	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia		Aprobado	Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(112)	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>GISETH MARIA MARTINEZ ROCA</b>		
	<b>RAUL CAMILO MORA CABRALES</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>JHON SALVADOR AREVALO BACCA</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>RECUPERACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DEGRADADOS A TRAVÉS DEL APORTE DEL ABONO ADQUIRIDO POR MÉTODO DE COMPOST TAKAKURA EN EL AMBIENTE NATURAL DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA</b>		
<b>RESUMEN</b>			
<p>EL PROYECTO JARDIN BOTANICO JORGE ENRIQUE QUINTERO ARENAS UBICADO EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA, CUENTA CON UN BOSQUE SECO TROPICAL, LUGAR QUE MERECE UN GRAN CONSERVACION A NIVEL ECOLOGICO, DEBIDO AL NIVEL DE DAÑO QUE SE HA PRESENTADO A NIVEL MUNDIAL EN ESTOS ECOSISTEMAS, EN ESTE ORDEN DE IDEAS SE HACE NECESARIO UTILIZAR ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACION DE ESTOS SUELO LLEVANDO ASI A LA UTILIZACION DE ABONOS DE TIPO ORGANICO COMO LO ES EL COMPOST TAKAKURA, ABONO DE CARÁCTER NATURAL CAPAZ DE RESARCIR DAÑOS GENERADOS EN SUELOS CON ETAPAS DE ESTORAQUIZACION.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS:</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES:</b>	<b>CD-ROM:</b>



RECUPERACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DEGRADADOS A TRAVÉS  
DEL APORTE DEL ABONO ADQUIRIDO POR MÉTODO DE COMPOST  
TAKAKURA EN EL AMBIENTE NATURAL DEL BOSQUE SECO TROPICAL DE LA  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA,  
NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA.

AUTORES:

GISETH MARIA MARTINEZ ROCA

RAUL CAMILO MORA CABRALES

DIRECTOR

MSc. JHON SALVADOR AREVALO BACCA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERA AMBIENTAL

## Dedicatoria

### **Giseth María Martínez Roca**

*Este proyecto de investigación se lo dedico primeramente a Dios por darme la fuerza y valentía suficiente al momento de emprender este camino, a mi madre Carmen Roca Sajonero una persona llena de valores y de constancia que me dio la fuerza suficiente para alcanzar cada uno de los escalones hasta llegar a la meta. Llenándome de consejos y de amor en mi día a día, por su sacrificio todos estos años hasta verme convertida en una Ingeniera. A mis hermanos, Ibeth, Katherine y Carlos, por ayudarme a no desfallecer en este camino que hoy termino, y finalmente se lo dedico a todas aquellas personas que pusieron un granito de arena para la construcción de esta investigación*

### **Raul Camilo Mora Cabrales.**

*El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres y abuela, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que soy. Ha sido el orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. Y finalmente a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

## **Agradecimientos**

*A nuestro director Jhon Salvador Arévalo Bacca por ayudarnos a la construcción de cada uno de los conceptos de este proyecto de investigación, que desde la distancia ayudo a resolver cada una de nuestras dudas.*

*A los jurados el ingeniero Eimer Amaya Amaya y el Msc. Jose Arnoldo Granadillo Cuello, por su dedicación y empeño con nosotros, caminando de la mano para la construcción de esta investigación.*

*A María Alejandra Vergel e Ivanna Montaña, por toda la labor prestada en sus instalaciones y aportar su granito de arena para el crecimiento de esta investigación, además de su excelente calor humano para con nosotros, muchas gracias muchachas.*

*A nuestro compañero Carlos Luna y Wendy Ochoa por toda su amabilidad en cada uno de los pasos a seguir para la obtención de los terrenos en el Jardín Botánico e información valiosa para la obtención de mejores resultados.*

*A la docente Yenny Lozano Lázaro, por su excelente servicio y entrega para con nosotros en cada una de las dificultades presentadas durante el desarrollo de la investigación.*

*A María Alejandra Peñaloza Velasquez porque siempre confió en nosotros y estuvo allí preguntando como iba cada fase de nuestro proyecto, además de ser aquella compañera con un calor humano inigualable durante toda la carrera.*

## Índice

<b>CAPITULO 1. Recuperación de la fertilidad de suelos degradados a través del aporte del abono adquirido por método de compost takakura en el ambiente natural del bosque seco tropical de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, Norte de Santander, Colombia.....</b>	<b>13</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	13
1.2 Formulación del problema.....	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo general .....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Justificación .....	15
1.5 Delimitaciones .....	16
1.5.1 Delimitación Conceptual .....	16
1.5.2 Delimitación Operativa .....	16
1.5.3 Delimitación Geográfica .....	17
1.5.4 Delimitación Temporal.....	17
<b>Capítulo 2. Marco Referencial.....</b>	<b>17</b>

2.1 Marco Histórico.....	17
2.2 Marco Teórico .....	20
2.4 Marco conceptual .....	25
2.4.1 Propiedades físicas del suelo .....	27
2.4.2 Propiedades químicas del suelo.....	34
2.4.3. Degradación de suelos .....	37
2.4.4 Abonos orgánicos .....	39
2.5 Marco legal.....	44
<b>Capítulo 3. Diseño Metodológico .....</b>	<b>50</b>
3.1 Tipo de investigación .....	50
3.2 Población .....	51
3.3 Muestra	51
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información .....	52
3.4.1 Técnicas para la definición del modelo metodológico a aplicar en los predios pertencientes al área de influencia. ....	52
3.4.2. Criterios para la toma de muestras de suelo .....	53
3.4.3 Técnicas para la determinación de la densidad y textura del suelo .....	54
3.4.4 Determinación de cantidad de abono a producir .....	61
3.4.5 Técnica para la fabricación de abono .....	62
3.6 Análisis de la información.....	64

3.6.1 Análisis de suelo pre-aplicación .....	65
<i>4.1 Recursos 66</i>	
4.1.1 Recursos Humanos .....	66
4.1.2 Recursos Financiero: .....	69
4.1.3 Recursos Institucional: .....	72
<b>Capítulo 5. Resultados .....</b>	<b>76</b>
5.1 Resultados del primer objetivo específico .....	76
5.2 Resultados para el segundo objetivo específico .....	77
5.2.1 Recolección de residuos Orgánicos .....	79
5.2.2 Elaboración del compost o abono orgánico .....	80
5.2.3 Preparación de lecho de fermentación .....	81
5.2.4 Aplicación en zona de labranza .....	83
5.3 Resultados para el tercer objetivo específico .....	84
pH .....	85
Ca y Mg .....	85
Na .....	86
K .....	86
Al .....	87
Fe .....	87
Cu .....	88

Mn.....	88
Zn.....	88
S.....	89
5.4 Pruebas microbiológicas del abono orgánico obtenido por método de compost	
Takakura.....	92
5.4.1 Organismos microbiológicos en medio PDA.....	92
Rhizopus Stolonifer.....	92
Gliocladium Spp.....	93
<b>Capítulo 6. Conclusiones .....</b>	<b>94</b>
<b>Capítulo 7. Recomendaciones .....</b>	<b>95</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>97</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>109</b>
Apéndice A.....	109
Apéndice B.....	110
Apéndice C.....	111
Apéndice E.....	112



**Lista de figuras**

Figura 1. Clase textural del suelo .....	27
Figura 2. Clasificación de pendientes.....	78
Figura 3. Parcelas con Labranza Mínima .....	79
Figura 4. Ubicación puntos de recolección de residuos sólidos orgánicos .....	80
Figura 5. Preparación del lecho de fermentación .....	82
Figura 6. Tabla de valores estandarizados para la fertilidad del suelo .....	90
Figura 7. Microscopia y Macroscópica del Hongo Rhizopus Stolonifer.....	93
Figura 8. Microscopia y Macroscópica del hongo Gliocladium S.....	94

### Lista de tablas

Tabla 1. Rendimiento del Em - Compost Rendimiento del Em - compost .....	24
Tabla 2. Volúmenes de referencia .....	61
Tabla 3. Categorías del porcentaje de M.O .....	65
Tabla 4. Presupuesto científico.....	67
Tabla 5. Personal de apoyo necesario para el desarrollo del proyecto .....	68
Tabla 6. Presupuesto asignado para materiales e insumos necesarios para la ejecución de la investigación.....	71
Tabla 7. Presupuesto requerido para los costos relacionados con viáticos.....	72
Tabla 8. Presupuesto requerido para los costos relacionados con equipos y locaciones institucionales .....	74
Tabla 9. Presupuesto general del proyecto .....	75
Tabla 10. Análisis de suelo Inicial (ver apéndice A).....	76
Tabla 11. Coordenadas Parcelas Parte alta proyecto piscícola.....	77
Tabla 12. Coordenadas parcelas dentro del bosque seco tropical del Proyecto ' Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas' .....	78
Tabla 13. Cantidades de materiales para lecho de fermentación.....	81
Tabla 14. Cantidad de insumo necesario para la producción del lecho de fermentación. ....	81
Tabla 15. Cantidad de abono orgánico aplicado por parcela.....	83
Tabla 16. Análisis de laboratorio post aplicación del abono .....	84
Tabla 17. Escala de provisión de K intercambiables.....	86
Tabla 18. Comparativa entre los análisis del suelo y suelo post-abonado.....	89
Tabla 19. variabilidad de los elementos en el suelo post-abonado.....	91

**CAPITULO 1. Recuperación de la fertilidad de suelos degradados a través del aporte del abono adquirido por método de compost takakura en el ambiente natural del bosque seco tropical de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, Norte de Santander, Colombia.**

**1.1 Planteamiento del problema**

Según Torres Benites, y otros ( 2003) es devastador el proceso que sufre la tierra, tanto así que se logró identificar que dicho daño también llamado degradación, se desarrolla por medio de un conjunto de acciones bien sean de tipo físico químico o biológico, que al interactuar se puede llegar a ver afectados los ecosistemas naturales de la tierra, su productividad y equilibrio, lo cual puede llegar a ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas.

Ramos (2003) en su postura mantiene que el suelo es lo suficientemente frágil además de ser un componente que dentro de sus características mantiene un complejo proceso para su recuperación, este recurso se considera un recurso no renovable. por lo tanto la perdida de estos se ha convertido en un grave problema para la humanidad la cual está teniendo un aumento excesivo a lo largo de los años, causando que se expanda la frontera urbana y la frontera agropecuaria, principalmente para la producción de alimentos en menos tiempo, con el fin de abastecer toda la población, lo que hace que los productores tengan que realizar monocultivos de ciclo corto , evitando que el suelo pueda recuperarse, por lo tanto causa que este vaya perdiendo sus nutrientes hasta el punto de que en esa área ya no pueda



ser utilizada para producción y además de que no se pueda dar una sucesión ecológica que le permita recuperarse, también cabe resaltar que en este sector la utilización de pesticidas, agroquímicos y especialmente las malas prácticas influyen drásticamente en su pérdida. Debido a esto la degradación de los suelos se ha incrementado, lo que con lleva a, la tala de árboles deteriorando los ecosistemas con el fin de tener nuevas áreas para poder realizar la producción de alimento, un mayor gasto monetario para el país en cuanto a los diferentes insumos para aumentar las fronteras agropecuarias y a la restauración asistida que se le debe aplicar a estos suelos erosionados (Romero, 2014).

Otro punto importante son los residuos sólidos urbanos que al transcurrir de los años se han convertido en un gran problema, ya que la producción de estos se ha incrementado exageradamente, debido al consumismo y a la falta de conciencia de las personas en cuanto al reciclaje y buenas prácticas ambientales; los botaderos a cielo abierto, disposición directa en cuerpos hídricos y demás, generan impactos directos en el medio ambiente, disminuyendo su calidad ambiental y muchas veces destruyéndolos o causando su inutilización. Uno de los impactos de mayor grado lo tenemos en el suelo, debido a la acumulación de estos residuos sobre este, evitando la interacción suelo atmosfera, generando lixiviados que se infiltran y evitando que crezca vegetación. Debido al aumento y a la mala disposición de los residuos sólidos, estos se convierten en un factor influyente en la degradación de los suelos (Rivera, 2009).

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuáles son las propiedades de fertilidad recuperadas en el suelo a través de la incorporación del abono orgánico takakura en las áreas degradadas del bosque seco tropical pertenecientes a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

1. Determinar la fertilidad recuperada en el suelo a través de la incorporación del abono orgánico takakura en las áreas degradadas del bosque seco tropical pertenecientes a la universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, Colombia.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Reconocer las condiciones iniciales de suelos degradados en el bosque seco tropical de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña
2. Establecer parcelas demostrativas experimentales para el aplicativo del abono orgánico obtenido por método de compost takakura.
3. Evaluar la eficiencia del abono orgánico para la recuperación de la fertilidad de suelos degradados entre las distintas demostraciones de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

### **1.4 Justificación**

Los abonos orgánicos ayudan a devolver condiciones acertadas al suelo, mantener humedad y parámetros necesarios para los cultivos y demás acciones que este cumple, además de eso, la creación de este es muy sencilla y rápida, de bajo costo y sin necesidad de implementos de laboratorio, es totalmente natural lo cual la hace más llamativa para la recuperación de suelo, y fertilización del suelo.

Este proyecto busca reconocer la potencialidad que puede tener el abono obtenido por el método takakura en suelo de bosque seco tropical, con el fin de devolver todas sus condiciones iniciales en cuanto composición, estructura y función y así generar impacto en la conservación del bosque.

Esta estrategia maneja costos de producción muy bajo, lo cual la hace mucho más atractiva para la recuperación, además, utiliza una cantidad considerable de residuos orgánicos para lograr su producción óptima, de tal manera, se logra generar un impacto positivo en las zonas aledañas donde se apliquen estas prácticas debido a la disminución de posibles contaminaciones hídricas, del suelo o del aire, que pueden llegar a generar desequilibrios en las microcuencas aledañas, la capa de ozono o los horizontes del suelo.

La creación de abonos orgánicos genera impacto directo en las comunidades campesinas, su implementación y producción ayuda a disminuir los costes de siembra y las inversiones en fertilizantes químicos, también el producto final tendrá mayor calidad nutricional al momento de ser cosechado.

En cuanto a conservación, el uso de dichos abonos ayuda a disminuir costes en los proyectos de recuperación de suelos, con ellos no se generan gastos elevados en producción.

## **1.5 Delimitaciones**

### **1.5.1 Delimitación Conceptual**

Para el desarrollo conceptual de este proyecto, se tuvo en cuenta el estado de arte y revisiones bibliográficas pertinentes con el fin de acumular la información necesaria para el desarrollo metodológico. Se tuvo en cuenta conceptos establecidos en el libro 'El bosque seco tropical en Colombia de Camila Pizano y Hernando García como soporte fundamental para la investigación.

### **1.5.2 Delimitación Operativa**

Se realizó la producción de abonos a través del método takakura, con el fin de tomar 6 parcelas que presenten grados de erosión según criterio de escogencia de puntos calientes.

Para aplicar cantidades variadas del abono obtenido y analizar los resultados obtenidos en el proceso de investigación.

### **1.5.3 Delimitación Geográfica**

La investigación se llevó a cabo en predios de áreas silvestres correspondiente al bosque seco tropical de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en el departamento de Norte de Santander, Colombia.

### **1.5.4 Delimitación Temporal**

Para el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos con el fin de demostrar el desempeño del abono orgánico escogido para la recuperación de propiedades ecológicas de suelos de bosque seco tropical pertenecientes a la universidad francisco de paula Santander seccional Ocaña se contó con un periodo de 7 meses a partir de la fecha de aprobación de la propuesta.

## **Capítulo 2. Marco Referencial**

### **2.1 Marco Histórico**

Desde tiempo atrás la producción de residuos de tipo orgánico es de gran escala, debido al uso de los diferentes alimentos necesarios en la canasta familiar, además al momento de cosechar, parte del ella puede llegar a considerarse un desecho debido a aspectos externos del cultivo (plagas, quemas por el sol, etc.). (Ramos & Terry, 2014)

De tal forma que la problemática obtenida por la producción acelerada de desechos de tipo orgánico, obligo a buscar alternativas para darles un uso a estos productos.

Inicialmente se cree que el primer país en hablar de compostaje fue la india de donde se predice además el creador de dicho proceso. La palabra “Compost” tiene su origen en el latín; y su significado viene a decir algo así como “poner juntos”. Tiene su explicación pensando que el proceso de compostaje junta un sinnfín de materiales diversos y al principio desorganizado, cuyo “ensamblaje” inicia un complicado proceso de fermentaciones y descomposiciones, dando lugar a un elemento “organizado” y más o menos estable: El humus, el cual se convierte en factor clave de la fertilidad de la tierra. (Sesma, 2008)

Cabe resaltar que antes de la existencia del método takakura en el país asiático, sus gobernantes buscando un equilibrio ecosistémico debido a la alta producción de desechos de tipo doméstico. Establecía diferentes programas con el fin de mejorar el aspecto de este. Mas sin embargo muchos de estos programas generaban impacto, pero no significativos ante la magnitud del problema, sabiendo así, que en Subrayan, Indonesia se producían alrededor de 1500 toneladas de residuos de hogares en el día, dato estadístico perteneciente para el año 2005. (Unidad de Gestión Integral Ambiental Corredores, 2012)

Se reconoce como creador de la técnica a Koji Takakura, investigador en jefe del Instituto de Investigaciones Ambientales de Wakamatsu en Kitakyushu-Japón. Este investigador estableció para la creación de dicha técnica el problema de magnitud a gran escala que se encontraba dentro de la ciudad en la cual el habitaba, Surabaya Indonesia, dicha localidad presentaba graves problemas de contaminación ambiental por la acumulación de residuos en las calles. Logrando así en tan solo 5 años de utilizar la técnica



Takakura de compostaje acelerado, tales residuos se redujeron en un 30% en la ciudad. (Asociación venezolana de ex becarios de Japón, 2017)

Por fuera del continente asiático demás gobiernos se encontraban en búsqueda de una solución ambiental a la disposición final de los residuos producidos en cada uno de los hogares, de tal forma que las alta directivas inician en cooperación con la ciudad de Kitakyushu de IGES actividades que promuevan dentro de las comunidades generadoras de la contaminación modelos de control de residuos sólidos que ayuden a lograr una reducción sustancial de residuos por medio de la promoción de prácticas de compostaje como una actividad. (Instituto de estrategias del medio ambiente, 2010)

Para ellos era necesario mantener óptimos los procesos de realización del compost, por tal motivo se convoca al investigador Koji a la exposición del procedimiento para la elaboración del Takakura alrededor del mundo, de tal forma que se establece en Costa Rica para el año 2013 una capacitación donde en ella asisten alrededor de 94 participantes de 12 países incluido los pertenecientes al Centro, Sudamérica y El Caribe, para aprender el método de compostaje de su invención. Durante el curso de 4 días, las y los participantes tuvieron la posibilidad de escuchar de su inventor, los pasos y detalles para realizar efectivamente este abono orgánico en sus países. Además de realizar con sus propias manos lo aprendido. (agencia de cooperación internacional de japon, 2013)

Para el año 2014 la doctora y encargada del área de Salud Ocupacional ayuntamiento del proyecto manejo integral a los residuos sólidos del Mercado Municipal de Grecia, trabaja desde entonces en una propuesta para el uso de desechos orgánicos en pro de la creación de composta Takakura, Silvia Zamora Retana, quien explicó que para elaborar la propuesta se

aplicó una encuesta a los locales comerciales del Mercado lo cual fue de gran aceptación desde un comienzo. (El sol de occidente, 2014) los abonos orgánicos desde tiempos remotos han sido de gran influencia en la fertilidad de los suelos, más sin embargo no se ha logrado demostrar una composición química específica para estos, esto sucede gracias a la variabilidad que estos pueden tener y los efectos que pueden causar en el suelo ya sea por su tipo de procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Lopez Martinez, Diaz Estrada, Martinez Rubin, & Valdez Cepeda, 2001)

Por tal motivo se hace necesario concluir que a lo largo de la historia la técnica de compostaje Takakura ha tenido gran acogida para su implementación, además no solo ha sido útil para el país del cual es originado, si no a nivel internacional desde otros continentes.

