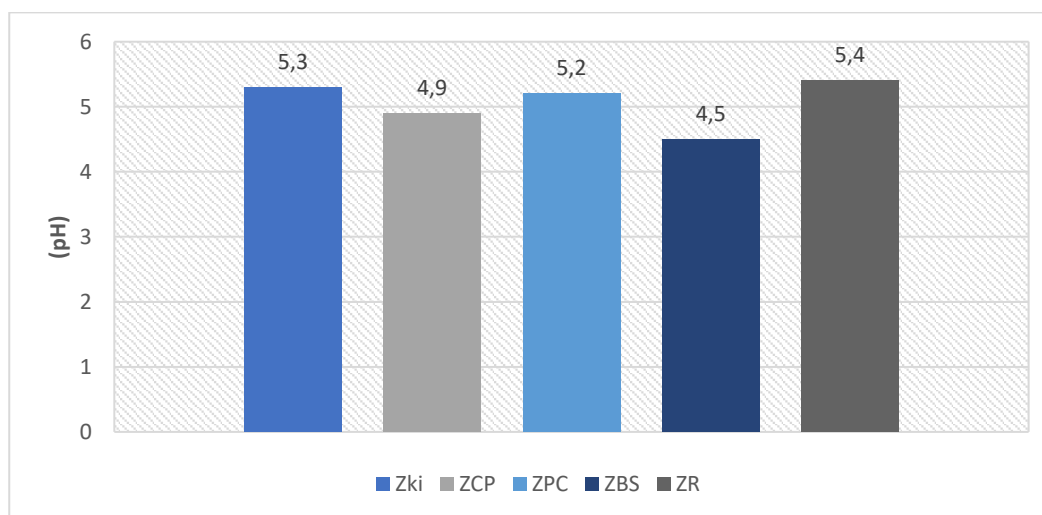
*Analisis químico del suelo***Potencial de Hidrogeno (pH).**

El Potencia de hidrogeno (pH), de acuerdo con las muestras de suelo presentadas en la **figura 12**, los valores pH están en los rangos de 4.9 a 5.4.

Para los suelos Kikuyo, Pasto de Corte y restauración son suelos fuertemente Ácidos, y para cultivo de papa y Bosque secundario son suelos muy fuertemente ácidos. Estas muestras permiten determinar que los suelos son ácidos, que pueden contener altos % de elementos menores como el Hierro, manganeso, Cobre y Zinc.

Figura 12

El Potencia de hidrogeno (pH)



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Nota. Zki: Zona de Pastos Kikuyo; ZCP: Zona de cultivo de Papa; ZPC: Zona de Pasto de Corte; ZBS: Zona de Bosque Secundario; ZR: Zona de Restauración. (siglas que serán usadas en toda la tabla).

El pH puede dificultar o favorecer la absorción de los nutrientes por las plantas, y puede estar influenciado en el crecimiento y el nivel de producción del cultivo. El valor óptimo se encuentra entre 6 y 7.0, por lo que los suelos con un pH mayor o menor que el óptimo, puede presentar problemas de disponibilidad de nutrimentos. Cuando el pH no está en el rango antes mencionado, la actividad de los microorganismos en el suelo se va a ver entorpecida, pues son ellos los que ayudan asimilar estos nutrimentos. (Borges Gomez, Escamilla Bencomo, Soria Fregoso, & Casanova Villareal , 2005). En los suelos ácidos, los micronutrientes (hierro, manganeso zinc, boro y cobre), están disponibles para ser adsorbido por las plantas, lo contrario que puede pasar con los macronutrientes primarios y secundarios (nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio, calcio y azufre). Si se tiene el pH nivelado en el suelo, las necesidades nutricionales y los síntomas de posibles enfermedades del suelo seria aliviado, y con esto se obtiene un mejor rendimiento se este horizonte (FUTURCROP, 2022).

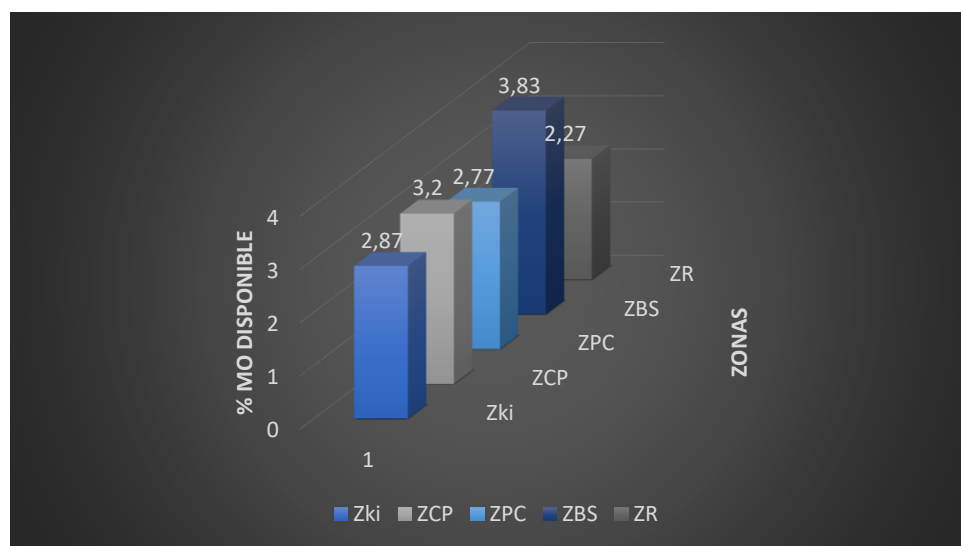
Materia Orgánica (% M.O)

La materia orgánica en el suelo de estas zonas se encuentra distribuida como se observa en la **figura 13**, con el % de materia orgánica de 3.83 para bosque secundario como valor más alto, mientras que en zona de restauración de 2.27, los valores más bajos. Para términos generales, los contenidos de materia orgánica son medios en cultivo de papa y bosque secundario. Para el pasto kikuyo, pasto de corte y zona de restauración son valores muy bajos.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 13

Porcentaje de Materia Orgánica.



La materia orgánica en el suelo es una de las variables más sensible al efecto de manejo de los suelos, según los estudios realizados por Mustin (1987, citado por (Julca Otiniano, Meneses Florian, Blase Sevillano, & Segundo Bello, 2006)) la presencia en el suelo de este parámetro suele ser escasa, y muy pocas veces supera el 2%. Para los autores (Gros y Domínguez, 1992) el nivel en suelos arcillosos es del 2%, llegando a un nivel mínimo del 1.65% pesados y de un 2.5 en suelos arenosos. En los índices de calidad descritos por Cantu, estos valores se encuentran en el rango de 2 al 6%.

La aplicación de enmiendas orgánicas en los primeros 5cm del suelo. Aumentan la degradación de elementos que alteran el suelo, como por ejemplo los plaguicidas, usado para el control de plagas en los cultivos. Vangestel, (1996, citando en (Julca Otiniano, Meneses Florian, Blase Sevillano, & Segundo Bello, 2006)).

Macronutrientes primarios en el suelo

Los macroelementos influyen en el crecimiento de las raíces de la planta y tengan un desarrollo rápido, pueden incidir en la tolerancia y resistencia de enfermedades

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

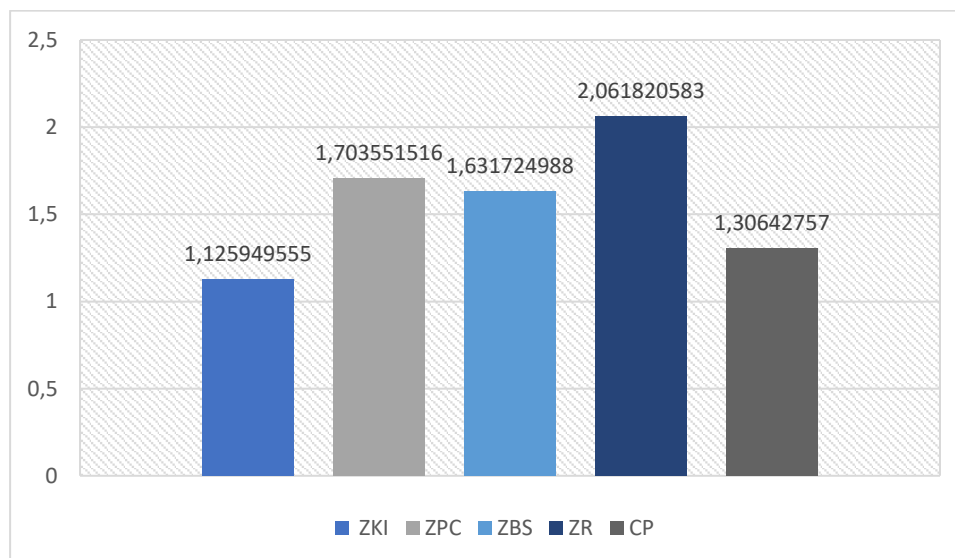
provocadas por divertidos patógenos en las plantas. (Sieiro Miranda, Gonzales Marrero, Rodriguez Lema, & Rodriguez Regal). Estudios realizados por Cristancho (2012, citado en (Sieiro Miranda, Gonzales Marrero, Rodriguez Lema, & Rodriguez Regal) incrementos de nitrógeno producen una mayor susceptibilidad en la presencia de una enfermedad, contrario a lo que pasa con el fosforo y el potasio.

% de Nitrógeno total (%NT)

La concentración de este nutriente en el suelo como se observa en la **Figura 14** tiene diferencias de concentración del 0.93% en la Zona de restauración con 2.06, respecto a la de Pastos kikuyo 1.12%.

Figura 14

Porcentaje de Nitrógeno en el Suelo.



El 90% del nitrógeno total se encuentra en el horizonte A, la mayoría de los suelos aparece de forma orgánica y la mayoría de este como restante de NH_4 , retenido en los materiales arcillosos. En el horizonte A de la mayoría de los suelos cultivados, pueden contener entre 0.06 y 0.3% de nitrógeno, mientras que en suelos turbosos o lugares escasamente drenados pueden tener

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

contenidos de 3.5% (Silva , 2022), lo que quiere decir que este macronutriente está en los rangos establecidos de índice de calidad.

Un estudio realizado por Stevenson (1982, citado en (Silva , 2022) indico que los porcentajes más altos de nitrógeno total en el suelo son procedentes de climas cálidos. En observación, con incrementos de la materia orgánica en el suelo, se mantendrían los niveles de fertilidad y productividad, y mayor será la concentración del % de nitrógeno total. (Cristobal Acevedo, Alvarez Sanchez , Hernandez Acosta, & Amendola Massiotti, 2011). La importancia de este compuesto en los sistemas orgánicos y convencionales se debe a que este elemento es uno de lo más limitantes en la producción de cultivos, Deririck y Durmaresg (1999, citado en (Cristobal Acevedo, Alvarez Sanchez , Hernandez Acosta, & Amendola Massiotti, 2011) encontraron que el efecto de las prácticas de labranza cero y retención de residuos de cosecha mostraron una mejor recuperación del Nitrógeno total disponible en el suelo. Por otro lado, bajo condiciones similares de cultivo las pérdidas de en los sistemas orgánicos son más pequeñas que aquellos de granjas convencionales.

Fosforo P Disponible (ppm)

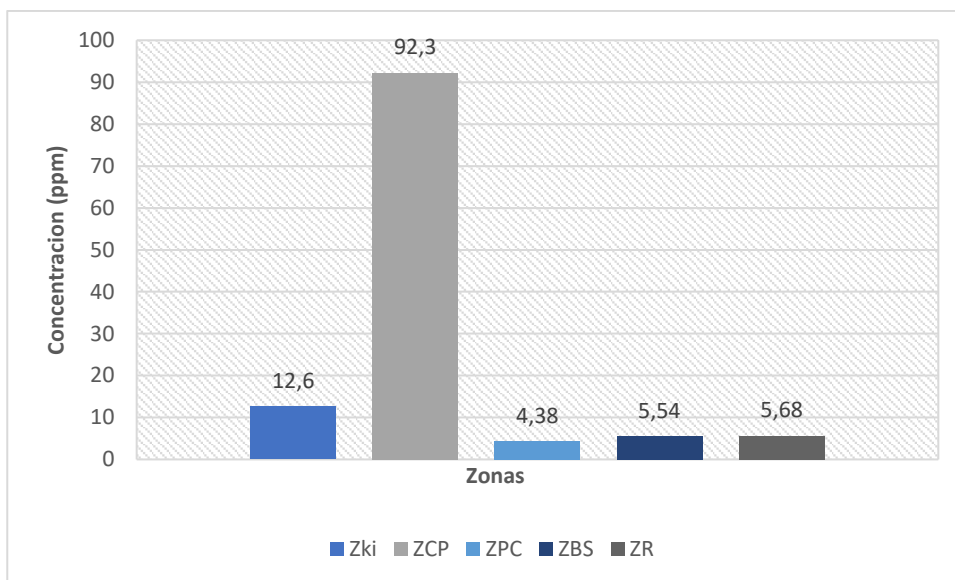
Los niveles de fosforo presente en los suelos se encuentran en el rango de 92.3 ppm, para las Zona de Cultivo de papa en contraste con el pasto de corte con un valor de 4.38 ppm, Ver **Figura 15**. Estos valores muestran que el contenido más elevado se encuentra en el Cultivo de Papa (ZCP), debido posiblemente que al momento del muestreo el lote fue sujeto a una fertilización del cultivo. Los niveles óptimos de P en el suelo son necesarios para mantener la productividad y promover la eficiente utilización de Nitrógeno en los cultivos (Munera Velez & Meza Sepylveda, 2012).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Este nutriente es uno de los menos móviles y con menor disponibilidad para las plantas de todos los macronutrientes, esta característica le da una alta posibilidad a ser lavado en la mayoría de los suelos (Berrocal Rosso, Durango Petro , Barrera Violeth, & Diaz Ponguta, 2009).

Figura 15

Fosforo (p) disponible en el Suelo.



el fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos (More Chenguayen). La solubilidad de muchos compuestos disminuye a la medida que el pH eleva de ácido a neutro, y llega al rango de alcalino. El autor Campitelli (2010, como se citó en (Guegaimburu, y otros, 2019)“Los procesos de degradación del suelo, inciden directamente en la disponibilidad del P. La compactación puede afectar los procesos químicos de liberación de nutrientes, y procesos físicos como la infiltración y circulación del agua”.

Potasio (K)

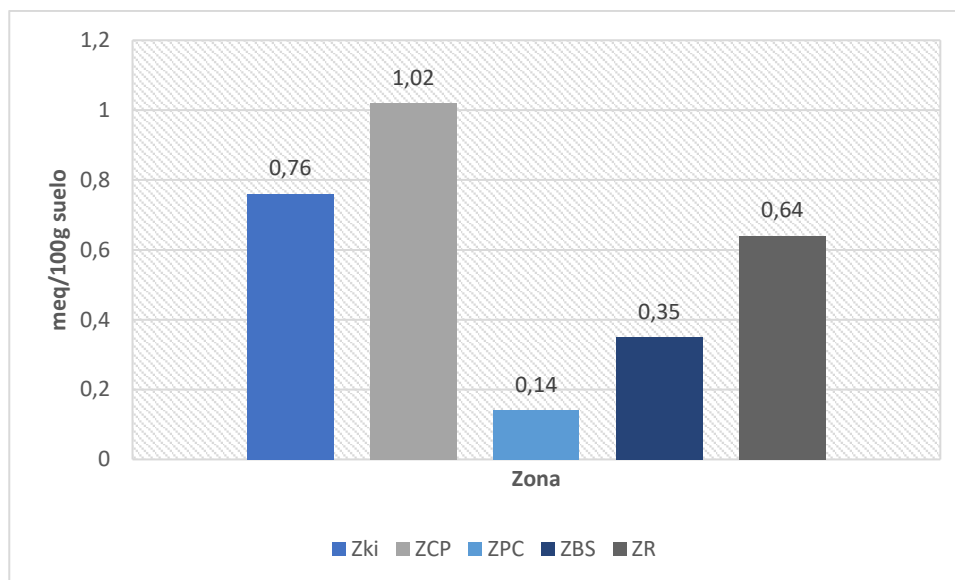
Los resultados arrojados muestran en la **figura 16**, que el potasio en el suelo de la zona de estudio, oscilan entre el 1,02 y el 0,14 (meq/100gr de suelo). El valor más alto se ubica en la

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Zona de cultivo de Papa, donde hay disimilitud con el Pasto de corte. Lo que es coherente el resultado más alto en la papa, por los fertilizantes que son aplicados para el rendimiento del cultivo.

