

Estudio de Prefactibilidad para la Industrialización de Abono Orgánico a Partir de la  
Eichhornia Crassipes (Buchón de Agua) en la Central Termoeléctrica de Paipa

Paula Valentina Camacho Mejía

Universidad de Boyacá  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Ingeniería Industrial  
Tunja  
2022

Estudio de Prefactibilidad para la Industrialización de Abono Orgánico a Partir de la  
Eichhornia Crassipes (Buchón de Agua) en la Central Termoeléctrica de Paipa

Paula Valentina Camacho Mejía

Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniera Industrial

Directora

Gloria Elizabeth Grimaldo León

Esp. MSc. en Administración y Dirección de Empresas con Énfasis en Finanzas Ingeniera de  
Producción Industrial

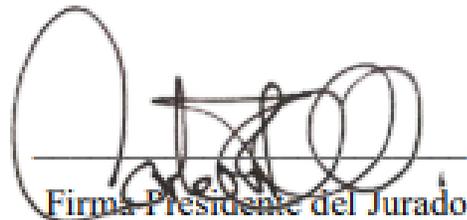
Universidad de Boyacá  
Facultad de Ciencias e Ingeniería  
Ingeniería Industrial

Tunja

2022

**Nota de aceptación:**

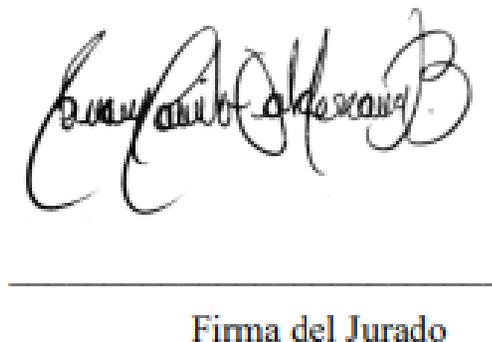
La estudiante Paula Valentina Camacho Mejía, código 55317505, cumple con el requisito de alternativa de grado para obtener el título de Ingeniero(a) Industrial, en modalidad de proyecto de investigación con una calificación obtenida de CUATRO PUNTO CUATRO (4.4). En Constancia firman:



Firma Presidente del Jurado



Firma del Jurado



Firma del Jurado

“Únicamente el graduando es responsable de las ideas expuestas en el presente trabajo”.  
(Universidad de Boyacá. Acuerdo 958 del 30 de marzo de 2017, Artículo décimo primero).

Dedico este trabajo de grado a mi Padre Celestial, que me premia día a día con infinidad de bendiciones. ¡A él, toda la gloria y la honra!

A Consuelo Mejía Manrique (†) que me motivó incontables veces para culminar esta etapa de mi vida, y que hoy no vive en el plano terrenal para leer su dedicatoria. Consu, dedico con todo mi amor este trabajo de grado a ti, que desde el cielo me enviaste la fuerza, guiaste mi camino y pusiste a las personas correctas para llevarlo a cabo. Te amaré por siempre.

A mis papás, Juan y Betty, por sus oraciones infinitas y dedicación para hacerme la persona más feliz del mundo. A mi papá por contagiarme de su libertad, de su amor por la vida y las pequeñas cosas, por demostrarme que merezco mucho. A mi mamá por su compañía infinita, por sus correcciones, por su entrega y por dedicar su juventud para construir a la mujer que escribe estas líneas. Soy lo que soy por ustedes. Los amo.

A Francisco Javier, por su amor incondicional, por estar en mis logros y mis fracasos. Por enseñarme a amar. Por querer siempre lo mejor para mí. Por ser el mejor hombre del mundo. Por darme el ánimo, los abrazos y la compañía cuando quería rendirme con este proyecto. Por amar mis lágrimas cuando toqué fondo, por eso y mil cosas más, este trabajo es para ti. Te amo mucho Pali.

A mis abuelitos Felipe y Luz Marina, Félix y Cecilia, a mis tíos Sandra, Jhon, Julián, Yudy, Johan y Janeth, a mi hermano Juan Sebastián, a mis primos Oscar Javier, Santiago, Susan, Samuel, David y María, por su apoyo, consejos y palabras de ánimo que nunca faltaron. A mis hombrecitos, Nicolás Mathías, Mateo y Emiliano, por ser la luz de mi vida y la motivación para salir adelante.

A mis queridos Harold y Antonella por ser mi ejemplo como ser humano y como profesional.

A mis futuras colegas, Diana Carolina, María Andrea y Laura Cristina, por siempre estar. Esto también es de ustedes.

Paula Valentina.

### **Agradecimientos**

Agradezco a la Esp. MSc. Gloria Elizabeth Grimaldo León, directora de la División de Proyectos Especiales DIPE de la Universidad de Boyacá y asesora de la presente investigación, por compartir sus conocimientos, por la paciencia y el amor con el que orientó la realización de estas páginas.

Al Dr. Tony Jozame Amar, presidente de Gestión Energética S.A. E.S.P. por darme la oportunidad de ser parte de Abriendo Fronteras y ser como un padre para mí dentro de la Organización. Al Ing. Andrés Felipe Arbeláez, director de Sostenibilidad Corporativa, a la Ing. Catalina Naranjo líder de Sostenibilidad Corporativa, a la TS. Marcela Patiño integrante del equipo de Sostenibilidad Corporativa, a la CS. Nahyr Camargo profesional de Comunicaciones corporativas por su apoyo incondicional, tiempo e información valiosa que aportaron para esta investigación.

A la Dra. Paola Andrea Vallejo, profesional especializado en Gestión Social y Responsabilidad Social Empresarial por apostarle a Abriendo Fronteras, a la Psi. Yaqueline Cárdenas profesional en RSE encargada de Abriendo Fronteras, por afrontar cada aventura de la vida universitaria y sus vaivenes junto a mí.

Al Ing. Oscar Javier Otero, líder de Planeación y Servicios Técnicos de la Central Termoeléctrica de Paipa, por dedicarle tiempo a mi trabajo y orientarme en este camino.

A la Dra. Juliana Gómez Arboleda, coordinadora de Gestión Social, profesional en desarrollo familiar de La Rosa, Nestlé S.A. por no dudar de mis capacidades y darme la oportunidad de iniciar mi formación profesional.

A todas las mentes brillantes que aportaron su granito de arena para llevar a cabo éste trabajo de grado, que pretende retribuir a la comunidad un poco de todo lo que han hecho por mí.

Mil gracias.

## Contenido

	Pág.
Introducción.....	23
Variables socioeconómicas de la zona de influencia de la Central Termoeléctrica de Paipa en relación con la eutrofización de la Eichhornia crassipes .....	24
Entorno político .....	26
Entorno económico .....	29
Entorno social .....	32
Entorno tecnológico .....	34
Entorno ecológico o ambiental .....	38
Entorno legal.....	43
Análisis PESTEL .....	43
Identificación de características del mercado de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes.....	49
Análisis de oferta .....	49
Productores de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	49
Productos sustitutos del abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes y comercializados actualmente en el departamento de Boyacá .....	50
Variables de oferta de los productos de abono orgánico hecho a partir de Eichhornia crassipes y sus sustitutos ofertados en el departamento de Boyacá. ....	55
Análisis de demanda .....	70
Zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa .....	70
Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa “COAGROMIN LTDA” .....	72
Identificación de necesidades de información .....	73
Análisis de información recolectada .....	75
Identificación de la demanda potencial del abono orgánico a base de Eichhornia crassipes .....	79
Procesos y condiciones técnicas para la transformación de la Eichhornia crassipes en abono orgánico .....	81
Estudio de ingeniería .....	81

Identificación de diferentes procesos de transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico.....	81
Diagramas de flujo de procesos de transformación seleccionados para toma de decisiones .....	83
Definición de requerimientos necesarios para la ejecución del proceso de transformación propuesto .....	113
Estudio de distribución Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	131
Matriz de relación Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	131
Plano instalaciones Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	133
Estudio de localización Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	136
Matriz de localización unidad productora de abono orgánico .....	138
Organización Unidad productora dedicada a la transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico .....	143
Tipo de organización .....	143
Enfoque estratégico de la organización .....	144
Propósito fundamental .....	144
Visión.....	145
Propuesta de valor.....	145
Valores .....	145
Logo .....	146
Organigrama .....	147
Manual de funciones .....	148
Análisis financiero de la unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes.....	153
Ingresos propios del proceso de producción de abono orgánico .....	153
Ingresos no operacionales.....	156
Costos fijos y variables propios del proceso de producción de abono orgánico .....	154

Punto de equilibrio del proyecto .....	157
Evaluación del proyecto mediante Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Presente Neto (VPN).....	157
Conclusiones.....	159
Referencias bibliográficas .....	162
Anexos .....	167

**Lista de Tablas**

	Pág.
Tabla 1. Presidentes Juntas de Acción Comunal veredas zona de influencia. ....	27
Tabla 2. Cultivos representativos Municipio de Paipa. ....	31
Tabla 3. Instituciones educativas zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa .....	33
Tabla 4. Investigaciones realizadas en la zona de influencia .....	36
Tabla 5. Convenios vigentes entre Universidades de la región y la Central Termoeléctrica de Paipa .....	38
Tabla 6. Gestión de impactos ambientales de operación de la Central Termoeléctrica de Paipa .....	39
Tabla 7. Normatividad vigente entorno ambiental actividad minera .....	41
Tabla 8. Análisis PESTEL variables socioeconómicas zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa .....	44
Tabla 9. Empresas registradas ante el ICA en productos fertilizantes del Departamento de Boyacá .....	51
Tabla 10. Variables de oferta productos sustitutos de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes del Departamento de Boyacá .....	57
Tabla 11. Disponibilidad productos sustitutos de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes del Departamento de Boyacá .....	65
Tabla 12. Comparación de procesos de transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico, para cuatro autores.....	93
Tabla 13. Comparación de criterios para cuatro procesos de transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico .....	100
Tabla 14. Descripción actividades proceso propuesto para la transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico .....	103
Tabla 15. Requerimientos de equipo y maquinaria, material de operación y elementos de protección personal propuestos por Camacho, V. para la transformación del Buchón de Agua en abono orgánico .....	114
Tabla 16. Requerimientos físicos Unidad productora basados en propuesta de Dulcolsa S.A. ....	126

Tabla 17. Matriz de localización Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	141
Tabla 18. Manual de funciones Líder de producción, Unidad productora de abono .....	149
Tabla 19. Manual de funciones Colaboradora equipo de producción, Unidad productora de abono .....	150
Tabla 20. Manual de funciones Vigía Seguridad y Salud en el Trabajo, Unidad productora de abono .....	151

### Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Central Termoeléctrica de Paipa .....	24
Figura 2. Piscinas de enfriamiento Central Termoeléctrica de Paipa .....	25
Figura 3. Veredas de la zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa .....	25
Figura 4. Plan de desarrollo 2020-2023 .....	27
Figura 5. Presencia de Eichhornia crassipes en las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa .....	29
Figura 6. Estructura socioeconómica Municipio de Paipa .....	30
Figura 7. Logo programa de responsabilidad social empresarial “Abriendo Fronteras” .....	34
Figura 8. Evidencias de acompañamiento minero Informe de Sostenibilidad .....	35
Figura 9. Resultados análisis PESTEL variables socioeconómicas zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa .....	48
Figura 10. Composición sectorial del PIB 2020.....	50
Figura 11. Matriz de oferta Precio/Kg – Disponibilidad abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	69
Figura 12. Localización geográfica piscinas de enfriamiento Central Termoeléctrica de Paipa .....	71
Figura 13. Infografía ventajas y desventajas abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	73
Figura 14. Pregunta uno, variables precio y producto relación precio por saco de 40 kilogramos .....	75
Figura 15. Segunda pregunta, aceptación de voz a voz como medio de promoción.....	76
Figura 16. Tercera pregunta, localización plaza de venta abono orgánico .....	77
Figura 17. Cuarta pregunta, uso de redes sociales y páginas web para venta del abono orgánico .....	78
Figura 18. Sistema de compostaje tipo industrial, en sistema de pilas de volteo .....	82
Figura 19. Sistema de compostaje pila de volteo a mediana escala .....	83
Figura 20. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Jiménez, C. & Lozano, L. ....	85

Figura 21. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Cruz, L. ....	87
Figura 22. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Valle, C. ....	89
Figura 23. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Alomía, Y. y otros... ..	91
Figura 24. Fases de transformación proceso de compostaje .....	99
Figura 25. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Camacho, V. .	102
Figura 26. Extracción manual Eichhornia crassipes de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa. ....	104
Figura 27. Medición inicial condiciones Eichhornia crassipes Reserva Natural Pozo Verde.	105
Figura 28. Triturado de Eichhornia crassipes en la Central Termoeléctrica de Paipa.....	105
Figura 29. Mezcla de Eichhornia crassipes triturado con cal dolomita.....	106
Figura 30. Exposición de Eichhornia crassipes a condiciones de temperatura, Central Termoeléctrica de Paipa. ....	107
Figura 31. Dimensiones pila de almacenamiento Eichhornia crassipes propuesto por Valle, C. ....	107
Figura 32. Disposición pilas de almacenamiento propuesto por Robledo, L y Ronderos, A. ....	109
Figura 33. Exposición de Eichhornia crassipes a condiciones de temperatura en pilas de volteo. ....	109
Figura 34. Medición parámetros de control compost en proceso de transformación .....	110
Figura 35. Prueba porcentaje de humedad método del puño.....	111
Figura 36. Volteo manual de pilas .....	111
Figura 37. Tamiz usado en las labores de cernido .....	112
Figura 38. Empaque de abono orgánico en sacos de lona .....	113
Figura 39. Lancha para extracción manual de Eichhornia crassipes del Embalse del Guavio .....	117
Figura 40. Lancha para extracción manual de Eichhornia crassipes de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa .....	118
Figura 41. Material de operación paso 1 extracción manual Buchón de Agua del espejo de agua .....	118
Figura 42. Elementos de protección personal proceso de transformación de Buchón de Agua en abono orgánico .....	119

Figura 43. Equipos de emergencia Unidad productora .....	119
Figura 44. Equipo NPK-pH para toma de muestras parámetros iniciales Buchón de Agua ..	120
Figura 45. Trituradora mecánica .....	121
Figura 46. Mascarilla 3M 8801 para material particulado .....	121
Figura 47. Hule negro calibre 6 para cubrir material vegetal .....	122
Figura 48. Báscula 200 kilogramos Electrónica pedestal para pesado inicial de material vegetal .....	123
Figura 49. Mascarilla 3M 8247 R95 para vapores orgánicos .....	124
Figura 50. Tamiz con malla de 1.0 cm .....	125
Figura 51. Materiales de operación paso trece, cerrado manual sacos de lona .....	125
Figura 52. Clasificación de fertilizantes o abonos orgánicos, orgánico minerales y enmiendas orgánicas de acuerdo a la NTC 5167.....	128
Figura 53. Matriz de relaciones Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	132
Figura 54. Distribución planta Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	134
Figura 55. Propuesta de diseño plano y distribución Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes .....	135
Figura 56. Factores generales de localización .....	137
Figura 57. Localización geográfica propuesta 1, unidad deportiva casas fiscales .....	139
Figura 58. Localización geográfica propuesta 2, patio de ceniza Central Termoeléctrica de Paipa .....	140
Figura 59. Logo Asociación Guardiana del Buchón “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.” .....	146
Figura 60. Organigrama Asociación Guardiana del Buchón “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.”..	147
Figura 61. Ingresos año uno Unidad productora de abono .....	153
Figura 62. Costos fijos año uno Unidad productora de abono .....	154
Figura 63. Costos variables año uno Unidad productora de abono .....	155
Figura 64. Flujo Neto de efectivo Unidad productora de abono orgánico .....	156
Figura 65. Punto de equilibrio año uno Unidad productora de abono .....	157
Figura 66. Valor presente Neto y Tasa Interna de Retorno Unidad productora .....	158

**Lista de Anexos**

	Pág.
Anexo A. Anteproyecto “Estudio de prefactibilidad para la industrialización de abono orgánico a partir de Eichhornia Crassipes (Buchón de agua) en la Central Termoeléctrica de Paipa” .....	169
Anexo B. Enlace encuesta aplicada a socios mineros “COAGROMIN LTDA” .....	210
Anexo C. Planilla registro de parámetros de control Unidad Productiva de abono orgánico a base de Buchón de Agua .....	211

## Glosario

**Abono Orgánico:** mezcla de materiales orgánicos obtenidos de la degradación y/o mineralización de residuos de origen animal, vegetal y en algunos casos industrial (García et al., 2018, p. 30). Estos productos mejoran la fertilidad y la productividad de los suelos (Román et al., 2013, p. 11).

**Agente Fitorremediador:** compuesto hecho a base de materia vegetal que reduce, degrada o inmoviliza compuestos orgánicos contaminantes de la tierra, del agua o del aire y que surgen del desarrollo de actividades humanas como la minería, la agricultura y la ganadería (Espinosa, 2019, p. 20).

**Compostaje:** proceso de transformación de materia orgánica vegetal y/o animal, a través de condiciones controladas para la producción de abono orgánico (ICA, 2013, p. 7).

**Control de Calidad:** “conjunto de acciones destinadas a garantizar en todo momento la producción uniforme de lotes de productos terminados que satisfagan entre otros los parámetros de identidad, actividad y pureza establecidos” (Resolución No. 00375, 2004, p. 3).

**Eichhornia Crassipes:** el Buchón de Agua es una planta acuática flotante, perteneciente a la familia de las Pontederiaceas. Es conocida también como Cucharilla, Camalote, Flor de agua, Jacinto de agua, Lagunera, Lirio acuático, Violeta de agua o Ninfa y se encuentra en los cursos de agua de la cuenca del Amazonas en América del Sur (Poveda, 2017, p. 7).