## **2.2 Marco Teórico**

Desde tiempo atrás se ha notado que el compostaje ha hecho aportes significativos en el crecimiento de las plantas, como lo afirma (Fernández, 2014) Esto surgió cuando nuestros antepasados empezaron a darse cuenta de que los cultivos tenían mejores resultados en las partes donde había acumulaciones de vegetación o de estiércol en putrefacción. Este conocimiento fue transmitido de generación en generación, pero no se le daba la importancia suficiente por parte de la ciencia, ya que el compostaje se consideraba como un proceso que se daba de manera inesperada y por casualidad. Actualmente los procesos de compostaje han ganado gran peso, ya que, gracias a este, encontramos empresas dedicadas

al aprovechamiento de los residuos orgánicos para la creación de abonos, por lo tanto, se reducen los residuos que son depositados al relleno sanitario.

Como se mencionaba con anterioridad al ganar valor, se crean varias técnicas de compostaje, en el que resaltamos el compost takakura, ya que este método es característico por su facilidad, rapidez y menores costos de producción, por lo que puede cualquier usuario que tengan el conocimiento de este método lo pueda realizar.

Seguidamente (Rodríguez, Peralta, & Jiménez Morales, 2016) en su trabajo de investigación hacen una evaluación a dos métodos de compostaje (Takakura y MM), basados en un diseño experimental completamente aleatorio, además usando bloques aleatorios, cada uno de diez repeticiones, usando cajas plásticas caladas con dimensiones de 50x30x25 cm, en las cuales al bloque 1 se le agrego 5 kg de sustrato inoculado con takakura y la bloque 2 se le agrego la misma cantidad pero con sustrato inoculado con MM, posterior a esto se le agrego 1.5 kg de residuos por día( se picaban en tamaños aprox. 3x3 cm), luego de agregar estos residuos se procedía a mezclar y taponar hasta el día siguiente ,para realizar una nueva aplicación, este proceso se hizo por un tiempo de 16 días hábiles. En el transcurso del tiempo se les hizo un estudio a variables como la temperatura (°C), pH y la altura (cm), además se tuvo en cuenta la presencia de insectos, roedores olores o lixiviados. Para el caso de la temperatura y la altura la toma de datos se realizaba diariamente mientras que para el pH se hacia una vez cada 8 días.

Durante el estudio se obtuvieron los siguientes valores de las variables anteriormente mencionadas:

Se obtuvo que las temperaturas iniciales fueron para takakura (25 y 30 °C) y para MM (20 y 22 °C), y que al agregar los residuos los valores de las temperaturas tuvieron cercanías a las 40 °C. al realizar una comparación entre los aumentos de esta variable, el takakura en 4 días obtuvo un valor de 55 °C, mientras que MM en 6 días apenas alcanzó un valor de 53 °C, por lo que dio a comprender la ventaja de TK sobre el MM.

Referente al PH se puede decir que sus valores estuvieron muy constates, los primero 10 días los cuales corresponden a la fase inicial se obtuvo un valor entre 4 y 6, en la segunda fase fueron valores entre 7.05 y 9.20 y por último en la fase final s se registró un mínimo y un máximo los cuales corresponden a 7.01 y 7.51.

En cuanto a la altura, el takakura se destacó, ya que obtuvo un promedio de 7.5 cm menos (36% reducción) que el MM, debido a que este método apenas obtuvo un promedio de 2.5 cm (24%).

Finalmente se puede decir que ambos métodos tienen un efecto satisfactorio, ya que no producen olores ofensivos o lixiviados, pero cabe aclarar que el método takakura fue el que mejores resultados tuvo en cuanto a Temperatura ideal, en la cual hay un desarrollo de los microorganismos eficientes y el mismo tiempo se inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos, pero especialmente en su capacidad para reducir el volumen de residuos.

También encontramos el estudio realizado por (Fernández, 2014) ubicado en el centro de compostaje municipalidad provincial de chachapoyas, esta investigación consiste en la producción de compost usando dos métodos diferentes (Takakura y EM-compost), utilizando nueve camas composteras de madera con dimensiones de 1.3 x 0.8 m, donde se

usaron tres para cada método (Takakura, EM-compost y testigo), estas camas fueron ubicadas en un terreno pedregoso, el cual poseía una pendiente de 1.5 a 5%, lo cual les facilitaba el drenaje pluvial y los ,lixiviados producidos en el compostaje.

Las camas fueron llenadas, posterior a esto se le aplican los residuos orgánicos y estiércoles, los cuales fueron picados, se les dejó en reposo 3 días, pasado este tiempo se prosiguió a homogenizar mezclando los residuos con el sustrato, por último, se procedió a estandarizar las mismas cantidades de residuos a cada una de las camas experimentales. En las que las camas destinadas al método EM-compost y testigo se les llenó completamente las camadas, mientras que a las del takakura solo se les hizo un llenado de la mitad con el fin de que al suceder la activación del método agregarle la otra mitad con el composte semilla en una relación 1:1 (volumen: volumen). Al finalizar las camas fueron cubiertas con aserrín para evitar malos olores y pérdida de humedad hasta el momento de la aplicación de los métodos.

Con el fin de determinar estadísticamente el mejor método de compostaje (Fernández, 2014) especifica un diseño experimental completamente al azar con 3 repeticiones por unidad experimental, además de usar un software llamada SPSS 15.0 para Windows como herramienta para el procesamiento de sus datos. Para el caso de comparaciones múltiples y poder evaluar las diferencias entre las medidas de los tratamientos empleo la prueba Dunnett con un nivel de confianza de 95%.

Finalmente se obtuvo que el tratamiento 1 (método takakura) presente un tiempo menor de maduración (57.67 días), el testigo tuvo un tiempo de maduración mayor (212.67 días) y el tiempo de maduración para el EM-compost fue de 62 días.

Se puede apreciar en la tabla 1 que el mejor rendimiento lo tuvo en Em-compost, pero cabe resaltar que no tuvo una diferencia notoria frente al método Takakura, a diferencia del testigo el cual si presentó una desventaja frente a los métodos anteriormente mencionados.

**Tabla 1. Rendimiento del Em - Compost Rendimiento del Em - compost**

Repeticiones	testigo	Takakura	Em-compost
	T0	T1	T2
R1	13.54	19.47	19.97
R2	12.65	19.26	19.53
R3	13.98	18.60	20.19
Promedio	13.39	19.11	19.90

Fuente: (Fernández, 2014)

En cuanto a porcentaje de materia orgánica, se obtuvo que a los 70 días el Em-compost obtuvo un valor de 23.93% y Takakura 21.32% mientras que el testigo obtuvo a los 223 días un 19.02%.

### **2.3 Marco contextual**

El municipio de Ocaña ubicado en el departamento de Norte de Santander cuenta con una expansión territorial de 627.72 Km<sup>2</sup> y una altitud entre 400 a 2600 m.s.n.m. Este municipio al norte limita con los municipios de Gonzales, El Carmen, Convención y Teorama, al oriente con San Calixto, Abrego y La Playa de Belén, y al occidente con Río de Oro (Santiago & Lazaro, 2018).

En este municipio se encuentra la sede de la Universidad Francisco de Paula Santander, la cual se localiza fuera del casco urbano oficial del municipio de Ocaña hacia el sur oriente de la comuna número tres según la división política de la ciudad de Ocaña vía Aclosure hace parte de la zona rural del municipio cuenta con un área total de superficie de 105 ha (hectáreas) según información catastral al año 2016 (Santiago & Lazaro, 2018).

La universidad cuenta con el jardín botánico Jorge Quintero Arenas el cual posee un área bastante extensa, donde predomina el bosque seco tropical. En este espacio se pueden encontrar algunas áreas erosionadas las cuales son objetivo de la investigación.

El trabajo que se plantea en el presente documento se realizó en la universidad francisco de paula Santander Ocaña, donde principalmente se hará uso de un espacio, el cual se encuentra dentro del vivero. Además del uso de un área erosionada dentro del jardín botánico.

#### **2.4 Marco conceptual**

De acuerdo con (Mena, Josse, & Medina, 2000) el suelo es resultante de las alteraciones, eliminaciones y estructuraciones que ocurren en las capas superiores de la corteza terrestre. Al ser una capa superficial capaz de aportar nutrientes fundamentales y almacenar las aguas lluvia, constituye el medio para que se permita el crecimiento y desarrollo de las plantas (Instituto nacional de investigación agropecuaria, 2015).

El suelo está conformado por diferentes capas superpuestas llamadas horizontes, según (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009) encontramos 6 horizontes:

1. **Horizonte H.** En este estrato o capa abunda el material orgánico el cual se forma por la acumulación de la materia orgánica en la superficie que pueda presentar o no condiciones de descomposición. Esta capa presenta saturación con agua por tiempos prolongados, o en el caso de no estarlo se debe a que ahora cuenta con un drenaje artificial, pero cabe aclarar que alguna vez lo estuvieron.

2. **Horizonte O.** Encontramos desechos intactos y parcialmente descompuestos como hojas, ramas, musgos y líquenes, que se han acumulado sobre la superficie y conforman el material orgánico presente en esta capa. A diferencia del horizonte H este no presenta un periodo de saturación tan prolongado.

3. **Horizonte A.** presente bajo el horizonte O, en la que toda o parte de la estructura de la roca madre ha sido desintegrada y se caracteriza por presentar una acumulación de materia orgánica la cual presenta una humificación mezclada con la fracción mineral, una morfología diferente de los horizontes B o C. Si se da con un horizonte en el cual se encuentren propiedades de los horizontes A y E, pero presenta una dominancia en la acumulación de materia orgánica humificada, se le denominara horizonte A.

4. **Horizonte E.** En esta capa o estrato es más claro en color que el horizonte B, pese una textura más gruesa y presenta pérdidas de arcilla silicatada, hierro, aluminio, o la combinación de estos, dejando una concentración de arena y partículas de limo, y en el que la mayor parte de la estructura rocosa original ha sido completamente desintegrada.

5. **Horizonte B.** fueron formados por debajo de un horizonte A, H u O, y presentando cualidades como la desintegración que puede ser completa o parcial de la estructura rocosa original, concentración aluvial, individual o en combinación de arcilla silicatada, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso o sílice, evidencia de remoción de carbonatos, concentración residual de sesquióxidos, entre otros.

6. **Horizonte C.** Ha sido afectado por los procesos Pedagenéticos de manera mínima y no presentan propiedades de los horizontes H, O, A, E o B. Sin



embargo, se incluyen algunos estratos silicios y calcáreos, además de los sedimentos, saprofita y la roca madre en estado no consolidados.

### 2.4.1 Propiedades físicas del suelo

Según (Rucks, Garcia, Kaplán, & Ponce de Leon , 2004) el suelo posee unas condiciones físicas las cuales definen su rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad y la retención, estas condiciones están determinadas por una serie de propiedades físicas. Según (Porta, Casanellas, & Jaume, 2008) las propiedades físicas del suelo son:

#### 2.4.1.1 Textura

Para (Camacho Tamayo, Forero Cabrera, Ramírez López, & Rubiano, 2017) la textura nos indica el contenido de partículas de arena, limo y arcilla en un suelo.

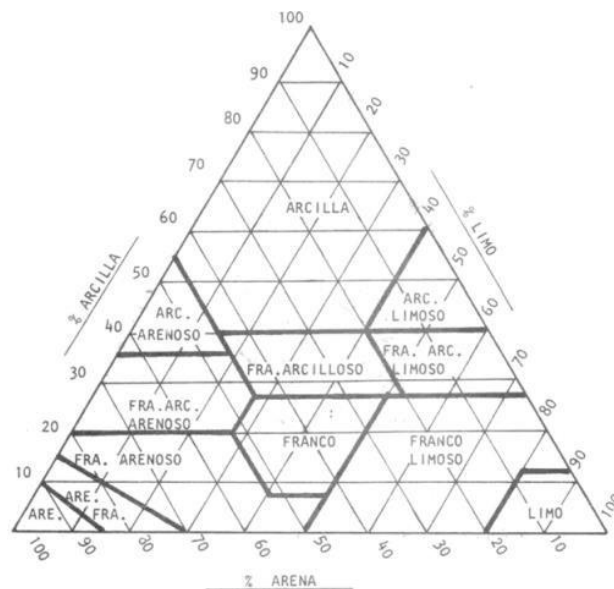


Figura 1. Clase textural del suelo

Fuente. (Rucks, Garcia, Kaplán, & Ponce de Leon, Bibliofagro, 2004)

#### ***2.4.1.2 color***

El color del suelo nos da a conocer el estado en el que se encuentra, y muchas veces nos permite notar la presencia de algunos elementos al exponerse al aire, ya que al oxidarse toman unos respectivos colores, como por ejemplo el óxido de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxido de manganeso (negro), entre otros, cabe resaltar que cuando hay materia orgánica humificada este tiende a ser oscuro (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2009).

#### ***2.4.1.3 Estructura***

Hace referencia a la incorporación de partículas individuales del suelo con el fin de formar unidades llamadas agregados o terrones, las cuales presentan tamaños mayores (Moreno, Gisbert, & Ibañez, 2010).

##### ***2.4.1.3.1 Tipo***

#### **Unidades estructurales naturales del suelo**

**Estructura granular.** Presenta superficies planas o curvas que poseen poca o ninguna acomodación debido a la forma del agregado vecino. Esta estructura tiene más posibilidades de encontrarse cuando los agregados poseen una baja cantidad de poros debido a la influencia de la arcilla sobre la materia orgánica en el proceso de floculación.

**Estructura poliédrica o angular.** En este tipo de estructura los diferentes agregados presentes encajan perfectamente, asemejándose a la forma de un poliedro equidimensional el cual presenta características cortantes y punzantes en sus vértices.

**Estructura subpoliédrica o subangular.** Es característica de los horizontes A las cuales son muy pobres en cuanto a presencia de materia orgánica, esta estructura presenta poliedros de dos caras y redondeadas las cuales carecen de ángulos agudos.

**Estructura grumosa o migajosa.** Es propia de horizontes A los cuales tiene abundante materia orgánica. Además, está conformado por agregados muy pequeños, porosos y redondeados, por lo que se ven favorecidos diferentes procesos como la penetración de las raíces y la germinación de semillas, ya que por sus características no opone resistencia. Esta estructura es producida por la floculación de los coloides minerales y orgánicos.

**Estructura prismática.** Este tipo de estructura está presente en los horizontes B muy arcillosos, en los cuales predomina la dimensión vertical adoptando la forma de un prisma con las superficies llanas, por la cual se hace muy compacta y se fracturan en grandes bloques.

**Estructura columnar.** Al igual que la estructura prismática tiene la cualidad de producir unidades elongadas verticales, pero, a diferencia de la anterior esta presenta extremos redondeados, la cual lo asemeja a la forma de una copula. Esta forma particular se produce siempre que hay dispersión fuerte de arcilla provocada por una alta concentración de sodio. Ya que las arcillas sódicas al secarse forman una masa muy compactada que se quiebra en grandes prismas muy duros e impenetrables por el agua, luego de esto el agua cargada de coloides fluye esencialmente por las grietas dejadas en el proceso de formación de los prismas, y esto hace que las partículas en suspensión erosionen en la parte superior y le den su distintivo aspecto de copula.

**Estructura esquistosa o laminar.** Propia de horizontes C procedentes de materiales originales esquistosos que le dan al suelo su respectiva estructura. Presentando un desarrollo horizontal mucho mayor en relación con el desarrollo vertical de las unidades estructurales

**Estructura particular.** La podemos encontrar cuando solo hay presencia de arena y no hay señales de agregación. Esta estructura es propia de los horizontes E.

**Estructura masiva.** El material es una masa sin grietas y sin diferenciación de agregados, la cual necesariamente no ha de estar cementada. Es propia de materiales que no ha experimentado procesos edáficos pero que poseen coloides arcillosos derivados de su origen como son los horizontes C.

**Estructura fibrosa.** Este tipo de estructura no posee unidades estructurales, pero la constituye el entrelazamiento de fibras procedentes del material orgánico poco descompuesto. Es propia de los horizontes orgánicos H y O.