Figura 16

Potasio (K), (meq/100 gr de suelo)



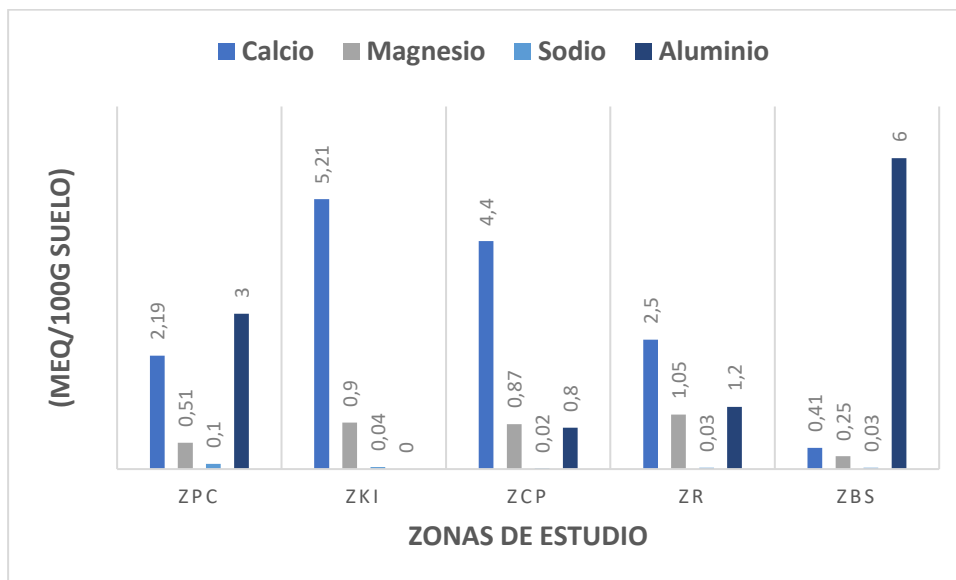
El potasio interactúa en los suelos de la finca los Acacios en rangos de 0.14 a 1.02 meq/100g suelo, más alto para Cultivo de Papa, lo que puede atribuirse a la fertilización que han recibido. Para las zonas de Pastos de Corte, contienen niveles muy bajos de este elemento. La zona de pastos kikuyo y restauración en términos generales los niveles de este nutriente son adecuados. El potasio que se encuentra en el suelo esta de forma de catión intercambiable, que es adsorbido por arcillas y la materia orgánica (Garrido Valero, 1993). El K estructural está contenido en los minerales primarios, feldespatos potásicos y micas, lo que es característico de la morfología de estos suelos. Los suelos más ácidos pueden presentar contenidos menores en potasio, en este caso el bosque secundario y pasto de corte se ven más ejemplificados. (Gutierrez , 1978). Autores afirman que el mantener el suministro de potasio y calcio,

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Macronutrientes secundarios

Figura 17

Macroelementos Secundarios Calcio, Magnesio, Sodio y Aluminio



Los macronutrientes secundarios (Calcio, Magnesio, sodio y aluminio),

Se presentan contenidos en: calcio de 5.21 a 2.19 (meq/100gr suelo), presentando el contenido más alto la zona de pasto kikuyo, lo que es adecuado para esta zona, lo contrario con el Pasto de corte. El contenido del calcio está en baja proporción en bosque secundario, cultivo de papa y restauración, oscilando en 0.41, 4.4 y 2.5 ppm.

Para el magnesio (Mg), se encuentran en los rangos 0.51 (meq/100gr suelo) en pastos de corte y 1.05 (meq/100gr suelo) en la zona de restauración.

En el sodio (Na), las concentraciones son mínimas, del 0.04 (meq/100gr suelo) en el cultivo de Papa, y 0.51 (meq/100gr suelo) en pastos de Corte.

Los contenidos de Aluminio (Al), en el Bosque secundario fue unos de los valores más altos, con 6 (meq/100gr suelo), y más bajos en el Pasto Kikuyo. El contenido de este sustento es

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

alto, lo que nos indica una buena reserva de estos nutrientes, atribuida a materiales parentales que dieron origen a estos suelos (Combatt Caballero, Novoa Yanez, & Barrera Violeth, 2012).

En el pasto kikuyo, los contenidos de Calcio, aluminio y sodio son adecuados, con relación calcio: magnesio es desbalanceada. Con el pasto de corte ocurre que el calcio y magnesio los contenidos son bajos, con niveles adecuados en sodio, con contenidos de aluminio muy altos.

En los pastos de Corte y Kikuyo, los contenidos de magnesio se ven intervenidos al tener un nivel elevado de potasio, ya que estos elementos son antagonistas. sí hay mucho potasio en el suelo, la cantidad de magnesio que la planta puede absorber es limitada, aún si hay cantidades suficientes de magnesio en el suelo, al igual que el contenido de calcio, Ocurre el mismo suceso que el en el potasio (Lua Goyes, 2020).

Los suelos con textura arenosas son los que más pueden perder estos elementos. Los suelos ácidos, este elemento puede ser frecuentemente ausente, lo que puede suceder también con el calcio, se puede aliviar la toxicidad causada el por aluminio. (INTAGRI, 2016). La deficiencia de calcio indica que la disponibilidad y movilidad puede ser limitada, parte de este componente se pierden por erosión y lixiviación, ya que este componente solo se transporta por la raíz más joven de la planta (Lua Goyes, 2020).

En el cultivo de papa los contenidos de calcio, Magnesio son bajos. Contienen niveles altos en aluminio, y adecuados en sodio.

Para bosque secundario tiene niveles bajos en calcio y magnesio, altos en aluminio y adecuados en sólido.

En restauración los contenidos son similares al pasto de corte.

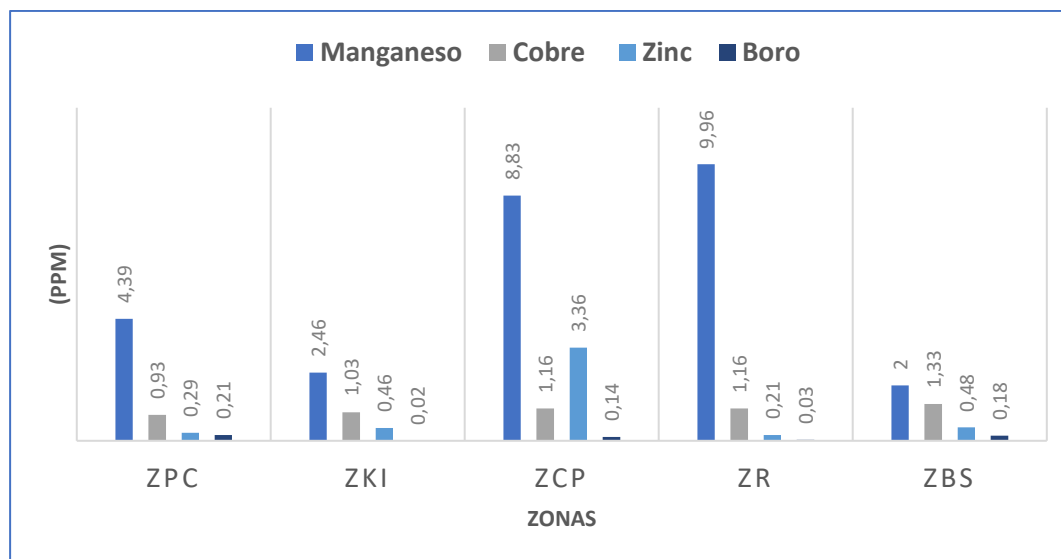
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Las enmiendas orgánicas pueden ayudar adecuar las cantidades de macroelementos secundarios, según la característica de la enmienda.

Elementos Menores

Figura 18

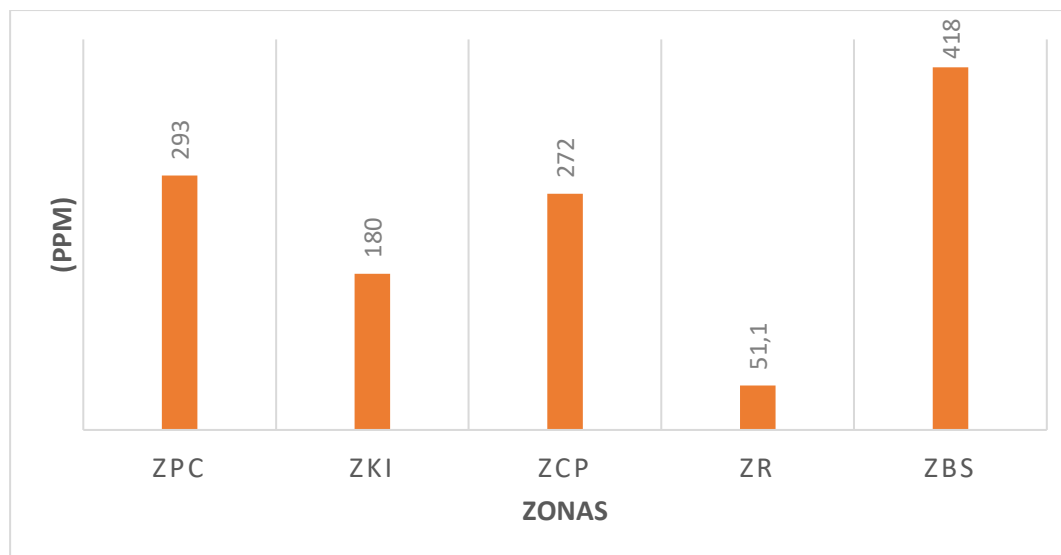
Elementos menores Manganese, Cobre, Zinc y Boro



El contenido de estos elementos menores, en la zona de estudio fue distribuido de la siguiente forma: el Manganese estuvo en los rangos de 2 ppm en el bosque secundario y 9.96 ppm en la zona de restauración. Para las dos zonas este contenido es Bajo. Al igual que el contenido de Cobre en rangos de 0.93 ppm y 1.33 ppm, Zinc 0.21 y 3.36 ppm, Boro 0.02 y 0.21 ppm. El contenido de estos elementos, generalmente son bajos para todas las zonas de estudio, y las plantas lo necesitan en bajas proporciones. “Aunque la deficiencia de estos nutrientes puede afectar a las hojas nuevas, en el caso del manganeso se aprecia en las hojas más maduras”, Lo que puede ser mejorado mediante enmiendas que proporcionen niveles adecuados de estos nutrimentos (Rebolledo R, Barrera M, & H. de Cantillo , 1999).

Hierro (PPM)

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 19*Hierro (Elementos Menores)*

El Hierro pertenece a los elementos menores, y se presenta con contenidos más altos en el bosque Secundario, y en mínima proporción en la zona de restauración, con valores de 418 y 51.1 ppm. En un suelo ácido mayor es la cantidad del contenido de hierro, lo que se puede afirmar para el Bosque secundario, contenidos altos en hierro es proporcional a su alta acidificación.

Lo que es desconocido, es la solución de hierro que debe haber en el suelo para un crecimiento óptimo de las especies que son cultivadas. “El contenido de las distintas formas de hierro está ligado, en sumo grado, a la génesis e influye sobre la fertilidad del suelo” (Acevedo Sandoval, Ortiz Hernandez, Cruz Sanchez, & Cruz Chavez, 2003).

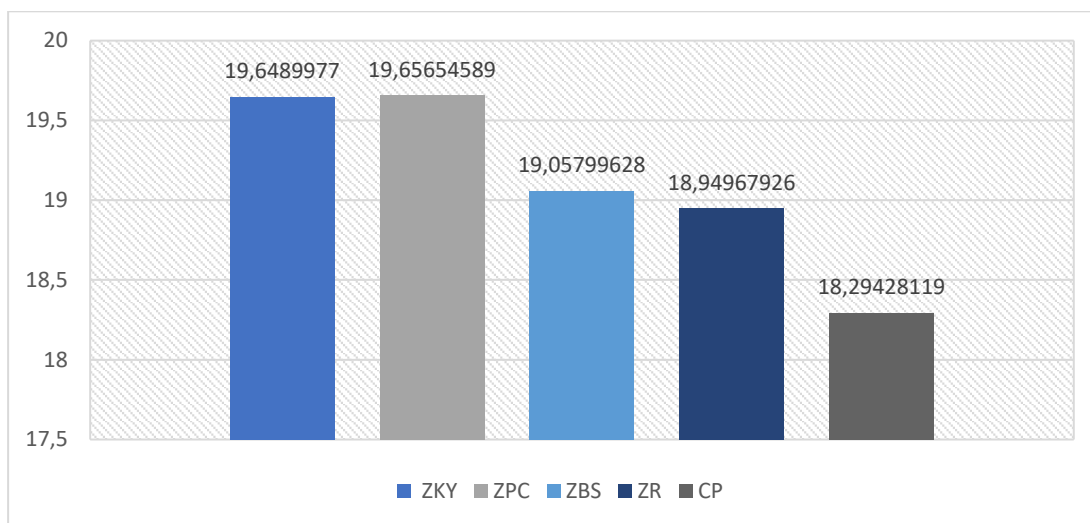
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Análisis Físico

% de Humedad Gravimétrica.

Figura 20

Porcentaje de Humedad volumétrica (%)



Como es observado en la **figura 20**, la distribución del porcentaje de humedad en las zonas oscila en rangos del 19,64 al 18,2%. Con valores más altos de humedad en la zona de Pasto kikuyo; por otro lado, los de menos % de humedad, fueron los cultivos de Papa. La variabilidad de los datos corresponde a la textura del suelo, al ser un suelo con mayor contenido en finos y limos tendrán una retención media. Mientras que los suelos arenosos el porcentaje de retención será más bajo (Caicedo Rosero, Mendez Avila, Gutierrez Zeferino, & Flores Cuautle, 2021). Para el autor (Garay Diaz, (2007 como se citó en (Caicedo Rosero, Mendez Avila, Gutierrez Zeferino, & Flores Cuautle, 2021) las características que tienen influencia en el % de humedad son la estructura del suelo, las características fisicoquímicas y biológicas, la humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima y la vegetación como también de las profundidades del suelo (Sandoval Senegal, 2019). Este factor puede cambiar con rapidez, se

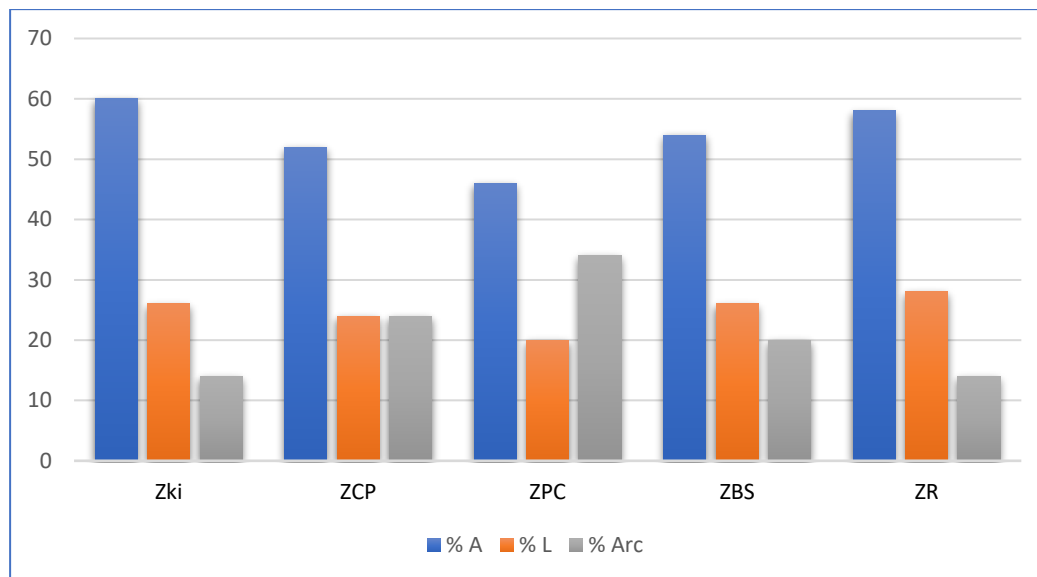
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

humedece rápidamente en minutos y horas, de contrario con la fase de secamiento que puede tomarse semanas e incluso meses (UCHILE, 2022).

Textura (% Arena, % Limo, % Arcilla).