Se caracteriza por su color verde brillante oscuro y lustroso, con hojas acorazonadas, floración promedio de tres días y tallo espigado. Tiene un tamaño promedio de 30 centímetros, sus raíces están sumergidas y sus hojas y flores son aéreas. En cuanto a condiciones de mantenimiento, no requiere de muchos cuidados para subsistir, sin embargo, le favorecen aguas neutras con pH entre 6,8 y 7,5 y temperaturas de 17 °C a 28 °C (Poveda, 2017, p. 9).

**Estudio de Prefactibilidad:** el estudio de prefactibilidad, mediante el análisis de variables técnicas, de mercado, financieras y organizacionales permite mejorar el nivel de información

para tomar decisiones de seguir con el estudio de factibilidad, de ejecución inmediata o de abandono definitivo o temporal del proyecto (Miranda, 2001, p. 138).

**Estudio de Mercado:** analiza la demanda insatisfecha, la oferta actual y proyectada del bien o servicio, los precios o tarifas y los mecanismos de comercialización más adecuados.

**Estudio Técnico:** en él están inmersos tres estudios más: el estudio de ingeniería; encargado de todo lo concerniente a la parte de producción, procesos y requerimientos. El estudio de distribución; que define aspectos físicos de como su nombre lo indica la distribución en planta de lo definido en el estudio de ingeniería y finalmente el estudio de localización, encargado de encontrar el mejor lugar para desarrollar el proyecto.

**Estudio Organizacional:** define aspectos propios de las organizaciones como su estrategia misional y corporativa, dando un panorama claro de la funcionalidad que tendrá el proyecto organizacionalmente.

**Estudio Financiero:** determina los ingresos y costos propios mediante presupuesto del proyecto para así, analizar la tasa interna de retorno, el valor presente neto y el punto de equilibrio, de modo que se conozca un concepto sobre la rentabilidad y viabilidad del mismo.

**Eutrofización:** Proceso natural de ecosistemas acuáticos lénticos, en los cuales, se produce un aumento en la concentración de nutrientes como nitratos y fosfatos. Los procesos de eutrofización se caracterizan por la aparición de grandes cantidades de materia orgánica como el Buchón de Agua, cuya descomposición microbiana ocasiona un descenso en los niveles de oxígeno. Dicho proceso surge en muchos de los casos por el vertimiento en los espejos de agua de residuos agropecuarios, industriales o urbanos.

**Fase Mesófila:** primera fase del proceso de compostaje para la transformación de la materia orgánica en abono. Se caracteriza por alcanzar una temperatura de 45 °C gracias a la actividad microbiana, que toma fuentes de calor propias del carbono y el nitrógeno. Su periodo de

realización comprende de dos a ocho días y el pH del compost baja hasta 4,0 y 4,5 (Román et al., 2013, p. 23).

**Fase Termófila o de Higienización:** alcanza temperaturas de 60 °C gracias a bacterias termófilas, que logran degradar fuentes complejas de carbono como la celulosa y transforman el nitrógeno en Amoniaco lo que incrementa el pH del compost. Su duración depende del material vegetal inicial, las condiciones climáticas y el lugar de almacenamiento principalmente. Se denomina también “higienización” ya que, después de los 55 °C las bacterias termófilas eliminan todas las bacterias y contaminantes de origen fecal, quistes y huevos de helminto, esporas de hongos y semillas de maleza, higienizando en gran medida el producto (Román et al., 2013, p. 23).

**Fase de Enfriamiento o Mesófila II:** en vista de que las fuentes de carbono y nitrógeno se agotan, la temperatura desciende hasta los 40 °C a 45 °C, por lo que, disminuye el pH alcanzando un pH alcalino. El compost presenta algunos hongos pequeños, que son visibles en la mezcla y tiene un periodo de duración de dos a cinco semanas (Román et al., 2013, p. 24).

**Fase de Maduración:** con el propósito de que el abono contenga ácidos húmicos y fúlvicos, el compost se debe exponer a temperatura ambiente por un periodo prolongado de tiempo (tres a seis meses) para que se lleven a cabo procesos de polimerización y condensación de compuestos carbonados y así obtener finalmente abono orgánico de calidad (Román et al., 2013, p. 24).

**Lote:** “cantidad específica, homogénea e identificable de un Bioinsumos o extracto vegetal de uso agrícola, que se elabora en un solo ciclo de producción” (Resolución No. 00375, 2004).

**Materia Orgánica:** materia vegetal y animal descompuesta en su totalidad o parcialmente gracias a la acción de los microorganismos presentes en el suelo (Espinosa, 2019, p. 20).

**Materia Prima:** sustancia o material biológico, fijado como base para la producción de productos de cualquier tipo.

**Microorganismos:** organismos vivos de tipo microscópicos encargados de la descomposición de materia orgánica para la producción de abonos.

**Orgánico:** compuesto o sustancia formada principalmente por carbono. Se encuentran en la naturaleza o pueden elaborarse en el laboratorio. Puede contener hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno (Román et al., 2013, p. 12).

**pH:** acidez o alcalinidad de una sustancia. Se mide con la ayuda de un pHmetro y en el caso de abonos orgánicos varía de acuerdo a condiciones de temperatura.

**Unidad Productora:** organización definida para realizar un proceso de transformación de materias primas en productos finales, o de prestación de servicios, en donde, se ejecutan procesos de ingeniería, de mercadeo, financieros y organizacionales, con el fin de recibir utilidades o llevar a cabo responsabilidad social empresarial.

**Volteos de Mezcla:** mediante los volteos de mezcla, los microorganismos presentes en el compost reciben el oxígeno necesario para llevar a cabo las fases mesófilas II y de maduración.

## Resumen

Camacho Mejía, Paula Valentina

Estudio de Prefactibilidad para la Industrialización de Abono Orgánico a Partir de la Eichhornia Crassipes (Buchón de Agua) en la Central Termoeléctrica de Paipa / Paula Valentina Camacho Mejía. - - Tunja : Universidad de Boyacá, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2022.

211 h.: il. + 1 CD ROM. - - (Trabajos de Grado UB, Ingeniería Industrial ; n°. )

Trabajos de Grado (Ingeniera Industrial). - - Universidad de Boyacá, 2022.

El trabajo presenta el estudio de prefactibilidad de la industrialización de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes (Buchón de Agua), en vista, de que la especie se encuentra en proceso de eutrofización en las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa. Se abordan aspectos socioeconómicos, de mercado, técnicos, organizacionales y financieros, mediante los cuales se pretende emitir un concepto de viabilidad sobre el tema de investigación.

Se plantea así pues el diseño de una Unidad productora de abono orgánico construida sobre las necesidades y características propias de la comunidad.

Se realiza análisis de las variables propias de la prefactibilidad mediante el desarrollo de una investigación de tipo descriptiva. Las fuentes primarias de información se recolectaron a través de comunicación personal con los colaboradores de la Central y mediante la aplicación de una encuesta a los socios activos de la Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa "COAGROMIN LTDA". Las fuentes secundarias se obtuvieron a través de la revisión documental de trabajos de grado, informes de sostenibilidad y documentación municipal con el fin de facilitar la toma de decisiones frente a variables críticas concernientes a la Unidad productora.

Se recomienda a la Central Termoeléctrica de Paipa seguir con el desarrollo del estudio de factibilidad sobre el tema de investigación, para llevar a cabo el proyecto de inversión.

**Palabras clave:** estudio de prefactibilidad, abono orgánico, Eichhornia crassipes, unidad productora.

### Abstract

Camacho Mejia, Paula Valentina

Prefeasibility Study for the Industrialization of Organic Fertilizer from *Eichhornia Crassipes* (Buchon de Agua) at the Central Termoelectrica de Paipa / Paula Valentina Camacho Mejia. - - Tunja: University of Boyaca, Faculty of Science and Engineering, 2022.

211 h.: il. + 1 CD ROM. - - (UB Degree Projects, Industrial Engineering; n°. )  
Degree Projects (Industrial Engineering). - - University of Boyaca, 2022.

The work presents the prefeasibility study of the industrialization of organic fertilizer made from *Eichhornia crassipes* (Buchon de Agua), in view of the fact that the species is in the process of eutrophication in the cooling pools of the Central Termoelectrica de Paipa. Socioeconomic, market, technical, organizational and financial aspects are addressed, through which it is intended to issue a concept of viability on the research topic.

Thus, the design of an organic fertilizer production unit built on the needs and characteristics of the community is proposed.

An analysis of the variables of pre-feasibility is carried out through the development of a descriptive type of research. The primary sources of information were collected through personal communication with the collaborators of the Central and through the application of a survey to the active members of the Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa "COAGROMIN LTDA". The secondary sources were obtained through the documentary review of degree works, sustainability reports and municipal documentation in order to facilitate decision-making in the face of critical variables concerning the production unit.

It is recommended that the Central Termoelectrica de Paipa continue with the development of the feasibility study on the subject of research, to carry out the investment project.

**Keywords:** pre-feasibility study, organic fertilizer, *Eichhornia crassipes*, production unit.

## Introducción

Desde la estrategia empresarial de la Central Termoeléctrica de Paipa, se trabajan ejes fundamentales de desarrollo social, económico y ambiental. La problemática de la eutrofización de las piscinas de enfriamiento por acción de la *Eichhornia crassipes*, enfrenta a la organización a la búsqueda de soluciones que beneficien a la comunidad, al ecosistema y que retribuya en algún grado económicamente su ejecución (Gestión Energética S.A. E.S.P., 2022, p. 8). Es así, como buscar alternativas de investigación en donde, se entregue a la organización un concepto de favorabilidad frente a condiciones positivas de inversión, fomenta la razón de ser del presente trabajo de grado y lo conduce a presentar una propuesta de prefactibilidad para la industrialización de abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*, planta acuática mejor conocida como Buchón de Agua.

Para brindar un concepto fiable frente a la toma de decisión de la inversión, el estudio de prefactibilidad analiza variables socioeconómicas presentes en las lagunas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa, las características de mercado, los factores técnicos y organizacionales, con el fin de reunir los conceptos necesarios para establecer mediante el análisis financiero un concepto de viabilidad o rechazo frente a la hipótesis presentada.

Con el desarrollo del presente trabajo la Central conocerá de cerca las características de la zona de influencia frente los comportamientos sociales y económicos, también el punto de vista que tienen los consumidores de la región sobre el precio, el producto, la plaza y la promoción de abonos orgánicos especialmente los manufacturados a base de Buchón de Agua. Sumado a ellos, se presenta una propuesta organizacional que funcione como un proyecto de extensión de responsabilidad social empresarial, de modo, que por la ejecución del mismo la Central sea reconocida como hasta ahora lo ha hecho por la ejecución de proyectos de este tipo y que le han otorgado galardones como el Premio Andesco de Sostenibilidad (Gestión Energética SA ESP, 2021, p. 5).

Finalmente, con el análisis de las variables financieras, se entrega a la Central el panorama favorable de inversión, para dar el siguiente paso frente a la ejecución del proyecto propuesto que es el estudio de factibilidad.

### **VARIABLES SOCIOECONÓMICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE PAIPA EN RELACIÓN CON LA EUTROFIZACIÓN DE LA EICHHORNIA CRASSIPES**

La Central Termoeléctrica de Paipa que se aprecia en la figura 1, es el principal activo de Gestión Energética S.A. E.S.P. y desde 1981 genera energía eléctrica en ciclo Rankine regenerativo con tres unidades. Empleando como combustible principal, carbón con bajo contenido de azufre (Gestión Energética S.A. E.S.P., 2016, p. 36).



*Figura 1.* Central Termoeléctrica de Paipa, tomado de Gestión Energética S.A. E.S.P., 2022.

Dicha termoeléctrica se ubica en el departamento de Boyacá, municipio de Paipa, vereda Mirabal, en el kilómetro 3 que de la vía Paipa conduce hacia Tunja y sus piscinas de enfriamiento señaladas en la figura 2, necesarias para la generación de vapor propia del ciclo Rankine se ubican sobre la margen izquierda del río Chicamocha (Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACÁ, 2009, p. 89) contando con una extensión total de 55 hectáreas de tierra.



Figura 2. Piscinas de enfriamiento Central Termoeléctrica de Paipa, tomada de DULCOLSA, 2020.

Por ordenamiento territorial, la Central cuenta con una zona de influencia comprendida por zona rural del Municipio y señalada en la figura 3 que se conforma por cinco veredas: Vereda Sativa, Vereda Llano Grande, Vereda Canocas, Vereda Río Arriba, Vereda Volcán y gracias a la responsabilidad social empresarial, incluye a la Vereda El Salitre (principal proveedora de carbón) dentro de dicho grupo.

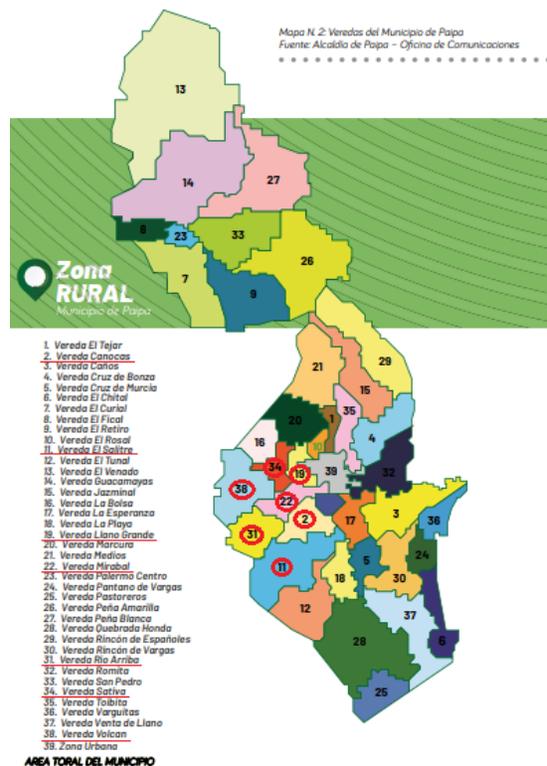


Figura 3. Veredas de la zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa, fuente; Elaboración propia, adaptado de Alcaldía Municipal de Paipa, 2020.

La caracterización socioeconómica de la zona de influencia es muy variada y conocerla es de vital importancia para el desarrollo de la presente investigación. Por ello, mediante comunicación personal con la trabajadora social Marcela Patiño, integrante del equipo de Sostenibilidad corporativa y quienes adelantan actividades de identificación y caracterización de la zona de influencia informó los principales aspectos de los diferentes entornos de la comunidad, enunciados a continuación.

### **Entorno Político**

La propuesta de gobierno “Con sumercé podemos avanzar” en cabeza del biólogo Fabio Alberto Medrano Reyes fue elegida en las elecciones del año 2019 para liderar el Municipio de Paipa durante el periodo 2020 – 2023.

Este gobierno (ver figura 4), da cumplimiento a lo establecido por la ley y lleva a cabo elecciones de Juntas de Acción Comunal en la zona urbana y rural del Municipio para garantizar canales de comunicación entre la comunidad y el gobierno, con el fin, de atender oportunamente necesidades y problemáticas del entorno y dar cumplimiento al plan de desarrollo propuesto (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 137).



Figura 4. Plan de desarrollo 2020-2023, fuente: Alcaldía Municipal de Paipa, 2020.

Ahora bien, gracias a una comunicación personal con el notificador de la Secretaría de Gobierno del Municipio, el señor Francisco Albarracín, se conoció el representante de cada Junta de Acción de las veredas integrantes de la zona de influencia de la Central y que se relacionan en la tabla 1:

Tabla 1

*Presidentes Juntas de Acción Comunal veredas zona de influencia*

No.	Vereda	Representante
1	Canocas	Jorge Alexander Monroy Espinel
	sector Areneras	Abelardo Granados
	sector San José	Aldemar Avella Barón
2	El Salitre	Edgar Sánchez Monroy
	sector Centro	Misael Zanguña Ochoa
	sector La Esmeralda	Albenio Rodríguez
	sector Alto	

3	Llano Grande	Miguel Ángel Paipilla Cipagauta
4	Mirabal	William Fonseca Álvarez
5	Río Arriba	Yamile Rojas
	sector Centro sector Puente Tabla	Alicia Rico
6	Sativa	José Mauricio Iguavita Bohórquez
	sector Centro sector Los Lagos	Alfonso Torres Sora
	sector Centro	José Eduardo Ortiz Rincón
7	Volcán	Diana Cristina Roberto Pinto
	sector El Progreso sector El Remanso	María del Rosario Sánchez Tuta

---

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Albarracín, F., 2022.

La comunidad, según la pirámide poblacional establecida por la proyección del Departamento Nacional de Planeación, tiene una distribución equitativa de género para todos los rangos de edad, de modo que, por cada 108 mujeres hay 100 hombres. Los cuales se ubican en edades de entre los 10 años y los 19 años y se evidencia que para el rango de edad de 20 años a 34 años emigran del Municipio por factores académicos, debido a la poca oferta educativa en niveles superior, técnico y tecnológico, como lo asegura la Alcaldía Municipal (2020, p. 52).

En vista de la problemática presentada en las piscinas de enfriamiento de la Central, las veredas de la zona de influencia, en cabeza de sus presidentes y principalmente la vereda Mirabal, presentaron derechos de petición para que la Central tomara acciones frente a la eutrofización de la *Eichhornia crassipes* que se evidencia en la figura 5, ya que, la comunidad aseguraba ser testigo de problemas como proliferación de olores y distintos vectores que afectaba el desarrollo de sus actividades diarias y alteración del paisaje, debido a la presencia de la planta, puesto que, no permitía la apreciación de los espejos de agua como lo asegura la trabajadora social Marcela Patiño (2022).



Figura 5. Presencia de *Eichhornia crassipes* en las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Dulcolsa, 2020.