#### **2.4.1.4 Grado**

Es la intensidad de agregación de las partículas, el cual se ve modificada por las variaciones de la humedad, y por ende para realizar su determinación, el suelo debe estar en su contenido de humedad normal. Expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre estos. De acuerdo a lo dicho anteriormente encontramos diferentes grados:

- a) **Sin estructura.** Se caracteriza porque no hay visibilidad de los agregados, o dicho en otras palabras no hay un ordenamiento natural de las líneas.

- b) **Débil.** Presenta escasos agregados formados por lo que penas se pueden visualizar; este grado se puede dividir en muy débil y moderadamente débil.
- c) **Moderado.** En este grado los agregados están bien formado y presentan una duración moderada.
- d) **Fuerte.** Sus agregados son duraderos, se pueden encontrar en suelos no alterados; se puede subdividir en fuerte y muy fuerte.

#### ***2.4.1.5 Clase***

En esta encontramos una subdivisión de la estructura del suelo de acuerdo a su tamaño:

- Muy fino o delgado
- Fino o delgado
- Medio
- Grueso o espeso
- Muy grueso o muy espeso

#### ***2.4.1.6 Densidad real, densidad aparente y porosidad***

De acuerdo con (Porta, Casanellas, & Jaume, 2008) tenemos que:

**Densidad real.** Masa de las partículas secas ( $M_s$ ) referida a la unidad de volumen de estas ( $V_s$ ).

$$p_s = M_s/V_s$$

**Densidad aparente.** Masa de sólidos respecto al volumen inalterado de suelo seco.

$$pb = Ms/Vt$$

#### **2.4.1.7 Porosidad del suelo**

Es la parte del suelo que en estado natural se encuentra ocupado por aire y/o agua, y el volumen de estos espacios depende en gran medida de la disposición de las partículas sólidas (Flores & Alcalá, 2010); la textura y la estructura del suelo influyen directamente en las características de los espacios poros del suelo (Rucks, Garcia, Kaplán, & Ponce de Leon, Bibliofagro, 2004).

(Rucks, Garcia, Kaplán, & Ponce de Leon, 2004) afirma que dentro de los espacios porosos se pueden distinguir dos tipos de poros:

- a) **Macroporos.** Por su tamaño no tienen la capacidad de retener el agua contra la fuerza de gravedad, sin embargo, son los encargados del drenaje y la aeración del suelo, además de permitir el principal espacio en el que se desarrollan las raíces.
- b) **Microporos.** Su función es retener el agua, con el fin de que parte de esta se usada por las plantas.

(Porta, Casanellas, & Jaume, 2008) dice que la porosidad se define como la relación entre el volumen de huecos ( $V_v$ ) y el volumen total ( $V_t$ ), entonces tenemos:

$$Pt = \frac{V_v}{V_t} \times 100 = \frac{V_a + V_w}{V_a + V_w + V_s} \times 100$$

$V_a$ = Volumen de aire

$V_w$ = Volumen de agua

$V_t$ = Volumen de sólidos

#### **2.4.1.6 Clasificación de los poros**

Según Stoops (2003) citado por (Porta, Casanellas, & Jaume, 2008) tenemos la siguiente clasificación:

- a) **Poros de empaquetamiento.** Estos poros están presentes cuando hay un apilamiento de forma suelta entre los agregados o partículas del suelo. Sin poros equidimensional o elongados, altamente interconectados y extremadamente irregulares. Se subdividen en:
  - b) **Poros de empaquetamiento simple.** Se encuentran entre las partículas con una estructura granular simple (grano de arena).
  - c) **Poros de empaquetamiento compuesto.** Presente entre micro agregados del suelo característicos de estructuras granulares compuestas o migajosas.
  - d) **Poros de empaquetamiento complejo.** Esta presente entre partículas del suelo y pequeños agregados.
    - i. **Vesículas.** Son poros relativamente grandes, presentan paredes lisas, normalmente equidimensionales o esféricas. No hay una interconexión entre ellos, ya que son poros aislados. Se forman al quedar atrapadas burbujas de aire en horizontes superficiales.
    - ii. **Canales.** Son poros que presentan una forma cilíndrica (tubular) lisa, con una sección transversal redondeada u oval. Corresponden a canales de raíces o galerías de fauna. Son moderadamente conductores.

- iii. Cámaras. Este tipo de poros es bastante equidimensional, presentan paredes lisas, además, están interconectados con canales.
- iv. Cavidades. Son poros irregulares, lisos o rugosos, con una baja interconexión. Son el resultado del colapso de agregados, alteración de la estructura o disolución de componentes del suelo.
- e) **Planos.** Poros planos y fisuras, acomodados o no, lisos o rugosos, resultado de la contracción de agregados al secarse, o del deslizamiento de caras entre ellos. En general estos poros son buenos conductores de fluidos (agua y aire), excepto cuando se trata de estructuras planares, ya que estas producen poros planares horizontales que dificultan el movimiento de los fluidos.

No solo hay que hacer énfasis en la parte de las propiedades físicas, también debemos tener en cuenta el componente orgánico del suelo, en la cual se hacemos referencia a la materia orgánica presente en él, (Porta, Casanellas, & Jaume, 2008) dice que está formada principalmente por C,H,O y N, y en menor proporción por, S, P, B, Fe, Mo, entre otros.

## **2.4.2 Propiedades químicas del suelo**

**2.4.2.1 pH** De acuerdo con (Buckman y Brady, 1966) citado por (Cantera, 2010) este factor puede variar de acuerdo con las estaciones, los cultivo y los microorganismos. Por ende, podemos encontrar tres condiciones posibles:

- a) Acidez. pH menos a 6.0; se produce en suelos características de regiones donde las precipitaciones son altas, lo que con lleva a la ocurrencia de una lixiviación en las bases intercambiables de los niveles superficiales del suelo; esta acidez se debe a que hay más presencia de iones de hidrogeno que oxidrilos. Cabe resaltar que uno de los factores que



provocan esta condición es la descomposición de la materia orgánica ya que en el proceso se van formando ácidos tanto orgánicos ( $\text{CO}_3\text{H}_2$ ) como inorgánicos ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{HNO}_3$ ).

- b) Alcalinidad. pH mayor a 8.5; Esta condición es característica de zonas áridas y semiáridas, y se da cuando existe un alto grado de saturación de las bases, y la presencia de sales (Calcio, Magnesio y Sodio). Se puede decir que uno de los procesos formadores de estas bases es el intemperismo ya que extraen cationes cambiabiles de los minerales y los hacen aprovechables por adsorción.
- c) Neutralidad. pH de 7 o aproximado.

#### ***2.4.2.2 Capacidad de intercambio catiónico***

Para (Cantera, 2010) Hace referencia al número de moles de iones de carga positiva adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masas seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación de masa-solución dada.

#### ***2.4.2.3 Fosforo (P)***

este elemento no existe en el suelo de forma elemental, ya que hace parte de otros elementos, formando complejos minerales o compuestos orgánicos; su concentración puede variar, por ejemplo, en suelos arenosos es de 200 kg ha<sup>-1</sup> y en suelos que presentan una textura fina su concentración puede ser de hasta más de 3000 kg ha<sup>-1</sup> (Galantini, Suñer , & Iglesias, 2007).

#### **2.4.2.4 Azufre (S)**

Es un elemento esencial en la nutrición de las plantas, ya que está involucrado en el fortalecimiento de la estructura vegetal, favorece la resistencia al frío, y al ataque de plagas y enfermedades. Es el cuarto elemento más importante en la agricultura después del nitrógeno, fósforo y potasio (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2005).

#### **2.4.2.5 Materia orgánica**

Denominada materia orgánica o humus a la sustancia orgánica resultante de la descomposición exclusivamente de material vegetal, y que presenta un color pardo y negrozco (Meneses, Blas, Bello, & Julca, 2009). De acuerdo con (Cantera, 2010) la materia orgánica interviene en los siguientes procesos químicos:

- a) Suministra elementos nutritivos debido a la mineralización, en particular cuando ocurre la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponibles para las plantas.
- b) Sirve de amortiguador para estabilizar la acidez del suelo.
- c) La contribución a la capacidad de cambio catiónico de los suelos, importante para los suelos de textura arcillosa de tal capacidad de cambio y elevada retención de cationes.
- d) La regularización de los niveles de disponibilidad de nutrimentos principales y de elementos menores mediante la formación de sustancias orgánicas que constituyen compuestos solubles, no iónicos (complejos internos) con cationes de valencia variable.
- e) Los fenómenos de absorción.

- f) Cabe resaltar que la materia orgánica también puede afectar algunas propiedades físicas del suelo como lo es en el caso de la estructura, ya que favorece la formación de agregados individuales, lo que reduce la agregación global de suelo, y por ende disminuye su plasticidad (Cantera, 2010).

### **2.4.3. Degradación de suelos**

(López F. , 2002) la define como pérdida de la capacidad del suelo para producir bienes y servicios, así como otras funciones que ejerce para regular el medio ambiente.

#### ***2.4.3.1. Procesos de degradación del suelo***

##### ***2.4.3.1.1 Erosión***

Es un proceso por el cual se produce el desgaste en la superficie del suelo por la acción de agentes externos principalmente el viento y el agua, o también se puede dar por la fricción continua que ejercen otros cuerpos (Gaitán, y otros, 2017).

##### ***2.4.3.1.2 Tipos de erosión***

***Erosión acelerada.*** se produce cuando la cubierta vegetal del suelo es deficiente, así como la inadecuada gestión o uso de este, lo que con lleva a que sea más vulnerable a agentes como el aire y el agua, los cuales pueden incidir más fácilmente sobre él, y por ende se va a degradar más rápido (López & Romero, 1998). Por lo tanto, encontramos dos tipos de erosión acelerada, los cuales hacen énfasis a los agentes anteriormente mencionados:

- a) Erosión Hídrica. Se da cuando el agua proveniente de las precipitaciones desprende las partículas que hacen parte de los

agregados presentes en la superficie del suelo, produciendo el arrastre de estas mediante la escorrentía superficial (Loredo Osti, Beltrán López, Moreno Sánchez, & Casiano Domínguez, 2007).

- b) Erosión eólica. Se da cuando por efecto del viento las partículas del suelo son arrastradas, transportadas y depositadas ya sea a pocos centímetros o hasta varios de cientos de kilómetros (Silenzi, Echeverría, Bouza, & Lucía, 2016).

***Erosión geológica.*** El proceso suele ser lento y se prolonga por millones de años, intervienen la lluvia, nieve, frío, calor y viento (Lamenca, 2013).

***Erosión kárstica.*** es aquella que se produce cuando las corrientes de agua que se han infiltrado escurren bajo la superficie terrestre y producen la dilución del carbonato de calcio; este tipo de erosión da lugar a la formación de cavidades (El Esquiú, 2010).

Estos tipos de erosión se pueden presentar con diferentes magnitudes o grados de complicación:

1. Inexistente (E0). Hace referencia al suelo con poca o nula existencia de procesos erosivos
2. Laminar (E1). Se da cuando hay pérdida de las capas superficiales del suelo a causa de la escorrentía difusa (Díaz J. S., 2001).
3. Surcos (E2). Ocurre cuando a causa de la topografía, se forman flujos más concentrados de agua escorrentía, los cuales desprenden y transportan los agregados del suelo formando pequeños canales (Díaz J. S., 2001).

4. Cárcavas (E3). Se produce cuando los surcos se amplían y aumentan su profundidad, o debido a que varios surcos se unen, lo que con lleva a que el flujo de la escorrentía aumente y cause el socavamiento del surco central, hasta que se forme la cárcava (Díaz J. S., 2001).
5. Estoraquización (E4). El suelo ha perdido su máxima productividad, y se concierten en suelos altamente compactados, rígidos e intemperados, se da la formación de columnas, torres y grandes cárcavas que son elaboradas por el agua, el viento y endurecidas por el sol.

Para la recuperación de suelos erosionados, además de usar técnicas como fajinas, cespedones entre otros, se debe preparar el suelo para las respectivas plantaciones, median la utilización de suelo con un grado óptimo de materia orgánica o la implementación de abonos que garanticen el crecimiento de las especies usadas en el respectivo método de bioingeniería.

#### **2.4.4 Abonos orgánicos**

El abono orgánico como bien lo dice su nombre, consiste en la transformación de residuos de carácter orgánico (el estiércol, rastrojo, desechos de la cocina, etc.) convirtiéndolos en humus por medio de acciones microbianas, hongos, lombrices u otros microorganismos vivientes (Mosquera, 2010); Podemos encontrar dos tipos de abonos orgánicos:

- Líquidos de uso directo
- Abonos sólidos. Estos deben ser disueltos en agua y bien pueden ser mezclados con la tierra o aplicados de manera directa.

#### ***2.4.4.1 Proceso de composteo***

Hace referencia a los procesos de descomposición y estabilización biológica de substrato orgánico, los cuales cuentan con condiciones de temperatura, pH, humedad, entre otras, que inhiben el crecimiento de patógenos, teniendo como resultado un producto estable, que beneficiara al suelo (**Gómez, 2006**); mientras que se puede decir que es una biotécnica donde es posible hacer control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica.

#### ***2.4.4.2 Factores que afectan el proceso de composteo***

**2.4.4.2.1 Temperatura.** Va muy relacionado con el crecimiento microbiano, de manera tal que inhibe el desarrollo de patógenos o si es muy alta puede afectar el crecimiento de los microorganismos eficientes. Cabe resaltar que los microorganismos presentan rangos óptimos para su crecimiento y maduración.

**2.4.4.2.1 Humedad.** La presencia de agua es indispensable para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que esta sirve como medio de transporte, tanto para las sustancias solubles que sirven de alimento a las células, como para los productos de desechos. Cuando la humedad está por debajo de 30% la actividad biológica decrece, mientras que cuando la humedad está por encima de 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas reduciendo la transferencia de oxígeno (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

Este factor puede llegar a afectar a la temperatura, como resalta (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008) pequeñas variaciones en la humedad provocan grandes cambios en la temperatura.

**2.4.4.2.2. pH.** Tiene influencia en el compostaje debido a la dinámica de los procesos microbianos. El pH en el compost presenta tres fases. En la primera fase se puede observar un descenso del pH ya que hay una liberación de ácidos orgánicos, para la segunda se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a que se van perdiendo los ácidos anteriormente mencionados y se comienza a generar amoníaco precedente de las proteínas que están en descomposición, y finalmente para la tercera fase hay una estabilización, ya que el pH pasa a ser neutro debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades de amortiguadoras (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

**2.4.4.2.3 Aireación.** Es importante asegurar la presencia del oxígeno, ya que los microorganismos eficientes son aerobios. En las pilas de compostaje en la parte superior el oxígeno puede ser de 18-20%, mientras que a una profundidad aproximada de 60 cm es de 0.5-2%; así mismo se puede notar un aumento del dióxido de carbono en el interior. Cabe aclarar que, al haber deficiencia de oxígeno, habrá la aparición de microorganismos anaerobios, por ende, se va a retardar el proceso de compostaje (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

**2.4.4.2.4. Tamaño de partícula.** La velocidad de descomposición de los materiales orgánicos está íntimamente relacionada con el tamaño de sus partículas. En un volumen determinado, las partículas más pequeñas están sujetas a un mayor ataque por los microorganismos descomponedores que las grandes debido a su mayor superficie de contacto. Sin embargo, esto tiene un límite, ya que, si las partículas son demasiado pequeñas,

se reducen los espacios por donde circula el aire lo que hace que disminuya la descomposición. (Cortés, Valenzuela, & Uribe, 2008)

#### **2.4.4.2.5 Relaciones C/N y C/P**

Se acuerdo con (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008) Los microorganismos generalmente utilizan 30 parte de C por cada una de N. si la relación C/N es mayor que 40 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono con la consiguiente ralentización del proceso. Si el residuo tiene una alta relación C/N, pero la materia orgánica es poco biodegradable, la relación C/N disponible para los microorganismos es mejor y el proceso evolucionará rápidamente, pero afectará sólo a una proporción de la masa total. Si la relación C/N es muy baja el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N del proceso. La relación de C/N ideal se da con un valor cercano al 10.

En cuanto a la relación C/P para el compostaje su rango más óptimo se da entre 75 y 150, mientras que la relación N/P debe estar entre 5 y 20 (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

#### **2.4.4.3. Microorganismos.**

Los microorganismos son esenciales para la degradación de los residuos orgánicos biodegradables en materia orgánica humificada. En el transcurso del proceso los microorganismos pueden variar de acuerdo con la temperatura, como se mencionaba anteriormente. Al comienzo de la descomposición predominan bacterias y hongos productores de ácidos. En el transcurso del proceso al ir en aumento la temperatura encontramos bacterias, actinomicetos y hongos termófilos y termo tolerantes (Díaz E. , 2002).



De acuerdo con (Díaz, 2002) los hongos y actinomicetos, menos exigentes en humedad, abundan en los primeros 5-15cm, y se pueden observar en forma de delgados hilos de color blanco en forma de tela de araña.

#### ***2.4.4.4. Métodos de compostaje***

De acuerdo con (Camacho & Rojas, 2016) encontramos:

- a) Compostaje en contenedores. Consiste en colocar residuos orgánicos en un contenedor sin revolver; Este proceso con lleva mucho tiempo (entre 6 meses y 2 años).
- b) Compostaje revuelto. En este método revuelven los residuos para que reducir la temperatura y airear a los microorganismos para que trabajen de manera más eficiente.
- c) Compostaje en contenedores comercial o manufacturado. Estos contenedores pueden ser estáticos o giratorios. Cuando se hace uso de contenedores estáticos estos se colocan directamente al suelo para que los descomponedores puedan asistir en el proceso de compostaje. Se agregan residuos orgánicos biodegradables continuamente y se cubren con material seco (hojas o grama seca). Si se desea se puede airear la mezcla con un rastrillo o una herramienta para compostaje. Después de 6 meses o un año se retira la composta del final de la pila, y se comienza el proceso de nuevo.
- d) Compost con lombrices de tierra. Se acondiciona un contendor para poder implementar lombrices de tierra, a las cuales simplemente se les deben añadir los residuos orgánicos.

#### ***2.4.4.4.1 Compost mediante la utilización de microorganismo eficientes***

Los microorganismos eficientes han ganado gran peso en el sector agropecuario ya que, al utilizarlos para producir abono, no generan olores ofensivos, se reducen las plagas y la cantidad de abono que se puede obtener es rentable (Camacho & Rojas, 2016).