Figura 21

Textura del suelo



Las Zonas Pasto Kikuyo, Bosque secundario presentan las mismas características texturales pertenecientes a suelos Franco- Arenosos. El Pasto de Corte, Cultivo de Papa y la Zona de Restauración pertenecen a los suelos de tipo Franco-Arcilloso- Arenoso ver **Figura 22.**

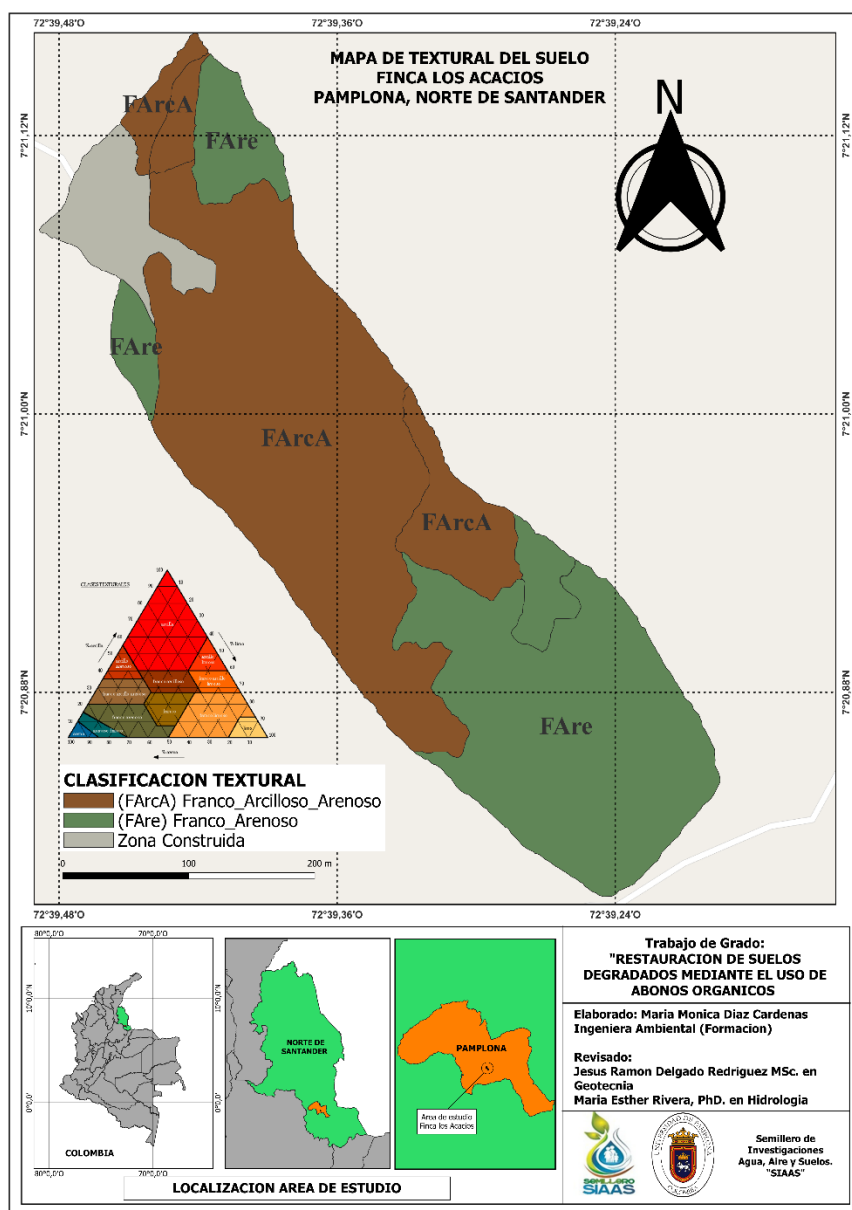
El crecimiento de las plantaciones en suelos franco-arenosos se dan muy bien. Es un suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla. También, son altamente susceptibles a la compactación. Sobre todo, en las capas superiores, este proceso es influenciado por la humedad y la energía compactante, estos suelos arenosos tienden a formar superficies costrosas (Hossne Garcia, Mayorca Jaime, Salazar Bastardo, Subero Llovera, & Zacillo Contreras , 2009). Un estudio realizado por

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Pecorari (1993, citado en (Hossne Garcia, Mayorca Jaime, Salazar Bastardo, Subero Llovera, & Zacillo Contreras , 2009)) La presencia de material orgánico, puede mantener una humedad optima en el suelo y además posee un efecto protector frente a la compactación y el encostramiento del suelo.

Figura 22

Mapa textural del suelo, Finca los Acacios



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

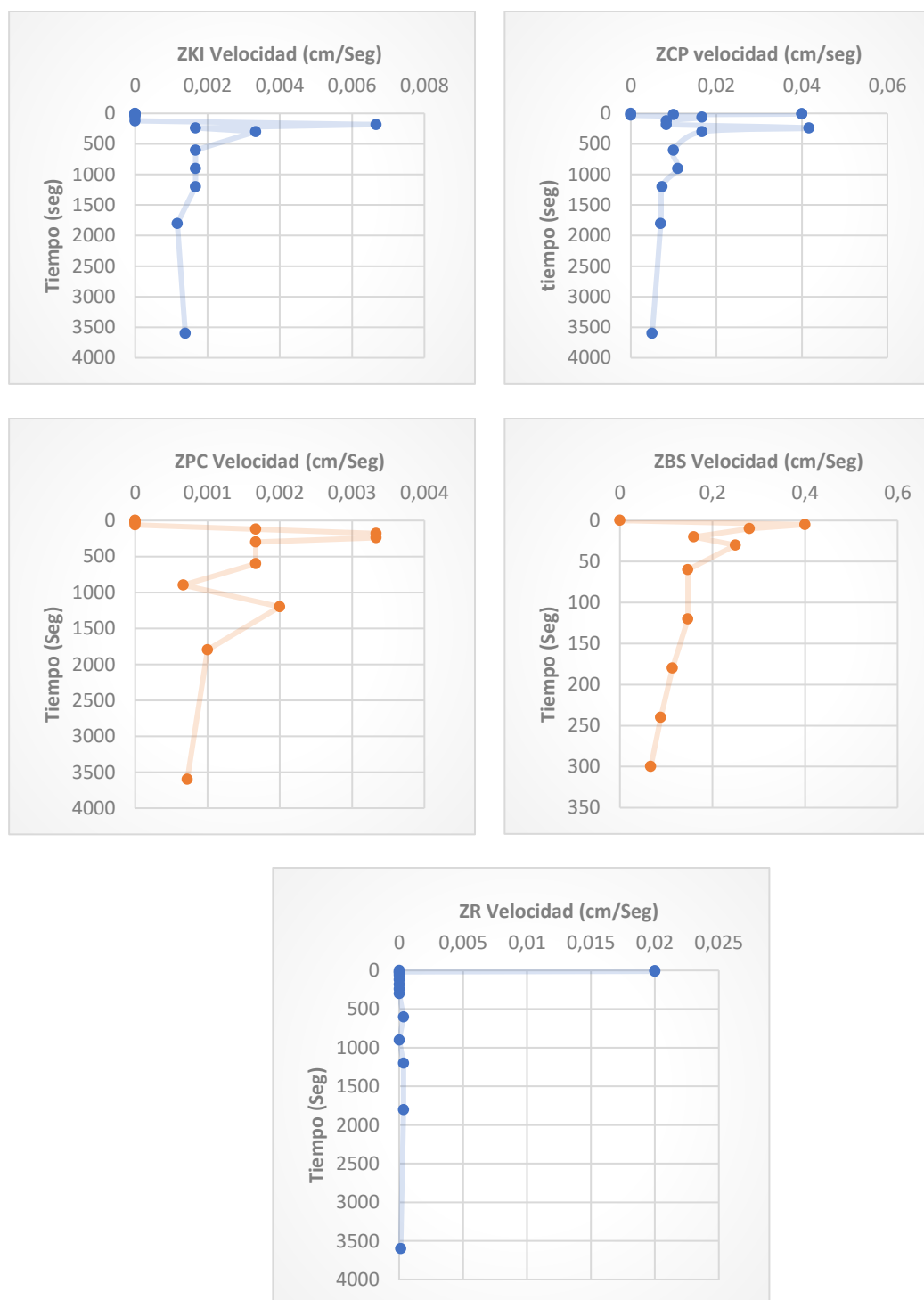
Las texturas arcillosas son ricas en nutrientes y tienen alta capacidad de retención de agua, pero presentan una muy baja permeabilidad.

“Dentro de la materia orgánica, la fracción ligada adquiere una mayor importancia debido a que aumenta la porosidad textural, modificando el comportamiento global de los suelos frente a la compactación” (Hossne Garcia, Mayorca Jaime, Salazar Bastardo, Subero Llovera, & Zacillo Contreras , 2009). Esto estaría relacionado a un menor crecimiento y rendimiento de los cultivos, las tierras menores al 10% de arcilla, con más arenas son más pobres en materia orgánica, correspondiente a la mineralización producida por una aireación excesiva, por el contrario de los suelos arcillosos, los niveles de materia orgánica serán más altos (Yanez Jimenez, 1989).

Infiltración.

La velocidad de infiltración de la zona de Pastos kikuyo, Pasto de Corte y Zona de restauración, se dio en un tiempo muy lento, incluso hasta sin filtrar. Lo contrario que sucedió en el Bosque Secundario y Cultivo de Papa, la velocidad en estas zonas fue más rápida, y mucho más en el bosque secundario, tanto así que se tuvo que volver a llenar el tubo, pues en la primera sesión fue vaciado antes de acabar el tiempo. En el cultivo de papa, se presenta debido al constante movimiento de arado en el suelo, lo que posibilita el movimiento del agua en el suelo **Ver figura 23.**

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 23*Tasa de Infiltración del Agua (cm/seg)*

Nota. Velocidad de infiltración del agua para cada una de las zonas de estudio

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Los datos obtenidos apartir de la formula de green Ampt muestran la permeabilidad de los suelos estan interferidos al tipo de suelo textural (Weber & Apestegui). La permeabilidad de las zona fue clasificada en los rangos de Media a muy baja. Clasificados en bajos y muy bajos los suelos franco arcillosos arenosos. En el cultivo de papa hay una anomalia, que corresponde a los centimetros desplazados respecto al tiempo en segundos, al contener alcillas tiene una permeabilidad lenta. Pero, estos suelos son constantemente arados, por esto la velocidad respecto al tiempo en la realidad es otra, mas rapido la velocidad de infiltracion. La permeabilidad del suelo indica la facilidad que tiene el fluido, en este caso el agua de atravesarlo, (LAMBE, 1925).

Los vacios interconectados que tiene el suelo, y atravez de donde el agua puede fluir es de puntos de alta energia a baja energia.

Tabla 11

Permeabilidad Metodología Green Ampt.

Ec. GREEN AMPT	ZONA	Textura del suelo	Permeabilidad según Terzaghi libro (mecánica de suelos)
cm/s			
0,00117	Zki	Franco-Arenoso	media
0,0010177	ZCP	Franco-Arcilloso-Arenoso	muy baja
0,00118002	ZPC	Franco-Arcilloso-Arenoso	baja
0,0009689	ZBS	Franco-Arenoso	Media
0,0071946	ZR	Franco-Arcilloso-Arenoso	Baja

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Análisis microbiológico

Respiración Basal

En la **figura 24**, se observa que las muestras de suelo estudiadas, la respiración basal oscilo entre $10,5 \pm 8.4$ mg C-CO₂/100gr*24h. Las tasas más bajas de actividad microbiana se encontraron en los suelos de Pasto Kikuyo y el cultivo de Papa, entre los 8,4 y 9,12 mg C-CO₂/100gr*24h. esta medición de dióxido de carbono respirado es una estimación de la actividad y la presencia de microorganismos presentes en el suelo. Lo que esta influenciado directamente con el manejo, actividades que son desarrolladas en el en suelo y la calidad de los residuos que entran al sistema Mora (2006, citado en (J. Vasquez, 2013)).

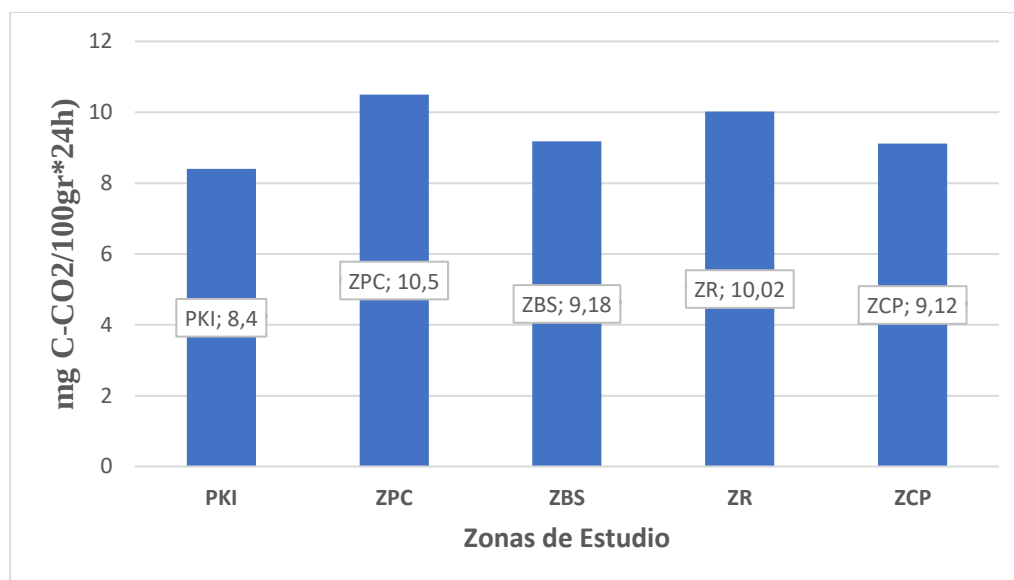
“Los altos valores de la respiración basal en los suelos bajo manejo de pastizales pudieran estar relacionados con la presencia de un carbono orgánico más lábil, de fácil descomposición y de mayor asimilación por parte de los microorganismos del suelo” Marumoto, (1982, citado por (Sandoval Senegal, 2019))

El autor (Martinez & Ortega, 2022) menciona, una alta respiración del suelo se relacionada con la descomposición de la materia orgánica, que puede ser causa por temperaturas elevadas. En invierno o en zonas altas la descomposición es más lenta.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 24

Respiración del Basal



Nota. Comparación de la respiración basal en diferentes sectores de la Finca los Acacios.

Un alto suministro de materia orgánica podría favorecer a una mayor población de bacterias, que atacan rápidamente los sustratos orgánicos y aceleran los procesos de oxidación. (Pardo Plaza, Paolini Gomez , & Cantero Guevara, 2019). Además, es la mayor fuente de carbono para los microorganismos, que la descomponene produciendo CO₂ (Martinez & Ortega, 2022). Cuando los suelos son arenosos, con típicamente bajos en materia orgánica, y baja capacidad de agua dispobible, lo cual limita la respiración basal del suelo. Una alta respiración, se relaciona directamente con la materia orgánica, una práctica que no es aconsejable es el arado, pues destruye los agregados que hay en el suelo, se va limintando la disponibilidad de los nutrientes para las plantas y los microorganismos, lo que resulta en efectos negativos.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

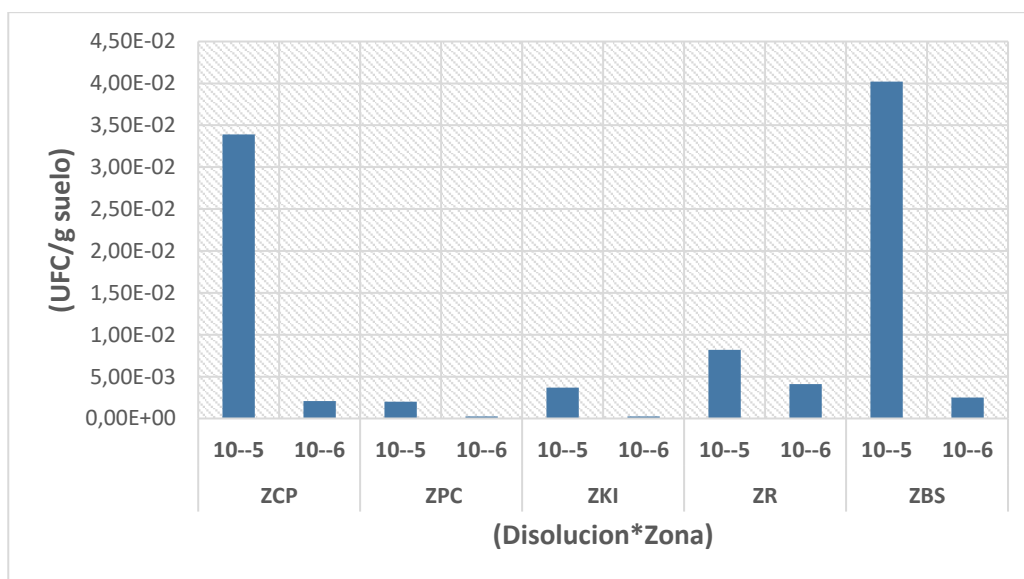
En el caso de los cultivos, el exceso de nutrientes afecta la respiración del suelo, no solo por la disminución del pH, pueden generar ambientes salinos que afectan la actividad microbiana (Martínez & Ortega, 2022).