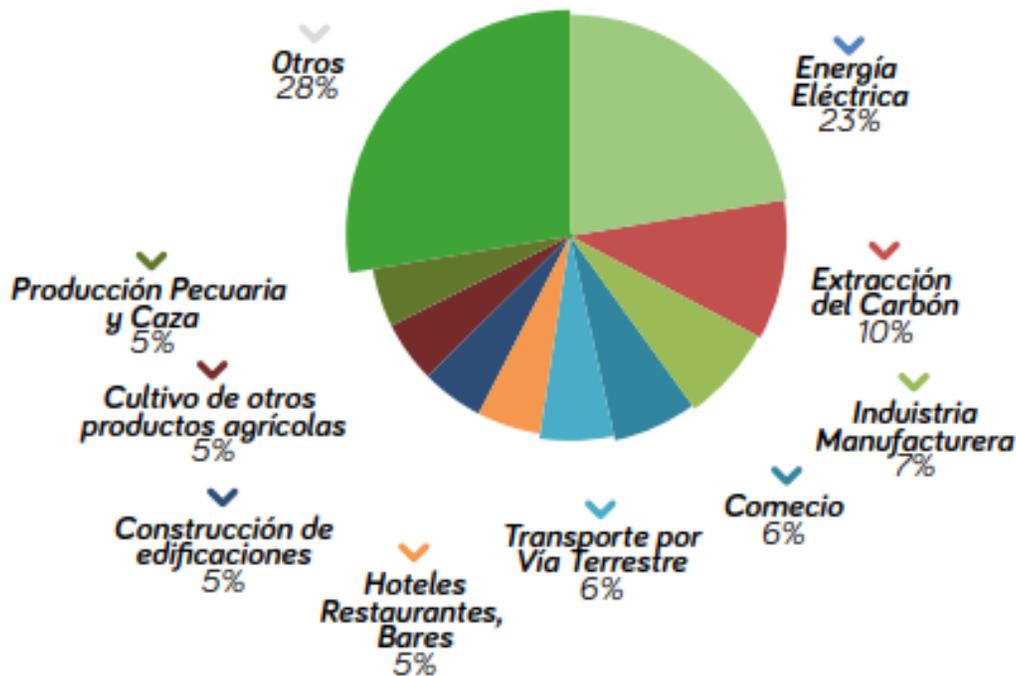
La problemática no sólo afecta la comunidad y el medio ambiente, sino la imagen corporativa de la organización, por lo cual, es importante para la Central dar solución al manejo y erradicación parcial de la *Eichhornia crassipes* en las piscinas de enfriamiento.

### Entorno Económico

Según la Alcaldía de Paipa las veredas de la zona de influencia de la Central, llevan a cabo actividades de desarrollo económico como la minería, la agricultura y la ganadería para generar ingresos y es en sus terrenos, en donde, se materializa (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 44).

A nivel municipal, la minería representa el 10 % de las actividades mercantiles, y la producción pecuaria y la agricultura representa otro 10 % como lo plasma la figura 6. Sabiendo que Paipa tiene como principal ingreso todo lo referente a la producción de energía eléctrica,

proveniente de unidades generadoras como lo es la Central Termoeléctrica de Paipa, representando un 23 % del total de la actividad mercantil como lo afirma la Alcaldía municipal de Paipa (2020) en su Plan de Desarrollo, en comparación a ella, se evidencia claramente que la actividad minera y agropecuaria no se queda atrás y comprende una gran parte de la economía del Municipio (p. 55).



Fuente: Ficha de Caracterización Territorial DNP-Junio 2017

Figura 6. Estructura socioeconómica Municipio de Paipa, fuente: Alcaldía Municipal de Paipa, 2020.

Para el Municipio de Paipa la ejecución de la minería representa el empleo directo de 608 habitantes en un total de 187 minas para el caso del mineral carbón. De las cuales, 157 se encuentran ubicadas en las veredas Volcán y El Salitre zona de influencia directa de la Central. La minería de tipo socavón, es desarrollada por los hombres de las veredas mencionadas y de sectores aledaños, quienes, según la trabajadora social Marcela Patiño, heredan el conocimiento de esta labor y lo transmiten de generación en generación, viendo en esta actividad la única forma de sustentar a sus familias (Patiño, 2022).

En cuanto a la agricultura se refiere, los agricultores paipanos siembran en sus fincas los siguientes productos:

Tabla 2

*Cultivos representativos Municipio de Paipa*

<b>Producto</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>No. Veredas</b>	<b>No. Fincas</b>
Papa	125	13	223
Mora	97	13	271
Durazno	120	13	180
Ciruela	120	13	180
Tomate de árbol	120	13	180
Cebolla	80	11	
Maíz	64	31	262
Arveja	45	25	125

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Alcaldía Municipal de Paipa, 2020.

En algunos casos, los hombres mineros, a la par de su principal actividad, siembran en pequeñas parcelas ubicadas en sus propiedades los productos mencionados en la tabla 2, con el fin de respaldar la alimentación de sus hogares. Esta actividad agrícola es apoyada por sus esposas e hijos, quienes velan, para que los cultivos sean fructíferos y se aproveche al máximo la producción obtenida.

Sin embargo, las veredas de la zona de influencia que carecen de yacimientos minerales de carbón, se dedican 100 % a actividades de agricultura y ganadería; involucrando tanto a hombres como a mujeres y niños en su proceso. Las fincas generadoras de productos agrícolas, no sólo aprovechan su actividad económica principal para abastecer su alacena familiar, sino, que venden sus productos en los mercados campesinos del Municipio o a proveedores de centrales de abasto del Departamento (Patiño, 2022).

Finalmente, cuando se habla de actividad agropecuaria, haciendo un énfasis especial en producción pecuaria: ganado bovino, ya que según Alomía, Y. y otros, en el proceso productivo de cría y engorde, los suelos se erosionan en mayor proporción luego de su uso (2021, p. 2). En el Municipio de Paipa sobresale la producción de ganado bovino doble propósito (carne y

leche) llevada a cabo en 1670 fincas de las 38 veredas del Municipio, claramente en las siete veredas de la zona de influencia de la Central. Esto equivale según el Instituto Colombiano Agropecuario a 1810 cabezas de ganado (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 173).

En cuanto a la población femenina de la zona de influencia de la Central, se identifica que, para el caso de las mujeres que cuentan con el respaldo de una pareja que trabaja en las actividades anteriormente mencionadas, se dedican a labores propias del hogar, la crianza de los hijos y el apoyo en actividades económicas secundarias que aportan a la economía de la familia. En cuanto a las mujeres madres cabeza de familia, debido a su responsabilidad como encargadas de proveer lo necesario para su hogar, trabajan fuera de la vivienda en lugares cercanos a las veredas como en viveros o en la alimentación escolar ofrecida para las escuelas del sector, sin embargo, la oferta laboral es muy reducida y se evidencia desempleo para ésta población en condición de vulnerabilidad (Patiño, 2022).

### **Entorno Social**

La parte social se ve notoriamente marcada por el tema de machismo en la comunidad de la zona de influencia. Así lo asegura la trabajadora social Marcela Patiño, quien afirma que desde la Central se realizan acompañamientos a las familias para contrarrestar acciones machistas dentro del hogar, disminuyendo este factor mediante talleres de prevención y corrección de dicha problemática (Patiño, 2022).

En cuanto a riquezas culturales como etnias, la zona no cuenta con ninguna, sin embargo, sigue las tradiciones y costumbres boyacenses, propias de nuestros ancestros, cómo cocinar con leña, aunque cuenten con gas natural o pimpinas de gas y claramente el consumo de bebidas alcohólicas como la cerveza y el guarapo o la chicha que ellos mismos elaboran.

La población perteneciente a la zona de influencia, que se comprende en su 100 % de población rural adulta, alcanzó estudios hasta grado octavo o noveno de bachillerato, ya que, desertaron en vista de no encontrar agrado en el proceso formativo, los centros educativos se encontraban ubicados a largas distancias de su vivienda, no tenían los recursos económicos necesarios para el sostenimiento de la actividad o tenían la necesidad de trabajar para generar ingresos con el fin de dar estabilidad económica a sus familias; así lo asegura la trabajadora social Marcela Patiño. Sin embargo, la población actual de niños y niñas se mantienen en su

formación educativa y pueden asistir a las escuelas mencionadas en la tabla 3 y que se localizan en la zona de influencia:

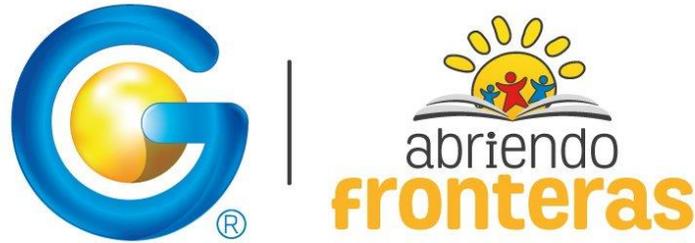
Tabla 3

*Instituciones educativas zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa*

<b>Institución</b>	<b>Sede</b>
Institución Educativa "El Rosario" Paipa	Canocas
	Mirabal
	Río Arriba
	Volcán
Institución Educativa Técnica "Tomás Vásquez Rodríguez"	Sativa
Instituto Técnico Agrícola de Paipa	El Salitre

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Patiño, M., 2022.

Se sabe, que los jóvenes adolescentes una vez culminan sus estudios, se dedican a trabajar en las mismas labores de sus padres o buscan posibilidades de empleo en la zona urbana del Municipio, ya que, la oferta de educación superior es muy reducida y Paipa sólo cuenta con carreras técnicas y tecnológicas ofrecidas por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 163). Para contrarrestar ello, empresas como la Central Termoeléctrica de Paipa en el marco de su responsabilidad social empresarial, crea proyectos como “Abriendo Fronteras” identificado por el logo de la figura 7, que busca apadrinar jóvenes de la zona de influencia para que accedan a la educación superior en carreras afines a la Ingeniería sin que ellos o sus familias inviertan dinero en el proceso, puesto que la entidad cubre a cabalidad todos los gastos (Gestión Energética SA ESP, 2021, p. 30).



*Figura 7.* Logo programa de responsabilidad social empresarial “Abriendo Fronteras”, fuente: Gestión Energética S.A. E.S.P., 2021.

### **Entorno Tecnológico**

Frente a tecnologías duras y en el ámbito minero, es de conocimiento público que todas las minas pertenecientes a títulos mineros deben cumplir a cabalidad la normatividad exigida para funcionar en completa legalidad, y que, aunque realicen su actividad de forma tradicional, deben implementar tecnologías sencillas y seguras como lo asegura la Alcaldía de Paipa (2020, p. 179).

Las alianzas estratégicas con empresas como la Central Termoeléctrica de Paipa, que, en su marco de responsabilidad social empresarial, realiza acompañamiento minero a la zona de influencia con proyectos de educación y tecnificación de unidades mineras como se muestra en la figura 8, permite que se introduzcan tecnologías duras a procesos artesanales, garantizando efectividad en los procedimientos y brindando seguridad a los mineros.



*Figura 8.* Evidencias de acompañamiento minero Informe de Sostenibilidad, fuente: Gestión Energética S.A. E.S.P., 2016.

En el ámbito agrícola y pecuario, predominan tecnologías artesanales tradicionales, sin embargo, agentes como el cambio climático y el uso de agentes fertilizantes han modificado el proceso productivo los últimos años. Para mejorar dichas tecnologías, la Alcaldía Municipal está ejecutando el subprograma “Acciones Agroclimáticas” que pretende mejorar los procesos productivos agropecuarios mediante la educación formal e informal de agropecuarios en temas de adaptación e interpretación de tecnologías que hagan frente a condiciones adversas de cambio climático y riesgos agropecuarios (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 178).

Las tecnologías blandas desarrolladas bajo alianzas con la Central Termoeléctrica de Paipa como trabajos de grado y artículos de revistas que se conocen mediante revisión previa documental y que han sido ejecutadas en la zona de influencia se relacionan en la tabla 4.

Tabla 4

*Investigaciones realizadas en la zona de influencia*

<b>Tipo</b>	<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Autor</b>	<b>Reseña</b>	<b>Fuente</b>
<b>Trabajo de grado</b>	1	Pasantía en la central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la Unidad de Producción y Unidad Administrativa	Juan Sebastián Calderón Piñeros	Presentación de resultados para en primera instancia diseñar un sistema para monitorear y registrar las presiones en el sistema de transporte de ceniza volátil de la Central Termoeléctrica de Paipa en unidades I, II y III y la familiarización con aspectos administrativos propios de la gestión de requisiciones, materializadas en el apoyo técnico al departamento de compras, suministrando criterios que permitan depurar y optimizar el proceso de contratación de compra de bienes y servicios.	Calderón (2015)

		Cristian		
		Evaluación de Camilo		Realiza el análisis de los
		la descarga de Sánchez		vertimientos de aguas
		aguas Arenas		residuales industriales
		residuales en la Tania		que afectan el cauce en el
2		Central Lorena		punto en que la Sánchez et al.
		Termoeléctrica Suárez		Termoeléctrica de Paipa (2016)
		de Paipa en el Alfonso		utiliza el cuerpo de agua
		Río Jordán en Julián		para refrigerar sus
		Boyacá Leonardo		procesos de generación
		Archila		eléctrica.
		Gestión del		
		riesgo		
		ambiental:		
		proceso de		Pretende dar a conocer
		generación de		cuál es la metodología
		emisiones Camilo		adecuada para llevar a
3		contaminantes Andrés		cabo la gestión de riesgos
		en la Niño		ambientales dentro de las
		Termoeléctrica Rodríguez		generadoras de energía
		a base de		eléctrica a base de carbón
		carbón del		en el país.
		Municipio de		
		Paipa		
		Diagnóstico		Logró identificar, evaluar
		ambiental Carlos		y analizar las condiciones
		preliminar de Magno		actuales de operación de
4		la Central Martínez		la Central Termoeléctrica
		Termoeléctrica Mora		de Paipa para la
		de Paipa		preparación del
				expediente exigido por el

**Artículo  
de  
revista**

Código de los Recursos  
Naturales Renovables.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a convenios vigentes e investigaciones adelantadas por universidades bajo alianzas estratégicas con la organización, la trabajadora social Marcela Patiño mencionó las relacionadas en la tabla 5:

Tabla 5

*Convenios vigentes entre Universidades de la región y la Central Termoeléctrica de Paipa*

No.	Convenio	Universidad
1	Para la medición de espirometría y emisiones con relación a enfermedades pulmonares que se pueden generar por diferentes variables alrededor de Centrales Termoeléctricas	Universidad de Boyacá
2	Para el estudio hidrobiológico e identificación de flora y fauna alrededor de las piscinas de enfriamiento y de la Central Termoeléctrica	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Paipa
3	Para el manejo de vida y conciliación familiar en población minera	Universidad de Caldas

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Patiño, M., 2022.

En su plan de desarrollo, el gobierno municipal actual recalca la importancia de seguir adelante con el convenio llevado a cabo por el ente gubernamental y la Central frente al marco de cooperación interinstitucional con el fin de implementar proyectos de acompañamiento al Centro Minero Ambiental, que se ubica en la vereda El Salitre y que busca capacitar de forma efectiva a los mineros del Municipio (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 189).

### **Entorno Ecológico o Ambiental**

La Central Termoeléctrica de Paipa cumple con la gestión de impactos ambientales de operación como se especifica en la tabla 6:

Tabla 6

*Gestión de impactos ambientales de operación de la Central Termoeléctrica de Paipa*

<b>Entorno Ambiental Central Termoeléctrica de Paipa</b>		
<b>Componente</b>	<b>Norma</b>	<b>Acción</b>
Aire	Decreto 02 de 1982	Realización de cuatro monitoreos isocinéticos en las tres unidades de generación, con el fin de evaluar el comportamiento de las emisiones atmosféricas.
	Resolución 627 de 2006	Instalación de ocho silenciadores en las tres unidades de generación que permiten mitigar el impacto generado por el ruido.
	Resolución 601 de 2006	Realización de dos monitoreos de calidad de aire, emisión de ruido y ruido ambiental.
	Decreto 948 de 1995	
	Resolución 898 de 1995	Elaboración del modelo de dispersión de contaminantes de la Central.
Agua	Decreto 1594 de 1984	Adecuación de un filtro Francés para el manejo del agua del nacimiento, evitando la desestabilización del talud contiguo a la vía de acceso al patio de ceniza, garantizando a su vez, la correcta conducción del agua hasta el Río Chicamocha y el manejo de excesos.
		Construcción de PTARnD para el manejo de los lixiviados del patio de carbón.
	Decreto 1900 de 2006	Diseño de una alternativa de enfriamiento para la conducción de las aguas provenientes de las tres unidades y trámite del permiso de ocupación de cauce para el paso elevado de tubería sobre el Río

Chicamocha, en el marco del proyecto de enfriamiento.

	Decreto 3100 de 2003	de	Realización de dos campañas para el monitoreo de la calidad del agua superficial y de vertimientos.
	Decreto 1541 de 1978	de	Mantenimiento preventivo anual de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
	Decreto 1729 de 2002	de	Diseño del sistema de conducción final de las aguas lluvias de la Central.
	Ley 430 de 1998		Gestión adecuada para la disposición final de residuos sólidos peligrosos.
	Decreto 1609 de 2002	de	Pavimentación del patio de chatarra en cumplimiento a requerimiento de la Autoridad Ambiental.
Suelo	Resolución 2184 de 2020	de	Cambio del código de colores de la Central, en cumplimiento de las disposiciones normativas que reglamentan la gestión adecuada de los residuos sólidos en Colombia.
	Decreto 4741 de 2005	de	Acciones educativas enfocadas a la sensibilización respecto a la separación en la fuente.
			Entrega de plántulas cultivadas en el vivero de Gensa a la comunidad del área de influencia de la Central con el objetivo de enriquecer las zonas de recarga hídrica de la zona.
Flora	Decreto Ley 2811 de 1978	de	Perfilamiento, estabilización y revegetalización del talud "Las bolas" ubicado vía al patio de ceniza. Restauración de seis hectáreas de terrenos en predios de Termopaipa con la siembra de plántulas de especies nativas.

Fauna	Decreto Ley 2811 de 1978	Realización de cuatro muestreos para determinar la composición y diversidad de aves presentes en el área de influencia de Termopaipa. Ejecución y análisis de los monitoreos hidrobiológicos de flora y fauna realizados por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en los predios de la Central.
-------	--------------------------	---

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Gestión Energética S.A. E.S.P., 2022.