De acuerdo con (Camacho & Rojas, 2016) dentro del grupo de estos microorganismos eficientes encontramos:

- Bacterias Fotosintéticas (*Rhodospseudomonas* spp)
- Bacterias Acidolácticas (*Lactobacillus* spp)
- Levaduras (*Saccharomyces* spp):
- Actinomicetos

## **2.5 Marco legal**

En cuanto a legislación ambiental se trata, Colombia es uno de los países con una normatividad lo suficientemente completa, pues dicha carta magna, mantiene una guía bien consagrada que además de eso, desarrolla y tiene aplicación en comparación con las demás normativas de los otros países. Mayormente es conocida esta carta magna como la constitución de 1991, o llevándola más al tema ambiental constitución verde, este libro mantiene una rigurosa organización por medio de artículos y títulos donde específicamente contiene 34 artículos que están estrechamente relacionados en el marco de las disposiciones medio ambientales.

Esta constitución obliga a todo ciudadano colombiano a mantenerse regido por medio de unos deberes en cuanto a la protección de toda la diversidad e integridad de los ecosistemas

pertenecientes al territorio nacional y además de darle al mismo la opción de pertenecer y vivir en un ambiente sano.

Además de este y no menos importante, la república de Colombia deberá mantener en estado de conservación las áreas de especial importancia ecológica establecidas y diligenciadas en sus leyes correspondientes, deberá prevenir y controlar todo factor tensionante y limitantes que genere factores de decadencia en los ambientes de dicho régimen. Por tal motivo Colombia está sometida a hacer un uso eficiente y/o adecuado con cada uno de sus recursos naturales y demás riquezas, todo esto con fines de mantener a lo largo del tiempo el equilibrio en cada uno de los elementos ambientales necesarios para las generaciones venideras.

La constitución política de Colombia de 1991 dentro de sus principios fundamentales mantiene tres que son de carácter importante, cada uno de estos principios contiene obligaciones conjuntas del estado y de los particulares en cuanto a la protección de la riqueza natural y cultural de estado colombiano. Cada colombiano debe mantener dentro de sus obligaciones de manera clara y concisa la de conservar y cuidar cada uno de los recursos naturales y servicios ambientales que le ofrece el suelo, tales como la producción del alimento que cada uno consume, por tal motivo el estado le facilitara al ciudadano los lineamientos técnicos necesarios para mantener en este caso la fertilidad de los suelos productores de donde se cosechan la mayor parte de los productos de la canasta familiar. (Arenas & Diaz, 2018)

Colombia no solo mantiene regulaciones a nivel general de los recursos naturales, este país desglosa uno a uno cada recurso que requiera de un lineamiento para mitigar, prevenir

compensar, cualquier impacto que se le realice de manera antrópica o natural.

Enfocándonos directamente en el recurso suelo y su cuidado Colombia mantiene bajo los lineamientos de la ley 23 de 1973 los bienes contaminantes en los diferentes recursos, y da paso a la creación del código nacional de los recursos naturales, decreto que mantiene rigurosamente el cuidado que se le debe tener a el recurso suelo.

Bajo el artículo 9 de la ley en contexto, el gobierno colombiano mantiene la iniciativa de generar conciencia a los jóvenes y niños del país por medio de la exigencia de un temario en cuanto a cuidado y preservación de los recursos naturales el cual deberá estar incluido dentro de los contenidos programáticos existentes en sus diferentes instituciones educativas.

Como parte fundamental de esta ley, el gobierno nacional tendrá la obligación de enviar directamente como rubro especial parte del presupuesto nacional, con el fin de mantener activos los fondos para la preservación natural, todo esto buscando generar mejora en el sistema de gestión de preservación del medio ambiente, debido a que Colombia contiene la mayor riqueza de biodiversidad, tanto de fauna, flora como de agua dulce y servicios ecosistémicos de aprovechamiento. (Ministerio de Medio ambiente y desarrollo sostenible, 1973)

Como consiguiente Colombia en el año 1974 establece el decreto ley 2811 del año anteriormente mencionado, con el fin de establecer de manera mucho más a fondo el deber del ciudadano en el marco de los recursos naturales y servicios ambientales que ofrece el país, es aquí donde Colombia muestra por primera vez la preocupación en cuanto al cuidado de la naturaleza e inicia con regulaciones en el cuidado y protección del ambiente.

En este código se regula y se establece mediante artículos cada uno de los cuidados correspondientes bien sea al agua, atmosfera, suelo, aire, fauna, flora entre otros componentes bióticos y abióticos necesarios para un equilibrio ecosistémico.

Como consiguiente el mismo decreto regula de manera fundamental como se debe dar disposición a ciertos desechos tales como basuras, desperdicios urbanos, el ruido, con el fin de minimizar el deterioro ambiental. (Arenas & Diaz, 2018)

Además de eso, el presidente de la República de Colombia, en ejercicio de sus facultades constitucionales y legales y en especial de las que le confiere el ordinal 3ro del artículo 120 de la Constitución nacional, y los artículos 38 y 2o de los decretos- leyes 133 y 154 de 1976, Por el cual se reglamentan parcialmente el Decreto- Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto- Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje obteniendo así el Decreto 1715 de 1978.

Dentro del título VII se decide contemplar la tierra y el suelo en parte de su totalidad, el articulo 179 mantiene conceptos en cuanto aprovechamiento de los suelos y como deberán efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora, de lo contrario, se hace de carácter obligatorio la generación de políticas, estrategias, programas o demás herramientas a fines para la recuperación y asegurar su protección, también el aplicativo de técnicas para evitar o mitigar la perdida de cobertura vegetal y degradaciones del suelo. (Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible, 1974)

Al pasar de los años la normativa ambiental siguió avanzando trayendo entonces de esta manera la ley 99 de 1993 conocida como la ley general ambiental de Colombia donde se reorganiza todo el sector público, se crea el SINA (sistema nacional ambiental) y el

ministerio del medio ambiente además dispone el uso del suelo y su rehabilitación, en el artículo cuarenta y cuatro de la ley en contexto se contemplan parte de las obligaciones de las corporaciones autónomas regionales; usar parte de sus recursos financieros para la recuperación de los recursos naturales renovables tales como el suelo, esto bajo los lineamientos establecidos acorde a la jurisdicción de la corporación autónoma regional. Pues es obligación del estado generar un desarrollo sostenible dentro del país. (Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible , 1993)

Colombia debido a los grandes problemas provenientes de la desertificación, mantiene su postura en cuanto a la conservación de tal manera que mediante Ley 461 de 2008, Colombia aprobó la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. La Convención fue adoptada el 17 de junio de 1994 en París y abierta para su firma el 14 y 15 de octubre de 1994. Posteriormente, entró en vigor el 26 de diciembre de 1996 y logra ratificarse en Colombia mediante la Ley 461 del 4 de agosto de 1998, entrando a ser parte a partir del 8 de septiembre de 1999. (Ministerio de relaciones exteriores, 2008) Dentro de dicho documento se contiene de manera muy explícita en el artículo uno (1) que la desertificación es la degradación de las tierras resultante de las variaciones climáticas y las actividades humanas y que, en este sentido, se deben adelantar acciones que propendan por la prevención o reducción de la degradación de las tierras, la rehabilitación de tierras parcialmente degradadas y la recuperación de tierras desertificadas. (Resolución N° 170, 2009)

Más adelante se contempla la resolución 170 de 2009 donde el ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible establece y declara el año 2009 como el año de los suelos y el día 17 de junio como el día de nacional de los suelos colombianos además dentro del

mismo texto se establecen las directrices y medidas para la conservación y protección de suelos en territorio nacional, se hace necesario entender la importancia que mantiene el cuidado de dichas extensiones de terreno, y la importancia y fundamento que mantienen los procesos de recuperación, rehabilitación, o restauración, según sea el caso, todo con fines de mantener la capacidad productiva de los suelos y su integridad física.

El cuidado de los suelos no solo es deber del estado velar por ellos, el ciudadano colombiano mantiene dentro de sus deberes como consumidor o productor ayudar a la protección y conservación de estos, de tal modo, que toda persona que mantenga prácticas de actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de infraestructura, que afecten o puedan afectar los suelos, tienen la obligación de llevar y/o desarrollar prácticas en pro de la conservación y recuperación del medio todo esto bajo las características que amerite la zona donde se realizan las practicas productivas. Para todas estas actividades el ministerio de medio ambiente establece bajo el artículo dos (2) algunas medidas con el fin de adelantar acciones tendientes a la conservación de los suelos, tales como:

- a) Formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación de los suelos.
- b) Impulsar procesos de divulgación y capacitación dirigidos a la concienciación ciudadana sobre la importancia de la conservación y manejo sostenible de los suelos.
- c) Promover, conjuntamente con los institutos de investigación y universidades proyectos de investigación científica sobre los suelos, a fin de avanzar en procesos

tendientes a su conservación, protección, restauración, recuperación y rehabilitación.

d) Seguir liderando la implementación del Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Colombia (PAN).

La protección y conservación de suelos en Colombia es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo y equilibrio del país, tanto económico, social y cultural. Por tal motivo existe una normatividad tan extensa en cuestiones de cuidado, ordenamiento y manejo de los suelos colombianos, en suma a todo esto, este país es uno de los mayores exportadores de productos que abastecen parte de la canasta familiar, de tal modo la ubicación del país juega un papel fundamental, dándole gracias a sus diferentes zonas y temperaturas como lo son paramos, desiertos, regiones cálidas y templadas, esto ayuda en un gran porcentaje que exista en un solo estado diferentes tipos de cultivo que adicionalmente generaran diferentes usos de suelo, los cuales necesitaran diferentes medidas de corrección, mitigación y/o prevención para el cuidado en cuestiones de fertilidad.

### **Capítulo 3. Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Este trabajo de investigación se desarrolla bajo un modelo experimental. Basado en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas (parcelas experimentales) generando una parcela de control, una parcela de labranza mínima y parcelas de aporte de abono orgánico. cada uno de ellos de manera muy concreta y observando el grado en el que las variables implicadas y/o manipuladas produzcan un efecto determinado bien sea negativo o positivo para estas. (Malaga, Vera, & Oliveros, 2008).



En cuanto a la obtención de las diferentes fuentes de información se hace necesario recurrir tanto a literatura de carácter primario, secundario y terciario.

Referente a la obtención de información de primer orden se recurre a las visitas a campo, análisis y datos obtenidos por medio de observación insitu y pruebas ex situ, además de incluir la información que nos brinda la oficina del jardín botánico perteneciente a la universidad francisco de paula Santander Ocaña; en cuanto a la información secundaria y en algunos casos terciaria es necesario recurrir a bases de datos como Google académico, science direct, scopus y ambientallex. Para finalizar con esta recopilación de información es necesario tener en cuenta los trabajos de grado pertenecientes a los diferentes repositorios existentes en las universidades tanto en Colombia como en el exterior.

### **3.2 Población**

La población correspondió a la totalidad (8 Ha) de Bosque Seco Tropical de Colombia, encontradas dentro de las instalaciones del proyecto jardín botánico Jorge Quintero Arenas pertenecientes a la universidad francisco de paula Santander Ocaña

### **3.3 Muestra**

La muestra de este trabajo corresponde a 12 m<sup>2</sup> de suelo de bosque seco tropical erosionado dentro de las instalaciones del jardín botánico, para la identificación de este se hizo necesario utilizar el insumo suministrado por Google earth donde se identifican las áreas fragmentos de bosque seco tropical donde hay procesos erosivo activos, extrayendo de allí el polígono área de influencia.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Para la recolección de información, de acuerdo a la actividad, se hace necesario optar por el uso de diferentes métodos de compilación de información e instrumentos indispensables para esto.

#### **3.4.1 Técnicas para la definición del modelo metodológico a aplicar en los predios pertenecientes al área de influencia.**

Debido a que las variables de interés a estudiar son limitadas no se puede recurrir a un modelo de tipo estadístico, el método que más se acopla a este estudio es el completamente a azar, como afirman (Badii, Castillo, Rodríguez, Wong, & Villalpando, 2017) “un modelo completamente al azar es apropiado cuando el material experimental es homogéneo”.

Cabe aclarar que este diseño es el más sencillo, eficiente y se origina por la asignación aleatoria de parcelas experimentales previamente determinadas, además, posee un valor de 0 en su gradiente de variabilidad. Este modelo presenta varias ventajas como son su fácil diseño y análisis (Badii, Castillo, Rodríguez, Wong, & Villalpando, 2017).

Este modelo se realizó por medio de la delimitación de un área que posteriormente se subdividirá en parcelas experimentales que contaron con una dimensión de 1 m<sup>2</sup>, los cuales tuvieron una totalidad en área de 11 m<sup>2</sup>, con fines de mantener un error experimental mínimo que en términos agronómicos.

A cada una de las parcelas se les asignó su respectivo nombre, con el fin conocer la cantidad de abono que se le debía aplicar. Una vez identificadas las parcelas se procedió a realizar una labranza mínima de 20 cm, y se le dio un reposo de una semana, para poder realizar la aplicación de las diferentes cantidades del abono por parcela.

Inicialmente se realizó la delimitación de la respectiva área. Este sitio contó con condiciones tales como bajos porcentajes de N, P, K y M.O por lo que no hay presencia de ningún estrato, seguidamente se trazaron polígonos de 1 metro cuadrados de donde se tomó una muestra de suelo necesaria para conocer su condición actual.

#### ***3.4.1.1. Determinación del área total del predio***

Para la determinación del área del predio, se hace necesario el uso de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), tales como imágenes satelitales provenientes de Google earth o S.A.S Planet, con fin de obtener imágenes de diferentes plataformas de satélites como lo son Google y Bing y así lograr un menor nivel de error en cuanto a ubicación satelital, seguidamente fueron directamente enviadas al programa Arc Gis 10.3 con el fin de realizar la delimitación de las áreas encontradas, y por ende poder calcular sus posibles dimensiones, con el fin de identificar el área mayor, para ubicar los respectivas parcelas experimentales.

Se hizo uso de GPS para lograr ubicar las áreas anteriormente identificada con trabajos de oficina, con el fin de rectificar las dimensiones obtenidas y realizar un estudio biofísico al área.

#### **3.4.2. Criterios para la toma de muestras de suelo**

Para la toma de muestras de suelo se tuvo en cuenta los lineamientos técnicos establecidos por el laboratorio de suelo de la universidad nacional sede Medellín, los cuales sugieren las siguientes recomendaciones (Delgado & Campo, 2018):

- a) La muestra deberá estar compuesta de diferentes submuestras de las diferentes parcelas
- b) La muestra estará compuesta entre 10 y 30 submuestras

- c) La muestra será tomada a una profundidad entre 0,2 y 0,3 m
- d) La muestra se deberá realizar al azar

### **3.4.3 Técnicas para la determinación de la densidad y textura del suelo**

#### **3.4.3.1. Densidad**

Para la determinación de la densidad en la que se encuentra el suelo, de acuerdo con (Delgado & Campo, 2018) se recurre al método de la excavación:

- a) Selección de sitios para la realización del procedimiento
- b) Excavar de forma de cubo con dimensiones de 20x20x20 cm
- c) Extraer el suelo resultante de la excavación y determinar su peso en estado fresco
- d) Determinar la humedad en porcentaje con el método de la estufa
- e) Determinar volumen de la excavación
- f) Realizar cálculos de densidad aparente y real
- g) Analizar los resultados

#### **3.4.3.2 Textura**

Para la determinación de la textura del suelo se hace necesario optar por el método de Bouyoucos (Giraldo, 2013).

1. Determinar humedad gravimétrica y sobre la base de suelo seco pesar 50 g tamizados a 2mm.
2. Pasar el suelo a la copa de dispersión y agregar el agente dispersante denominado calgón (( $\text{NaPO}_3$ )<sub>6</sub>+  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 10 ml y agua de la llave hasta un poco

por encima de la mitad de la copa y dejar en reposo unos minutos o toda la noche.

3. Someter el suelo a dispersión por 10 o 15 minutos si su textura es fina.
4. Verter el contenido de la copa a una probeta de 1000 ml y aforar con agua de la llave.
5. Agitar con el émbolo 10 veces verticalmente.
6. Tan pronto como se termine la agitación poner en marcha el cronómetro y sumergir cuidadosamente el hidrómetro en la suspensión.
7. . Anotar la lectura del hidrómetro en la suspensión a los 40 segundos de haber cesado la agitación.
8. Sacar cuidadosamente el hidrómetro y tomar temperatura
9. Dejar en reposo por dos horas y volver a tomar lectura con el hidrómetro y la temperatura

Posterior a esto se hace una triangulación en el gráfico de clases texturales (ver ilustración 1) con los resultados obtenidos, con el fin de identificar su categoría (arcilla, limo y arena).

**3.4.3.3 Técnicas para la determinación de características químicas del suelo.** Para la determinación de estas características, se hace necesario el uso de un laboratorio que haga las respectivas pruebas y procedimientos a las siguientes características químicas:

### ***pH***

Se pesan 12 g de suelo, posterior a esto se añaden 30 ml de agua, se agita por 30 segundos y se deja la suspensión en reposo durante 1 hora, finalmente se introduce el electrodo en la mezcla para determinar su respectivo pH.

### ***Materia orgánica***

Para la determinación de materia orgánica se implementara el método de walkley y black, de tal manera que según (García & Ballesteros, 2005) se tomara una muestra de suelo que seguidamente se oxidara con una solución de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) estandarizada, utilizando el calor producido por la dilución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado, en la solución crómica. La determinación se realizó valorando por retroceso la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la MO, con una solución de sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ), utilizando como indicador difenilamina, y también se determinó por colorimetría, cuantificando el color verde del ácido crómico reducido a  $\lambda_{max} = 585 \text{ nm}$ , el cual es proporcional a la materia orgánica que reacciona. Además, se realizó la respectiva curva de calibración con patrones de sacarosa R.A.