Cultivo de hongos y bacterias conteo general

Hongos (UFC/gr de Suelo)

Figura 25

Cultivo de hongos (UFC/gr de suelo)

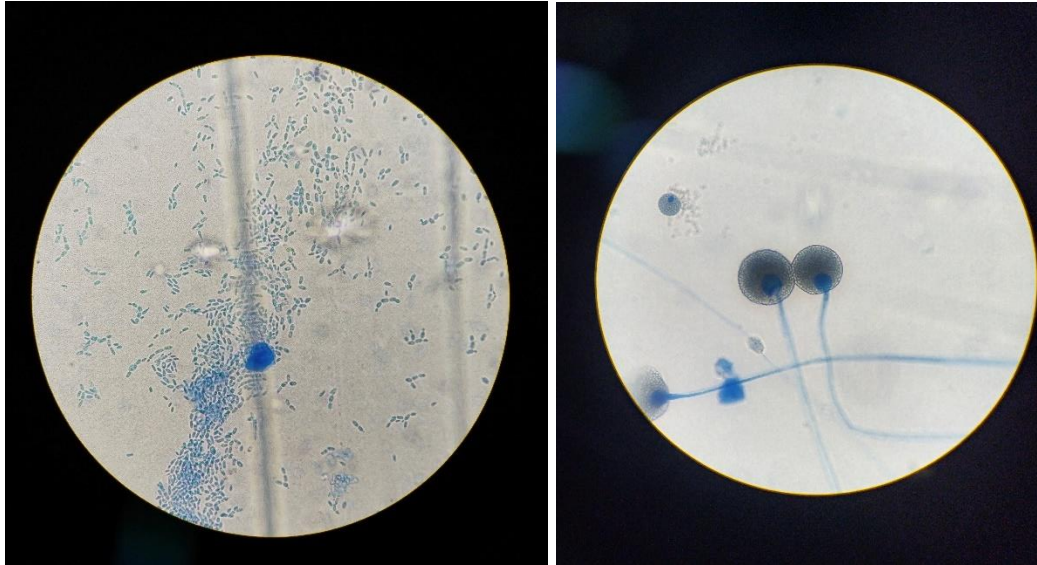


En el cultivo de hongos, se ve que el crecimiento fue mayor en los cultivos de Papa, Bosque Secundario (**ver figura 25**) y Restauración en poca proporción. En la zona de Pastos no hubo un crecimiento representativo. A simple vista por su formación, se puede decir que nos encontramos con una levadura de género *Saccharomyces* **ver figura 26**, que forma parte del reino de los hongos. En el caso de los hongos a simple vista podrían ser del género *Mucor* Sp, que habitan en las plantas y en el suelo en descomposición (Lachica Cruz, y otros, 2017). **Ver Figura 26 (derecha).**

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 26

Levadura de genero Saccharomyces y Hongo del género Mucoral



Los hongos crecen en el suelo en vía libre o están unidos a las raíces de las plantas, a este grupo pertenecen las levaduras, que son beneficiosas para el suelo, son organismos decomponedores y juegan un papel importante en la agregación del suelo y en el ciclo nutricional (Maestre, 2022). Estudios muestran que pueden crecer en diferentes ambientes naturales, con características incolores y generalmente lisas. Es de resaltar que la población de levaduras es de importancia para la conservación de la fertilidad de los suelos, por su participación en el ciclo del carbono y contribución al mantenimiento de la estructura física del suelo. Las levaduras principalmente pueden crecer en un ambiente de 5 a 37°, y pueden soportar amplias variaciones de pH comprendidos entre 2.8 y 8.5 (Uribe Gutiérrez, 2007).

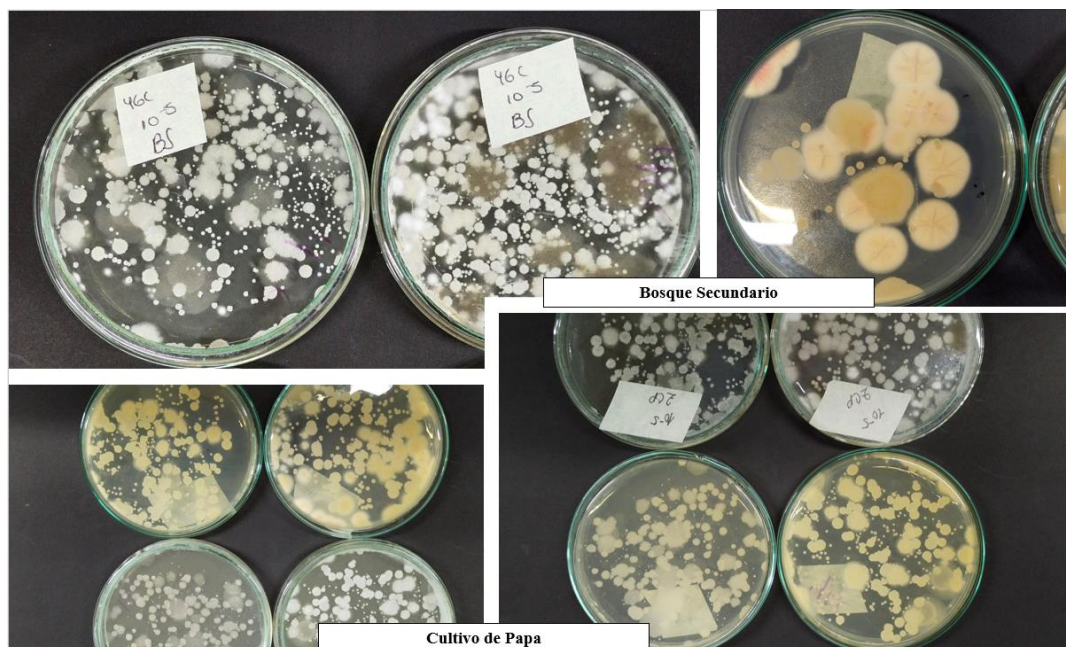
En la investigación realizada por Filip, (2002 citado por (Moratto, Martínez, Valencia, & Sánchez, 2005)). La comunidad microbiana de hongos es el componente

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

funcional mas importante de la biota en el suelo, pues ellos son los que tranforman los nutrientes y reciclan los elementos en el ambiente.

Figura 27

Cultivo de Hongos, zona de Bosque Secundario y Cultivo de Papa



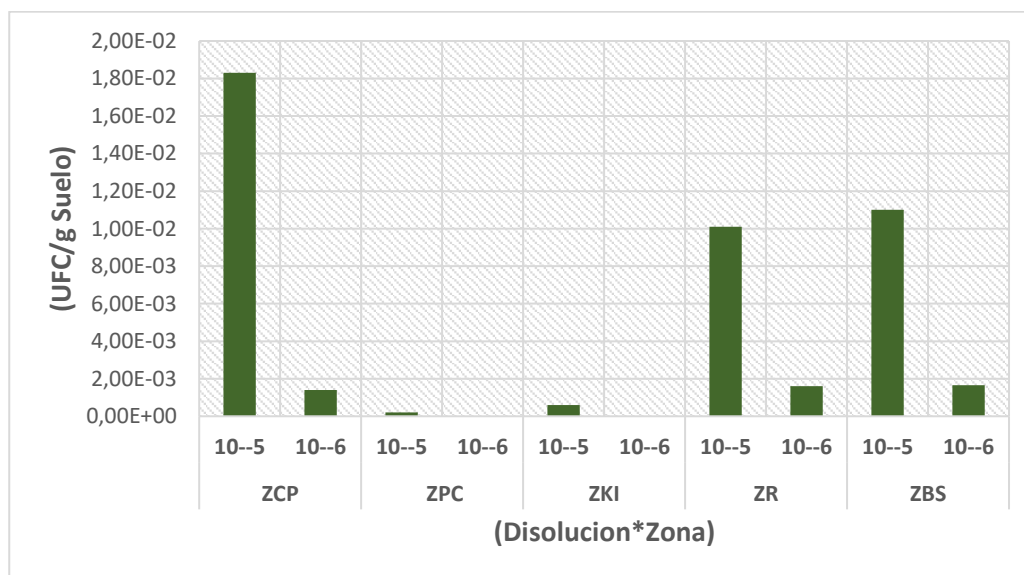
Las actividades de estos microorganismos es irremplazable en la transformacion de la materia organica, y la biomasa microbiana contribuye a la formacion del humus.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Bacterias (UFC/gr de Suelo)

Figura 28

Cultivo de Bacterias (UFC/gr de Suelo)



El cultivo de bacterias que mas representativo fue, la zona de cultivo de papa, la zona de restauracion y Bosque secundario (**Ver Figura 28**). En Pastos de Corte y Pastos kikuyo las bacterias fue en poco y casi nada el crecimiento de las colonias. En este grupo de bacterias se muestra la posible presencia de bacterias del genero *Bacillus*, *Enterobacterias* y *Pseudomonas*.

Las *Pseudomonas* actuan en los cultivos y ayudan a promover el crecimiento vegetal (Akintui, y otros, 2015). y cooperan a la eliminacion de microorganismos que puedan afectar al suelo e investigaciones afirman cooperan a la degradacion de herbicidas. (Akintui, y otros, 2015). Ademas, estimulan el crecimiengto de otros microorganismos beneficos que estan asociados al crecimiento de las raices (Bio, 2016).

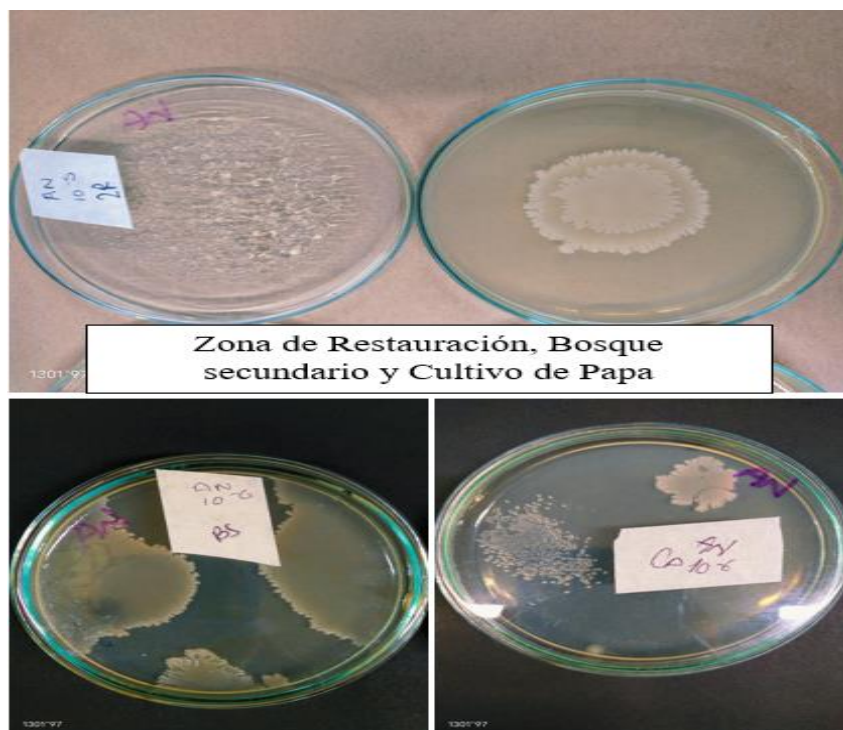
La el genero *Bacillus* es una bacteria que esta relacionada con el control biologico, al disponer esta bacteria en el medio genera carbonatos de calcio, sustancias

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

que favorecen al suelo, logrando aumentar los agregados en la tierra y ademas los nutrientes, y disminuye la presencia de componentes toxicos derivados del aluminio. Usando este genero se puede solucionar posibles problemas de salinidad en los suelos (Cañas rodriguez, 2022).

Figura 29

Cultivo de Bacterias en bosque Secundario, Zona de Restauración y cultivo de Papa



Las Enterobacterias son bacilos ubicuos, presentes en la mayoría de suelos, crecen rapidamente en medios de cultivo y en sustratos organicos. Estas bacetrias fijan el nitrógeno y la solubilización de fosfatos, verificandose su gran potencial para el crecimiento de las plantas (Hernandez , y otros, 2015). Para la investigación de estas bacterias se requiere de un aislamiento y caracterización invitro, para posterior a esto determinar su efecto en los cultivos agrícolas (Hernandez , y otros, 2015).

Estas bacterias en el suelo, descomponen y mineralizan la descomposición de los residuos sólidos. En los suelos que se encuentran en proporción alta cumplen con el crecimiento

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

de las raíces y un aporte importante en elementos básicos para su desarrollo y producción en el suelo (Chindoy Lizarazo).

El número de bacterias en el suelo tiene una relación con las propiedades físicas de los suelos, principalmente en la textura, aireación y retención de humedad. En la parte química se favorecen de un pH neutro, con baja acidez. Lo que no está en congruencia con los suelos de estudio, ya que estos son fuertemente ácidos. Lo que puede significar la asimilación de las bacterias a estas condiciones.

Análisis de las condiciones meteorológicas e hidrológicas del área del estudio

Fase 3 – Interpretación de Datos de precipitación normal y efectiva

Con la descarga de los datos meteorológicos de precipitación, gráficas de precipitación donde se presentó fenómenos de la niña para los años 2008, 2010 y 2011. Y fenómenos del niño en los años 2015 y 2016 ver **Figura 31**.

Los fenómenos niño o niña son declarados cuando la diferencia es mayor a $+0.5^{\circ}\text{C}$ durante cinco meses o más, es niño. Por el contrario, la niña se declara cuando la diferencia es menor a -0.5° . de acuerdo con esto la niña inicia en el mes de julio de 2010, línea azul oscura y solo en mayo del 2011 se neutraliza, línea color gris. Que es lo que se puede apreciar en la **figura 30**. La ola invernal en estos años bajo el fenómeno de la niña, donde deslizamientos e inundaciones (Alzate , Rojas , Mosquera, & Ramon , 2015). Que pueden generar pérdidas e inestabilidad en el suelo, esto debido a la saturación y la pérdida de material vegetal en el suelo.

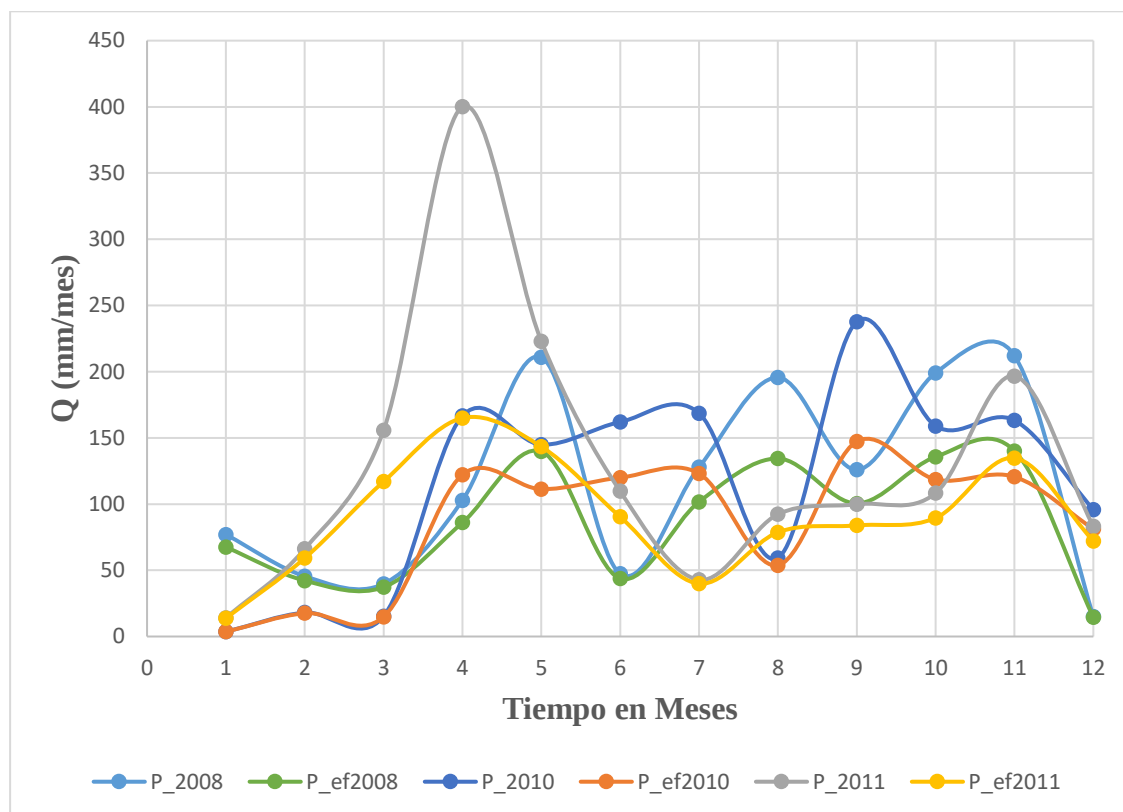
En los años 2008, 2010 y 2011 se calcularon precipitaciones máximas de 400 mm en el mes de febrero para el año 2011 lo que puede generar desastres e inundaciones y posteriores deslizamientos. “El efecto de “La Niña” en nuestro país se caracteriza por un

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

aumento considerable de las precipitaciones (anomalías positivas) y una disminución de las temperaturas (anomalías negativas) en las regiones Andina, Caribe y Pacífica”.