Con el cumplimiento de las acciones mencionadas, la Central logra efectuar lo exigido por la normatividad frente al entorno ambiental. Logrando mejorar su imagen corporativa frente a la zona de influencia como lo asegura la trabajadora social Marcela Patiño.

En el componente flora, es importante, tener en cuenta el manejo, control y erradicación parcial de la *Eichhornia crassipes* de los espejos de agua de la Central, en vista, de que se afecta no solo el ecosistema acuático y la comunidad sino el sistema de captación de agua compuesto por motobombas y rejillas rotativas necesarias para el proceso de generación de energía.

En cuanto a la normatividad ambiental que se exige a modo general frente a la actividad minera se relacionan en la tabla 7 las siguientes:

Tabla 7

*Normatividad vigente entorno ambiental actividad minera*

<b>Entorno Ambiental Minería</b>		
<b>Componente</b>	<b>Norma</b>	<b>Acción</b>
Auditorías ambientales	Art. 216 del Código de Minas	Auditoría y seguimiento de las obligaciones ambientales en los correspondientes contratos de concesión. Expedición de guías técnicas para hacer posible la gestión ambiental de proyectos mineros.
Licencias ambientales	Art. 50 Ley 99 de 1993 Ley 99 de 1993	Prevenir, mitigar, corregir, compensar y manejar los efectos ambientales que establezca la licencia ambiental. La licencia ambiental es obligatoria,

		<p>Cuando en el desarrollo de la exploración minera se requiera usar en forma ocasional o transitoria recursos naturales renovables de la zona explorada, la autoridad ambiental competente autorizará dicho uso.</p>
	Art. 203 Código de Minas	
		<p>Exigencia para la explotación minera, la restauración o la sustitución morfológica y ambiental de todo el suelo intervenido con la explotación, por cuenta del concesionario o beneficiario del título minero.</p>
	Art. 60 Ley 99 de 1993	
Sistema de información ambiental	Arts. 327 a 331 Código de Minas	<p>El registro minero hace parte del sistema nacional de información minera. Como tal es un instrumento abierto de información, al cual tendrá acceso toda persona en cualquier tiempo. La inscripción en el registro minero es tan importante, que es la única prueba de que los actos y contratos fueron sometidos a dicho requisito sometidos a este requisito.</p>
	Art. 5, numeral 9 Ley 99 de 1993	<p>Promoción de programas de divulgación y educación no formal y reglamentación de la prestación del servicio ambiental.</p>
Educación ambiental	Art. 31, numeral 8 Ley 99 de 1993	<p>Formulación de planes de educación ambiental formal y ejecución de programas de educación ambiental no formal, conforme a las directrices de la política nacional.</p>
	Ley 99 de 1993	<p>Apoyar a las autoridades ambientales, a las entidades territoriales y a la comunidad en defensa y protección del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.</p> <p>Se podrá solicitar la realización de una audiencia pública que se celebrará ante la autoridad competente, cuando se desarrollen o se pretenda desarrollar obras o actividades que puedan causar impacto al medio ambiente o a los recursos naturales renovables, actividades u obras que requieran permiso o licencia ambiental.</p>
Participación ciudadana	Art. 72 Ley 99 de 1993	

Para los autores Moreno, C & Chaparro, E. (2009) que definen las pautas de acciones mencionadas en la tabla 7, es importante, consultar con las autoridades departamentales y municipales como la Corporación Autónoma Regional de Boyacá y la Secretaria de Desarrollo Económico que acciones aplican para el ordenamiento territorial de Paipa.

### **Entorno Legal**

El Plan de Desarrollo municipal enuncia frente al ordenamiento territorial que el suelo rural presenta abundantes bosques, hierbas y malezas que son utilizadas por los habitantes para pastoreo extensivo. En cuanto a los pastos limpios son empleados para ganadería intensiva que incluyen en sus prácticas el uso de abonos, fertilizantes, riego y rotación de potreros. Los pastizales se ubican en el valle del río Chicamocha, sobre las quebradas “Honda” y “Toibita” con una extensión de aproximadamente 8517 hectáreas. (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 104).

Dentro de los suelos rurales también se encuentran zonas dedicadas a actividades agrícolas, con cultivos de papa, maíz, trigo, cebada y el área de cultivos tanto al norte como al sur del municipio es de 5450 hectáreas aproximadamente (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 104).

Ahora bien, legalmente hablando, es obligatorio que tanto la Central Termoeléctrica de Paipa, como los títulos mineros colectores de todas las minas de socavón para extracción de carbón, tengan vigente la licencia ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y mantengan su vigencia cumpliendo a cabalidad la normatividad por las entidades respectivas exigidas.

### **Análisis PESTEL**

De acuerdo al blog explicativo titulado “El Valor Emprendedor” dirigido por el docente en Marketing Alex Castro (2022), la realización del análisis PESTEL se define a grandes rasgos por cinco pasos que se enumeran a continuación:

- Inicialmente se deben identificar los principales actores y situaciones del entorno en los seis entornos: político, económico, social, tecnológico, ecológico o ambiental y legal. Para

el presente caso se realiza sobre la zona de influencia de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica, en vista, de que allí se vive la problemática objeto de la presente investigación.

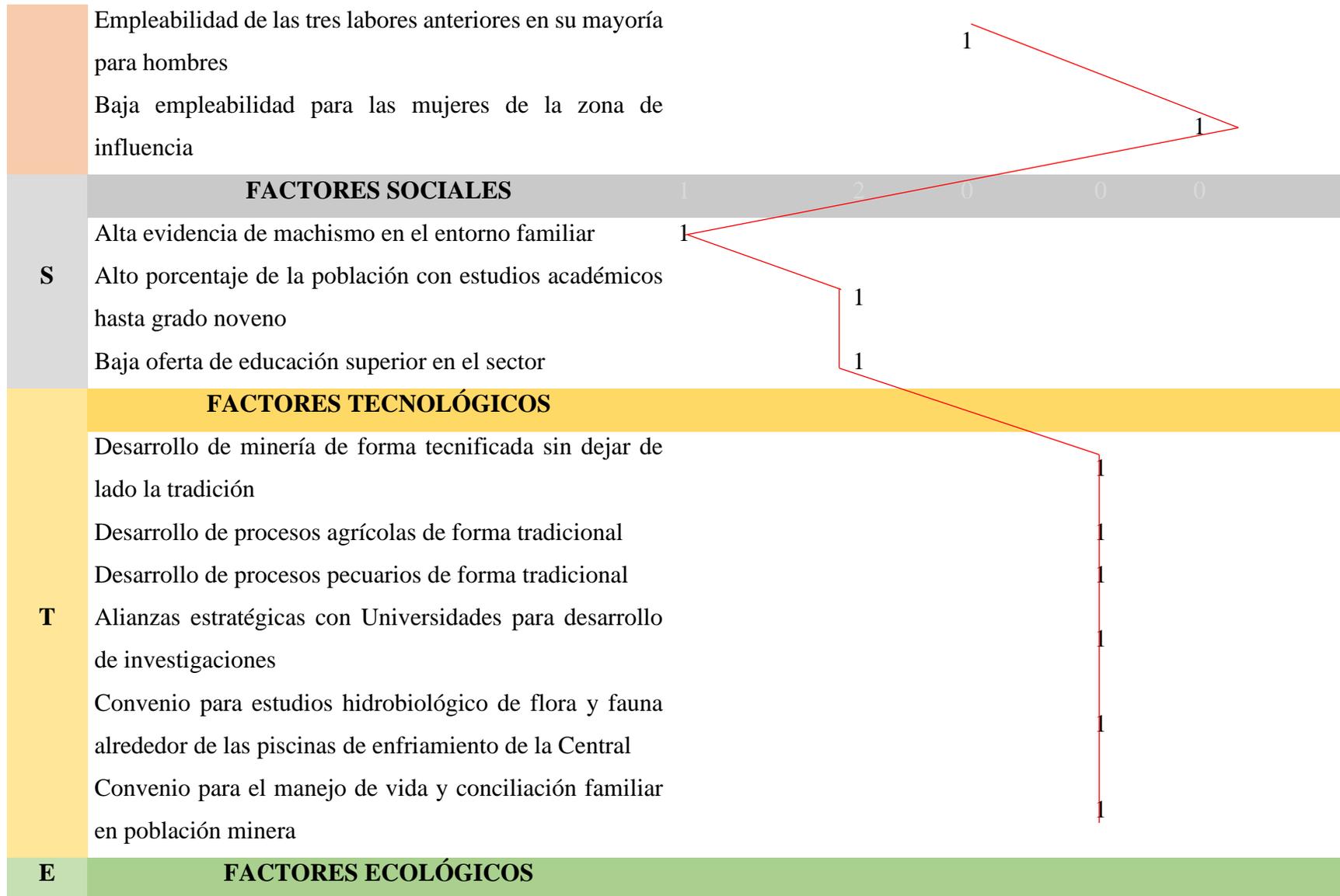
- Luego de haber definido los principales actores y situaciones se realiza “revisión de reportes de organizaciones sectoriales, memorias anuales, informes gubernamentales, prensa, etc.” (Castro, 2022), apoyado a su vez, en entrevistas a grupos focales, sus representantes y otros, se indagó con la trabajadora social Marcela Patiño integrante del equipo de Sostenibilidad Corporativa de la Central Termoeléctrica, con el notificador de la Secretaría de Gobierno del Municipio el señor Francisco Albarracín y citando lo referido en el Plan de gobierno de la Alcaldía Municipal 2020-2023, para soportar la información
- En tercera instancia se analizó y sintetizó la información, priorizando factores relevantes para los seis entornos con el fin de facilitar la lectura del panorama de la investigación.
- Una vez definidos los factores claves del entorno, se proceden a ubicar en una matriz, en la cual, se les asignó valor en una escala de muy positivo, positivo, indiferente, negativo y muy negativo de acuerdo a la importancia que ellos representan en la investigación.
- Por último, se aporta una conclusión en base, a la interpretación de la relevancia de los factores claves en los diferentes entornos frente a su importancia bien sea, positiva o negativa en el desarrollo de la investigación.

Luego de indagar sobre los seis entornos en los que la zona de influencia de la Central desarrolla su día a día, se definen los factores que conforman el análisis PESTEL consignado en la tabla 8, en donde se marca cada factor con una X de acuerdo a la escala de importancia que refleja cada uno de ellos frente al proyecto. Dichos factores se pueden encasillar en muy positivo, positivo, indiferente, negativo y muy negativo.

#### Tabla 8

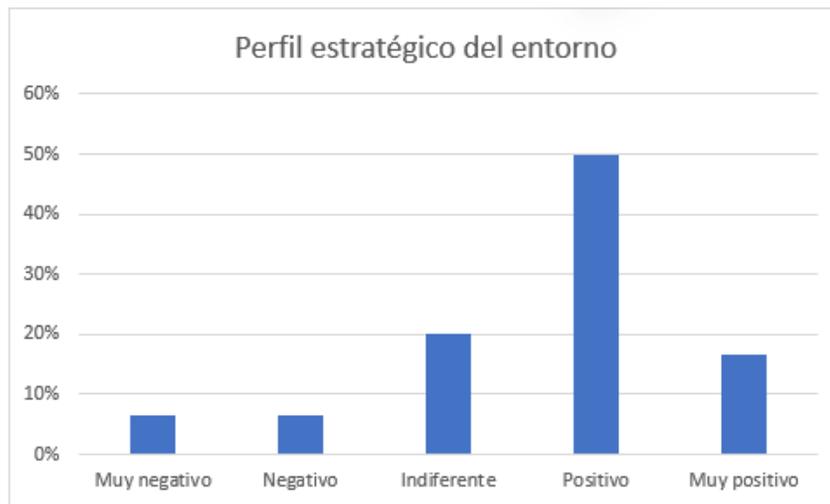
*Análisis PESTEL variables socioeconómicas zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa*

PERFIL ESTRATÉGICO DEL ENTORNO		Muy negativo	Negativo	Indiferente	Positivo	Muy positivo
<b>FACTORES POLÍTICOS</b>						
<b>P</b>	Estructura del gobierno municipal y juntas de acción comunal			1		
	Existencia de grupos de interés (zona de influencia)					1
	Presencia de derechos de petición por la problemática evidenciada	1				
	Presencia de población joven en la zona de influencia				1	
	Distribución de género con mayor presencia de mujeres (por cada 108 mujeres, 100 hombres)					1
	Afectación de imagen corporativa por problemática de eutrofización				1	
<b>FACTORES ECONÓMICOS</b>						
<b>E</b>	Ejecución de labores mineras generadoras de suelos erosionados					1
	Ejecución de labores agrícolas que afectan parcialmente el suelo				1	
	Ejecución de labores pecuarias que afectan parcialmente el suelo				1	





De acuerdo con la figura 9, se evidencia que las variables socioeconómicas de la zona de influencia de la Central tienen un efecto positivo y muy positivo del 67 % para la investigación, puesto que, confirman la eutrofización de la *Eichhornia crassipes* como un problema al que se debe dar una pronta solución, beneficiando tanto a la comunidad como a la Central Termoeléctrica mediante su transformación como abono orgánico dentro de una Unidad Productora como lo propone el presente proyecto.



*Figura 9.* Resultados análisis PESTEL variables socioeconómicas zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Elaboración propia.

Un 20 % representa agentes indiferentes a la investigación y a la problemática que en ella se analiza y el 13 % restante se compone de efectos negativos, que desde la responsabilidad social empresarial de la Central Termoeléctrica se pueden seguir impactando, pues, son los mencionados en el entorno social y tecnológico, garantizando un horizonte de tiempo relativamente corto para la mejoría de dichos ítems.

## **Identificación de Características del Mercado de Abono Orgánico Hecho a Base de Eichhornia Crassipes**

La elaboración de abono orgánico a base de Buchón de Agua es un proceso de transformación que involucra materia prima y equipos, mano de obra y comercialización. Para estos factores el análisis de mercado es fundamental, ya que, define variables de producto, precio, plaza y promoción necesarias para caracterizar el abono orgánico que se pretende elaborar en la Unidad productora propuesta en la presente investigación.

### **Análisis de Oferta**

Mediante el estudio de quienes son los productores de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes a nivel nacional y cuáles son los productos sustitutos ofertados a nivel departamental y local, se pretenden conocer variables de oferta claves para la investigación, como producto, precio, plaza y promoción, con el fin de definir parámetros que otorguen valor agregado al nuevo abono orgánico.

### **Productores de abono orgánico hecho a base de Eichhornia Crassipes.**

En una revisión documental realizada con el fin de recolectar información secundaria para el presente proyecto, se pudo determinar que, aunque en Colombia hay una gran cantidad de documentos e investigaciones que sugieren como alternativa de transformación de la Eichhornia crassipes; abono orgánico, no se ha materializado o ejecutado ningún proyecto del tema. Por lo que, actualmente a nivel nacional no hay un producto comercializado de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes.

Aunque Boyacá, en su composición sectorial de Producto Interno Bruto del año 2020 plasmada en la figura 10, ubica la agricultura, pesca y ganadería con un 5,4 % sobre el promedio nacional como actividad comercial principal; los agricultores que representan una gran población, en conjunto con los mineros boyacenses que comprenden un 1,8 % más que los mineros del resto del país no pueden comprar y emplear abonos orgánicos hechos a base de Eichhornia crassipes como medio fitorremediador para suelos erosionados propios de sus

actividades productivas, en vista, de que no hay en el mercado un abono orgánico caracterizado por emplear como materia prima Buchón de Agua (Ministerio de Comercio, 2021, p. 11).

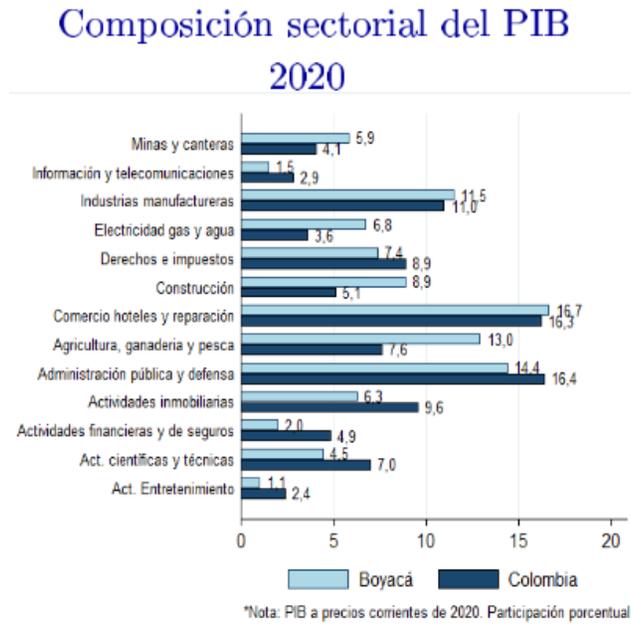


Figura 10. Composición sectorial del PIB 2020, fuente: Ministerio de Comercio, 2021.

Por lo anterior, se evidencia que no hay una oferta directa de abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes* que compita en el mercado local, regional y nacional con la propuesta de producto establecida para la presente investigación.

### **Productos sustitutos del abono orgánico hecho a base de *Eichhornia Crassipes* y comercializados actualmente en el departamento de Boyacá.**

De acuerdo con información proporcionada por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA para el 2021 se encuentran registradas 49 empresas en el departamento de Boyacá que se dedican a la producción, formulación, envase, empaque, importación y distribución de productos fertilizantes dentro de los que se encuentran los abonos orgánicos.