### ***Metales pesados (Fe, Mn, Cu, Zn)***

Para la determinación de estos metales se hará necesario el uso del método DTPA-TEA, que de acuerdo con (González, Almendros, & Álvarez, 2009) se utiliza ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) como agente quelante, ya que este agente presenta la combinación más favorable de constantes de estabilidad de los complejos metálicos con los cationes mencionados anteriormente. La extracción se realiza a un pH tamponado con trietanolamina, porque el pH tiene una gran influencia sobre su capacidad de extracción. La adición de Cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ) al extractante tiene por objeto minimizar la excesiva

disolución de los carbonatos en los suelos calizos, lo cual liberaría el Cu y el Zn ocluidos; de tal forma que requiere:

1. colocar en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, 10 g de suelo secado al aire y tamizado a 2 mm.
2. Se añaden 20 mL de disolución extractante.
3. se tapa el matraz y se agita en un agitador horizontal con brazo de 8 cm (2 horas a 120 rpm).
4. se filtra la suspensión por gravedad a través de un filtro de papel Whatman nº 42 (cabe aclarar que si el filtrado es turbio de debe volver a filtrar)
5. la medida de la concentración de micronutrientes, mediante cualquiera de los métodos indicados anteriormente (FAAS, GF-AAS, ICP-AES, etc).

### ***Fosforo (P)***

Para la determinación del fosforo presente en la muestra de suelo se hace necesario el uso de la solución extractora (Bray II), la cual según (García & Ballesteros, 2006) está sujeta al siguiente procedimiento.

1. Pesar 2,85 g de suelo y agregar junto con 20 mL de solución extractora a un tubo de ensayo de 50 mL
2. agitar durante 40 segundos manualmente y cronometrando el tiempo.
3. Filtrar la suspensión inmediatamente a través de papel filtro.
4. Usando el dilutor (2/18). tome 2 mL del extracto o de patrón y añada 18 mL de la solución de trabajo para desarrollo del color.
5. Mezclar bien y esperar 15 minutos para el desarrollo del color.

6. Calibre el espectrofotómetro con los patrones a una longitud de onda de 660 nm usando concentración o absorbancia.

### ***Calcio, magnesio, potasio y sodio***

Con el fin de obtener el valor de los elementos menores anteriormente mencionados se hace necesario acogerse al procedimiento planteado por (Instituto nacional de ciencias agrícolas, 2010) el cual mantiene bajo sus técnicas analíticas lo siguiente:

Principalmente se debe realizar una extracción de cationes cambiabiles, La extracción de cationes de los suelos se hace con una solución de una sal neutra. El acetato de amonio en solución normal y ajustado su pH a 7 es la más usada en el mundo.

Seguidamente del filtrado que se obtuvo en la extracción de cationes se toman con pipetas dos porciones de 5 mL y se transfieren a dos Erlenmeyer de 200 mL, uno de ellos se marca para Ca y el otro para Ca+Mg. A cada uno de ellos se añaden aproximadamente 50 mL de agua.

Para la determinación de Ca + Mg se requiere añadir:

- 5 mL de solución buffer de NH<sub>4</sub> OH
- 5 gotas de solución de ferrocianuro de K al 4 %
- 5 gotas de trietanol amina al 5 %
- Una “pizca” del indicador negro T de Eriocromo.

Con el fin de obtener su valoración se realiza bajo los lineamientos de la solución 0.01N de EDTA, la cual terminara cuando se produzca un cambio de color vino (o rosado) a azul brillante permanente. Se anota el volumen (mL) de EDTA consumidos para Ca+Mg.



### ***Determinación de Ca***

Al Erlenmeyer marcado Ca se añade:

- 5 mL de solución de NaOH 4N
- 5 gotas de solución de cloruro de hidroxilamina al 5 %
- 5 gotas de Trietanol amina
- Agitar y añadir una pizca del indicador Murexida (purpurato de amonio) y agitar.

### ***CICE***

Se denomina CICE a la suma de cationes de cambio, que según (Instituto nacional de ciencias agrícolas, 2010) se representa bajo la siguiente formula:

$$\mathbf{CICE = Ca + Mg + K + Na + Al}$$

### ***Aluminio (Al)***

Para la determinación del aluminio se requiere optar por el siguiente procedimiento que de acuerdo con (Universidad del Magdalena, s.f) es:

1. Tomar una alícuota del extracto y agregar tres gotas de fenolftaleína, titulando con NaOH A 0.05M hasta que aparezca un rosado pálido.
2. Agregar unas gotas de HCl a 0.1N para eliminar el color rosado.
3. Agregar 10 mL de NaF a 1N y titular con HCl a 0.05M hasta que el color desaparezca por más de un minuto.
4. Posteriormente se realiza una determinación directa del hidrogeno intercambiable con el fin de hallar el aluminio intercambiable por diferencia.

***Potasio (K) y sodio (Na)***

Para la determinación de estos elementos se optará por método de fotometría de llama, el cual establece lo siguiente:

1. Pesar 1.9164 g de KCl y 2.555 g de NaCl de 99.5 % de pureza y secado en la estufa a 105° C durante tres horas o las cantidades equivalentes para tener 1.9068 g de KCl y 2.5422 g de NaCl químicamente puro.
2. Se transfiere a un matraz aforado de 1000 mL, se añade agua para diluirlo y después se enrasa y se agita (Esta solución tiene una concentración de K y Na de 1000 ppm).
3. Tome de la solución estándar de 1000 ppm de K y Na, 100 mL y transfíralo a un matraz aforado de 1000 mL, mezclar con agua y agite (Esta solución patrón tiene 100 ppm de K y Na).
4. Se preparan patrones de 0 a 100 ppm con rango de 10 ppm, para esto se utilizan matraces aforados de 25 mL y se marcan con números consecutivos del 2 al 10. En cada uno de ellos se depositan las cantidades de solución patrón que se indican en la tabla 2, la cual establece las cantidades (mL) de la solución patrón de 100 ppm de K y Na a utilizar para preparar 25 mL de los patrones y confeccionar los gráficos de K y Na.

**Tabla 2. Volúmenes de referencia**

No.	Concentración de K y Na (ppm)	Volumen de la solución patrón de 100 ppm de K y Na
0	agua 0	-
2	10	2.5
3	20	5.0
4	30	7.5
5	40	10.0
6	50	12.5
7	60	15.0
8	70	17.5
9	80	20.0
10	90	22.5
11	100	100 es la solución patrón

Fuente: (Paneque, 2010)

5. Se ajusta el fotómetro según su especificación para K y Na, con agua destilada y el patrón de 100 ppm de cada catión. Después se lee cada una de las muestras, según el orden del 2 al 10, así como las transmisiones correspondientes y se anotan; con esa información se confecciona el gráfico

6. Se transfiere una porción del extracto de suelo obtenido anteriormente a un beaker, Erlenmeyer o frasquito de 15 mL. Se ajusta el fotómetro en la misma forma que cuando se confeccionó el gráfico.

7. La muestra se procesa en el fotómetro y se toma la lectura. Con la lectura de cada muestra se busca en el gráfico las concentraciones correspondientes y se obtienen la ppm de K y Na. Se calcula la concentración de esos elementos en el suelo con las siguientes fórmulas:

$$K \text{ (ppm)} = 5 \times c \quad Na \text{ (ppm)} = 5 \times c$$

#### **3.4.4 Determinación de cantidad de abono a producir**

Para lograr establecer la cantidad de abono que era necesaria para cubrir las 12 parcelas experimentales planteadas por medio de modelo al azar, se calculó el volumen de cada

parcelas después de haber sido labrada, usando la fórmula del volumen de un prisma rectangular ( $V = \text{Base} \times \text{Altura} \times \text{Ancho}$ ), la cual nos permitió conocer el volumen de cada parcela, posterior a esto se realiza la sumatoria de los volúmenes de las diferentes parcelas, con el fin de conocer la cantidad de abono a preparar.

### **3.4.5 Técnica para la fabricación de abono**

Para la fabricación del abono se hará uso del método de compost takakura, ya que es un método rápido, fácil y económico; para que este método funcione adecuadamente se debe cumplir con su respectivo procedimiento, para el caso de este proyecto dicho proceso se hará de la siguiente manera:

- a) primero se comenzó preparando dos soluciones: la dulce que estará compuesta por 50 g de azúcar morena, 200 g de yogurt, 80 g de levadura de pan y 15 Litros de agua, luego realizara su mezclado, posterior a su mezcla, se vierte en un recipiente de 15 L y se agita de nuevo, y para la solución salada se hace necesario 24 g de sal, 4L de agua, conchas de frutas y verduras (naranja, uvas, guayaba, berenjena, calabacín, pepino, auyama y lechuga), luego se diluyen la sal en los 4L de agua, posterior a esto se agregan las cascaras, todo dentro de un recipiente de 5 L, y se agita. Cabe resaltar que ambas soluciones estarán tapadas muy bien, y serán dejadas por 4 días en la oscuridad.
- b) se prepara un lecho de fermentación el cual estará conformado por 20Kg de cascarilla de arroz, 20 Kg de afrecho de trigo y 5Kg de suelo de bosque. Estos materiales serán mezclados en un superficie uniforme y limpia, también se le agregarán las soluciones preparadas, de manera que quede con una humedad adecuada (no escurra).

- c) se almacenara el lecho impregnado con las soluciones en unas canastas con una capacidad de 70L, las cuales previamente se acondicionarán con cartón y cinta de papel, con el fin de permitir la aireación y evitar el ingreso de insectos. Se dejará reposar unos días hasta que se note una capa blancuzca sobre la superficie, luego se dejará descansar 4 días más.
- d) se agregarán mínimo 30 L de residuos orgánicos lo cuales deben estar bien picados, posterior a la adición de los residuos, se procederá a mezclar bien.
- e) Se dejará reposar por un mes.

Cabe aclarar que el procedimiento mencionado anteriormente se llevara a cabo en un área prestada por la universidad Francisco de paula Santander Ocaña, la cual esta ubica dentro del vivero.

#### ***3.4.5.1 Técnica para la medición de temperatura.***

Con el fin de mantener un proceso eficiente, se procedió a realizar mediciones cada 3 días de las temperaturas que se dan en el proceso, mediante la utilización de un termómetro de sondeo.

ya que, si la temperatura es muy alta, los microorganismos eficientes se pueden volver ineficientes, por tal motivo se tiene que proceder a hacer un mezclado del sustrato presente en las canastas.

#### ***3.4.5.2 Técnica para la determinación de MO, N, P, K.***

Para el análisis de la materia orgánica, fosforo y potasio se hará de la misma manera que los procedimientos mencionados anteriormente en el análisis de suelos.

En cuanto a la determinación del nitrógeno se procederá a hacer uso del método Kjeldahl, que de acuerdo con (HACH, 1999) se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a) Transferir 0.50 gramos de suelo en un matraz de digestión digesdhal
- b) Colocar 15 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% o 10ml al 50% en el embudo del digestor
- c) Prender el aparato para digestiones digesdhal, colocar la temperatura a 440° C, cuando esta temperatura se alcanza, prender el aspirador para asegurar que hay succión dentro de la columna de fraccionamiento
- d) Se agregan al matraz con la muestra 4 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.
- e) Colocar el matraz de digestión, seguido de la columna de fraccionamiento con el embudo. Colocar el matraz en el calentador y dejar que ebulle por 4 minutos.
- f) No seguir si el ácido sulfúrico no es visible en el matraz. Empezar a agregar por goteo lento el peróxido de hidrogeno que se encuentra en el embudo.
- g) Después de que la adición de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> termine, calentar por un minuto más para que ebulle el exceso de peróxido.
- h) Tomar el matraz caliente fuera del calentador y dejar que se enfríe a temperatura ambiente. Remover la columna de fraccionamiento del matraz de digestión.
- i) Cuando este frio el matraz, se diluye el digerido a 100 ml con agua desionizada.
- j) Si las muestras tienen turbidez es necesario filtrarlas.
- k) Ajustar el pH del digerido a 2.5 usando NaOH.

### **3.6 Análisis de la información**

Por medio de los diferentes elementos leves, microelementos, materia orgánica y demás, se requiere mantener un análisis exhaustivo de dicha información.

### 3.6.1 Análisis de suelo pre-aplicación

Se hace necesario conocer las características iniciales de las diferentes extensiones de suelo a tratar, de tal forma que por medio de la universidad Nacional sede Medellín se realizará una muestra de suelos, la cual tendrá como objeto inicial, dar a conocer las características iniciales del suelo perteneciente al Proyecto Jardín botánico ‘Jorge Enrique Quintero Arena’.

#### 3.6.1.2 Materia Orgánica

Para poder conocer el nivel de materia orgánica que tendrá el suelo antes de la aplicación del abono, se hace necesario analizar el estado en cuanto a materia orgánica inicial, de tal manera que, se deberá realizar una analogía entre el valor obtenido en el análisis de laboratorio y los de la tabla 3 con el fin de conocer el estado inicial de la extensión de terreno.

**Tabla 3. Categorías del porcentaje de M.O**

Contenido	Categoría
<1,0	Bajo
1.0 – 3.0	Medio
>3.0	Alto

Fuente: (Pina & Machado de Armas, 2015)

Cabe resaltar que la materia orgánica participa en numerosos procesos geoquímicos los cuales afectan directamente la productividad y preservación de los ecosistemas terrestres, y particularmente estabiliza el suelo frente a los procesos erosivos, por ende, suelos que cuentan con un bajo porcentaje de materia orgánica pueden encontrarse en un estado erosionado o con posibles riesgos a tener procesos erosivos a futuro (Sales & Beatriz, 2006)

De tal forma que los resultados provenientes de los análisis podrán ser comparados con la tabla de tal forma que se logre determinar la afectación del suelo, el cual será complementado con estudios geofísicos, para finalmente poder establecer el nivel de complicación presente.

Todo esto con el fin de poder establecer posteriormente las técnicas y/o procedimientos necesarios para su adecuada recuperación.

### **3.6.1.3 PH**

De acuerdo a la alcalinidad o acidificación de un suelo se logra categorizar el tipo de suelo por medio de su mineralogía, se establece según (Piedrahíta, 2009) que los suelos minerales ácidos (PH 5.0) contienen por lo general cantidades apreciables de Al y Mn de solución del suelo las cuales pueden afectar gravemente el crecimiento vegetal, así mismo disminuye la actividades microbianas la cual es encargada de descomponer materia orgánica y proveer nutrientes a las plantas. Aunque estos organismos pueden funcionar mejor en niveles de PH de 8.0, su eficiencia no cae rápidamente hasta que los niveles del PH están por debajo de 6.0.

## **Capítulo 4. Administración del proyecto**

### **4.1 Recursos**

**4.1.1 Recursos Humanos:** Para la realización de este trabajo se empleó como recursos de carácter humano, los aportados principalmente por los docentes expertos en el área a trabajar y el respectivo director de este proyecto de grado, además el conocimiento y trabajo de los autores de dicha investigación para el desarrollo de la misma, seguidamente todo aquel personal necesario al cual se logre acceder para realizar consultas de tipo científico y/o experimental.



Tabla 4.Presupuesto científico

<b>1. PERSONAL CIENTIFICO</b>									
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Vinculación</b>	<b>Función</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Horas semanales</b>	<b>N° de semanas</b>	<b>Fuente de financiación</b>			
						<b>Propios</b>	<b>Facultad</b>	<b>Otra fuente</b>	<b>Total</b>
<b>1. Jhon Salvador Arévalo Bacca</b>	<b>Director científico</b>	<b>Director de la investigación</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>2</b>	<b>32</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>
<b>2.Raul Camilo Mora Cabrales</b>	<b>Investigador</b>	<b>Investigador Principal</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>
<b>3. Giseth María Martínez Roca</b>	<b>Investigador</b>	<b>Investigador Principal</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>
<b>Subtotal</b>						<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>

Fuente: Autor

Tabla 5. Personal de apoyo necesario para el desarrollo del proyecto

<b>2. PERSONAL DE APOYO</b>									
<b>Nombre y apellido</b>	<b>Vinculación</b>	<b>Función</b>	<b>Valor hora</b>	<b>Horas semanales</b>	<b>N° de semanas</b>	<b>Fuente de financiación</b>			
						<b>Propios</b>	<b>Facultad</b>	<b>Otra fuente</b>	<b>Total</b>
<b>1. María Alejandra Vergel</b>	<b>Docente de apoyo</b>	<b>Orientativa</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>
<b>2.Carlos Villamizar</b>	<b>Docente de apoyo</b>	<b>Orientativa</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>
<b>Subtotal</b>						<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>

Fuente: Autor

**Nota:** El personal anteriormente mencionado su trabajo y funciones dentro de esta investigación está relacionado únicamente a la orientación en análisis de laboratorio, y seguimiento en desarrollo metodológico, su vinculación es académico y voluntario, por tal razón no se devienen costos relacionados con su labor dentro de la investigación.

**4.1.2 Recursos Financiero:** se hace necesario contemplar coste en cuanto adquisición de materiales a utilizar ya sea por medio de alquiler o compra de estos, además gastos en transporte de materiales y de personal.

**4.1.2.1 Presupuesto**

Tabla 6. Presupuesto asignado para materiales e insumos necesarios para la ejecución de la investigación

<b>3.MATERIALES E INSUMOS</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>	<b>Fuente de financiación</b>				
		<b>Forma de adquisición</b>	<b>Propios</b>	<b>Facultad</b>	<b>Otras Fuentes</b>	<b>Total</b>
Cascarillas de arroz	Para preparación de lecho de fermentación	<b>Donado</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>
Azúcar	Usada para la preparación de la solución de fermentación	<b>Compra</b>	<b>\$ 1.200</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 1.200</b>
Sal	Usada para la preparación de la solución de fermentación	<b>Compra</b>	<b>\$ 300</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 300</b>

Yogurt	Usado como alimento fermentativo en la preparación de la Solución	<b>Compra</b>	<b>\$ 2.500</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 2.500</b>
Levadura	Usado como alimento fermentativo en la preparación de la Solución	<b>Compra</b>	<b>\$ 3.390</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 3.390</b>
Canastas	Usado como almacenamiento del lecho y posteriormente del abono	<b>Compra</b>	<b>\$ 30.000</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 30.000</b>
Palas	Usada para generar homogenización cada vez que se realice aplicación de residuos en el lecho	<b>Alquiler</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>
Costales	Usado para Almacenamiento y embalaje del abono	<b>Compra</b>	<b>\$ 5.000</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 5.000</b>

Análisis de abono	Realizado con el fin de conocer la características mineralógicas y orgánicas del producto en cuanto cantidades de N, P, K Y MO	<b>Compra</b>	<b>\$ 160.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 160.000</b>
Análisis de suelo - post abonado	Realizado con el fin de conocer las características pos-aplicación del abono	<b>Compra</b>	<b>\$ 160.000</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 160.000</b>
Análisis de suelo actual	Realizado con el fin de conocer el estado actual del suelo	<b>Compra</b>	<b>\$ 160.000</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 160.000</b>
Residuos orgánicos	Usados como Base para la creación del abono	<b>Donado</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>	<b>\$ 0.00</b>

---

*Fuente: Autor*

Tabla 7. Presupuesto requerido para los costos relacionados con viáticos.