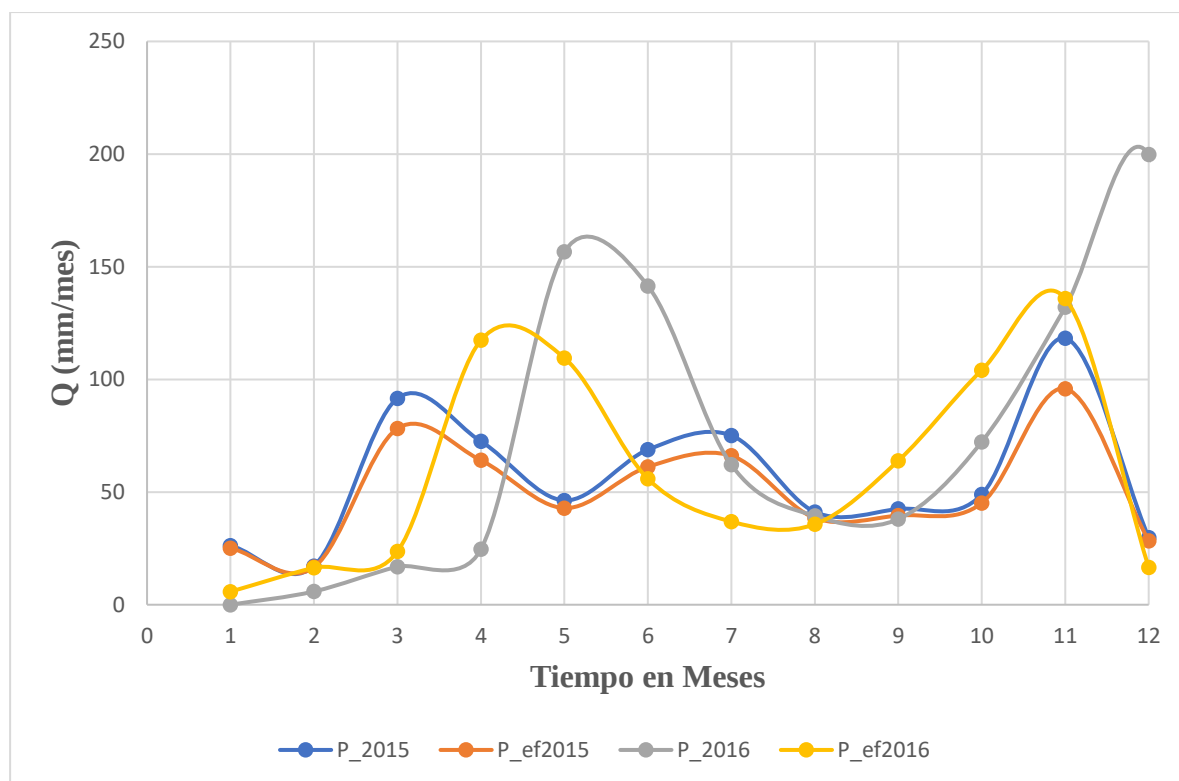
Figura 30

Fenómenos de la niña



Al finalizar aprox. en abril de 2010 la última fase cálida del ENSO, durante mayo y junio del mismo año prevalecieron condiciones cercanas a la neutralidad, para luego dar rápidamente un cambio opuesto hacia una fase fría “Niña” (IDEAM, 2011).

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

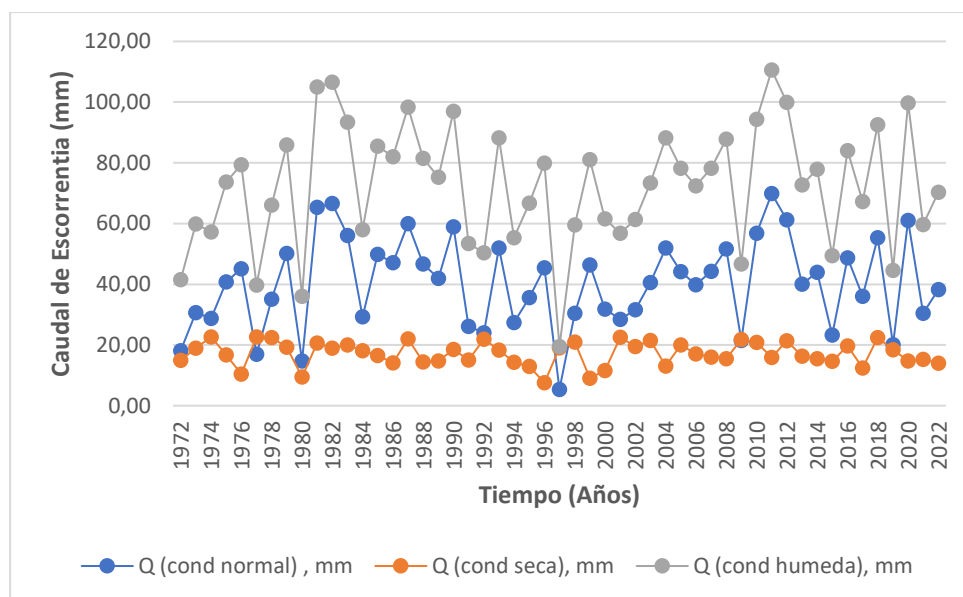
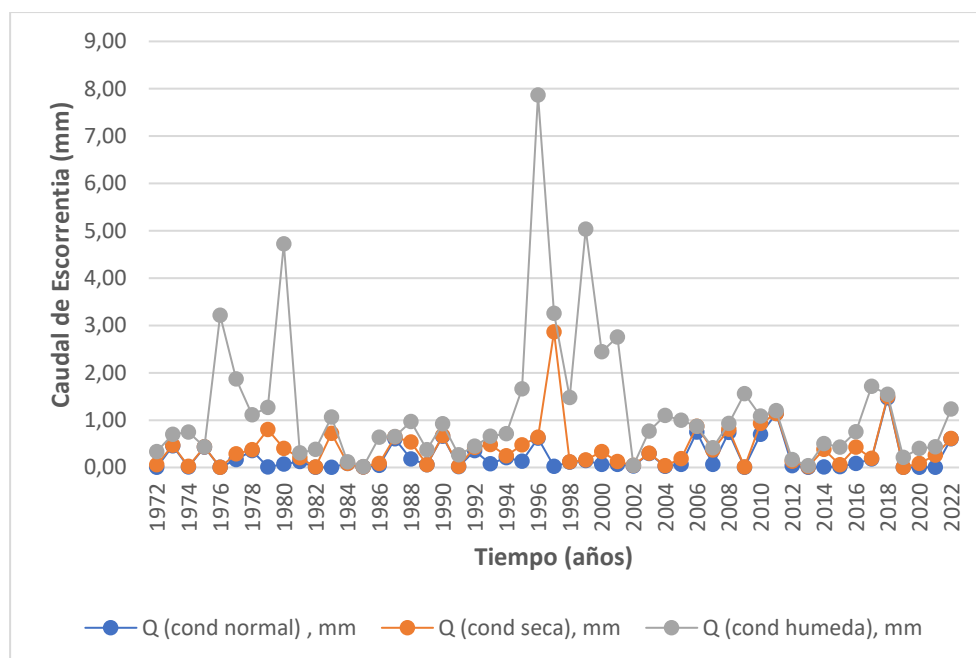
Figura 31*Fenómenos del Niño***Fase 4 – Calculo de la escorrentía superficial****Niveles máximos de escorrentía**

Comportamiento temporal de la escorrentía en condiciones secas, húmedas y normales.

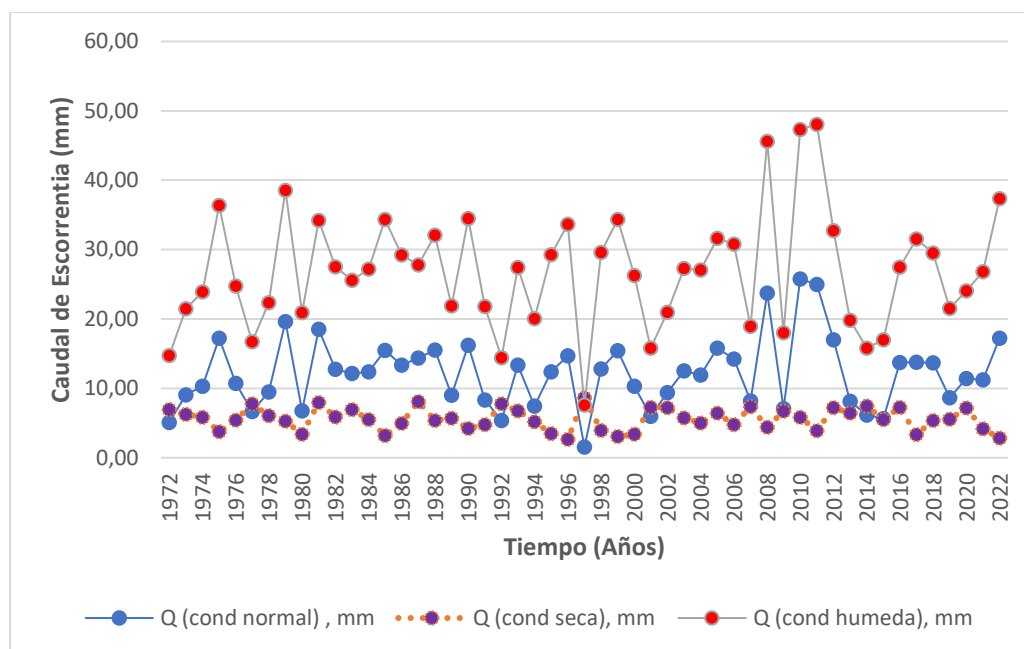
las actividades antrópicas (arado en pendientes, deforestación y sobrepastoreo) y la alternancia climática de largos periodos de sequía, que se intercalan con periodos cortos de precipitación intensa, han conllevado una intensa degradación de los suelos generando una pérdida de diversidad sistémica.

Los gráficos de escorrentía máxima, mínima y promedio nos indica:

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 32*Escorrentía máxima***Figura 33***Escorrentía Mínima*

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Figura 34*Promedio de Escorrentía*

El clima de cualquier región del planeta es muy regular año a año, de acuerdo con el sitio a el lugar que se encuentre (Lavao Pastrana, 2014). En el caso Pamplona los años de sequía se presentaron en el año 1980, 1997, 2009 y 2006 y mínimos de causal de escorrentía, como se aprecia en la **figura 33**. y máximos de precipitación se presentaron en los años 1981 y parte de 1982, 2010 y 2011.

La materia orgánica que tenemos en suelos sin vegetación es la más propensa a la erosión y a la escorrentía en tiempo de largas precipitaciones, cuando ocurre erosión del suelo la cantidad de agua de escorrentía aumenta, lo que hace que menos agua se infiltre y esté disponible para los cultivos (Gonzales Toro).

En los años que se presentaron mayores precipitaciones, pudieron existir evento de lavado de suelos, debido a que en la finca los Acacios hay zonas de poca vegetación, lo que reduce el % de infiltración.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

El escurrimiento en la cuenca tiene dos picos. El primero en los años 2008, 2010-2012 lo que se debe a los eventos climáticos del fenómeno de la niña.

Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en restaurantes para su posterior Transformación de los residuos en Abonos Orgánicos

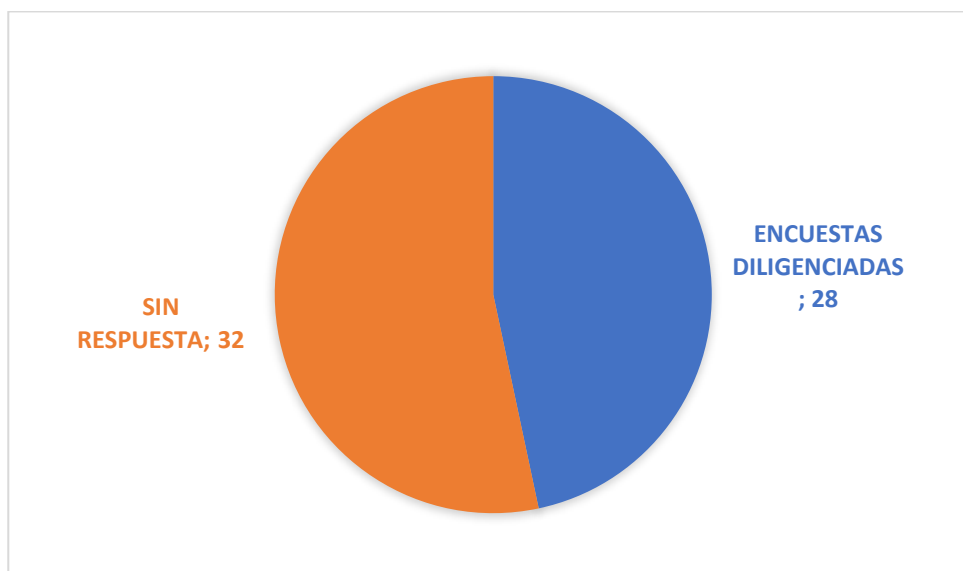
Fase 5 – Recolección de datos de los restaurantes en el municipio de Pamplona

Con la base de datos que proporciono cámara y comercio del municipio, se validaron los restaurantes que tenían registro mercantil actualizado del cual 62, cumplían con los requisitos.

Con el resultado de la Ecuación fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas en la que se obtuvo un resultado del tamaño de muestra de 59.59, con un nivel de confianza del 99%, Ver **Figura 35**. Se aplicaron las 60 encuestas, pero solo 28 de ellas fueron contestadas por los encuestados.

Figura 35.

Tamaño de muestra Restaurantes



El número de encuestas que no fueron aplicadas se debió a que el personal que se encontraba laborando en dicho, lugar no estaba autorizado para realizarla o no podían por

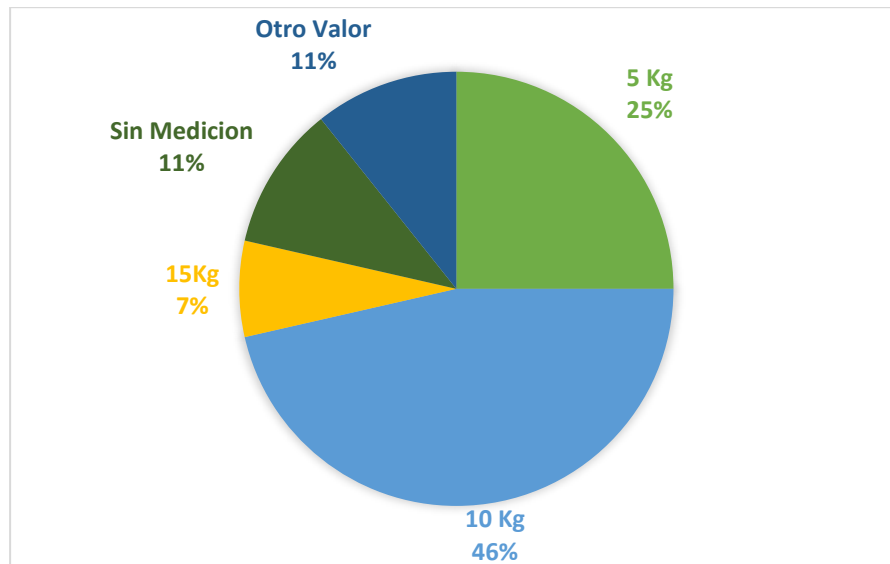
PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

protección de datos internamente en el establecimiento. En otros casos, se dio en que habían cerrado temporalmente los establecimientos, o no coincidían con las direcciones que estaban registradas.

De las ocho preguntas que se aplicaron, dos de ellas fueron fundamentales para caracterizar los (RSO) que se iban a utilizar en la elaboración del Abono orgánico fermentado Bokashi. Una de ellas era la cantidad de RSO que generaban diariamente, lo cual mostro que el valor más alto fue de 10 Kg con un porcentaje de generación del 46%, 5kg para el 25%, 15 Kg con un 7%, (otro valor) considerado por el encuestado del 11% y sin medición el 11% ver **figura 36**, para este resultado de sin medición fue porque las personas no sabían que cantidad aproximada de residuos generaba el establecimiento.

Figura 36.

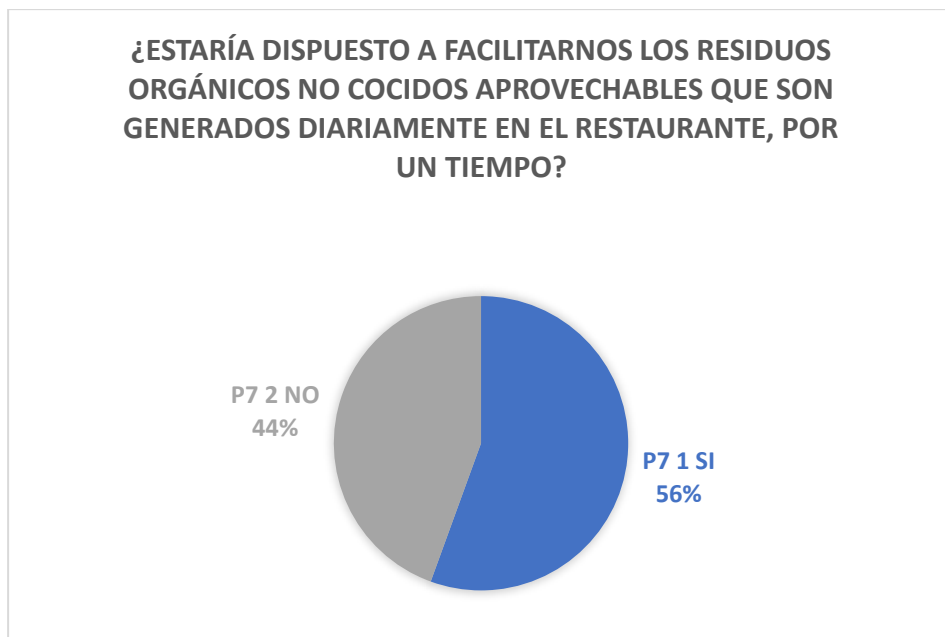
Cantidad de RSO generados diariamente en los restaurantes del Municipio de Pamplona



Nota. El grafico representa los porcentajes dados obtenidos en la clasificación de residuos sólidos orgánicos (RSO) generados en los restaurantes del municipio.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Una de las principales preguntas de la encuesta era si los propietarios estarían dispuestos a aportarnos sus RSO para iniciar la elaboración del abono fermentado Bokashi. En las que se obtuvo que el 56% de los establecimientos si podían aportarlos. el otro 44%, no fue logrado debido a que algunos tenían fincas y lo utilizaban para el alimento de sus animales, en otros casos ya tenían una persona encargada que recogiera los residuos.