Gracias al registro de dicha información se obtuvo la tabla 9, en donde, se mencionan los productores boyacenses y se resaltan para el municipio de Paipa dos productores de abono orgánico que se identificaron en la revisión documental

Tabla 9

*Empresas registradas ante el ICA en productos fertilizantes del Departamento de Boyacá*

<b>EMPRESAS REGISTRADAS FERTILIZANTES BOYACÁ 2021 ICA</b>								
<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Productor</b>	<b>Formulador</b>	<b>Envasador</b>	<b>Empacador</b>	<b>Importador</b>	<b>Distribuidor</b>
1	3J AGROUP S.A.S.	Tunja	X	X	X			
2	ABONEX S.A.S.	Boyacá	X					
3	Abonos del Oriente LTDA	Sogamoso	X					
4	AGROACTIVA JVR S.A.S.	Tunja	X					
5	AGROAVANCE COLOMBIA S.A.S.	Tuta					X	X
6	AGROINDUSTRIA TIBANA E.A.T.	Tibaná	X					
7	ASESORCAMPO S.A.S.	Tunja	X					
8	Asociación La Trinidad	San Francisco	X					
9	BIOAGRICOLA BOYACÁ S.A.S.	Tunja	X				X	X

10	CAPIORGÁNCOS	La Capilla	X						
11	COELAGRO S.A.S.	Sáchica	X					X	X
12	Díaz Siachoque Mario	Tibasosa	X				X		
13	DINSA L.T.D.A.	Tunja						X	
14	Empresa de Fosfatos de Boyacá S.A.	Sogamoso	X	X	X	X	X	X	X
15	EMPSERVPOY S.A.S. E.S.P.	Sogamoso	X						
16	FERTIFOSCAL BOYACÁ L.T.D.A.	Sogamoso	X						
17	<b>FERTILIZAMOS L.T.D.A.</b>	<b>Paipa</b>	<b>X</b>						
18	FERTIOLUCIONES S.A.S.	Tunja	X						
19	GRANENLACE S.A.S.	Tunja	X						
20	INSUAECOL L.T.D.A.	Sogamoso	X	X					

21	CALIDAGRO	Nuevo Colón	X		
22	Jiménez Espinosa José Domingo	Tunja		X	
23	AGROVITAL	Guayatá		X	X
24	LABRAR AGRO S.A.S. Empresa de Fertilización	Cómbita		X	X
25	Orgánica CONDOR RAM	Ramiriquí	X		
26	Merchán González Pedro Elías	Duitama	X		
27	AGROFERT	Tunja	X		
28	Niño Zea Germán Giovanny	Sogamoso	X		
29	Palomino Rojas Norberto	La Victoria		X	
30	OMI FARM COLOMBIA S.A.S.	Tunja	X		

31	Páez Cañón Caterine	Chiquinquirá	X				
32	Páez Tenjo Esteban Eduardo Planta De	Tunja	X	X	X	X	
33	Fertilizantes Y Diatomeas S.A.S.	Duitama	X				
34	PROCAF S.A.S	Sogamoso	X				
35	BINA L.T.D.A.	Monguí	X				
36	Químicas FERTICAL	Duitama	X				
37	Víctor Manuel Ríos Central de Triturados	Sogamoso	X				
38	Robayo Muñoz Diana Rocío	Tunja	X				
39	NUTRISAM	Samacá	X				
40	Laboratorios Unidos Ambiente Y Salud	Chiquinquirá	X				
41	Suesca Sánchez Guillermo Alfonso	Cómbita	X				

42	Suministros Mineros e Industriales de Colombia L.T.D.A.	Nobsa	X		
43	TALEX S.A.S. TIERRA VIVA	Duitama		X	X
44	Bioabono y Medio Ambiente E.U.	Tunja	X		
45	ROTAGRO	Tunja	X		
46	<b>RED VITAL PAIPA S.A. E.S.P.</b>	<b>Paipa</b>	<b>X</b>		
47	YUAGROMIL S.A.S.	Turmequé	X		
48	Uribe Quintero Luis Eduardo	Cómbita	X		
49	SEEDSCOLOMBIA S.A.S.	Samacá	X	X	X

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Instituto Colombiano Agropecuario, 2021.

Dentro de las 49 empresas localizadas a lo largo de los 123 municipios del Departamento de Boyacá, se puede identificar la elaboración, comercialización y distribución de diferentes tipos de fertilizantes no sólo orgánicos sino inorgánicos caracterizados por una composición abundante de productos químicos y con procesos de elaboración poco amigables con el medio ambiente.

**Variables de oferta de los productos de abono orgánico hecho a partir de Eichhornia Crassipes y sus sustitutos ofertados en el departamento de Boyacá.**

Partiendo de que la Eichhornia crassipes es un material vegetal orgánico y que su transformación pretende entregar como producto final abono del mismo tipo (Poveda, 2017, p. 3), es indispensable garantizar para su cambio, procesos productivos artesanales y/o mecanizados amigables con el medio ambiente que empleen la menor cantidad de productos químicos y que entreguen como producto final abono sólido de calidad.

Se define la transformación a abono orgánico, puesto que, Silva, T. (2021) afirma que es el producto idóneo para aprovechar en gran medida las características físico-químicas que brinda la Eichhornia crassipes presente en las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa.

Por lo anterior, y para identificar las variables de oferta de los productos sustitutos al abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes en el Departamento de Boyacá, a fin con las definiciones requeridas para la presente investigación, se descartaron las empresas enunciadas en la tabla 9 que ofrecen productos netamente químicos.

A su vez, se logra identificar variables de producto, precio, plaza y promoción de aquellas empresas que sí aplican a las características que se esperan tenga el producto final propuesto en la investigación y que se relacionan en la tabla 10.

Tabla 10

*Variables de oferta productos sustitutos de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes del Departamento de Boyacá*

<b>VARIABLES DE OFERTA</b>						
	<b>Producto</b>		<b>Precio</b>	<b>Plaza</b>	<b>Promoción</b>	<b>Aplica</b>
<b>ABONEX S.A.S.</b>	ABONEX SÓLIDO Abono orgánico sólido hecho a base de compostaje y lumbricultura	40 kg	\$ 30.000	Punto físico: Jenesano, Virtual: Marketplace Facebook	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	SI
		1 kg	\$ 5.000	Punto físico: Jenesano, Virtual: Marketplace Facebook	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	SI
	ABONEX LÍQUIDO Abono orgánico líquido hecho a base de compostaje y lumbricultura	1 litro	\$ 15.000	Punto físico: Jenesano, Virtual: Marketplace Facebook	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	NO
		10 litros	\$ 125.000	Punto físico: Jenesano, Virtual: Marketplace Facebook	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	NO

**ABONOS DEL  
ORIENTE  
LIMITADA**

Roca fosfórica  
Santa María

Concentración 22% 50 kg	\$	17.300	Punto físico: Sogamoso, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
Concentración 24% 50 kg	\$	17.850	Punto físico: Sogamoso, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
Concentración 26% 50 kg	\$	18.200	Punto físico: Sogamoso, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
Concentración 28% 50 kg	\$	18.600	Punto físico: Sogamoso, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO

<b>BIOAGRICOLA BOYACÁ S.A.S.</b>	Fertilizante líquido GROW- HOJAS	1 litro	\$ 38.700	Punto físico: Tunja, Virtual: Marketplace Facebook	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	NO
<b>COELAGRO S.A.S.</b>	Fertilizante orgánico mineral OPTI-ROOT	1 kg	\$ 39.900	Punto físico: Sáchica, Virtual: Página, MercadoLibre	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	SI
	Fertilizante líquido K410	4 litros	\$ 49.900	Punto físico: Sáchica, Virtual: Página WEB, MercadoLibre	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
<b>EMPRESA DE FOSFATOS DE BOYACÁ S.A.</b>	Calfos granulado fertilizante simple P	50 kg	\$ 533.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO

FOSFACID-S Boro Zinc fertilizante simple P	50 kg	\$ 448.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
FOSFACID Granulado fertilizante simple P	50 kg	\$ 420.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
FOSFORITA PESCA 22% fertilizante simple P	50 kg	\$ 43.800	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
FOSFORITA PESCA 26% fertilizante simple P	50 kg	\$ 46.800	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO

FOSFORITA PESCA 30% fertilizante simple P	50 kg	\$ 50.800	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
CALFOS Polvo fertilizante simple P	50 kg	\$ 31.800	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
DAPITO fertilizante	50 kg	\$ 77.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
ARREX fertilizante	50 kg	\$ 77.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO

**EMPSEVPBOY  
S.A.S. E.S.P.**

	10 kg	\$	10.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	SI
Abono orgánico Chitagoto, generado por procesos de descomposición aeróbico (compostaje)	20 kg	\$	14.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	SI
	50 kg	\$	30.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	SI
	1 ton	\$	350.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	SI

<b>FERTISOLUCIONES S.A.S.</b>	Abono orgánico fermentado Lombricomposta sólido	10 kg	\$ 48.000	Punto físico: Ventaquemada	Voz a voz, medios locales	SI
	Humisoil potenciador orgánico	5 kg	\$ 52.000	Punto físico: Tópaga	Voz a voz, medios locales	SI
<b>INSUAECOL L.T.D.A.</b>	AGRO-20 fertilizante complejo granular	20 kg	\$ 55.000	Punto físico: Tópaga	Voz a voz, medios locales	NO
	REVER DC Fertilizante líquido compuesto N P K	20 litros	\$ 104.000	Punto físico: Tunja, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
<b>OMI FARM COLOMBIA S.A.S.</b>	POTEKA Fertilizante líquido rico en potasio, azufre, y magnesio.	20 litros	\$ 108.000	Punto físico: Tunja, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO

<b>SUMINISTROS MINEROS E INDUSTRIALES DE COLOMBIA L.T.D.A.</b>	CaB NORDICO Fertilizante líquido simple N	20 litros	\$ 102.000	Punto físico: Tunja, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
	RAY ZINC P fertilizante líquido en suspensión concentrada	20 litros	\$ 102.000	Punto físico: Tunja, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
	OMI- FOLLAGEN fertilizante simple N	20 litros	\$ 110.000	Punto físico: Tunja, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO
	HIDRÓXIDO DE CALCIO para enmienda de suelos	50 kg	\$ 300.000	Punto físico: Nobsa, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	NO

<b>TIERRA VIVA BIOABONO Y MEDIO AMBIENTE E.U.</b>	Abono orgánico de escarabajos	1 kg	\$ 7.000	Punto físico: Tunja, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	SI
<b>RED VITAL PAIPA S.A. E.S.P.</b>	Abono orgánico hecho a base de residuos sólidos	40 kg	\$ 16.000	Punto físico: Paipa	Voz a voz, medios locales	SI

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, con el interés de conocer la disponibilidad de los productos seleccionados en la tabla 10 como guía para toma de decisiones sobre variables de producto, precio, plaza y promoción, se contactó vía telefónica a los productores quienes validaron la información de sus productos e indicaron la disponibilidad del mismo frente a demanda de los consumidores así (ver tabla 11):

Tabla 11

*Disponibilidad productos sustitutos de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes del Departamento de Boyacá*

<b>VARIABLES DE OFERTA</b>						
	<b>Producto</b>		<b>Precio</b>	<b>Plaza</b>	<b>Promoción</b>	<b>Disponibilidad</b>
<b>ABONEX S.A.S.</b>	ABONEX SÓLIDO Abono orgánico sólido hecho a base	1 kg	\$ 4.600	Punto físico: Jenesano, Virtual:	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	Bajo pedido (con mes y medio de anticipación)

	de compostaje y lumbricultura			Marketplace Facebook		
<b>COELAGRO S.A.S.</b>	Fertilizante orgánico mineral OPTI-ROOT	1 kg	\$ 39.900	Punto físico: Sáchica, Virtual: Página, MercadoLibre	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	Inmediata
<b>TIERRA VIVA BIOABONO Y MEDIO AMBIENTE E.U.</b>	Abono orgánico de escarabajos	1 kg	\$ 7.000	Punto físico: Tunja, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	Inmediata
<b>EMPSEVPBOY S.A.S. E.S.P.</b>	Abono orgánico Chitagoto, generado por procesos de descomposición aeróbico (compostaje)	10 kg	\$ 10.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	Inmediata

<b>EMPSERVBOY S.A.S. E.S.P.</b>	Abono orgánico Chitagoto, generado por procesos de descomposición aeróbico (compostaje)	20 kg	\$ 14.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	Inmediata
<b>ABONEX S.A.S.</b>	ABONEX SÓLIDO Abono orgánico sólido hecho a base de compostaje y lombricultora	40 kg	\$ 37.000	Punto físico: Jenesano, Virtual: Marketplace Facebook	Voz a voz, pautas publicitarias, redes sociales	Bajo pedido (con mes y medio de anticipación)
<b>FERTISOLUCIONES S.A.S.</b>	Abono orgánico fermentado Lombricomposta sólido	40 kg	\$ 30.000	Punto físico: Ventaquemada	Voz a voz, medios locales	Bajo pedido (con tres semanas de anticipación)
<b>RED VITAL PAIPA S.A. E.S.P.</b>	Abono orgánico hecho a base de residuos sólidos	40 kg	\$ 16.000	Punto físico: Paipa	Voz a voz, medios locales	Bajo pedido (con una semana de anticipación)

<b>EMPSEVPBOY S.A.S. E.S.P.</b>	Abono orgánico Chitagoto, generado por procesos de descomposición aeróbico (compostaje)	50 kg	\$ 30.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	Inmediata
<b>EMPSEVPBOY S.A.S. E.S.P.</b>	Abono orgánico Chitagoto, generado por procesos de descomposición aeróbico (compostaje)	1 ton	\$ 350.000	Punto físico: Sogamoso, distribuidores, Virtual: Página WEB	Voz a voz, pautas publicitarias, medios digitales	Bajo pedido (con mes y medio de anticipación)

Fuente: Elaboración propia.

Con la información recolectada en las tablas 9, 10 y 11 se logra identificar lo siguiente:

- Hay bastante libertad en la elección de tamaños y empaques del producto final, predominando los sacos de yute y fibras naturales en presentaciones entre un kilogramo a una tonelada, obteniendo mayor acogida la presentación de 40 kilogramos. Es importante recordar la obligatoriedad de que el empaque lleve impresa la tabla composicional del abono y sea visible y legible según lo solicitado por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (Resolución No. 00375, 2004, p. 20).

- En cuanto a la variable de precio, se comprueba que todo fertilizante con alto contenido de químicos es mucho más costoso que todo aquel abono orgánico hecho con microorganismos descomponedores 100 % naturales y para un abono orgánico en presentación de 40 kilogramos se tiene un precio tentativo promedio de \$30.000 pesos M/CTE.
- La plaza de distribución se caracteriza por ser en punto físico. Muy pocos productores cuentan con distribuidores autorizados o realizan ventas por páginas web.
- Al ser un departamento tradicional, la promoción de productos muchas veces se hace voz a voz y los medios locales son el respaldo de esta alternativa de comunicación. Actualmente las redes sociales están tomando un papel importante y ya se ven a los primeros productores haciendo uso de esta herramienta para impulsar la venta de sus abonos.

Mediante la relación de una matriz “x/y” y teniendo en cuenta los anteriores enunciados, se busca que el abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes* de la presente investigación se ubique como lo expresa la figura 11.

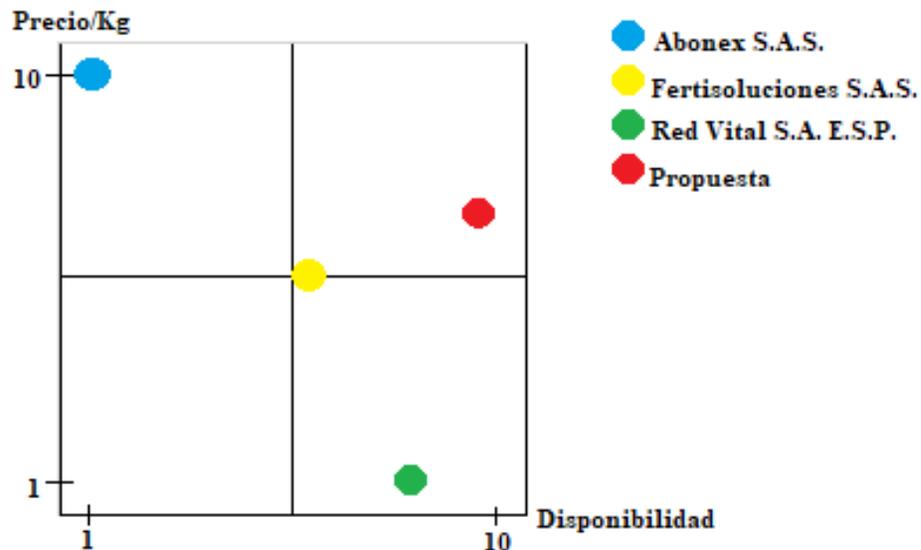


Figura 11. Matriz de oferta Precio/Kg – Disponibilidad abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*, fuente: Elaboración propia.

Tomando como referencia los productos ubicados en la categoría de 40 kilogramos de la tabla 11 y bajo criterios propios, se logra definir lo siguiente:

Considerando en el eje de las “y” valores de: 1 equivalente a \$375 pesos como el kilo más económico y 10 como \$925 pesos el kilo más costoso, se espera que el abono orgánico se ubique en un 7 en cuanto a precio por kilogramo, fijando un valor por kilogramo aproximado a \$750 pesos M/CTE.

Para el eje de las “x” se establece que 10 sea disponibilidad inmediata, y la propuesta pretende ofertar un producto que esté lo más cerca posible a dicha disponibilidad

Según lo anterior, se especifica que:

- En color verde se ubica Red Vital S.A. E.S.P., productor paipano, con un precio bajo de 1 equivalente a \$375 pesos por kilo y con una disponibilidad buena de 8 con 7 días de espera para entrega del abono.
- Con el color amarillo se representó a Fertilizaciones S.A.S., productor tunjano, con un precio medio de 5 correspondiente a \$619 pesos por kilo y con una disponibilidad media de 6 que equivale a 21 días de espera para entrega del producto.
- Abonex S.A. productor boyacense representado con el color azul, se ubica en un precio alto de 10 lo que simboliza un valor de \$925 pesos por kilo y en una disponibilidad baja correspondiente a 1, entregando su producto luego de 45 días de espera.