<b>4. VIÁTICOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>	<b>Recursos propios</b>	<b>Facultad</b>	<b>Otras</b>	<b>Subtotal</b>
<b>Transporte</b>	<b>Necesarios para la movilización y el acceso al área de estudio</b>	<b>400,000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>400,000</b>
<b>Gastos imprevistos</b>	<b>Ninguna</b>	<b>50,000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50,000</b>
<b>Sub-Total</b>					<b>450,000</b>

Fuente: Autor

**4.1.3 Recursos Institucional:** En lo que respecta al recurso de carácter institucional para el desarrollo de este proyecto se hace necesario tener en cuenta inicialmente el repositorio universitario de la biblioteca Argemiro Duran Quintero, de donde se obtiene la mayor parte de información de tipo secundario para el desarrollo literario de esta investigación.

Además de esto, los laboratorios de aguas a cargo de la microbióloga en jefe el laboratorio Animal adscrito a la facultad de ciencias agrarias y del ambiente, seguidamente se hace listar los insumos necesarios para el desarrollo de todas las actividades que ayudaron en

el logro de los objetivos planteados en dicho proyecto, materiales, equipos, locaciones y demás provenientes de la Universidad

Francisco de Paula Santander Ocaña:

**Tabla 8. Presupuesto requerido para los costos relacionados con equipos y locaciones institucionales**

<b>5. EQUIPOS Y LOCACIONES</b>						
<b>Descripción</b>	<b>Justificación</b>	<b>Forma de adquisición</b>	<b>Recursos propios</b>	<b>Facultad</b>	<b>Otras Fuentes</b>	<b>Subtotal</b>
GPS	Con el fin de localizar y acceder a el área	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Termómetro	Medición de temperaturas optimas durante los procesos de descomposición	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Trituradora	Con el fin de disminuir los diámetros y tamaño de los residuos orgánicos provenientes del restaurante universitario	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Pala	Usada para la homogenización y labranza	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Mufdela	Usada en procesos de determinación de materia orgánica	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Picos	Labranza	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Residuos Orgánicos	Producto base para la creación del abono	<b>Recolección</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Área Vivero	Área destinada para la fabricación del abono	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Suelos erosionados (Ha)	Área a intervenir posteriormente aplicar el abono obtenido	<b>Préstamo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Subtotal			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Autor



#### 4.1.4 Presupuesto general

Tabla 9.Presupuesto general del proyecto

<b>PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO</b>	
<b>RUBROS</b>	<b>FUENTE DE FINANCIACION</b>
	<b>TOTAL</b>
1. Personal científico	\$0.0
2. Personal de apoyo	\$0.0
3.Materiales e insumos	\$ 522.390
4. Viáticos	\$450.000
5. Equipos y locaciones	\$0.00
Total, Costo del proyecto	\$972.390

Fuente: Autor

## Capítulo 5. Resultados

### 5.1 Resultados del primer objetivo específico

Para dar desarrollo a este objetivo planteado, inicialmente fue necesario el uso del laboratorio de suelo de la universidad nacional de Colombia sede Medellín, de tal manera que se logró reconocer el estado actual del suelo perteneciente al proyecto ‘Jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas’ Obteniendo entonces estos resultados:

Tabla 10. Análisis de suelo Inicial (ver apéndice A)

PARÁMETRO	RESULTADO
PH	4.9
M.O	0.37
Al	18.3
Ca	3.9
Mg	2.9
K	0.34
Na	0.11
CICE	25.6
P	1
S	3
Fe	32
Mn	12
Cu	1
Zn	2

Autor: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

## 5.2 Resultados para el segundo objetivo específico

Por medio de sistemas de información geográfica y uso de herramientas tecnológicas como GPS se logró establecer las parcelas demostrativas para el aplicativo del abono orgánico.

Se delimitaron parcelas de 1 m<sup>2</sup> en suelos ubicados dentro del proyecto ‘jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas’ ubicando las parcelas experimentales de la siguiente manera:

**Tabla 11. Coordenadas Parcelas Parte alta proyecto piscícola**

<b>Nombre de la Parcela</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
P1R1	-73,319163	8,240705
P2R2	-73,319140	8,240692
P3R1	-73,319124	8,240697
P2R1	-73,319002	8,240668
P2R2	-73,319093	8,240667
P4	-73,319107	8,240720
P4R1	-73,319084	8,240723

**Fuente: Autor**

**Tabla 12. Coordenadas parcelas dentro del bosque seco tropical del Proyecto ' Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas'**

<b>Nombre de la Parcela</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
P1	-73,317363	8,240520
P3	-73,317340	8,240505
P3R2	-73,317338	8,240484
P4R2	-73,317355	8,240471

**Fuente: Autor**

Seguidamente se hizo necesario realizar procesos de labranza en cada una de las parcelas con el fin de maximizar el proceso de mejora que tendría el suelo gracias a el abono orgánico. Además, fue necesario la realización de diversas zanjas con el fin de evacuar la escorrentía superficial que podría generarse, por ende, causaría un arrastre del material que se incorporó en las diversas parcelas experimentales. La cuales de acuerdo a:

<b>Rango</b>	<b>Valor</b>	<b>Símbolo IGAC</b>	<b>Descripción</b>
0% - 3%	1	( a )	Plano
3% - 7%	2	( b )	Ligeramente Ondulado
7% - 12%	3	( c )	Moderadamente Ondulado
12% - 25%	4	( d )	Fuertemente Ondulado
25% - 50%	5	( e )	Ligeramente Escarpado
50% - 75%	6	( f )	Moderadamente Escarpado
>75%	7	( g )	Fuertemente Escarpado

**Figura 2. Clasificación de pendientes**

**Fuente: (Muñoz, 2012)**

Se clasificaron como ligeramente onduladas, mas, sin embargo, el modelo metodológico no requirió incorporar este valor en sus cálculos.

Basándonos en este orden de ideas las parcelas mantuvieron una profundidad de 20 cm (ver ilustración 1) para así lograr que el abono aplicado en ella no quedara en la superficie.



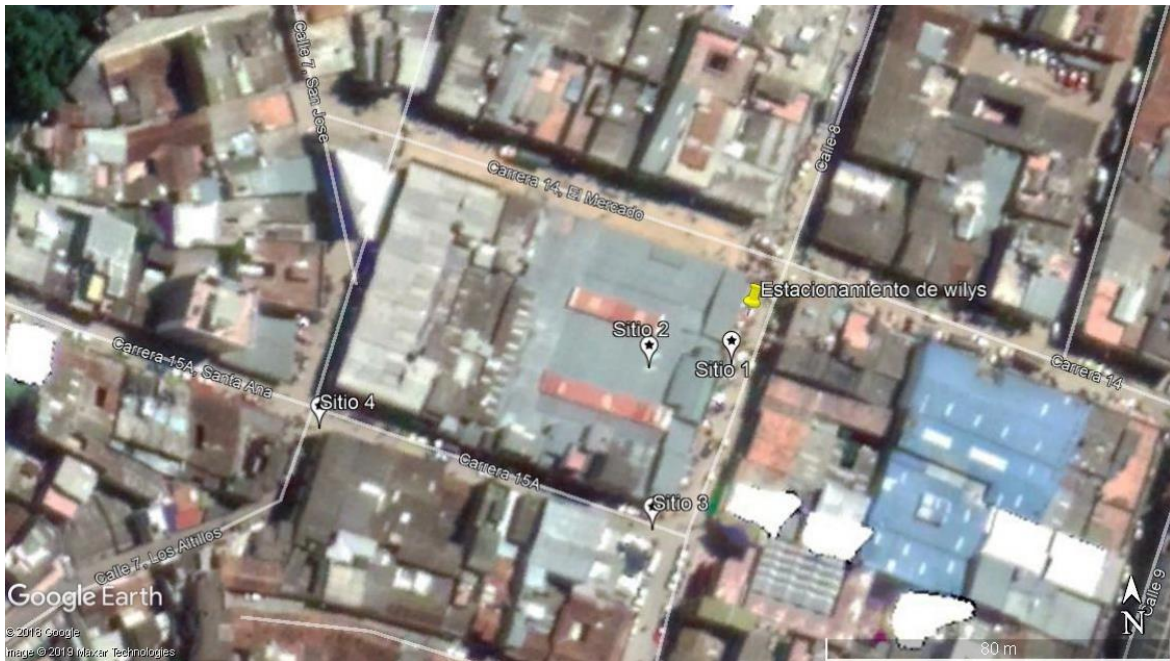
**Figura 3. Parcelas con Labranza Mínima**

**Fuente: Autor**

### **5.2.1 Recolección de residuos Orgánicos**

Para iniciar la realización del abono orgánico fue necesario la recolección de residuos sólidos de tipo orgánico especialmente cascaras de frutas (mango, papaya, piña, banano, manzana, naranja) y verduras (plátano, papa, cebolla, yuca, ahuyama) con el fin de poder iniciar su descomposición dentro de los lechos de fermentación. Estos residuos fueron recolectados en diferentes zonas de la ciudad.

Todos estos residuos sufrieron un proceso de limpieza y corte, de tal manera que se lograra aprovechar al máximo; debido a que entre más pequeño se encuentre el residuo orgánico, su descomposición es más acelerada.



**Figura 4. Ubicación puntos de recolección de residuos sólidos orgánicos**

**Fuente: Google Earth**

## **5.2.2 Elaboración del compost o abono orgánico**

Para la elaboración de dicho compostaje fue necesario la realización de una solución mediante la cual se logró generar el medio de cultivo rico en ciertos nutrientes para la producción de microorganismos descomponedores de residuos orgánicos.

Para iniciar con este proceso fue necesario el uso de azúcar, levadura, yogurt, agua, sal, cascaras de frutas y vegetales, cada uno de estos elementos se usó para realizar un medio de fermentación salado y dulce, de tal manera entonces que se utilizaron las siguientes cantidades:

Tabla 13. Cantidades de materiales para lecho de fermentación

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Azúcar	50 gr
Levadura	80 gr
Yogurt	200 gr
Agua	19 L
Sal	24 gr
Cascaras de frutas	9 kg
Cascara de verdura	9 kg

Fuente: Autor

Seguidamente se generó el tiempo de espera para su respectiva fermentación de un total de 4 días, en un lugar oscuro y en recipientes totalmente herméticos. Seguidamente se prosiguió a realizar el lecho de fermentación para lograr una producción de 420 L de Abono ‘Takakura’, ya que esta era la cantidad necesaria para satisfacer la demande de las diferentes parcelas experimentales.

### 5.2.3 Preparación de lecho de fermentación

En este punto se hizo la adquisición de nuevos insumos para la producción del abono como lo fue el salvado de trigo, cascarilla de arroz y suelo de bosque:

Tabla 14. Cantidad de insumo necesario para la producción del lecho de fermentación.

<b>Insumo</b>	<b>Cantidad</b>
Salvado de trigo	20kg
Cascarilla de Arroz	20kg
Suelo de Bosque	5 kg

Fuente: Autor

Seguidamente se realizó una mezcla entre la solución obtenida mediante el uso de los materiales establecidos en la tabla 9 y los anteriormente mencionados.



**Figura 5. Preparación del lecho de fermentación**

**Fuente: Autor**

Esta mezcla fue depositada en cada una de las canastas de tal manera que se lograra por canasta 60 L del lecho de fermentación.

Seguidamente por un periodo de 3 días se mantuvo en absoluta reserva dicho lecho, con el fin de dejar crecer los microorganismos encargados de la descomposición de los residuos posteriormente a aplicar, para mantener los lechos aislados del suelo se construyó un mesa nini ( estructura utilizada para aislar el abono del suelo, con el fin de evitar el contacto con los factores del suelo, que le generan alteración en su correcta elaboración) dentro de las instalaciones del vivero de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Pasado este tiempo se procedió a realizar la mezcla de los residuos sólidos orgánicos en cada una de las parcelas experimentales. Mezclando así una cantidad de 3kg por canasta de 70L, después de realizar dicho procedimiento se mantuvo en un lugar oscuro y sellado donde no tuvo contacto con ningún agente externo, para mantener la eficiencia en este producto final.



### 5.2.4 Aplicación en zona de labranza

Después de transcurrido un mes se obtuvo el abono orgánico por método de compost takakura donde cada uno de los residuos aplicados dentro del lecho se encontraban en total descomposición.

Para realizar la aplicación del abono en zonas de labranza se distribuyó un total de 360 L de abono en el número de parcelas establecidas por medio de método al azar obteniendo entonces las siguientes cantidades de abono a aplicar por parcela:

**Tabla 15. Cantidad de abono orgánico aplicado por parcela**

<b>Nombre de la parcela</b>	<b>Cantidad de abono aplicado</b>
P1	100L
P1R1	20L
P1R2	30L
P2	27L
P2R1	15L
P2R2	25L
P3	30L
P3R1	15L
P3R2	10L
P4	21L
P4R1	35L
P4R2	32L

**Fuente: Autor**

Después de realizado dicha aplicación se dejó actuar durante 60 días para luego sacar la muestra de suelo necesaria para realizar análisis.

### 5.3 Resultados para el tercer objetivo específico

Para iniciar con el desarrollo de este objetivo se realizaron estudios de identificación de microorganismos y análisis fisicoquímicos del suelo, con el fin de poder determinar que tantos beneficios trajo el abono orgánico al suelo perteneciente al proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña de tal manera que se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 16. Análisis de laboratorio post aplicación del abono**

Parámetro	Resultado
PH	7,5
Ca	22,6
Mg	3,19
Na	0,17
K	0,31
Al	N. A
B	0.04
Fe	20,2
Mn	6,06
Cu	0,29
Zn	0,08
S	6,53

Fuente: Universidad Industrial de Santander Sede Bucaramanga

De acuerdo a la información suministrada por el laboratorio de la universidad industrial de Santander sede Bucaramanga, se logró notar cambios en el suelo abonado, de tal manera que se logra caracterizar el suelo de la siguiente manera:

### **pH**

Anteriormente el suelo presentaba un pH ácido con un valor 4,9, el cual de acuerdo con (Campo, 2016) en el suelo se podría haber estado presentando carencia de calcio y magnesio, exceso de hierro y aluminio, y un efecto depresivo sobre los microorganismos del suelo, por lo tanto, se estaría reduciendo la humificación y la mineralización de la materia orgánica.

Basándose en las investigaciones de (Estrada Herrera, y otros, 2017) e el rango óptimo de calidad de suelos agrícolas, el pH presenta un intervalo en el cual las plantas presentan un mejor crecimiento, que va desde 5- 7.5; gracias a la aplicación del abono el suelo presento una mejora en sus valores de pH, pasando a un valor de 7.5, ubicándose en el rango máximo anteriormente mencionado, y de esta manera se considera un suelo ligeramente alcalino (Zapata, 2004).

### **Ca y Mg**

En cuanto a condiciones de calcio y magnesio, el análisis inicial nos arroja los siguientes valores para estos:

Ca = 3,9 y Mg = 2,9 de tal manera que en esta extensión de terreno donde se encuentran las parcelas experimentales, las plantas no contaban con los nutrientes necesarios, para ser usados en algunos procesos como el alargamiento celular, regulación estomática, como constituyente esencial de la molécula de clorofila, entre otros (Pellegrini, 2017).

De tal manera que, gracias a los cambios causados por la aplicación del abono, las concentraciones de estos elementos aumentaron, obteniendo los siguientes valores:

Ca = 22,6 y Mg = 3,19, viéndose así, el mayor cambio en el calcio, lo que favorece la formación de complejos con las fracciones húmicas, y de esta manera incidiendo en la capacidad estructurante, y por ende en la dinámica del agua y aire en las parcelas experimentales (Pellegrini, 2017).

### Na

De acuerdo con (Agrichem, 2016) el exceso de sales en el suelo reduce el crecimiento y vigor en las plantas, afectando principalmente las raíces de estas, causando cambios en su crecimiento, morfología y fisiología, por ende, se cambia la manera en que se toma el agua.

En las parcelas experimentales se obtuvo que el Na presentaba un valor de 0,11, el cual post aplicación del abono paso a ser de 0,17, siendo su diferencia no tan significativa.

En este orden de ideas, la aplicación del abono, no afectó considerablemente este parámetro, dejándolo en un valor similar al anterior, lo que con lleva a que no exista una afectación en las plantas que puedan crecer en estas parcelas.

### K

(Pellegrini, 2017) Establece que el potasio interviene en la regulación del potencial osmótico de las células vegetales, en enzimas implicadas en la respiración y en la fotosíntesis.

Tabla 17. Escala de provisión de K intercambiables.

Denominación	K intercambiable
Muy alto	Mayor a 1,2
Alto	1,2 - 0,6
Medio	0,6 - 0,3
Bajo	0,3 - 0,1
Muy bajo	Menor a 0,1

Fuente. (Pellegrini, 2017).

Los valores antes y después de la aplicación del abono son:

$K = 0,34$  y  $K = 0,31$  de acuerdo a la tabla anterior podemos ubicarlos en el intervalo de medio, además cabe resaltar que, sus diferencias no son significativas, y que, a pesar de que al hacer la aplicación del abono se notó una disminución en el potasio, este sigue perteneciendo a la misma categoría.

Este suelo presenta cantidades aceptables de este elemento, por lo que las plantas contarían con lo necesario para los diferentes procesos que lo involucran.

### **Al**

Al obtener los resultados del primer análisis, nos arrojó que en las diferentes parcelas experimentales se encontró Aluminio con una concentración de 18,3.