Con el porcentaje de restaurantes que aportaron sus residuos compostables, fue suficiente para la elaboración de abono.

La cantidad de residuos que son generados diariamente en los restaurantes es de gran magnitud, de esos 28 restaurantes la generación de residuos mensual diaria es un aproximado de 8400 Kg, los que se irían al relleno sanitario. Solo teniendo en cuenta los restaurantes que afirmaron que si podían recoger sus residuos.

Fase -6 Elaboración de Abono Orgánico tipo Bokashi

Días de lectura, abono orgánico tipo “Bokashi”

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Tabla 12*Control y seguimiento del abono tipo Bokashi, durante siete días consecutivos*

Lectura durante 7 días								
Parámetros	22	22	22	22	22	22	22	22
	07	07	07	07	07	07	07	07
	07	08	09	10	11	12	13	14
Jornada Mañana								
Temperatura (°C)	28°	42°	24°	24°	24°	26°	24°	22°
	30°	44°	24°	26°	24°	28°	26°	22°
	28°	38°	25°	26°	24°	26°	26°	22°
	Jornada Tarde							
	32°	42°	24°	24°	24°	22°	24°	22°
	38°	44°	22°	24°	22°	22°	22°	22°
	38°	44°	24°	24°	22°	18°	24°	22°
Jornada Mañana								
Potencial de hidrogeno (pH)	5	6	7	7	7	7	7	7
	Jornada Tarde							
	6	7	7	7	7	7	7	7
Humedad (%)	40-60	40-	40-	40-	40-	40-	40-	40-
		60	60	60	60	60	60	60
	40-60	40-	40-	40-	40-	40-	40-	40-
		60	60	60	60	60	60	60

Día 1. Presencia de moscos y mosquitos, sale un leve vapor de la pila al removerla en la parte superficial y de fondo.

Día 2. Presencia de mosquitos con temperatura uniforme, presencia de algunos bichos, olor fermentado.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Disolución 1:1 para la toma de muestra del pH.

Aglomeración del abono, en especie de bolas de 0.5 cm de diámetro

Día 3. Presencia de moscos y bichos. La parte superficial del abono se encontró seco.

Con temperaturas entre los 24°-22°C.

Día 4. El compost se encontró en coloraciones Marrones. La cascarilla que fue adicionada, cambio su coloración también a marrón. Presencia de moscos y no se presentan olores putrefactos.

Temperatura del compost entre los 24° y 26°C.

No hay aumento de temperaturas, continuo estable. Lo que quiere decir que los microorganismos se encuentran en un ambiente favorable para su crecimiento.

Día 5. Sudoración en el plástico que protege el abono, coloración más café y sin moscos. Con macroinvertebrados recorriendo en compost. Los turrone de diámetro 0.5 cm se han ido desintegrando.

Día 6. Ocurre un aumento de temperatura que oscila entre los 26° y 28°C, sin presencia de mosquitos.

Día 7. Sin presencia de mosquitos, con invertebrados pequeños, tiene un color marrón más oscuro. Con turrone desintegrados, y una temperatura en descenso que oscila entre los 24° y 26° C.

Día 8. Sin presencia de mosquitos, temperatura más estable oscilando entre los 22°C, con un olor agradable.

Los dos primeros días de la elaboración del abono, la temperatura llego a los 44°C, que es una etapa en la cual los microorganismos empiezan a tomar toda la energía aportada para la descomposición, lo que es buena señal para la continuidad de las demás etapas del proceso.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

(FAO, Organización de las naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura , 2017)

Al tercer día la temperatura empieza a estabilizarse, a oscilar entre los 24 y 26°C, dado al agotamiento de la fuente que les proporcionaba energía. En la etapa de maduración pasan a degradarse los materiales que todavía les falta degradarse, este punto es más lento, que puede llegar hasta el día 19, en la finalización del proceso. (Piedrahita Gaviria & Caviedes Alban , 2012)

El pH de la composta inicio de 6, Acido. Lo que fue mejorando a partir del siguiente día, estuvo hasta su octavo día con valores de pH de 7 Neutral.

La humedad para la eficiencia del proceso estuvo sin escurrimientos, y sin rápidos desmoronamiento. En el punto de 50 y 60%. Fue un proceso aeróbico optimo.

Fase 7- Análisis del abono orgánico Fermentado tipo “Bokashi”

Resultados Químicos

Los resultados entregados por el laboratorio de suelo reflejan los siguientes resultados.

Tabla 13

Resultados obtenidos a partir del análisis Físico químico del abono

PARAMETRO	Unidades	RESULTADO
	unidad de	
pH	pH	8,65
Conductividad	(mS/cm)	1,07
Nitrógeno Total	(% N)	5,106
Fósforo	(% P ₂ O ₅)	0,966
Potasio Soluble en Agua	(% K ₂ O)	0,388
Carbono Orgánico Total		
Oxidable	(% C)	34,78

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Sodio	(% Na)	0,095
Calcio	(% CaO)	0,811
Magnesio	(% MgO)	0,394
Humedad	(%)	47,09
Cenizas	(%)	13,43
	(mg	
Manganeso	Mn/kg)	455,864
	(mg	
Cobre	Cu/kg)	16,491
	(mg	
Zinc	Zn/kg)	510,74
Hierro	(g Fe/kg)	9,372
Azufre	(% S)	0,131
Densidad	(g/cm ³)	0,7924
Boro	(mg B/kg)	1,81
Silicio Total	(%SiO ₂)	5,62
Pérdidas por Volatilización		39,5
Relación C/N		6,81

Al analizar los resultados obtenidos por el abono, se puede evidenciar que los aportes nutricionales del abono fueron altos, en los contenidos de N, K, P, COT, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe, Zn. Con un pH, alcalino. El contenido de Carbono orgánico total fue del 34%, lo que puede evidenciar la cantidad de compuestos orgánicos presentes en el abono. (Martinez H, Fuentes E, & Acevedo H), este parámetro se vincula con la disponibilidad de nutrientes ya que aporta elementos como el de N, que es uno de los sustentos más importantes el suelo para el aporte nutricional de las plantas. ayuda a modificar la acidez de los suelos y la alcalinidad a valores neutros, además este compuesto aumenta la solubilidad de los nutrientes en el sustrato.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Este abono cuenta con una humedad del 47%. Los valores nutricionales de esta enmienda están directamente relacionados con los elementos que fueron utilizados para su elaboración. Si se quisiera conseguir otros contenidos nutricionales es necesario el uso de materiales ricos en los compuestos que se quieren obtener.

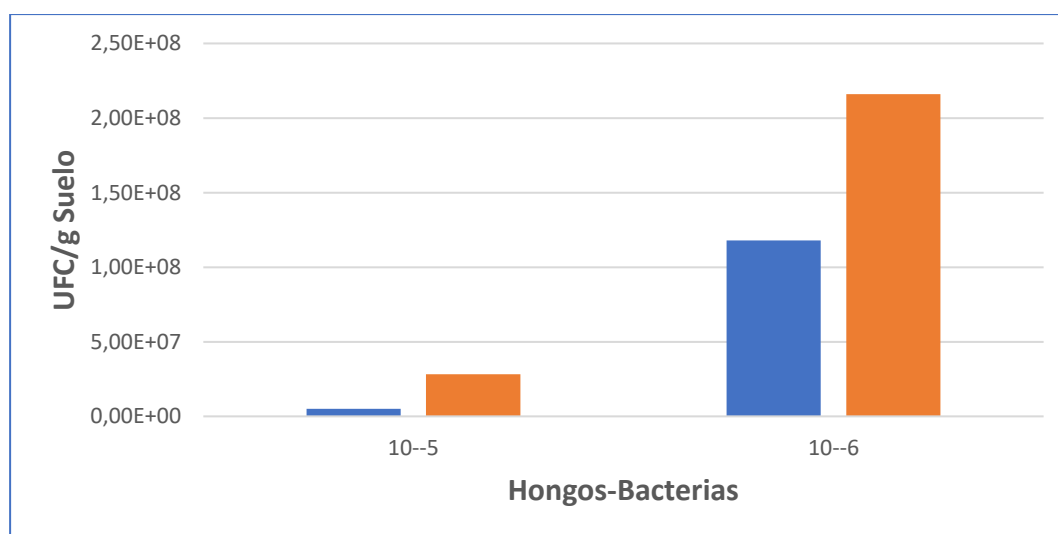
Análisis microbiológico

Cultivo de hongos y bacterias conteo general del Bokashi

Como se puede observar en la **tabla 14**, en las disoluciones 10^{-6} el aporte de bacterias y hongos es beneficioso. Los contenidos de microorganismos en el abono son favorables, lo que puede generar el aporte directo de microorganismos al suelo. Mediante esta técnica de abono orgánico fermentado, este proceso biológico es llevado a cabo por los microorganismos que son incorporados en los materiales para su elaboración, por lo tanto los factores que afectan la actividad microbiana tendrán incidencia directa en la transformación y sobre todo en la calidad del compost. (Ramos Aguero & Terry Alfonso, 2014)

Tabla 14

Cultivo de Hongos y bacterias del abono Orgánico Fermentado Bokashi



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

El autor Silva de Cary (2006, citado en (Ramos Agüero & Terry Alfonso, 2014) Las colonias de Bacterias y actinomicetos son mayores a que los hongos, lo que puede estar en relación con que ellas son las que participan en la nitrificación y amonificación para la biota del suelo.

Propuesta de Restauración del suelo

“Los terrenos que no tienen las condiciones necesarias para generar cultivos agrícolas son más comunes de lo que se cree. Según la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación, cada año desaparecen unos 24 millones de toneladas de tierra fértil en el mundo. Igualmente, mapas levantados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) evidencian que el problema está presente en gran parte de los continentes” (Cañas rodriguez, 2022).

A partir de los Resultados obtenidos del análisis de suelo en cada una de las zonas, se optó por escoger la zona de Pasto de corte para realizar la prueba piloto de restauración del suelo, con la interacción abono orgánico Bokashi-suelo.

La restauración del suelo fue realizada en la zona de Pasto de corte. Inicialmente fueron tenidos en cuenta los índices de calidad del suelo, para saber cuál era el suelo que en sus condiciones químicas y microbiológicas estaba más alterado o estaban en deficiencia, en otras palabras, que no estuvieran en los rangos de calidad expresados por (Cantu, 2009). Los suelos que presentaron mayor desequilibrio en los índices de fertilidad fueron las zonas de Pasto de Corte y Pasto kikuyo, en mayor proporción la zona de los pastos de corte, con deficiencia en pH, MO, P, K, Mg. Con los índices de calidad ya establecidos, para la prueba piloto de restauración, aparte de estas variables, fueron contemplados los mapas de curvas de nivel y pendientes. Que fueron de utilidad para saber cuáles eran las zonas que tenían un grado de pendiente menor para

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

la aplicación del abono, y que los efectos de las precipitaciones y la esorrentía no interfirieran en el estudio. Como lejanía de las curvas de isométricas determinan el nivel de inclinación, y esto es proporcional al movimiento del agua en la superficie, evitando así que se pudiera lavar el sustrato que se iba a incorporar al suelo. La materia orgánica juega un papel muy importante con el factor humedad, debido a que el compost que se incorpora en el suelo mejora su estructura y la capacidad de retención de agua, y a su vez en un indicador de la conservación de la humedad, lo que es favorable para los cultivos de la zona. Otro de los indicadores imperantes del suelo es su microbiota, Una de las zonas con deficiencia de microorganismos fueron los pastos, entre ellos el pasto de corte, donde la presencia de hongos y bacterias fue mínima y casi nada. Y los análisis realizados al abono corresponden a que este es rico en microorganismos lo que resulta ser beneficioso para el suelo, ya que estos microorganismos en la rizosfera son los que agilizan la descomposición de la materia orgánica, participan en el ciclaje geoquímico de los nutrientes y ayudan a determinar su disponibilidad para las plantas y las comunidades microbianas del suelo (Osorio Vega , 2009). Es importante mencionar que estos seres pueden también pueden disolver minerales insolubles que controlan la disponibilidad de elementos, como ejemplo el fosforo, a través de la liberación de ácidos orgánicos.

(Osorio Vega , 2009).

Los resultados de la aplicación del abono en el suelo Ver **tabla 15**, resulto positivo, lo niveles de Metería orgánica aumentaron, y tuvieron un resultado del 10.48%. Además, estabiliza los compuestos químicos denominados Macroelementos del suelo como el P, K, Ca, Mg que también fueron favorables con la aplicación del abono. El

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

aporte nutricional en elementos menores como el Mn, Cu, Zn, B, también se pueden ver contemplados con un aumento a sus concentraciones.

Tabla 15

Resultados del análisis fisicoquímico de la restauración del suelo

PARAMETRO	Resultado Restauración	Resultado sin la restauración
pH	5.74	5.2
Materia Orgánica (%)	10.48	2.77
Fosforo (ppm)	148	4.38
Potasio (meq/100g)	3.18	0.14
Calcio (meq/100g)	11.33	2.19
Magnesio (meq/100g)	2.88	0.51
Sodio (meq/100g)	0.33	0.1
CIC (meq/100g)	35.86	
Hierro (ppm)	79.05	293
Manganeso (ppm)	23.65	4.39
Cobre (ppm)	2.6	0.93
Zinc (ppm)	2.61	0.29
Boro (ppm)	1	0.21
Azufre (ppm)	14.67	
Textura (%)	Franco-Arcilloso-Arenoso	Franco-Arcilloso-Arenoso
Arenas (%)	58.4	46
Arcilla (%)	22	34
Limo (%)	19.6	20

Es importante mencionar, que el contenido nutricional del abono se puede cambiar de acuerdo con los requerimientos del suelo, mediante el cambio de los materiales que se incorporan en la composta, ejemplo si se requiere más contenidos de potasio en un cultivo es

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

necesario que la fuente inicial o el ingrediente primario para agregar a la composta sea rico en Potasio. En el caso de una restauración del suelo para la reforestación sería lo mismo, de acuerdo con la carencia nutricional que tenga el suelo así mismo será la elaboración del abono al inicio del proceso.

Esta práctica de restauración del suelo puede ser aplicada a cualquier tipo de suelo, todo depende de su necesidad nutricional y las condiciones que se tengan en la zona que se vaya a restaurar. El mejoramiento de los suelos antes de ser reforestados, puede ser un factor de agilización del proceso, con un suelo sano el proceso de crecimiento de las plantas que se vayan a usar para la reforestación puede ser más rápido, debido al aporte nutricional que tiene el abono orgánico fermentado tipo bokashi.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

7. Conclusiones

La investigación realizada en el presente documento logro mostrar que los niveles de materia orgánicas y nutrientes pueden elevados mediante aporte que hace el uso de enmiendas orgánicas, en abonos fermentados tipo Bokashi, lo que favorece al suelo y permite que los fertilizantes sintéticos puedan ser remplazados por aportes más orgánicos para la recuperación de los suelos.

Los suelos en la finca los Acacios presentaron niveles muy bajos en el porcentaje de materia orgánica y nutrientes sobre todo para los pastos de corte, pastos kikuyo y la zona de restauración. Lo que puede deberse al grado de pendiente de cada zona, porque para las zonas de bosque y cultivo de papa tuvieron valores un poco más elevados.

Los suelos en la zona de estudio son de origen con pH ácidos, además cuentan con una fertilidad baja lo que es necesario el uso de fertilizantes o en este caso es recomendable los abonos orgánicos.

El abono Bokashi puede servir para cualquier suelo que sea pobre en microorganismos y en Macroelementos primarios y secundarios, así como elementos menores. Todo va a depender de los ingredientes que sean utilizados para su elaboración.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

8. Recomendaciones

Al ser la infiltración tan lenta en las zonas productivas de la finca, es necesario que el riego sea de forma prolongada, por goteo para que los suelos no alcancen su punto máximo de saturación y se dé una infiltración más homogénea.