### **Análisis de Demanda**

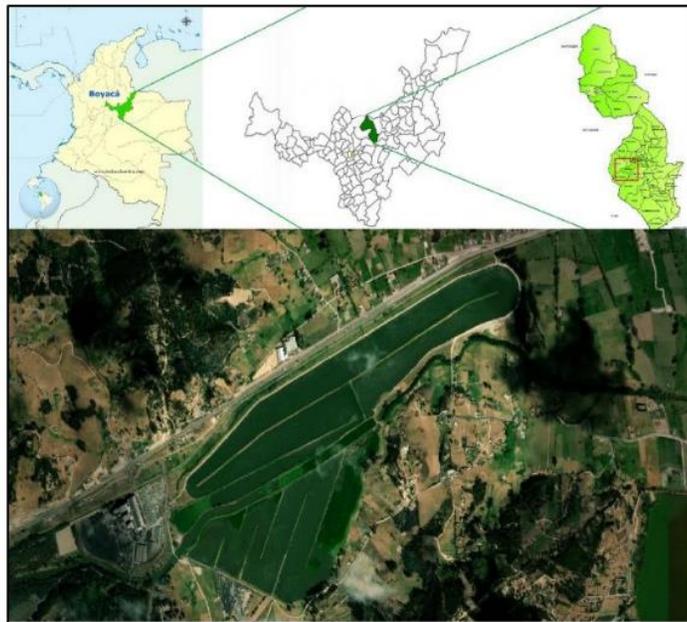
De acuerdo con la metodología propuesta para la presente investigación, con el análisis de demanda se pretende conocer cuál es el cliente potencial del abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes* de la Unidad productora.

Uno de los beneficios que aportan los componentes físico-químicos de la *Eichhornia crassipes* es la fitorremediación de suelos erosionados como lo comprueba Poveda, L. (2017, p. 3). Dichos suelos se presentan en escenarios en donde, se llevan a cabo actividades como la minería, la agricultura y en algunos casos la ganadería.

### **Zona de influencia Central Termoeléctrica de Paipa.**

Trayendo a colación el entorno político identificado en las variables socioeconómicas de la zona de influencia de la Central y con el propósito de ahondar en la definición de la misma, se describe a continuación su localización

Las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa, están ubicadas en la Vereda Mirabal del Municipio de Paipa sobre el kilómetro tres vía Paipa – Tunja como se muestra en la figura 12, y su comunidad aledaña conocida como zona de influencia se caracteriza por desarrollar una economía basada en la minería, la ganadería y la agricultura principalmente (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 53).



*Figura 12.* Localización geográfica piscinas de enfriamiento Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Dulcolsa, 2020.

La zona de influencia comprende las veredas Sativa, Llano Grande, Canocas, Mirabal, Río Arriba y Volcán.

La población que se ubica en la zona rural del Municipio de Paipa corresponde a 11666 habitantes lo que representa un 36,61 % de la población total del Municipio (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020) y que para el caso de la zona de influencia corresponde a un total de 1842 habitantes y un total de 2912 hectáreas de tierra.

Ahora bien, junto a la vereda Volcán, la vereda El Salitre es una de las grandes productoras de carbón del municipio, representando una población aproximada de 445 habitantes y 1156,39 hectáreas de tierra (Alcaldía Municipal de Paipa, 2020, p. 46) y que por ser proveedor directo de la Central Termoeléctrica de Paipa, entra a ser parte de la zona de influencia. Dichas veredas, se acogen a títulos mineros determinados por el gobierno municipal y se asocian en la Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa “COAGROMIN LTDA” que de las 187 minas de socavón para extracción de carbón mineral que posee el Municipio agrupa 157 de ellas.

Por lo tanto, para la presente investigación y de acuerdo con la metodología propuesta, se seleccionó a la población minera de la zona de influencia de la Central, para investigar y conocer rasgos característicos y posibles comportamientos de consumidores del abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*. De tal modo, se contactó a la Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa “COAGROMIN LTDA” para coleccionar la información requerida.

#### **Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa “COAGROMIN LTDA”.**

“COAGROMIN LTDA” fue fundada el 10 de agosto de 1984 con el propósito de agrupar a la población minera del Municipio de Paipa. Dicha población se caracterizó por pertenecer a los títulos mineros Salitre I y Salitre II ubicados a lo largo de las veredas del Municipio.

La Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa “COAGROMIN LTDA” ubicada en el casco urbano del Municipio, específicamente en la Calle 21 No. 23 - 28, se dedica a la explotación carbonífera de pequeña minería de tipo socavón, explorando técnicamente y explotando económicamente yacimientos de carbón mineral.

“COAGROMIN LTDA” actualmente cuenta con noventa asociados, que hacen parte de los dos títulos mineros mencionados y que hasta el día de hoy han sido proveedores activos de carbón de hulla de la Central Termoeléctrica de Paipa, materia prima necesaria para el proceso de generación de energía.

Así pues, la actividad minera que realizan día a día genera suelos erosionados en el entorno de las bocaminas. Por esta razón y con la revisión de información documental se sabe que el Buchón de Agua es agente fitorremediador de dichos suelos, por lo que, se seleccionó como población objetivo a los socios mineros de esta cooperativa, para conocer variables propias de

mercadeo como producto, precio, plaza y promoción, con el fin de determinar la demanda potencial del abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*.

### Identificación de necesidades de información.

Con el fin de conocer los atributos que buscan los mineros del Municipio de Paipa, socios de la Cooperativa Agrominera Multiactiva “COAGROMIN LTDA” en cuanto a la compra de abonos orgánicos para solucionar problemas de erosión en sus tierras, se elaboró una encuesta corta y sencilla de cuatro preguntas.

Para contextualizar a los encuestados sobre el nuevo producto, posterior al cabezote introductorio y la presentación de la encuesta, se diseñó una infografía que contiene las ventajas y desventajas de emplear abonos orgánicos hechos a base de Buchón de Agua como se ilustra en la figura 13.



Figura 13. Infografía ventajas y desventajas abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*, fuente: Elaboración propia.

Es importante determinar aspectos físicos del producto final, como la cantidad de abono por saco a empacar y gracias al análisis de oferta se pudo concluir que la presentación más buscada por los consumidores del Departamento de Boyacá es de 40 kilogramos. Para ello se preguntó:

¿Está usted de acuerdo en pagar entre \$25.000 a \$40.000 pesos M/CTE por un saco de 40 kilogramos de abono orgánico hecho a base de buchón de agua?

Con la misma pregunta y teniendo un precio tentativo de \$750 pesos M/CTE por kilo, se fijó como rango inferior un precio de \$25.000 pesos M/CTE y como rango superior un precio de \$40.000 pesos M/CTE para saber qué aceptación tendrían estos valores en cuanto a la variable de precio de compra del producto.

Uno de los medios de promoción más usados en el Departamento de Boyacá y por las costumbres de sus habitantes es el “voz a voz”, en donde, con base a la experiencia del consumo de los productos, las personas recomiendan a sus conocidos y amigos el uso o desuso de los mismos, para confirmar dicha teoría se preguntó lo siguiente:

De acuerdo a su experiencia una vez haya usado el abono orgánico hecho a base de buchón de agua ¿recomendaría el uso de éste según las ventajas y desventajas evidenciadas?

Ahora bien, con el auge del uso de las redes sociales, y el nuevo método de venta ofrecido vía internet, se desea saber qué aceptación tendría el manejo de publicidad y venta online del abono con la siguiente pregunta:

¿Está de acuerdo en comprar abono orgánico hecho a base de buchón de agua por medio de Redes Sociales (WhatsApp, Facebook, entre otros) o Página Web?

Finalmente, y con el propósito de identificar la plaza de comercialización del producto, se preguntó a los encuestados si estarían de acuerdo en desplazarse hasta la Central Termoeléctrica de Paipa, en primera instancia, para la compra del abono, mediante la pregunta:

¿Está de acuerdo en desplazarse hasta la Central Termoeléctrica de Paipa ubicada en el kilómetro 3 vía Paipa-Tunja para adquirir el abono orgánico hecho a base de buchón de agua?

La encuesta contó con tres opciones de respuesta: “De acuerdo”, “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” y “En desacuerdo”. Y fue estructurada por medio de la plataforma de Google Forms.

Para ser diligenciada, la encuesta se compartió por medio de un enlace (Anexo B) vía WhatsApp al grupo interno con el que cuentan los miembros de “COAGROMIN LTDA” y que tuvo un diligenciamiento del 94,44 %, ya que, se registraron 85 respuestas de 90 respuestas

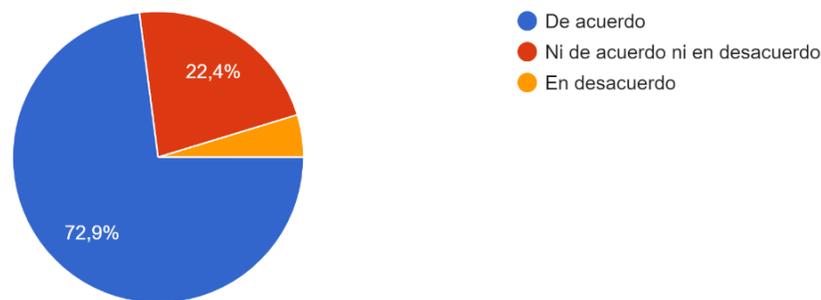
esperadas y que corresponden al número total de socios de la cooperativa, cabe resaltar que los encuestados en ningún momento usaron sus datos personales, en vista de que, para completar la encuesta no era obligatorio indicar nombres, número de documento o alguna información personal.

### **Análisis de información recolectada.**

En la pregunta uno (ver figura 14), se tuvo en cuenta las variables de precio y de producto, para las cuales se registraron los siguientes resultados:

¿Está usted de acuerdo en pagar entre \$25.000 a \$40.000 pesos M/CTE por un saco de 40 kilogramos de abono orgánico hecho a base de buchón de agua?

85 respuestas



*Figura 14.* Pregunta uno, variables precio y producto relación precio por saco de 40 kilogramos, fuente: Elaboración propia.

Para los socios mineros el rango de precio es aceptado en vista de que, para la respuesta “De acuerdo” se obtuvieron 62 respuestas, lo que representa un 72,94 % del total y como las respuestas obtenidas para la opción “En desacuerdo” fueron bajas, se puede intuir que no se espera un precio inferior a los \$25.000 pesos M/CTE por un saco de abono 40 kilos.

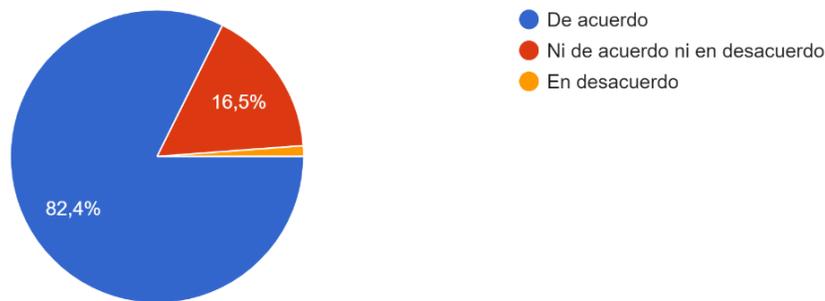
Ahora bien, las personas que optaron por ubicarse en el nivel de indiferencia “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” pueden buscar atributos diferentes en el abono orgánico que posiblemente están relacionados con la calidad del producto o con la disponibilidad del mismo y no ven la variable de precio como limitante a la hora de adquirir el producto.

De esta pregunta, nace la necesidad de fijar otros atributos que le sumen valor agregado al producto y no solo se caracterice por tener un precio bajo.

Para la pregunta dos (ver figura 15), la promoción por voz a voz del nuevo producto tuvo aceptación ya que el 82,35 % de los encuestados están de acuerdo en compartir y recomendar el abono basados en su experiencia de uso.

De acuerdo a su experiencia una vez haya usado el abono orgánico hecho a base de buchón de agua ¿recomendaría el uso de éste según las ventajas y desventajas evidenciadas?

85 respuestas



*Figura 15.* Segunda pregunta, aceptación de voz a voz como medio de promoción, fuente: Elaboración propia.

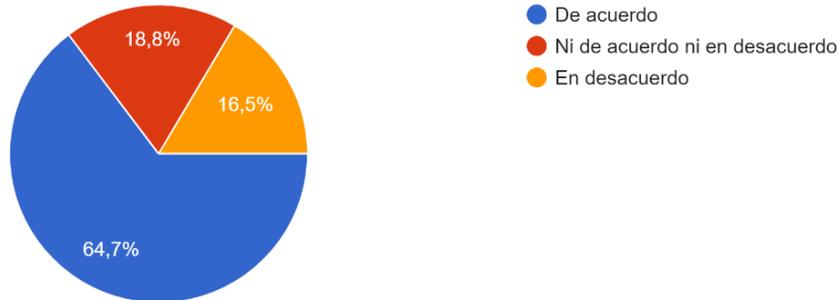
Se confirma que el “voz a voz” es la estrategia que se debe emplear principalmente en la promoción del abono orgánico. Sin embargo, hay un 16,47 % de votantes que indican que puede haber y se deben buscar otros posibles canales de promoción.

Con el “Ni de acuerdo ni en desacuerdo” los mineros indican que confían muy seguramente en otros medios de promoción. Para ello, se abre la posibilidad de adoptar programas de promoción, en donde, mediante alianzas estratégicas con entidades ya posicionados como “COAGROMIN LTDA” y con la unión de estrategias de precio, se pueden lanzar promociones de compra, de modo, que se dé a conocer el producto con beneficios para el consumidor.

En cuanto a la variable de plaza se refiere, las características se definen a través de la pregunta tres (ver figura 16):

¿Está de acuerdo en desplazarse hasta la Central Termoeléctrica de Paipa ubicada en el kilómetro 3 vía Paipa-Tunja para adquirir el abono orgánico hecho a base de buchón de agua?

85 respuestas



*Figura 16.* Tercera pregunta, localización plaza de venta abono orgánico, fuente: Elaboración propia

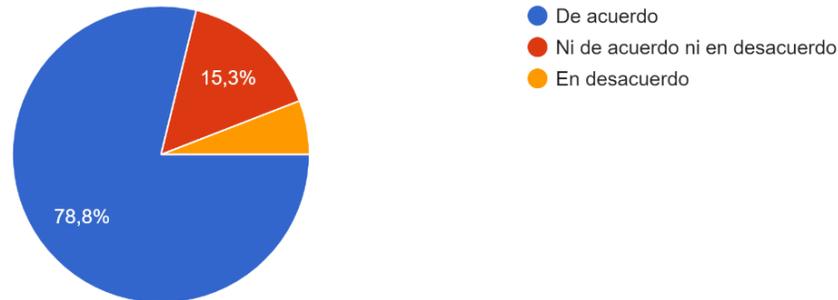
Aunque un 64,71 % se respalda el desplazamiento hasta la Central Termoeléctrica de Paipa para la compra del abono orgánico, un 18,82 % está en desacuerdo.

Si bien se puede distribuir y comercializar el abono desde las instalaciones de la Central, se espera reafirmar la alianza anteriormente nombrada con “COAGROMIN LTDA” para que el abono orgánico esté disponible en la Calle 21 No. 23 – 28 sede administrativa y almacén de la cooperativa con el fin de disminuir el desplazamiento de los clientes para adquirir el abono y asegurar la compra y venta del mismo.

Por último, y para reforzar criterios de promoción y venta del abono, se solicitó a los encuestados completar la pregunta cuatro (ver figura 17):

¿Está de acuerdo en comprar abono orgánico hecho a base de buchón de agua por medio de Redes Sociales (WhatsApp, Facebook, entre otros) o Página Web?

85 respuestas



*Figura 17.* Cuarta pregunta, uso de redes sociales y páginas web para venta del abono orgánico, fuente: Elaboración propia.

La aceptación de venta y promoción del abono orgánico por medio de redes sociales o páginas web es alta, ya que el 78,82 % de los encuestados están “De acuerdo” con esta opción que les brindaría una adquisición rápida y eficiente del producto. Sin embargo, el nivel de indiferencia que para el caso es del 15,29 % indica posiblemente que la venta del producto contra entrega o mediante despacho domiciliario pueden ser alternativas que ellos elegirían por encima de las ofrecidas en internet.

En efecto el abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*:

- Se comercializará inicialmente solo en presentaciones de 40 kilogramos.
- El saco de abono orgánico se cobrará entre \$25.000 pesos M/CTE a \$40.000 pesos M/CTE.
- Se espera definir alianzas estratégicas para comercializar el abono orgánico, no solo en la Unidad productora y la Central Termoeléctrica de Paipa tentativamente, sino en la sede principal de la Cooperativa Agrominera Multiactiva de Paipa y en varios puntos más cercanos al casco urbano del Municipio.
- Con estrategias de promoción frente a precio y voz a voz, se espera complementar la promoción del producto con ventas y descuentos por compras online mediante redes sociales y páginas web.

### **Identificación de la demanda potencial del abono orgánico a base de *Eichhornia Crassipes*.**

Desde el punto de vista de la competitividad, se realizó una entrevista el día 04 de abril del 2022 a las 11 de la mañana en la Carrera 17 No. 23<sup>a</sup> – 05 instalaciones principales de la empresa prestadora de servicios públicos “Red Vital S.A. E.S.P.” al Ing. Carlos Andrés Espejo, coordinador de aprovechamiento de Red Vital S.A. E.S.P. quienes son productores de abono de residuos orgánicos en el Municipio de Paipa.

El Ing. Carlos Espejo, asegura desde su experiencia en el mercado de abonos orgánicos, que dichos productos tienen una gran acogida por su origen, ya que, su proceso natural aporta los componentes necesarios a los suelos sin emplear químicos nocivos para el ser humano, los animales y el medio ambiente, además el precio y la cantidad adquirida es mucho mejor que la que ofrecen los abonos inorgánicos (Espejo, 2022).