Según (Rojas, 2016) la alta concentración de aluminio en el suelo afecta negativamente a las plantas, ya que su toxicidad reduce considerablemente la calidad y rendimiento de los cultivos, y es uno de las principales limitantes de la productividad en suelos.

Una vez realizada la aplicación del abono y dejando pasar el lapso de tiempo, el análisis de las muestras nos arrojó que, no había presencia de aluminio en el suelo, favoreciendo a las plantas y demás organismos, evitando que se produzca toxicidad o limitación en su productividad.

### **Fe**

La disminución del hierro presente en el suelo post abonado, pudo ser causado por el aumento del pH, ya que según (Sierra, 2017) al aumentar el pH en una unidad, la disminución del hierro decrece 1000 veces. Por ende, podría haber una competencia de las

plantas por este elemento, ya que el hierro es el micro nutriente más requerido por estas, siendo usado en varios sistemas enzimáticos.

### **Cu**

De igual manera como sucedió con el elemento anteriormente mencionado, hubo una disminución en las cantidades de cobre presente en la muestra de suelo, debido al aumento de pH que se tuvo, además en los suelos franco-arenosos las concentraciones de cobre siempre serán bajas (Sierra, 2017).

### **Mn**

De acuerdo con (Sierra, 2019) cuando el pH disminuye, el manganeso aumenta su solubilidad en la solución suelo, dejándolo disponible para las plantas. El cual es usado en diversos roles metabólicos, en particular en las enzimas involucradas en el ciclo de Krebs o en la fotosíntesis.

Siguiente este orden de ideas, al aumentar el pH en la muestra post abonada el manganeso paso de 12 a 6,06.

### **Zn**

El suelo franco arcilloso tiende a reducir la disponibilidad de Zn, debido al aumento de su pH, esto mayormente se logra identificar en suelos con  $\text{pH} > 7.4$ , debido a un incremento en la capacidad de adsorción, y una posible adsorción por el carbonato de calcio. Por esta razón, los suelos neutros tienden a presentar con mayor frecuencia deficiencias de Zn (Cakmak, 2015).

El Zn juega un papel importante en las plantas ya que la deficiencia de este en ellas puede disminuir su nivel de eficiencia hasta en un 20 % (Cakmak, 2015).

**S**

Según (Sierra, 2017) en suelos erosionados y con baja materia orgánica, el contenido de azufre tiende a disminuir.

Por tal motivo, las parcelas experimentales donde se realizó la aplicación del abono con bastante materia orgánica y de donde se extrajo la muestra, pudo contribuir al aumento de este elemento.

**Tabla 18. Comparativa entre los análisis del suelo y suelo post-abonado.**

<b>Parámetro</b>	<b>Suelo inicial</b>	<b>Suelo Post-abonado</b>
<b>pH</b>	<b>4.9</b>	<b>7.5</b>
<b>M.O</b>	<b>0.37</b>	
<b>Ca</b>	<b>3.9</b>	<b>22.6</b>
<b>Mg</b>	<b>2.9</b>	<b>3.19</b>
<b>Na</b>	<b>0.11</b>	<b>0.17</b>
<b>K</b>	<b>0.34</b>	<b>0.31</b>
<b>Al</b>	<b>18.3</b>	<b>N. A</b>
<b>B</b>	<b>N.C</b>	<b>0.04</b>
<b>Fe</b>	<b>32</b>	<b>20.2</b>
<b>Mn</b>	<b>12</b>	<b>6.06</b>
<b>Cu</b>	<b>1</b>	<b>0.29</b>
<b>Zn</b>	<b>2</b>	<b>0.08</b>
<b>S</b>	<b>3</b>	<b>6.53</b>

**Fuente. Autor.**

Para concluir con la interpretación de los análisis fisicoquímicos del suelo, de acuerdo con (Cerdas, 2012) se logra identificar la tabla de valores estandarizada para la fertilidad del suelo.

	Bajo	Medio	Óptimo	Alto
pH	< 5	5-6	6-7	>7
Ca $cmol.L^{-1}$	< 4	4-6	6-15	>15
Mg $cmol.L^{-1}$	<1	1-3	3-6	>6
K $cmol.L^{-1}$	< 0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	>0.8
Acidez $cmol.L^{-1}$		0.3-1	< 0.3	>1
Sat. acidez %		10-30	< 10	>30
P $mg.L^{-1}$	<12	12-20	20-50	>50
Fe $mg.L^{-1}$	< 5	5-10	10-50	>50
Cu $mg.L^{-1}$	< 0.5	0.5-1	1-20	>20
Zn $mg.L^{-1}$	< 2	2-3	3-10	>10
Mn $mg.L^{-1}$	< 5	5-10	10-50	>50
B $mg.L^{-1}$	< 0.2	0.2-0.5	0.5-1	>1
S $mg.L^{-1}$	< 12	12-20	20-50	>50
MO %	< 2	2-5	5-10	>10
Relaciones catiónicas	Ca/Mg 2-5	Ca/K 5-25	Mg/K 2.5-15	Ca+Mg/K 10-40

Figura 6. Tabla de valores estandarizados para la fertilidad del suelo

Autor. (Cerdas, 2012)

De tal manera que, se llega a determinar de manera más exacta el estado en el que se encuentran cada uno de los elementos, además de su aumento o disminución en términos porcentuales:

Tabla 19. variabilidad de los elementos en el suelo post-abonado

Elemento	Condiciones iniciales del suelo	Condiciones finales del suelo	Diferencia	Aumento porcentual (%)	Disminución porcentual (%)
pH	4.9	7.5	2.6	34.66	
Ca	3.9	22.6	18.7	82.74	
Mg	2.9	3.19	0.29	10	



K	0.34	0.31	0.03		9.67
Na	0.11	0.17	0.06	35.29	
Al	18.3	0	18.3		100
B	0	0.04	0.04	100	
Fe	32	20.2	11.8		58.41
Mn	12	6.06	5.94		49.5
Cu	1	0.29	0.71		71
Zn	2	0.08	1,92		91
S	3	6.53	3.53	54.05	

**Fuente. Autor.**

En este orden de ideas se logra determinar a partir de los resultados anteriormente obtenidos. la efectividad que puede tener un abono orgánico por medio del método de compost takakura en suelos que presentan un grado de erosión alto (E4), es así como se logra tener una efectividad para el aumento de algunos elementos indispensables en los suelos como lo son: pH, Ca, Mg, Na, B y S, y la disminución de Al, K, Fe, Mn, Cu y Zn; cambios que se deben gracias a la aplicación de materia orgánica humificada la cual aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos) que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo (Feliz Herran, Sañudo Torres, Rojo Martinez, Martinez Ruiz, & Olalde Portugal, 2008). Es decir, los abonos orgánicos al ser aplicados, realizan diferentes labores las cuales buscan por medios naturales la mejora continua de los suelos, generando variabilidad en la concentración de ciertos como anteriormente se mencionó.

## **5.4 Pruebas microbiológicas del abono orgánico obtenido por método de compost**

### **Takakura**

Con el fin de lograr determinar cuáles eran los microorganismos que generaban este abono orgánico y las funciones que estos cumplían se realizaron estudios de tipo microbiológico.

#### **5.4.1 Organismos microbiológicos en medio PDA**

Para lograr determinar estos organismos se realizaron cultivos in vitro en agar papa dextrosa, de tal manera que estos pudieran crecer y así lograr un repique para realizar aislamientos de cada uno de ellos.

Se realizaron un total de 6 siembras en medio PDA obteniendo entonces muestras con disoluciones de  $10^1$   $10^2$   $10^3$   $10^4$   $10^5$  y  $10^6$  incubados a una temperatura ambiente y en lugar con poca luz.

De tal manera entonces se logró un crecimiento de los microorganismos presentes en la muestra en un total de 8 días, seguidamente se realizó repique de cada uno de estos en nuevos medios de cultivo, que posteriormente fueron incubados a temperatura ambiente en un lugar con poca iluminación durante 8 días nuevamente.

En este orden de ideas se lograron identificar dos hongos que mantenían dominancia de presencia en el medio, *Gliocladium Spp* y *Rhizopus Stolonifer*.

#### **Rhizopus Stolonifer.**

la presencia de este hongo en el medio es de vital importancia ya que este es el encargado de la descomposición de los residuos en la etapa de producción de abono pues

este es conocido como el hongo negro del pan, que de acuerdo con (Murillo, 2004) Las hifas de este hongo secretan enzimas pectinolíticas que descomponen la lámina media de células del tejido infectado causando una pudrición blanda y acuosa. Estos hongos no producen cutinasas y por lo tanto ingresan al tejido del hospedante solamente a través de las heridas de tal manera que es muy poco probable que generen daño al estar en contacto con el suelo debido a lo anteriormente mencionado. Además, que es muy rara vez su reproducción en campo.

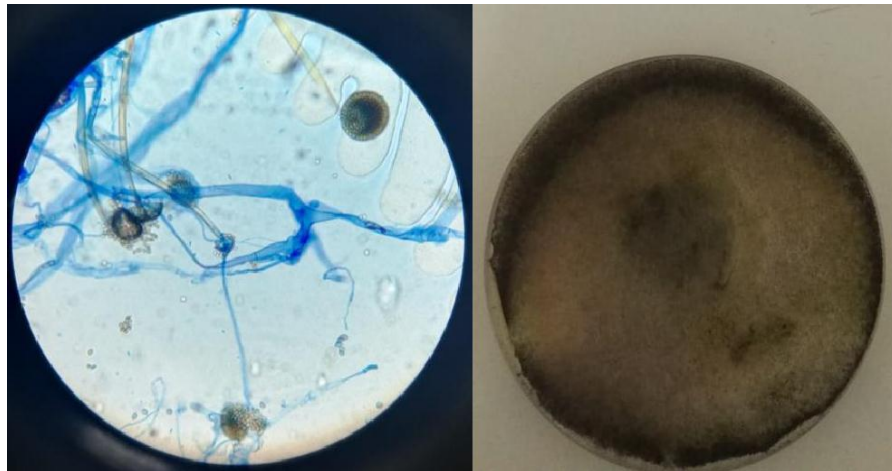


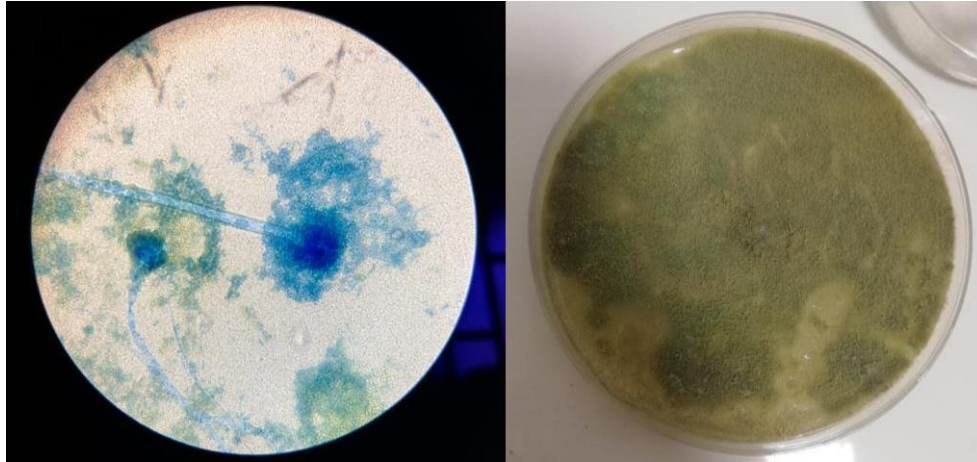
Figura 7. Microscopía y Macroscópica del Hongo *Rhizopus Stolonifer*

Fuente: Autor

### **Gliocladium Spp**

Este hongo de acuerdo con (Castillo, Rojas, & Villalta, 2015) A nivel ecológico, es un importante microorganismo endófito, capaz no solo de adaptarse a vivir dentro de la planta sino de imitar con éxito su perfil químico y producir algunos de sus mismos metabolitos. Existe evidencia de que puede formar una relación cercana con raíces saludables de las plantas, otorgándoles protección contra ataques de hongos patógenos.

De igual manera en cultivos ayuda a que no se generen daños en estos ya que inhibe la pudrición de las plantas en tiempo de descomposición.



**Figura 8. Microscopía y Macroscópica del hongo Gliocladium Sp.**

**Fuente: Autor**

## Capítulo 6. Conclusiones

De acuerdo a los análisis iniciales se logró notar que los suelos pertenecientes al proyecto jardín botánico Jorge Enrique Quintero Arenas usados para realizar las parcelas de experimentación contaba con bajo índice en elementos que son de carácter importante en cuanto a la fertilidad del suelo (ver tabla 10), esto debido a que el suelo se encontraba estoraquizado (E4) en dichas zonas, por ende, se inhibía el crecimiento de plántulas.

A través de la eficiencia del abono orgánico, se logra determinar así que los elementos tales como, el Mg, Al, Fe, Cu lograron un aumento porcentual que los llevo a categorizarse dentro de los rangos de valores óptimos de la fertilidad del suelo, en cuanto a los elementos K y Mn llegaron a niveles establecidos dentro de la tabla de estandarización como rangos medios para la fertilidad, y por último se apreció un aumento que sobre paso lo niveles óptimos para los elementos tales como el Ca y potencial de hidrogeno (Ver ilustración 6). Se logró determinar que el abono obtenido a través del método de compost Takakura tuvo una eficiencia del 36,36 % de los elementos ubicados en el rango óptimo de la fertilidad del suelo. No obstante, el pH fue un factor que no está ubicado en el rango óptimo, pero su valor no está tan alejado de este; de tal manera, permitió aumentar y disminuir elementos que son necesarios para las diferentes funciones metabólicas y de desarrollo de las plantas. Que permite así llevar el suelo post abonado a la posible aparición de cobertura herbácea, lo que con llevaría a la aparición de los estratos arbustivos y arbóreo.

## Capítulo 7. Recomendaciones

Se debe considerar los distintos aportes de abono orgánico, de tal manera que se logre realizar la experimentación por medio de tratamientos, con el fin de lograr determinar la cantidad mínima de abono necesaria para recuperar la fertilidad en este tipo de suelo.

Se propone contar con mejores equipos y materiales para el cultivo y la identificación de los microorganismos eficientes presentes en el abono takakura. Debido a la inexistencia de un repositorio donde se logre contemplar características macroscópicas y microscópicas de los diferentes hongos capaces de crecer en el bosque seco tropical; además de personal sin los conocimientos necesarios para la identificación de estos, ya que no se logra, tanto una determinación precisa como rápida. Los insumos necesarios para la realización de los diferentes medios de cultivo de carácter selectivo, no se encuentran dentro del laboratorio de aguas de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, de tal manera que, se recurre al realizar medios de cultivo generales (agar PDA), los cuales permiten el crecimiento de cualquier tipo de microorganismo generando así un margen de error mucho más amplio.

### Referencias

agencia de cooperación internacional de japon. (25 de 07 de 2013). Recuperado el 27

de 02 de 2019, de

[https://www.jica.go.jp/costarica/espanol/office/topics/c8h0vm000028ca97-att/noticias\\_33.pdf](https://www.jica.go.jp/costarica/espanol/office/topics/c8h0vm000028ca97-att/noticias_33.pdf)

Agrichem. (15 de 08 de 2016). *Agrich.* Obtenido de <https://agrichem.mx/sales-del-suelo-importancia-manejo/>

Arenas, A., & Diaz, D. (04 de 2018). *Estructuración de una propuesta de esquema de pagos por servicios ambientales para la protección y recuperación del paramo de jurisdicciones Norte de Santander.* Recuperado el 27 de 02 de 2019, de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/2009>

Asociación Venezolana de ex becarios de Japón. (22 de 01 de 2017). *Avexja.*

Recuperado el 27 de 02 de 2019, de

<https://avexja.wordpress.com/2017/01/22/metodo-de-compostaje-takakura/>

Badii, Castillo, Rodríguez, Wong, & Villalpando. (2007). Obtenido de

<http://eprints.uanl.mx/12482/1/A5.pdf>

Badii, Castillo, Rodríguez, Wong, & Villalpando. (2017). *Portal de revistas UANL.*

Obtenido de

<http://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/190/176>

Bueno, P., Díaz, M. J., & Cabrera, F. (2008). *digital.csic.* Obtenido de

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>

Cakmak. (2015). Zinc para la Producción Global Sustentable de Cultivos y mejores Dietas Nutricionales. *Intagri*.

Camacho Tamayo, J., Forero Cabrera, N., Ramírez López, L., & Rubiano, Y. (2017).  
Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n1/v20n1a01.pdf>

Camacho Tamayo, J., Forero Cabrera, N., Ramírez López, L., & Rubiano, Y. (2017).  
*Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n1/v20n1a01.pdf>

Camacho, J. N., & Rojas, Z. Y. (2016). *Repositorio Universidad de los Llanos*.  
Obtenido de  
<https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/369/1/ALTERNATIVAS%20DE%20PRODUCCI%C3%93N%20DE.pdf>

Campo. (21 de 10 de 2016). Obtenido de Campocyl:  
<https://www.campocyl.es/category/sector/como-influye-el-tipo-de-ph-sobre-el-suelo-de-una-explotacion-agraria/>

Cantera, H. E. (09 de 2010). *Repositorio de la Universidad Autónoma de Querétaro*.  
Obtenido de <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/tesisHilda1101.pdf>

Castillo, H., Rojas, R., & Villalta, M. (2015). *Docplayer*. Obtenido de  
[https://docplayer.es/67786413-Gliocladium-sp-agente-biocontrolador-con-aplicaciones-prometedoras.html?fbclid=IwAR3vyeq9Y\\_WS8GI4V-jT\\_i4mwKck2ckcRw2CQPmYU8ZhOUFDq9XHuk2ant0](https://docplayer.es/67786413-Gliocladium-sp-agente-biocontrolador-con-aplicaciones-prometedoras.html?fbclid=IwAR3vyeq9Y_WS8GI4V-jT_i4mwKck2ckcRw2CQPmYU8ZhOUFDq9XHuk2ant0)



- Cerdas, R. (2012). *Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica*. Guanacaste: Intersedes.
- Cortés, J., Valenzuela, C., & Uribe, H. (12 de 06 de 2008). *INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES*. Recuperado el 25 de 11 de 2018, de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1686/Seminario%20sobre%20uso%20de%20abonos%20organicos%20en%20la%20agricultura.pdf;sequence=1>
- Delgado, H. A., & Campo, N. (10 de 2018). *Repositorio Institucional UFPSO*.  
Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2188/1/31771.pdf>
- Díaz, E. (04 de 2002). *Biblioteca virtual universal*. Obtenido de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
- Díaz, J. S. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- El Esquíú. (30 de 10 de 2010). *EL ESQUIÚ.com*. Obtenido de <https://www.lesquiui.com/naturaleza/2010/10/30/erosion-karstica-9084.html>
- El sol de occidente. (10 de 04 de 2014). Técnica takakura para manejo de residuos sólidos. *El sol de occidente*. Recuperado el 27 de 02 de 2019, de

<https://elsoldeoccidente.com/enlinea/2014/04/tecnica-takakura-para-manejo-de-residuos-solidos/>

Estrada Herrera, R., Hidalgo Moreno, C., Guzman Plazola, R., Almaraz Suarez, J., Navarro Garza, H., & Etchevers Barra, J. (2017). *scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952017000800813](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813)

Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia. (02 de 2005). *Repositorio digital del centro nacional de investigadores de cafe*. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/355/1/avt0332.pdf>

Feliz Herran, J. A., Sañudo Torres, R. R., Rojo Martinez, G. E., Martinez Ruiz, R., & Olalde Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos organicos. *Ra Ximhai*, 57-67.