En la finca los Acacios del municipio, donde fue desarrollado el proyecto es necesario el manejo adecuado de la escorrentía por un evento de lluvia permite controlar el exceso de agua que no se filtra, por lo que es necesario realizar prácticas que disminuyan este evento, por ejemplo, la construcción de zanjas de ladera o siembras al contorno de las curvas de nivel del suelo, realizar barreras vegetativas, desagües protegidos con vegetación. Lo que beneficia a los cultivadores, de erosiones, y arrastre de contaminantes por sedimentos, evita la acumulación de agua y provoque charcos de agua, la vegetación ayuda a filtrar la escorrentía, lo que puede ser beneficioso para las plantas.

Las terrazas de infiltración son elaboradas para lugares con pendientes pronunciadas, estas terrazas al igual que las zanjas tienen como objetivo evitar que el agua escurra, y conseguir que esta penetre en el suelo, permitiendo que los suelos inclinados sean usados con cultivos agrícolas o plantaciones forestales. (Pizarro , Morales C, Vega T. , & Balocchi C, 2009)

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

9. Referencias bibliográficas**Referencias**

ACADEMIA. (2022). Obtenido de

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/sistemas_y_tecnicas_para_el_compostaje.pdf

Acevedo S, M. C. (2018). *Univerisidad de la Salle*. Obtenido de

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/759/

Acevedo Sandoval, O., Ortiz Hernandez , E., Cruz Sanchez , M., & Cruz Chavez , E. (2003).

Redalyc. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311096013.pdf>

Agencia Europea de Medio Ambiente. (5 de 12 de 2019). Obtenido de

<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2019/articulos/el-suelo-la-tierra-y>

Agricultura, L. O. (2011). *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>

Akintui, M., Alcantara, H., Alva, A., Castillo, H., Huayan , J., & Llenque , L. (2015).

Universidad Nacional de Trijillo. Obtenido de

https://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=pseudomonas_bacterias_que_mejoran_la_salud_y_el_crecimiento_de_las_plantas&id=3684

Alef, K. &. (1995). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. New York:

Estimation of soil respiration. pp. 464-470.

Alzate , D., Rojas , E., Mosquera, J., & Ramon , J. (2015). *ResearchGate*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/273773968_Cambio_climatico_y_variabilidad_climatica_para_el_periodo_1981-2010_en_las_cuencas_de_los_rios_Zulia_y_Pamplonita_Norte_de_Santander_-_Colombia

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Ambiente, M. d. (4 de Agosto de 1998). Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-461-1998.pdf>

Angelone, S., Garibay, M. T., & Cauhape Casaux, M. (2006). Obtenido de <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>

Artica Ortega, A., & Altamirano Maldonado, J. (Noviembre de 2015). *BDigital*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/726c4082-3793-41d6-8414-9fe203c3ea30/content>

Banco Mundial. (1 de Abril de 2022). Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>

Berrocal Rosso, E., Durango Petro, J., Barrera Violeth, J., & Diaz Ponguta, B. (2009). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v58n3/v58n3a06.pdf>

Bio, C. (2016). *Control Bio*. Obtenido de https://controlbio.es/es/blog/c/92_pseudomonas-microorganismos-de-biocontrol-en-agricultura.html#:~:text=Las%20Pseudomonas%20act%C3%BAan%20de%20una,las%20ra%C3%ADces%20como%20las%20micorrizas.

Borges Gomez, L., Escamilla Bencomo, A., Soria Fregoso, M., & Casanova Villareal, V. (4 de Diciembre de 2005). *Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57311146002.pdf>

Borrero, C. (2022). *InfoAgro*. Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp

Bragado, R. (17 de Marzo de 2017). *Tiloom*. Obtenido de <https://www.tiloom.com/respiracion-edafica-basal/>

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Caicedo Rosero, L., Mendez Avila, F., Gutierrez Zeferino, E., & Flores Cuautle, J. (5 de Julio de 2021). *PADI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de

<http://portal.amelica.org/ameli/journal/595/5952727005/html/>

Cañas rodriguez, E. (2022). Obtenido de <https://www.bioquirama.com/pdf/La-bacteria-Bacillus-subtilis.pdf>

Cardona, A. (9 de Enero de 2019). *Ecología Verde*. Obtenido de

<https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-los-agentes-contaminantes-del-suelo-1796.html>

Cardona, W. A., Bolaños, M., & Chavarriaga, W. (Junio de 2016). *Scielo*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122016000200006

Cherlinka , V. (2022). *EOS DATA ANALYTICS*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>

Chindoy Lizarazo , E. (s.f.). *Universidad de los Llanos*. Obtenido de

<https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1371/Caracterizaci%F3n%20de%20la%20acatividad%20Fungica%20y%20Bacteriana%20Sobre%20los%20Suelos....pdf>
;jsessionid=1AD19D2B63C4BD3499397E9421BEBAA1?sequence=1

Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. (2022). Madrid, España: Comares.

Combatt Caballero, E., Novoa Yanez, R., & Barrera Violeth , J. (Junio de 2012). *Scielo*.

Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000200009

CORPAMAG. (4 de Agosto de 2004). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Obtenido de

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

[https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion865_20040722.htm#:~:text=\(Julio%2022\)&text=Por%20la%20cual%20se%20adopta,y%20se%20adoptan%20otras%20disposiciones](https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion865_20040722.htm#:~:text=(Julio%2022)&text=Por%20la%20cual%20se%20adopta,y%20se%20adoptan%20otras%20disposiciones).

Crisolo Berrospi, L. K. (2020). *Universidad Científica del Sur*. Obtenido de

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1540/TB-Crisolo%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cristobal Acevedo, D., Alvarez Sanchez , M., Hernandez Acosta, E., & Amendola Massiotti, R.

(Septiembre de 2011). *Scielo Mexico*. Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000300325&script=sci_arttext#aff1

Dallatorre, J. S. (2 de Julio de 2018). *Portal Amelica*. Obtenido de

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941754001/html/index.html>

E. Sarmiento, S. F. (10 de Septiembre de 2018). *Asociacion Española de ecologia Española*.

Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/330304355_Indices_de_calidad_del_suelo_Una_revision_sistematica

Esto es Agricultura. (19 de Noviembre de 2022). Obtenido de

<https://estoesagricultura.com/composicion-del-compost-relacion-c-n/#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20C%2FN%20es,en%20peso,%20no%20en%20volumen>.

Estrada H, R., Hidalgo M, C., Guzman P, R., & Almaraz, J. J. (2017). *Scielo Mexico*. Obtenido

de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813#B13

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

FAO. (18 de Junio de 2017). Obtenido de <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>

FAO. (2017). *Organizacion de las naciones unidas para la Alimentacion y la Agricultura* .

Obtenido de <https://www.fao.org/3/i6937s/i6937s.pdf>

FAO. (10 de Noviembre de 2022). *Organizacion de las naciones unidas para la alimentacion y*

la Agricultura . Obtenido de [https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-](https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/salud-global-del-suelo/es/#:~:text=Las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20del%20suelo,y%20las%20condiciones%20de%20enraizamiento)

[restoration/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/salud-global-del-](https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/salud-global-del-suelo/es/#:~:text=Las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20del%20suelo,y%20las%20condiciones%20de%20enraizamiento)

[suelo/es/#:~:text=Las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20del%20suelo,y%20las%20condiciones%20de%20enraizamiento](https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/evaluacion-de-los-indicadores-globales-de-la-salud-del-suelo/salud-global-del-suelo/es/#:~:text=Las%20principales%20caracter%C3%ADsticas%20del%20suelo,y%20las%20condiciones%20de%20enraizamiento)

Ferreira Garcia, A. (Noviembre de 2017). *Universidad de los Andes*. Obtenido de

[https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39959/u807510.pdf?sequence=](https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39959/u807510.pdf?sequence=1)

1

FICG. (2022). *Fundacion Ingenieria Civil de Galicia*. Obtenido de

http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/415/pdfs/Capitulo%205.pdf

FUTURCROP. (2022). *FUTURCROP*. Obtenido de

<https://futurcrop.com/es/blog/post/importancia-del-ph-del-suelo-en-la-disponibilidad-de-los-nutrientes/>

Gamarra Lezcano , C. C., Diaz Lezcano, M. I., Vera de Ortiz, M., Galeano, M., & Cabrera

Cardus, A. J. (15 de Diciembre de 2017). *Relacion Carbono-Nitrogeno en Suelos de*

sistemas silvopastoriles del Chaco Paraguayo. 9 (46), 10. Recuperado el 2022, de

<https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>

Garcia , M., Infante, C., & Lopez , L. (Agosto de 2012). Obtenido de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612012000200003

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

- Garcia Ramirez, C., Rey Leon , V., & Valencia, V. (Septiembre de 2017). Ortoneises en la Frnaja Silos-Babega, Macizo de Santander, Colombia: evidencias de la orogenia famatiniana en los Andes del norte. *Scielo*. Recuperado el Noviembre de 2022, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-71062017000300307&script=sci_arttext
- Garcia, R. &. (Abril de 2012). *Scielo Mexico*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200001
- Garrido Valero, S. (1993). *Ministerio de Agrilcultura y pesca*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf
- Giraldo, S. C. (15 de Abril de 2016). *Universidad Nacional del Colombia* . Obtenido de <https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/14/14>
- Giron Pinto, J. (2019). *Universida de la Salle*. Recuperado el Noviembre de 2022, de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2170&context=ing_ambiental_sanitaria
- Gonzales Toro, C. (s.f.). *Academia UPRM*. Obtenido de <https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-905/ccerosionymanejoescorrentiaescrito.pdf>
- Guegaimburu, J., Vazquez , J., Tancredi, F., Reposo, G., Rojo, V., Martinez , M., & Introcaso, R. (Mayo de 2019). *Scielo*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100081#:~:text=El%20nivel%20de%20f%C3%B3sforo%20\(P,la%20disponibilidad%20de%20los%20nutrientes](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902019000100081#:~:text=El%20nivel%20de%20f%C3%B3sforo%20(P,la%20disponibilidad%20de%20los%20nutrientes).
- Gutierrez , L. (Diciembre de 1978). *Sociedad colombiana de Ciencia del Suelo*. Obtenido de <https://edepot.wur.nl/480069#page=8>

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Hernandez , F., Velasquez , K., Carreño , C., Lloclla , H., Estela , C., & Altamirano, C. (Enero-Junio de 2015). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/5217/521751973001.pdf>

Hincapie Gomez , E., & Ramirez Ortiz , F. (Octubre de 2010). *Cenicafe*. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/404/1/avt0400.pdf>

Hossne Garcia, A., Mayorca Jaime, Y., Salazar Bastardo, L., Subero Llovera, F., & Zacillo Contreras , A. (10 de Octubre de 2009). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104322>

Hueso Gonzalez, P., Martinez Murillo, J., & Ruiz Sinoga, J. (2018). *Dianet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6526473.pdf>

IDEAM. (2011). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418818/An%C3%A1lisis+Impacto+La+Ni%C3%B1a.pdf/640a4a18-4a2a-4a25-b7d5-b3768e0a768a>

IDEAM. (Diciembre de 2014). Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/11769/153719/PDF_Monitoreo+de+coberturas+en+paramos+priorizados/2445e664-a13b-4694-bf04-dbb50a837d25

IGAC. (2010). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303960063_LEYENDA_NACIONAL_DE_COBERTURAS_DE_LA_TIERRA_METODOLOGIA_CORINE_LAND_COVER_ADAPTADA_PARA_COLOMBIA_ESCALA_1100000

IGAC. (10 de Marzo de 2020). *Instituto Geografico Agustin Codazi*. Obtenido de <https://igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guiademuestreo.pdf#overlay-context=es/contenido/tramites-y-servicios/informacion-de-clases-agrologicas>

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Inenka, G. (13 de Octubre de 2020). *Escuela de Postgrado de Ingenieria y Arquitectura*.

Obtenido de <https://postgradoingenieria.com/escuela-de-arquitectura-online/>

InfoAgro. (14 de 12 de 2016). Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/el-boro-en-el-suelo/>

Infoagro. (12 de Julio de 2017). Obtenido de <https://mexico.infoagro.com/el-suelo-y-su-estructura-fisica/>

INTAGRI. (2016). Obtenido de <https://blueberriesconsulting.com/el-magnesio-en-el-suelo-y-su-efecto-en-las-raices/#:~:text=El%20Mg%20en%20el%20suelo&text=La%20mayor%C3%ADa%20del%20Mg%20contenido,entre%20120%20a%202400%20ppm.>

J, S. (2022). *Fertilab*. Obtenido de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Nitrogeno-Disponible-En-El-Suelo.pdf>

J. Vasquez, F. M. (2013). *Scielo*. Obtenido de [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000300004#:~:text=La%20respiraci%C3%B3n%20del%20suelo%20se%20define%20como%20la%20producci%C3%B3n%20total,Lloyd%20y%20Taylor%2C%201994\).](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612013000300004#:~:text=La%20respiraci%C3%B3n%20del%20suelo%20se%20define%20como%20la%20producci%C3%B3n%20total,Lloyd%20y%20Taylor%2C%201994).)

Julca Otiniano, A., Meneses Florian, L., Blase Sevillano, R., & Segundo Bello, A. (Abril de 2006). *Scielo Chile*. Recuperado el Noviembre de 2022, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009#:~:text=LA%20MATERIA%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20SUELO&text=El%20humus%20tiene%20efecto%20sobre,y%20favoreciendo%20el%20intercambio%20gaseoso.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Julcan A., M. L. (2006). *Scielo Chile*. Obtenido de

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-

34292006000100009#:~:text=La%20materia%20org%C3%A1nica%20del%20suelo,1988%3B%20Graetz%2C%201997).

Kibet Serrem, C., Lopez Castañeda , C., & Kohashi Shibata, J. (Septiembre de 2008). Obtenido

de <https://www.redalyc.org/pdf/436/43612054009.pdf>

Lachica Cruz, I., Marquez Zequera, I., Garcia Estrada , R., Carrillo Fasio, J., Leon Felix, J., &

Allende Moral, R. (2017). *Scielo Mexico*. Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-

33092017000300397#:~:text=Los%20mucorales%20son%20principalmente%20hongos,et%20al.,%202013).

Laura, A., Enrique, V. J., & K., G. L. (10 de Diciembre de 2018). *Universidad Santo tomas,*

Bucaramanga. Obtenido de

[file:///C:/Users/jose1/Downloads/andradec,+Abono_Org%C3%A1nico%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jose1/Downloads/andradec,+Abono_Org%C3%A1nico%20(1).pdf)

Lavao Pastrana, S. (Julio de 2014). *Universidad Militar*. Recuperado el Noviembre de 2022, de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13331/Trabajo%20de%20Grado%20Sergio%20Lavao.pdf;sequence=1>

Lenblanc, H., & Cerrato, M. (8 de Junio de 2007). *ACADEMIA*. Obtenido de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50164959/POTENCIAL_DE_MINERALIZACIN_

[DE_NITRGENO_D20161107-22040-1iyvq46-with-cover-page-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50164959/POTENCIAL_DE_MINERALIZACIN_DE_NITRGENO_D20161107-22040-1iyvq46-with-cover-page-)

[v2.pdf?Expires=1668807319&Signature=D-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50164959/POTENCIAL_DE_MINERALIZACIN_DE_NITRGENO_D20161107-22040-1iyvq46-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668807319&Signature=D-)

[OUe0cpMwFsFLb~4qHiUs6dWuNsV6Lf7KFvsaXSGw7FT9EU~bN83oHhrthwJMG9p](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50164959/POTENCIAL_DE_MINERALIZACIN_DE_NITRGENO_D20161107-22040-1iyvq46-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668807319&Signature=D-)

[WOyaDSX12hFGTgDu2k1ITkKw3uay](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50164959/POTENCIAL_DE_MINERALIZACIN_DE_NITRGENO_D20161107-22040-1iyvq46-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1668807319&Signature=D-)

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Lizarazo, E. R. (2018). *Universidad de los llanos*. Obtenido de

<https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1371/Caracterizaci%F3n%20de%20la%20acatividad%20Fungica%20y%20Bacteriana%20Sobre%20los%20Suelos....pdf;jsessionid=D68A6834A61F5CD1D476B69C0B761525?sequence=1>

Lopez Velasquez, E. B., Montejo Sierra , I., & Vasquez Mazariegos, C. (2020). *CRIA Occidente*

Agrocadena del tomate. Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de

<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Informes%20Finales%20IICA-CRIA%202020/8%20TOMATE%20OCCIDENTE/Validaci%C3%B3n%20Bokashi-CUSAM-B%20L%C3%B3pez/Benjam%C3%ADnL%C3%B3pez%20Bokashi%20con%20MM.pdf>

Lua Goyes, K. (2020). *Universidad Tecnica de Babahoyo*. Obtenido de

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8372/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000255.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Maestre , M. (2022). *Crubweb*. Obtenido de

<https://crubweb.uncoma.edu.ar/docbiologia/Descargas/TESIS%20APROBADAS/MESTRE.pdf>

Martinez H, E., Fuentes E, J., & Acevedo H, E. (s.f.). *Scielo*. Obtenido de

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006#:~:text=La%20relaci%C3%B3n%20C%20org%C3%A1nico%20l%C3%A1bil,capacidad%20productiva%20de%20los%20suelos.