El producto insignia de Red Vital S.A. E.S.P. es el Fertilizante orgánico sólido en presentación de 40 kilogramos y que entrega a la comercializadora FERTIORG para que realice todo el proceso de venta y distribución.

Según el Ing. Carlos Espejo (2022), los clientes potenciales de su abono son los agricultores y agropecuarios del Municipio de Paipa, ya que, el abono orgánico hecho a base de residuos sólidos funciona bien para recuperar este tipo de suelos.

Trayendo a colación lo mencionado en el análisis de oferta y con los indicadores presentes en la composición sectorial de Producto Interno Bruto de Boyacá (Ministerio de Comercio, 2021, p. 16) se puede determinar que probablemente.

La demanda potencial del abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes* sean todos los propietarios de minas de carbón tipo socavón del Municipio de Paipa, y en alguna proporción los agricultores y productores pecuarios de las 38 veredas del Municipio que presenten problemas de erosión de suelos propias de sus actividades diarias.

Es importante mencionar, que la actividad minera debe garantizar la recuperación del terreno, de modo que, tanto la Alcaldía Municipal y entidades como la Corporación Autónoma Regional CORPOBOYACÁ deben realizar actividades de vigilancia frente a la actividad minera, para ello, los mineros deben presentar evidencias de reforestación del territorio y mejora en suelos erosionados (Moreno Morales & Chaparro Ávila, 2009, p. 22). Con el fin de ayudarlos

en dicho proceso, se pretende ofrecer el abono orgánico hecho a base de Buchón de Agua a esta población, explicándoles y enseñándoles los beneficios de fitorremediación en suelos en cortos periodos de tiempo que ofrece el producto.

## **Procesos y Condiciones Técnicas para la Transformación de la *Eichhornia Crassipes* en Abono Orgánico**

Es de vital importancia determinar el mejor proceso de transformación que entregue un producto final de calidad, usando de forma eficiente los recursos necesarios para ello. Para tal fin, se llevó a cabo el análisis técnico que contó con tres estudios: de ingeniería, de distribución en planta y de localización en planta.

### **Estudio de Ingeniería**

El estudio de ingeniería agrupa toda la información concerniente al proceso de transformación: métodos y recursos necesarios (Miranda, 2001, p. 145).

### **Identificación de diferentes procesos de transformación de *Eichhornia Crassipes* en abono orgánico.**

Mediante la revisión y análisis de información secundaria, propia de trabajos de grado y artículos científicos basados en procesos de transformación de Buchón de Agua en abono orgánico, el análisis técnico busca identificar la mejor tecnología para ejecutar el proyecto, considerando las condiciones sociales y económicas de la comunidad como las evidenciadas en el análisis de variables socioeconómicas de la presente investigación: personas de bajos ingresos en condición de vulnerabilidad social o económica pertenecientes a la zona de impacto de la Central Termoeléctrica de Paipa.

Así pues, Jiménez & Lozano (2015), Valle (2009), Cruz (2006) y Alomía et al. (2021) son tomados como referencia para analizar sus procesos de transformación que mezclan tecnologías artesanales y mecánicas de acuerdo con las necesidades del entorno donde se pretende realizar el proceso productivo. Dichos autores, se basan a su vez, en el Manual de compostaje del agricultor expedido por la Food and Agriculture Organization “FAO” (Román et al., 2013).

El abono orgánico es un producto generado por descomposiciones biológicas debido a la intervención de microorganismos como lo afirma Jiménez, C. & Lozano, L. en su investigación realizada en la Reserva Natural de Pozo Verde, Jamundí – Valle del Cauca (2015, p. 5) y

también mediante la intervención de agentes acelerantes o controladores de vectores como la materia fecal de organismos vivos, hongos, materiales vegetales, entre otros, que cumple funciones como reparadores de suelos dedicados a actividades productivas como la agricultura, la ganadería o la minería (Román et al., 2013, p. 14).

Para determinar qué proceso productivo es el más indicado partiendo de la *Eichhornia crassipes* como materia prima, es importante analizar la escala de producción y el grado de mecanización con el que contará en primera instancia el proyecto. Las escalas de producción conocidas se clasifican en: gran escala de tipo industrial como la observada en la Figura 18 o de pequeña escala de tipo comunitario y/o residencial. En cuanto al grado de mecanización; hay dos posibles variantes; una, denominada sistema de pilas constituido por sistemas estáticos o de volteo apreciado en la figura 18 y dos, los sistemas cerrados que ya requieren de mecanización o automatización obligatoriamente (Román et al., 2013).



*Figura 18.* Sistema de compostaje tipo industrial, en sistema de pilas de volteo, fuente: Jiménez & Lozano, 2015.

En cuanto a la presente investigación y de acuerdo con la población y al alcance de la misma, se analizan procesos a escala pequeña y con sistemas abiertos; de pila o volteo, similar al observado en la figura 19, debido a las condiciones de espacio y visión que se pretenden dar a la Unidad productora.



*Figura 19.* Sistema de compostaje pila de volteo a mediana escala, fuente: Uranga, 2014.

Con base en lo anterior, se podría definir como un proceso de “compostaje comunitario” y citando a Robledo, L. & Ronderos, A. (2019, p. 37) se consideraría como una producción intermedia por el nivel de volumen de obtención de Buchón de Agua, que según comunicación personal con la Ing. Tatiana Silva (2021), contratista encargada del proceso de extracción y control de la *Eichhornia crassipes* en las piscinas de enfriamiento de la Central; se cuenta con cuatro hectáreas controladas del material vegetal, de las cuales, al día, potencialmente se podrían extraer entre 10 m<sup>3</sup> a 17 m<sup>3</sup> del mismo.

De acuerdo con lo mencionado, las tecnologías que se proponen implementar son sencillas y fáciles de maniobrar, sin descuidar la entrega de un producto final que cumpla los estándares de calidad solicitados por el Instituto Colombiano Agropecuario y la Norma Técnica Colombiana NTC 5167.

### **Diagramas de flujo de procesos de transformación seleccionados para toma de decisiones.**

En la búsqueda de los mejores procesos para la transformación de la *Eichhornia crassipes* se definieron cinco criterios de acuerdo a lo estipulado por la Food and Agriculture Organization “FAO” en el Manual de Compostaje del Agricultor (Román et al., 2013) y por Robledo, L. & Ronderos, A. (2019) en su trabajo de grado, como características principales que definen en gran medida la transformación de la materia prima en el producto final esperado, que es abono orgánico.

Dichos criterios se pactaron en consenso con la Central Termoeléctrica de Paipa y todos tienen la misma importancia, ellos son:

- a) Sistemas de producción a mediana y/o pequeña escala
- b) Sistemas en pilas de volteo.
- c) Tecnologías artesanales con mecanización en bajo grado.
- d) Participación de acelerantes y/o controladores de vectores y parámetros de pH y humedad de bajo costo.
- e) Procesos de participación comunitaria.

Así pues, se descartaron varios procesos que no cumplieron con los criterios y no son afines al objetivo del presente trabajo. Igualmente, se identificaron cuatro procesos productivos soportados por trabajos de grado y artículos científicos, en donde, se describe el paso a paso de los mismos. Las similitudes observadas en el desarrollo de los procesos son claras, y todos a la final entregan como producto: abono orgánico sólido hecho a base de Buchón de Agua, cumpliendo en su mayoría los cinco criterios definidos para la presente investigación y sobre los cuales se realiza un análisis detallado.

El primer proceso expuesto en la figura 20 es adaptado del trabajo de grado titulado “Aprovechamiento del Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*) y el estiércol de Búfalo para la elaboración de una enmienda orgánica en la reserva natural pozo verde” y que se llevó a cabo en el Valle del Cauca (Jiménez & Lozano, 2015).

DIAGRAMAS DE FLUJO CON SIMBOLOS ASME

- ACTIVIDADES
- Operación 
  - Control 
  - Transporte 
  - Almacenamiento 
  - Demora 
  - Combinados 

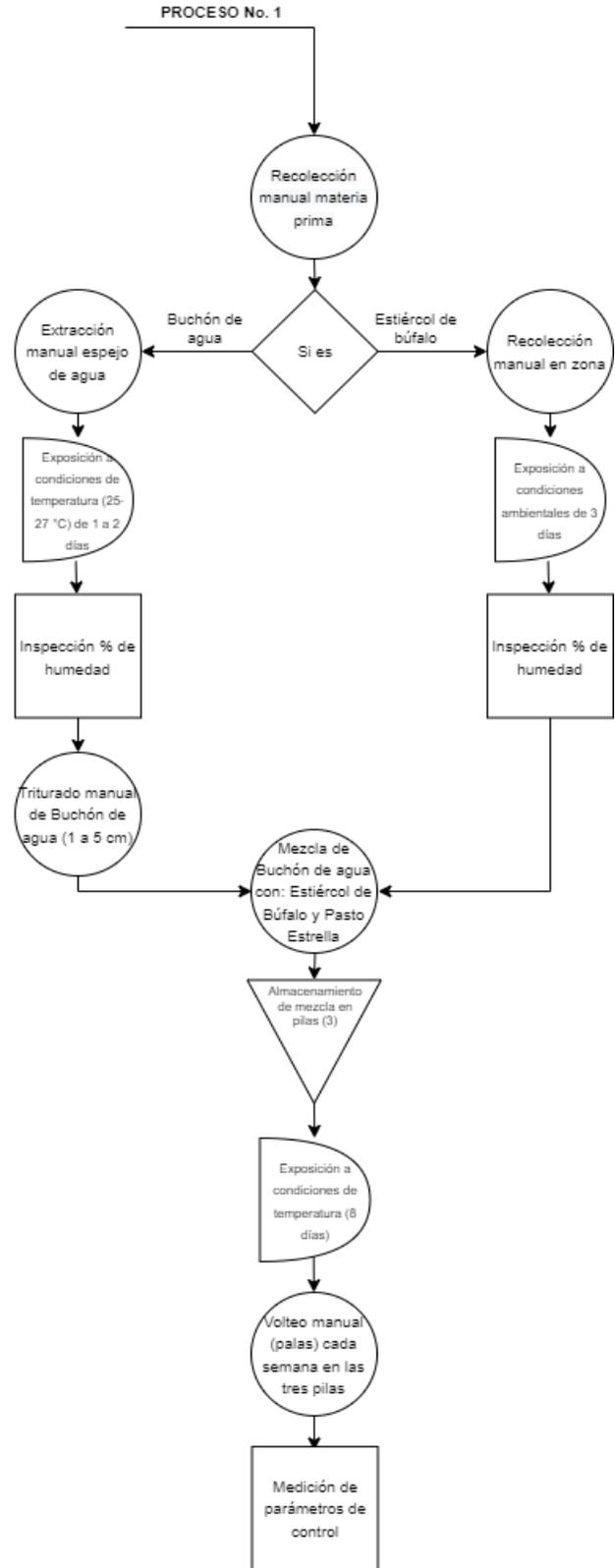


Figura 20. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Jiménez, C. & Lozano, L., fuente: Elaboración propia, adaptado de Jiménez & Lozano, 2015.

Dicho proceso productivo se caracteriza por tener una producción a pequeña escala, en sistema de pilas de volteo con una fijación de cuatro de éstas; empleando tecnologías artesanales y mecanizadas en su mayoría, ya que, se evidencia uso de herramientas como pH metros y algunas máquinas sencillas en diferentes actividades del proceso. Para la obtención del producto final, mezclan acelerantes 100 % naturales como lo son: Estiércol de Búfalo y Pasto Estrella, que contribuyen a la obtención de un abono orgánico carente de tóxicos y que cumple las especificaciones exigidas por la normativa. Finalmente, se evidencia que no involucra a la comunidad en su proceso de producción, pero si visualiza socialización de la importancia del uso de dicho abono en los suelos agrícolas de la Reserva Natural Pozo Verde, en Jamundí – Valle del Cauca.

El segundo proceso es adaptado del trabajo de grado titulado “Compostaje del Buchón de Agua como alternativa de gestión. Primeros resultados.” que se llevó a cabo en el Embalse del Muña en el municipio de Sibaté, Cundinamarca y se plasma en la figura 21 (Cruz, 2006).

DIAGRAMAS DE FLUJO CON SIMBOLOS ASME

- ACTIVIDADES
- Operación 
  - Control 
  - Transporte 
  - Almacenamiento 
  - Demora 
  - Combinados 

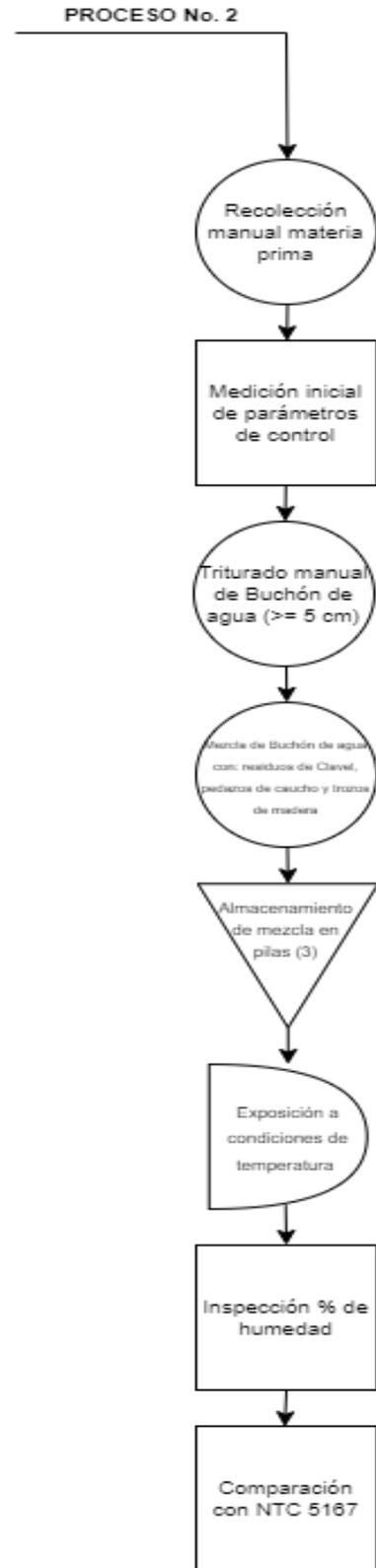


Figura 21. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Cruz, L., fuente: Elaboración propia, adaptado de Cruz, 2006.

La investigación involucra pequeñas tecnologías en cuanto al sistema de aireación del proceso de transformación del Buchón de Agua. Aunque es una producción a pequeña escala; incluye tres pilas sobre algunos conductos por los cuales se inyecta aire mediante un ventilador. Sin embargo, realiza procesos de volteo manual y emplea mezclas con residuos de clavel, caucho y madera, con el fin de mejorar los componentes finales del abono en cuanto a composición de Nitrógeno, Potasio, Carbono y el porcentaje de humedad. Al obtener un producto final, analiza sus componentes y los compara con la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 la cual, lo ubica dentro de la categoría de abono orgánico. Cruz, L. (2006) no involucra a la comunidad a lo largo del proceso productivo.

El tercer proceso que se presenta en la figura 22 es adaptado del trabajo de grado titulado “Aprovechamiento del Jacinto Acuático de la planta de tratamiento “Ing. Arturo Pazos Sosa” para la producción de abono orgánico” y que se llevó a cabo en la Universidad de San Carlos en Guatemala (Valle, 2009).

DIAGRAMAS DE FLUJO CON SIMBOLOS ASME

- ACTIVIDADES
- Operación 
  - Control 
  - Transporte 
  - Almacenamiento 
  - Demora 
  - Combinados 

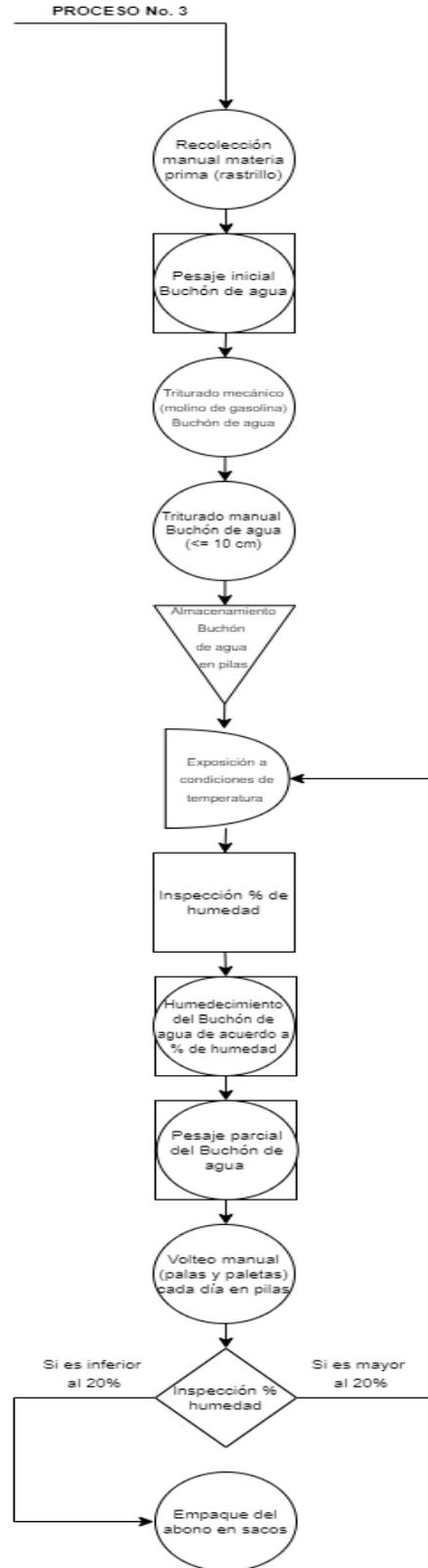


Figura 22. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Valle, C., fuente: Elaboración propia, adaptado de Valle, 2009.