Fernández, R. E. (2014). *Repositorio UNTRM*. Obtenido de [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1005/FIA\\_144.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1005/FIA_144.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Flores, D. L., & Alcalá, M. J. (2010). Obtenido de <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>

Gaitán, J., Fabiana Navarro, M., Tenti Vuegen, L., Pizarro, M. J., Carfagno, P., & Rigo, S. (2017). *Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro\\_erosion\\_hidrica\\_rep\\_argentina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro_erosion_hidrica_rep_argentina.pdf)

Galantini, J. A., Suñer, L., & Iglesias. (04 de 2007). *Researchgate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/259038533\\_Sistemas\\_de\\_labranza\\_en\\_el\\_sudoeste\\_bonaerense\\_efectos\\_de\\_largo\\_plazo\\_sobre\\_las\\_formas\\_de\\_fosforo\\_en\\_el\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/259038533_Sistemas_de_labranza_en_el_sudoeste_bonaerense_efectos_de_largo_plazo_sobre_las_formas_de_fosforo_en_el_suelo)

García, G., & Ballesteros, M. I. (06 de 2006). *Scielo*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042006000100008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042006000100008)

García, J., & Ballesteros, G. M. (12 de 12 de 2005). *Repositorio beta institucional*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/13329/1/820-4921-1-PB.pdf>

Giraldo, J. C. (2013). Recuperado el 18 de 03 de 2019, de [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas\\_campo\\_laboratorio\\_suelos.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf)

Gómez, R. B. (2006). *Tesis doctorales en red*. Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

González, D., Almendros, P., & Álvarez, J. M. (24 de 09 de 2009). *Repositorio UPM*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de [http://oa.upm.es/5328/2/INVE\\_MEM\\_2009\\_70403.pdf](http://oa.upm.es/5328/2/INVE_MEM_2009_70403.pdf)

HACH. (1999). *Bibliotecas UDLAP*. Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/laec/maldonado\\_z\\_r/apendiceJ.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/laec/maldonado_z_r/apendiceJ.pdf)

Instituto de estrategias del medio ambiente. (2010). Recuperado el 25 de 02 de 2019, de [https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp\\_kit\\_low.pdf](https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf)

Instituto nacional de ciencias agrícolas. (2010). *INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de [http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto\\_suelos.pdf](http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/folleto_suelos.pdf)

Instituto nacional de investigacion agropecuaria. (2015). *INIA Tacuarembó*. Obtenido de INIA Tacuarembó: <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>

Lamenca, M. B. (04 de 06 de 2013). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104104>

Lopez Martinez, J., Diaz Estrada, A., Martinez Rubin, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2001). *chapingo*. Obtenido de <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf>

López, B. F., & Romero, D. A. (26 de 02 de 1998). *Revistas Cientificas de la Universidad de Murcia*. Obtenido de <https://revistas.um.es/geografia/article/view/45421/43461>

López, F. (2002). *Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes*. Obtenido de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>

Loredo Osti, C., Beltrán López, S., Moreno Sánchez, F., & Casiano Domínguez, M.

(2007). *Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí*. Obtenido de <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre31.pdf>

Malaga, J. T., Vera, G., & Oliveros, R. R. (2008). Recuperado el 13 de 03 de 2019, de

[http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj\\_modela\\_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf)

Mena, Josse, & Medina. (2000). Obtenido de [https://es-static.z-](https://es-static.zdn.net/files/d5c/a9751b4293c82c26ef428db85b953254.pdf#page=27)

[dn.net/files/d5c/a9751b4293c82c26ef428db85b953254.pdf#page=27](https://es-static.zdn.net/files/d5c/a9751b4293c82c26ef428db85b953254.pdf#page=27)

Meneses, F. L., Blas, S. R., Bello, A. S., & Julca, O. A. (04 de 2009). *Universidad*

*Veracruzana*. Obtenido de

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Julca-et-al-2006.pdf>

Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. (18 de 12 de 1974).

*Minambiente*. Recuperado el 12 de 03 de 2019, de

[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto\\_2811\\_de\\_1974.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf)

Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible . (22 de 12 de 1993). *humboldt*.

Recuperado el 27 de 02 de 2019, de

<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

Ministerio de Medio ambiente y desarrollo sostenible. (19 de 12 de 1973).

*Minambiente*. Recuperado el 12 de 03 de 2019, de

[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley\\_0023\\_1973.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf)

Ministerio de relaciones exteriores. (2008). *Ideam*. Recuperado el 12 de 03 de 2019, de

[http://www.ideam.gov.co/documents/11769/153422/20121210\\_Convenci%C3%B3n\\_Naciones\\_Unidas\\_Lucha\\_contra\\_Desertificaci%C3%B3n\\_Cancilleria.pdf/b8332e85-6719-4bbf-b7eb-56c6722bb249](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/153422/20121210_Convenci%C3%B3n_Naciones_Unidas_Lucha_contra_Desertificaci%C3%B3n_Cancilleria.pdf/b8332e85-6719-4bbf-b7eb-56c6722bb249)

Moreno Ramon, H., Gisbert Blanquer, J. M., & Ibañez Asencio, S. (01 de 01 de 2010).

*Researchgate*. Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8010/estructura.pdf>

Moreno, H., Gisbert, B. J., & Ibañez, A. S. (12 de 05 de 2010). *Repositorio*

*institucional UPV*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/8010>

Mosquera, B. (2010). *Manual para la elaborar y aplicar abonos y plaguicidas organicos*. FONAG.

Muñoz, N. A. (2012). Obtenido de

[http://bdigital.unal.edu.co/11967/1/795078\\_2012.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/11967/1/795078_2012.pdf)

Murillo, G. (2004). *Repositorio unas*. Obtenido de

[http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/45/AGR-489.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2b-](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/45/AGR-489.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2b-xMEhZ3pabnG0JwaCvNhoTUfVt7uxqkNFNHIMDSPNwca-FGXKI7O7_U)

[xMEhZ3pabnG0JwaCvNhoTUfVt7uxqkNFNHIMDSPNwca-FGXKI7O7\\_U](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/45/AGR-489.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2b-xMEhZ3pabnG0JwaCvNhoTUfVt7uxqkNFNHIMDSPNwca-FGXKI7O7_U)

Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. (2009).

Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. (2009).

FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>

Paneque, V. (2010). Manual tecnicas analiticas para el analisis de suelo, foliar, abonos organicos, y fertilizantes quimicos.

Pellegrini, A. E. (2017). Obtenido de

[http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35408/mod\\_resource/content/1/14%20-%20CALCIO%2C%20MAGNESIO%20Y%20POTASIO.pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/35408/mod_resource/content/1/14%20-%20CALCIO%2C%20MAGNESIO%20Y%20POTASIO.pdf)

Piedrahíta, O. (06 de 2009). *Nutricion de precision S.A.S.* Recuperado el 26 de 03 de 2019, de

[http://www.nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/Literatura/Acidez%20del%20Suelo/Fuentes%20y%20efectos.pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Acidez%20del%20Suelo/Fuentes%20y%20efectos.pdf)

Pina, A., & Machado de Armas, J. (09 de 02 de 2015). *Centro de investigaciones agropecuarias* . Recuperado el 26 de 03 de 2019, de

<http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v42n2/body/cag05215.html?fbclid=IwAR2f1KUgi9KaIW2Q5YHFHfMCd4gEe8vHmwPAMRnUu5HTzxP33vMh6-wvAa8>

Porta, Casanellas, & Jaume. (2008). *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo*. Madrid: Mundi-Prensa.

Ramos, D., & Terry, E. (2014). *Redalyc*. Recuperado el 03 de 02 de 2018, de

<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>

Rodríguez, R. C., Peralta, L. B., & Jiménez Morales, M. F. (2016). *Tecnología de Costa*

*Rica*. Obtenido de

[http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/2982/pdf](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2982/pdf)

Rojas, A. E. (17 de 08 de 2016). *ABC Rural*. Obtenido de

[https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/efectos-nocivos-](https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/efectos-nocivos-del-aluminio-en-el-suelo---prof-dr-arnulfo-encina-rojas--1509421.html)

[del-aluminio-en-el-suelo---prof-dr-arnulfo-encina-rojas--1509421.html](https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/efectos-nocivos-del-aluminio-en-el-suelo---prof-dr-arnulfo-encina-rojas--1509421.html)

Rucks, Garcia, Kaplán, & Ponce de Leon. (2004). Obtenido de

<http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Rucks, Garcia, Kaplán, & Ponce de Leon. (2004). *Bibliofagro*. Obtenido de

<http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Sales, D., & Beatriz. (06 de 2006). *Repositorio del Consejo Superior de*

*Investigaciones Científicas*. Recuperado el 26 de 03 de 2019, de

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20la>

[%20materia%20org%C3%A1nica%20de%20suelos.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/66313/4/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20la%20materia%20org%C3%A1nica%20de%20suelos.pdf)

Santiago, S., & Lazaro, T. (04 de 2018). *Repositorio Institucional UFPSO*. Obtenido

de

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2192/1/3123>

[5.pdf](http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2192/1/3123)

Sesma, M. (2008). *Ecompostaje*. Recuperado el 23 de 02 de 2018, de

[http://www.ecompostaje.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16](http://www.ecompostaje.com/index.php?option=com_content&view=article&id=16)



3%3Aun-repaso-a-la-historia-del-compostaje&catid=55%3Ablog&Itemid=76&lang=en&jjj=1550947221208

Sheifa, M. (08 de 1993). Recuperado el 21 de 03 de 2019, de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/S593.M2\\_Manual\\_de\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_suelos\\_y\\_tejido\\_vegetal\\_Una\\_gu%C3%ADa\\_de\\_t%C3%A9cnica\\_y\\_pr%C3%A1ctica\\_de\\_metodologia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_de_t%C3%A9cnica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf)

Sierra, C. (29 de 09 de 2017). La relación entre el azufre, el suelo y las plantas. *El mercurio*.

Sierra, C. (15 de 09 de 2017). Una mirada a la relación entre el cobre, el suelo y las plantas. *El mercurio*.

Sierra, C. (08 de 06 de 2017). Una relación intensa: El hierro, el suelo y las plantas. *El mercurio*.

Sierra, C. (10 de 07 de 2019). El manganeso, el suelo y las plantas. *El mercurio*.

Silenzi, J. C., Echeverría, N., Bouza, M., & Lucía, M. (2016). *Implicancia de la erosión eólica en la calidad del aire y la salud humana*. Universidad Nacional del Sur.

Unidad de Gestión Integral Ambiental Corredores. (2012). Recuperado el 25 de 02 de 2019, de <http://www.municorredores.go.cr/images/Municipalidad%20Cor/U.ambiental/COMPOSTO%20M%C3%89TODO%20TAKAKURA.pdf>

Universidad del Magdalena. (s.f). *Repositorio Unimagdalena*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de <https://www.coursehero.com/file/31189983/MANUAL-DE-PROCEDIMIENTO-LABORATORIOS-DE-SUELOSpdf/>

Zapata, R. (2004). *Química de la acidez del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Medellín.

## Apéndices

### Apéndice A.





Análisis de suelo realizado en el área de interés antes de la aplicación del abono realizado por medio del método 'Takakura'

		<b>Análisis de Suelos</b>										<b>Reporte No. 49220</b>																			
Identificación		Nombre: JHON SALVADOR AREVALO BACCA										Municipio: Ocaña ( Norte de Santander)										Cultivo actual									
		Nitro C.C. 5470330										Vereda: La Rinconada										Cultivo anterior									
		Dirección										Finca: Granja U.F.P.S.O																			
		Teléfono: 300 857 51 36										Área: 8 Ha.																			
		Fax										Profundidad: 20 cms.																			
		Email: jsarevalob@ufps.edu.co; geoquin46@gmail.com																													
		F. Recibo: 22-MAR-17																													
		Código	Identificación en el campo	Textura				pH	C.E.	M.O.	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	N-NO3	N-NH4	N					
A%	L%			Ar%	Clase	dSm-1	%																				cmolc kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	%		
SP31139	Suelo Analisis Químico Paquete 1	32	28	40	Ar	4.9	0.37	18.3	3.9	2.9	0.34	0.11	25.6	1	3	32	12	1	2	N.C.											
Observaciones		SP31139*.Boro: no cuantificable --																													
Métodos		Textura: Bouyoucos; pH: Agua (1:1); Conductividad eléctrica: Extracto de saturación; Materia orgánica: Walkley Black; Al: RCL 1M; Ca, Mg, K, Na: Acetato de amonio 1M; CICE: Suma de cationes de cambio; S: Fosfato monocalcico 0.008M; Fe, Mn, Cu, Zn: Olsen - EDTA; B: Agua caliente; NO3: Sulfato de aluminio 0.025N; NH4: RCL 1M; P: Bray II.										Tener en cuenta: N.D.=No detectable; N.A.=No aplica; Para las unidades considere: dSm-1 =mmho cm-1; cmolc kg-1 =meq/100 g suelo; ppm =mg kg-1										Revisión Agronómica									

## Apéndice B.

Análisis de laboratorio post aplicación del abono producido por medio del método

'Takakura'

LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS		CONVENIO UIS-GOBERNACIÓN DE SANTANDER		RESULTADO ANÁLISIS DE SUELOS																
 				Código: F-AA-03 Versión: 01 Página 1 de 1																
Cliente:	Raúl Camilo Mora Cabrales	Fecha de Ingreso de la muestra:	Noviembre 25 de 2019	Departamento:	Norte de Santander	Municipio:	Ocaña													
Entidad:	Particular	Fecha de Análisis:		Vereda:	Las Licas	Cultivo:	N.S.													
Dirección:	Calle 3 # 19-04, Ocaña.	Fecha de Emisión de Resultado:	Diciembre 16 de 2019	C.E.	X	Finca:	N.S.													
Análisis solicitado:	Caracterización	X	Elementos Menores	X	Azufre	X	T.C.T.C.	X												
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELOS																				
Cód. Muestra	pH Unid	%C	p (ppm)	Ca	Mg	Na	K	Al	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura	B	Fe	Mn	Cu	Zn	S	CIC	CE
				meq/100g suelo									(ppm)							
19-0919	7,5	0,04	127	22,6	3,19	0,17	0,31	N.A	48	28	24	Fco-Arcillo-Arenoso	0,04	20,2	6,06	0,29	0,08	6,53	19,6	0,14
PARÁMETROS	MÉTODO ANALÍTICO								NOTAS				ABREVIATURAS							
pH: Potencial de Hidrógeno C: Carbono P: Fósforo disponible  Ca, Mg, Na, K % Textura B: Boro Fe, Mn, Cu, Zn S: Azufre CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico CE: Conductividad Eléctrica	Electrométrico: Relación 1:1 Agua destilada Colorimétrico: Walkley Black $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$ Colorimétrico: Bray II, HCl 0,1 N-NH <sub>4</sub> F 0,03 N Absorción Atómica; Extracción: Acetato de Amonio Bouyoucos: Agua destilada Colorimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Absorción Atómica: Extracción con DTPA Turbidimétrico: Extracción Fosfato Monocálcico Extracción: Acetato de Amonio Electrométrico: Agua destilada								<b>Nota 1:</b> Los resultados almacenados en la base de datos y los enviados por fax o e-mail se conservarán durante tres meses a partir de la entrega de los mismos. <b>Nota 2:</b> Prohibida la reproducción total o parcial de este documento. <b>Nota 3:</b> Estos resultados son válidos únicamente para las muestras suministradas por el cliente. <b>Nota 4:</b> Los métodos analíticos aplicados en el laboratorio son válidos únicamente para muestras de suelos, y no a otros materiales de características físicas similares. <b>Nota 5:</b> La contramuestra de la muestra analizada se almacenará por un periodo de tiempo de 2 meses a partir de la fecha de emisión del resultado. <b>Nota 6:</b> Información y muestra suministrada por el cliente. <b>Nota 7:</b> Favor comunicar su sugerencia, observación o reclamo al teléfono 6324861 o al correo electrónico: laboratorioquimicosuelos_uis@yahoo.com				N.D: No Detectable a la mínima concentración establecida por el método. N.S: No Suministrado por el Cliente. N.A: No Aplica. N.S.C: No Solicitado por el Cliente.  V.º B.º  <b>LUZ YOLANDA VARGAS FIALLO</b> Directora Matrícula PQ- 1144							
<b>OBSERVACIONES:</b>																				

## Apéndice C

Evidencia fotográfica de las labores realizadas durante el desarrollo de las actividades propuestas en terreno de la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña Colombia.



## Apéndice E

Evidencia fotográfica de labores de labranza dentro de las áreas erosionadas del proyecto

Jardín Botánico Jorge Enrique Quintero Arenas perteneciente a la Universidad Francisco de

Paula Santander Ocaña.