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Martinez, M., & Ortega, R. (2022). *Agromeat*. Obtenido de

<https://www.agromeat.com/345361/la-respiracion-es-un-indicador-sensible-e-integrador-de-la-calidad-de-suelos-que-factores-inciden-y-como-se-mide>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible de Colombia. (15 de Mayo de 2015). Obtenido

de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. (s.f.). Recuperado el Noviembre de 2022

Monbiot, J. (5 de Mayo de 2019). *Agencia Europea del Medio Ambiente*. Obtenido de

<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2019/articulos/el-suelo-la-tierra-y#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20afecta%20al%20suelo&text=Los%20descensos%20continuos%20de%20la,sobre%20la%20producci%C3%B3n%20de%20alimentos>.

Moneva Roca, J. (Marzo de 2020). *UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE*

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE ORIHUELA. Recuperado el 16 de Noviembre de 2022, de

<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5930/1/TFM%20Moneva%20Roca,%20Jos%C3%A9.pdf>

Moratto , C., Martinez , L., Valencia , H., & Sanchez , J. (2 de Diciembre de 2005). Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316955015.pdf>

More Chenguayen , M. (s.f.). *Universidad Catolica Santa Maria*. Obtenido de

<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/8506/4G.0006.IA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Munera Velez, G., & Meza Sepylveda, D. C. (2012). *Universidad Tecnologica de Pereira*.

Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/7377066a-bac4-4402-a306-eb45caa49d1c/content>

Olvera Granados, L., & Avila Villegas, C. A. (Marzo de 2006). *Universidad Autonoma del estado de Hidalgo*. Obtenido de

<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/1744/Estudio%20de%20factibilidad%20para%20la%20fabricaci%F3n%20de%20abono%20fermentado%20de%20tipo%20bokashi.pdf?sequence=1>

Ortiz Bernad, I., Sanz Garcia, J., Dorado Valiño, M., & Villar Fernandez, S. (2007). *Madrimasd*.

Obtenido de <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001700.pdf>

Osorio Vega , N. (2009). *Universidad Nacional de Colombia Cenicafe*. Obtenido de

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4203/1/cap3.pdf>

Pardo Plaza, Y., Paolini Gomez , J., & Cantero Guevara, M. (23 de Mayo de 2019). *Revista*

U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. Obtenido de

<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1144/1720>

Perez, G. (2022). Obtenido de https://www.ciclohidrologico.com/escorrenta_superficial

Piedrahita Gaviria, C., & Caviedes Alban , D. (2012). *Universidad de San Buenaventura Cali*.

Obtenido de <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/340db4a1-97d2-45bb-9fdc-d6b402116858/content>

Pizarro , R., Morales C, C., Vega T. , L., & Balocchi C, F. (9 de Diciembre de 2009).

Universidad de TALCA. CHILE. Recuperado el 2022

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Portilla, N., Morataya, E., Santos, E., & Carcamo, F. (2011). *Ministerio de agricultura y ganaderia del Salvador*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2022, de

<https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>

Pro, A. (2022). *ESRI*. Obtenido de [https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-contouring-](https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-contouring-works.htm#:~:text=Las%20curvas%20de%20nivel%20son,valor%20constante%20en%20la%20entrada.)

[works.htm#:~:text=Las%20curvas%20de%20nivel%20son,valor%20constante%20en%20la%20entrada.](https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-contouring-works.htm#:~:text=Las%20curvas%20de%20nivel%20son,valor%20constante%20en%20la%20entrada.)

Prosap, N. C. (2022). *INTA EEA*. Obtenido de

http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf

Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (Octubre de 2014). Generalidades de los abonos

orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas.

Recuperado el Noviembre de 2022, de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007

Ramos, A., Durango, J., Grandett, G., Diaz, B., & Jose L, B. (2006). *Scielo*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652006000200017

Rebolledo R, A., Barrera M, N., & H. de Cantillo, S. (1999). *UNAL*. Obtenido de

https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/download/47946/49133/234386

Requena Serra, B. (2022). *Universo de Formulas*. Obtenido de

<https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/tamano-muestra/>

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Restrepo Rivera , J. (Julio de 2001). *INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA)*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2022, de

<http://repiica.iica.int/docs/B4024e/B4024e.pdf>

Rivas A, C. (17 de Octubre de 2018). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de

[https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-](https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx#:~:text=Los%20Residuos%20S%C3%B3lidos,%20constituyen%20aquellos,utilizaci%C3%B3n%20de%20bienes%20de%20consumo.)

10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-

Energi.aspx#:~:text=Los%20Residuos%20S%C3%B3lidos,%20constituyen%20aquellos,utilizaci%C3%B3n%20de%20bienes%20de%20consumo.

Roa Lobo, J., & Kearney, M. (Julio de 2012). *Revista Geografica Venezonala*. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/3477/347731126007.pdf>

Rodriguez G., G., Zapata, G., Arango , M., & Bermudez , J. (Abril de 2017). *Scielo Colombia*.

Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-02832017000100003)

02832017000100003

Rodriguez N, M. M. (2019). *Organizacion de las Naciones unidad para la alimentacion y la*

Agricultura. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>

Ruiz Sch, R., & Valenzuela B., J. (1934). *Tecnica de Chile*. Obtenido de

https://oes.chileanjar.cl/files/V44I4A02_es.pdf

Sandoval Senegal, S. (Mayo de 2019). *Universidad de Pamplona*. Obtenido de

<file:///C:/Users/jose1/Downloads/TRABAJO%20DE%20GRADO%20FINAL%20STEV>

<E%20SANDOVAL%20SENEGAL.pdf>

Sarmiento, J. S. (6 de Enero de 2019). *Scielo Peru*. Obtenido de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000100006&script=sci_arttext

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Segura, A. (2022). *VEOLIA*. Obtenido de

<https://www.veolia.es/sites/g/files/dvc2531/files/document/2020/12/La%20recuperaci%C3%B3n%20de%20residuos%20org%C3%A1nicos.pdf>

SEMARNAT. (15 de Noviembre de 2007). *Instituto nacional de Ecología y Cambio Climático*.

Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/345/restaura.html>

Sieiro Miranda, G., Gonzales Marrero, A., Rodriguez Lema, E., & Rodriguez Regal, M. (s.f.).

Scielo. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852020000300066&script=sci_arttext&tlng=en

Silva, A. (2022). *FRAGO*. Obtenido de

<http://bibliofagro.pbworks.com/f/materia+organica+del+suelo.pdf>

Su Garcia, N., & Chinchay Inga, M. (2021). *Universidad Peruana Union*. Obtenido de

https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4483/Nataly_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tarqui, J. O. (2015). *UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS*. Obtenido de

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/6835/T-2189.pdf?sequence=1>

Thiaw, I. (2019). *United Nations Climate Change*. Obtenido de

<https://unfccc.int/es/news/restaurar-los-suelos-solucion-clave-para-el-cambio-climatico-entrevista-con-ibrahim-thiaw-secretario>

UCHILE. (2022). *Universidad de Chile*. Obtenido de

http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.4.htm#LinkTarget_1

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

- Ulibarry, G. (Marzo de 2019). *Biblioteca del Congreso nacional de Chile*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- Uribe Gutierrez , L. (2007). *Universidad Javeriana*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8298/tesis276.pdf;jsessionid=CC9D43EF2409D11BDEEF5AEE5EAFC3BE?sequence=1>
- Volta, C. (2 de Julio de 2020). *VOLTA*. Obtenido de <https://www.voltachile.cl/reutilizar-residuos-organicos/#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20del%20uso%20de,puede%20transformarse%20posteriormente%20en%20energ%C3%ADa.>
- Ward, D. E., & Cruz B., J. (1973). *Servicio Geologico Colombiano*. Obtenido de <https://revistas.sgc.gov.co/index.php/boletingeo/article/view/383/399>
- Weber, J., & Apestegui, L. (s.f.). *Universidad Nacional de Rosario*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/84263984.pdf>
- Wilson, M. (2017). Obtenido de Ediciones INTA : https://inta.gob.ar/sites/default/files/manual_ics_final.pdf
- WWF. (24 de Enero de 2021). Obtenido de <https://www.wwf.org.co/?uNewsID=365750>
- Yanez Jimenez, J. (1989). *Centro de investigacion y desarrollo de FESA*. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1989_49_75_89.pdf
- Zabaloy, M. C. (Diciembre de 2021). Una sola salud: la salud del suelo y su vínculo con la salud humana. *Revista Argentina de Microbiología*, 53(4). Recuperado el 15 de Noviembre de

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

2022, de <https://www.sciencedirect->

[com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0325754121001000](https://www.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/science/article/pii/S0325754121001000)

Zambrano Yepes, J., Herrera Valencia, W., & Motta Delgado, P. (17 de Julio de 2020). *Ciencia de Tecnologia Agropecuaria*. Obtenido de

<https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1673/709>

Zuñiga Silgado, D., Camargo Moreno, V., Garcia Gil , C., Arango Ortiz , M., & Linero Florez , A. (2020). Obtenido de Colegio Mayor de Antioquia: https://www.colmayor.edu.co/wp-content/uploads/2019/10/5_el_rol_del_ingeniero_ambient.pdf

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexos

Toma de Muestras en Campo

Anexo 1

Apique de 1.5 m, para la toma de muestra compuesta



Análisis de Laboratorios Fisicoquímicos

% de Humedad, Materia Orgánica y nitrógeno total

Anexo 2

Preparación de Muestras, llevadas a la Mufla y tiempo de Reposo

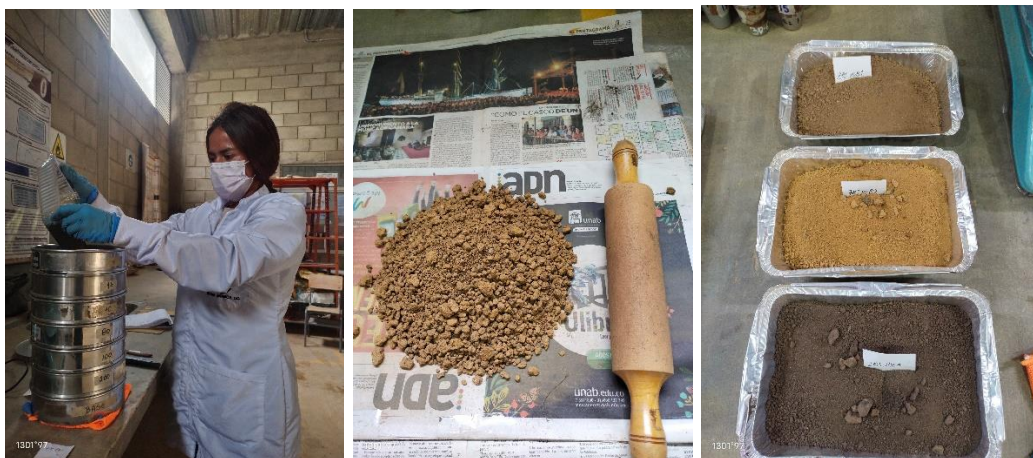


PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Análisis Físico

Anexo 3

Prueba de Textura

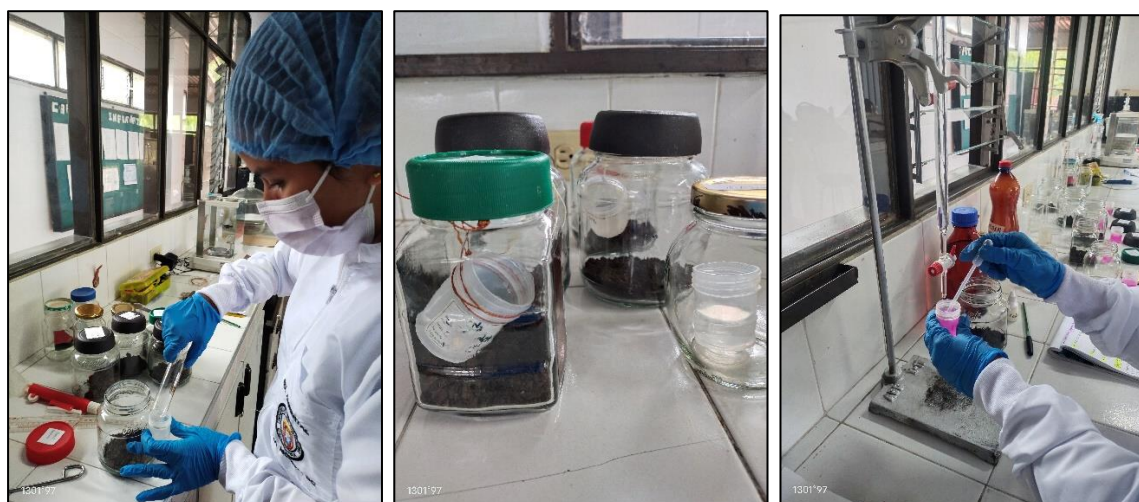


Análisis microbiológico

Respiración Basal

Anexo 4

Adición del Vial con NaOH al 0.1 N, Montaje listo con la muestra de suelo y el Vial, Titulación de la muestra con HCl



Preparación e inoculación de medios de cultivo para hongos y bacterias

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexo 5

Preparación de Agar para Hongos y Bacterias, Pesaje y disolución de muestras, Cajas Petri listas para ser llevadas a Incubar durante tres días, Bacterias y Hongos pasado los tres y cinco días



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Elaboración del abono orgánico Tipo Bokashi

Caracterización de los residuos solidos

Anexo 6

Encuesta aplicada a los restaurantes del municipio de Pamplona.




PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELOS DEGRADADOS MEDIANTE EL USO DE ABONOS ORGANICOS EN LA VEREDA MONTEADENTRO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA

ENCUESTA EN RESTAURANTES DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA

Objetivo de la encuesta Conocer el estado y disposición final de los residuos sólidos orgánicos que son generados diariamente en restaurantes del municipio de pamplona, con el fin de realizar una recolección para su aprovechamiento en Abonos orgánicos, orientada a la investigación y aplicación de trabajo de grado de Ingeniería Ambiental.

Política de confidencialidad de datos

La información suministrada en esta encuesta se presume es cierta y veraz, se exime de errores u omisión en los datos. La información recolectada será utilizada para fines académicos y se garantiza la confidencialidad de los datos conforme a lo estipulado por la Ley 1581 del 2012 por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos.

Razón social: _____

Nombre: _____

Fecha: _____

- ¿Sabe que cantidad de residuos sólidos orgánicos son generados diariamente en el restaurante?, valores en kilogramos.
 - 5 kg
 - 10 kg
 - 15 kg
 - Sin medición
 - Otro valor, ¿Cuál? _____
- ¿Realiza separación de los residuos sólidos en diferentes recipientes según sus características (orgánicos: residuos vegetales y otros alimentos e inorgánicos: papel, plástico, cartón, ¿etc.)?
 - Si
 - No
- ¿Realiza separación de los residuos orgánicos según su origen, crudo o cocido?
 - Si
 - No
- ¿Cuál sería la cantidad aproximada de residuos orgánicos no cocidos aprovechables generados en el restaurante?
 - 5 kg
 - 10 kg
 - 15 kg




SC-CER96940

"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

1

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI



- d) Sin medición
- e) Otro valor, ¿Cuál? _____

5. ¿Cuál es la disposición final de sus residuos orgánicos no cocidos?

- a) Sistema de recolección municipal (Empopamplona- relleno sanitario)
- b) Recolección de particulares para el aprovechamiento
- c) Los utiliza para realizar procesos de compostaje en algún predio de su propiedad o conocidos

Si responde C en la anterior pregunta:

6. ¿Qué disposición hace de los residuos como sobras de alimentos crudos, restos de vegetales y otros generados en la cocina?

- a) Los usos como abono
- b) Alimentación animal
- c) Otros _____

7. ¿Estaría dispuesto a facilitarnos los residuos orgánicos no cocidos aprovechables que son generados diariamente en el restaurante, por un tiempo?

- a) Si
- b) No

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexo 7*Aplicación de Encuestas*

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexo 8

Recogida de los Residuos sólidos orgánicos en los restaurantes, Trituración de los Materiales para la elaboración del abono



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexo 9

Elaboración del Bokashi

PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Seguimiento y control de los parámetros de pH, Humedad y Temperatura

Anexo 10

Seguimiento al abono durante 7 días, dos jornadas al día

Día 1 de Seguimiento



Anexo 11

Día 2 de Seguimiento



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexo 12

Día 3 de Seguimiento



Anexo 13

Día 4 de Seguimiento



Anexo 14

Día 5 de Seguimiento



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Anexo 15

Día 6 de Seguimiento



Anexo 16

Día 7 de Seguimiento



PROPUESTA DE RESTAURACION DE SUELO MEDIANTE BOKASHI

Proceso de Restauración del suelo

Figura 37

Elaboracion del Encierro con para la prueba piloto de restauracion del suelo, Abono Organico tipo Bokashi en su etapa Final, Pesaje para la adicion del abono en el suelo, Adicion del abono en la zona de estudio.