Valle, C. (2009), propone una investigación en la cual, se da una transformación de *Eichhornia crassipes* en producción a pequeña escala, mediante la implementación de un sistema de cinco pilas de volteo dispuestas en una construcción sencilla tipo caseta con vigas y techo fijos. Su tecnología es muy básica y sencilla, fácil de entender y manipular. Implementa herramientas que se pueden conseguir en el día a día como tijeras de poda, hule, palas, básculas, entre otros. Para Valle, C. (2009), es importante no mezclar acelerantes o controladores de vectores con el material inicial, por lo cual, se evidencia que el abono orgánico obtenido es netamente hecho a base de *Eichhornia crassipes* y cumple los estándares de calidad y parámetros exigidos por la Unión Europea e involucra a la comunidad en el proceso de recolección de materia prima.

Finalmente, el cuarto proceso es adaptado del artículo titulado “Efecto de la actividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. en la calidad de compost elaborado a partir de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach y estiércol bovino.”, que se llevó a cabo en la Universidad del Valle y que se detalla en la figura 23 (Alomía et al., 2021):

DIAGRAMAS DE FLUJO CON SIMBOLOS ASME

- ACTIVIDADES
- Operación 
  - Control 
  - Transporte 
  - Almacenamiento 
  - Demora 
  - Combinados 

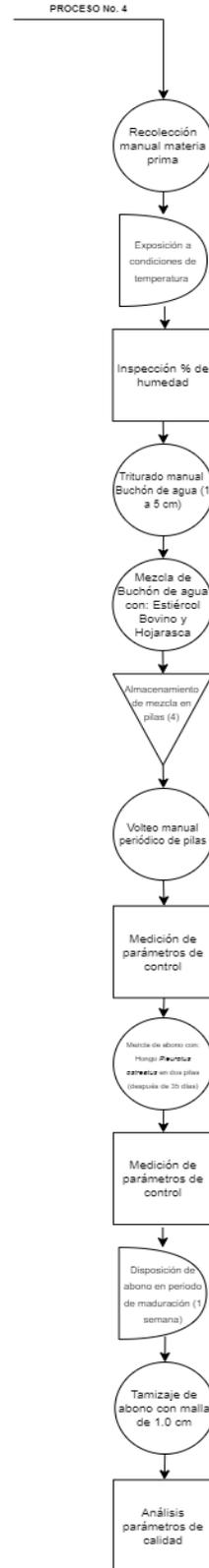


Figura 23. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Alomía, Y. y otros, fuente: Elaboración propia, adaptado de Alomía et al., 2021.

En este artículo se evidencia la producción de abono orgánico con mejores atributos nutricionales debido a la acción del hongo *Pleurotus ostreatus* en un sistema de pequeña escala en dos pilas de volteo, a las cuales fue adicionada Hojarasca y Estiércol Bovino, para luego de un proceso de exposición a condiciones de temperatura, agregar el *Pleurotus ostreatus*. El proceso involucra tecnologías artesanales y mecanizadas, fáciles de entender y maniobrar y los autores no involucran a la comunidad a lo largo del proceso de transformación.

Con la revisión documental y la elaboración de los diagramas de flujo de los procesos productivos se evidencian similitudes en el paso a paso allí consignados, por lo cual, se elabora la tabla 12, en donde, se comparan los mismos, para tener una visión más clara a la hora de la toma de decisiones sobre el mejor proceso productivo a proponer para la presente investigación.

Tabla 12

*Comparación de procesos de transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico, para cuatro autores*

INVESTIGACIÓN						
Paso N°	Aprovechamiento del Buchón de Agua (Eichhornia crassipes) y el estiércol de Búfalo para la elaboración de una enmienda orgánica en la reserva natural pozo verde.		Aprovechamiento del Jacinto Acuático de la planta de tratamiento “Ing. Arturo Pazos Sosa” para la producción de abono orgánico.	Compostaje del Buchón de Agua como alternativa de gestión. Primeros resultados.	Efecto de la actividad del hongo Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm. en la calidad de compost elaborado a partir de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms-Laubach y estiércol bovino.	
	Buchón de Agua	Estiércol de Búfalo				
1	Recolección manual de Buchón de Agua directamente del espejo de agua	Recolección manual del estiércol de búfalo	Recolección manual de Buchón de Agua con rastrillo del espejo de agua	Recolección manual de Buchón de Agua directamente del espejo de agua	Recolección manual de Buchón de Agua directamente del espejo de agua	Recolección manual de Buchón de Agua directamente del espejo de agua
2						Exposición del Buchón de Agua a condiciones de temperatura.

- 3 Pesaje inicial del Buchón de Agua Medición inicial de humedad, carbono y nitrógeno del Buchón de Agua recién extraído del espejo de agua Medición inicial de porcentaje de humedad del Buchón de Agua
- 4 Exposición del Buchón de Agua a condiciones ambientales (25-27 °C) entre 1 a 2 días Exposición del estiércol de búfalo a condiciones ambientales (25-27 °C) durante 3 días
- 5 Medición de la pérdida de humedad del material vegetal Medición de la pérdida de humedad del estiércol hasta alcanzar el 70%
- 6 Trituración manual del Buchón de Agua en tamaño de 1 a 5 cm Trituración del Buchón de Agua primero con molino de gasolina y luego de forma manual en Trituración manual del Buchón de Agua en tamaño mayor igual a 5 cm Trituración manual del Buchón de Agua en tamaño de 1 a 5 cm

		tamaño no mayor a 10 cm		
	Montaje de tres pilas y mezclas de material vegetal así:		Montaje de tres pilas y mezclas de material vegetal así:	Montaje de cuatro pilas y mezclas de material vegetal así:
	1. Mezcla de Buchón de Agua y pasto estrella relación 4:1		1. Mezcla del Buchón de Agua y clavel relación: 40 Kg de compost por 1 m <sup>3</sup> de buchón	1. Mezcla de Buchón de Agua y estiércol bovino relación 1:1
7	2. Mezcla de estiércol de búfalo y pasto estrella relación 7:1	Montaje de cinco pilas con Buchón de Agua	2. Mezcla de Buchón de Agua y pedazos de caucho (5-6 cm) relación 1:1	2. Mezcla de Buchón de Agua, estiércol bovino y hojarasca relación 8:1:3
	3. Mezcla de Buchón de Agua, estiércol de búfalo y pasto estrella relación 7:4:1		3. Mezcla de Buchón de Agua y trozos de madera (5-10 cm) relación 1:1	
	Almacenamiento en pilas de dimensiones:	Almacenamiento en pilas de dimensiones:	Almacenamiento en pilas de dimensiones:	Almacenamiento en pilas de dimensiones:
8	Alto: 0,75 metros Largo: 1,25 metros	Alto: 0,20 metros Largo: 1,00 metros	Alto: 1,00 metros Largo: 2,00 metros	Alto: 0,90 metros Largo: 1,25 metros

	Ancho:	1,25 metros	Ancho: 1,30 metros	Ancho: 2,00 metros	Ancho: 1,15 metros
<b>9</b>			Exposición a condiciones de temperatura	Exposición a condiciones de temperatura	
<b>10</b>			Medición del porcentaje de humedad del material vegetal	Medición del porcentaje de humedad y de temperatura del material vegetal	
<b>11</b>			Humedecimiento del abono con agua (según % humedad)		
<b>12</b>			Pesaje parcial del Buchón de Agua		
<b>13</b>	Volteo manual con pala después de 8 días de almacenamiento		Volteo diario del material con ayuda de palas y paletas		Aireación manual periódicamente
<b>14</b>	Volteo semanal en cada una de las tres pilas				

<b>15</b>	Medición de parámetros de control (pH, humedad y temperatura) periódicamente	Medición de parámetros de control (pH, humedad y temperatura) periódicamente	Comparación de parámetros con la NTC-5167	Medición de parámetros de control (humedad y temperatura)
<b>16</b>		Empaque del abono en sacos		
<b>17</b>				Mezcla en dos de las cuatro pilas el hongo Pleurotus Ostreatus (después de 35 días)
<b>18</b>				Medición de parámetros de control (humedad y temperatura)
<b>19</b>				Remoción de pilas y disposición en periodo de maduración (1 semana)

**20**

Proceso de tamizaje  
con malla de 1.0 cm

**21**

Análisis de los  
parámetros de calidad

---

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Jiménez & Lozano, 2015, Valle, 2009, Cruz, 2006 y Alomía et al., 2021.

Con este cuadro comparativo se puede deducir que el proceso de transformación de la *Eichhornia crassipes* en abono orgánico tiene cinco pasos fundamentales, que deben realizarse siempre, para garantizar que el compost lleve a cabalidad sus cuatro fases: mesofílica, termofílica, mesofílica II y maduración como se muestra en la figura 24.

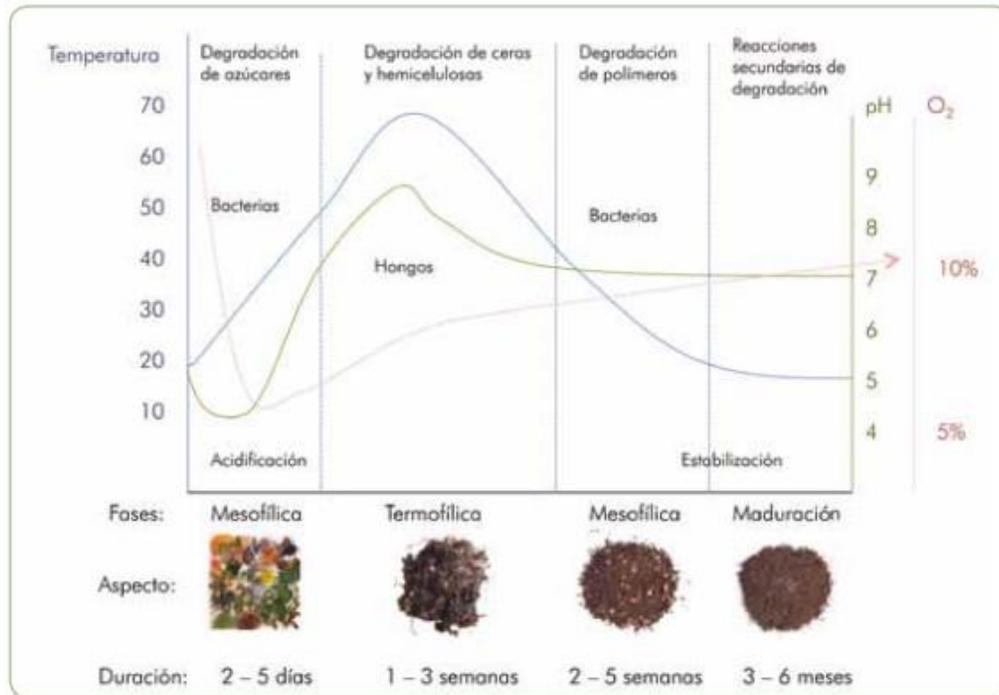


Figura 24. Fases de transformación proceso de compostaje, fuente: Román et al. (2013).

Ahora bien, los cinco pasos mencionados anteriormente son:

1. Extracción de *Eichhornia crassipes* de los espejos de agua.
2. Triturado del material vegetal.
3. Secado y almacenamiento del compost.
4. Ventilación del material degradado.
5. Comparación de parámetros con la normatividad para entrega de abono final.

En cuanto al almacenamiento, se evidencia que el tamaño de las pilas es similar.

Importante recalcar la dimensión de la altura de dichas pilas trapezoidales, ya que, pilas de muy baja altura y bases muy anchas no conservan la temperatura de forma ideal, desperdiciando el trabajo hecho por los microorganismos (Robledo & Ronderos, 2019, p. 39). El número de

pilas se determina de acuerdo con el terreno definido para realizar el proceso de transformación y del tipo de producción que se desee realizar.

La diferencia radical, parte de los acelerantes y controladores que emplean los estudios, puesto que, cada uno emplea agentes orgánicos presentes en su zona de influencia, de bajos precios y que aporten: o la composición nutricional del abono, o en la reducción de tiempo en la transformación total de la *Eichhornia crassipes*. Es decir, que no hay una limitación o estipulación clara de qué agente agregar a la *Eichhornia crassipes*, siempre y cuando la composición final se ubique dentro de los rangos permitidos por la normativa establecida para este producto orgánico.

Se evidencia entonces con la tabla 13, que los cuatro procesos cumplen en su mayoría los cinco criterios mencionados anteriormente para la selección de la posible alternativa de transformación de *Eichhornia crassipes*:

Tabla 13

*Comparación de criterios para cuatro procesos de transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico*

Criterio	INVESTIGACIÓN			
	Proceso No. 1 Jiménez & Lozano (2015)	Proceso No. 2 Valle (2009)	Proceso No. 3 Cruz (2006)	Proceso No. 4 Alomía et al. (2021)
Sistemas de producción a mediana y/o pequeña escala	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Sistemas en pilas de volteo.	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Tecnologías artesanales con mecanización en bajo grado.	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Participación de acelerantes y/o controladores de vectores y parámetros de pH y humedad de bajo costo.	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple

Procesos de participación comunitaria.	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
--	--------	--------------	--------	--------------

---

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, con el análisis de las cuatro investigaciones y sus respectivos diagramas de flujo del proceso productivo, se logró definir y proponer el proceso plasmado en la figura 25 para la transformación de la *Eichhornia crassipes* en abono orgánico de la presente investigación:

DIAGRAMAS DE FLUJO CON SIMBOLOS ASME

- ACTIVIDADES
- Operación 
  - Control 
  - Transporte 
  - Almacenamiento 
  - Demora 
  - Combinados 

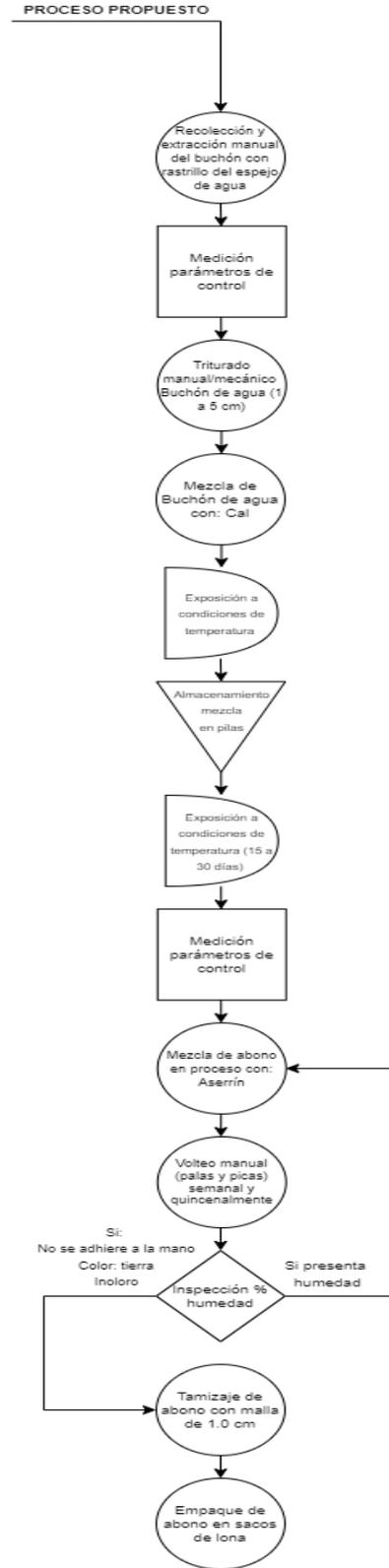


Figura 25. Proceso de transformación de Eichhornia crassipes propuesto por Camacho, V., fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

*Descripción actividades proceso propuesto para la transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico*

<b>Paso N°</b>	<b>Propuesta de proceso</b>
1	Recolección manual de Buchón de Agua con rastrillo del espejo de agua
2	Medición inicial de humedad y porcentaje de Carbono y Nitrógeno del Buchón de Agua recién extraído del espejo de agua
3	Trituración con la ayuda de trituradora mecánica o manualmente del Buchón de Agua en tamaño de 1 a 5 cm
4	Mezcla de material vegetal así: por cada 10 m <sup>3</sup> de Buchón de Agua triturado agregar una pala de cal dolomita
5	Secado al sol del Buchón de Agua una vez triturado y mezclado con el controlador de vectores y de olores
6	Almacenamiento en ocho pilas de dimensiones: Alto: 1,50 metros Largo: 0,70 metros Ancho: 2,00 metros
7	Exposición a condiciones de temperatura durante 15 a 30 días y protección de la mezcla con hule de plástico (lluvia y posibles vectores)
8	Medición de parámetros de control (pH, humedad y temperatura) periódicamente Control de humedad, olor y estabilización de pH mediante mezcla de aserrín con el método del puño (ICA, 2013):
9	Sí al cerrar la mano, del puño gotea agua: se mezcla 2 buchón: 1 aserrín Sí al cerrar la mano, del puño no gotea agua, pero se moja el guante: se mezcla 1 buchón: 1 aserrín Sí la mezcla está muy seca: se agrega agua gradualmente
10	Después de ocho días de almacenamiento se realiza volteo manual con pala y con pica; cada semana durante dos meses. Al tercer mes cada quince días

- Medición de parámetros de control (humedad) con el método del paso nueve. De encontrar exceso de humedad se mezcla aserrín hasta que se cumplan seis meses (Etapa de maduración). Y se verifican nuevamente parámetros de control, en donde: el material no debe adherirse a la mano, el color debe ser muy similar al de la tierra y el producto debe ser inoloro
- 11** Tamizaje de compost con malla de 1.0 cm para mejorar presentación del producto final
- 12** Empaque del abono en sacos de lona, cerrados a mano
- 13**

---

Fuente: Elaboración propia.

Para la definición del proceso de transformación se seleccionaron actividades propias de las cuatro investigaciones explicadas anteriormente en la figura 25 y en la tabla 14 y que se relacionan a continuación mediante la descripción de los 13 pasos propuestos:

1. Recolección manual de Buchón de Agua con rastrillo del espejo de agua (ver figura 26): los cuatro procesos tienen en común extracción manual de la *Eichhornia crassipes*, sin embargo, para el caso de la planta de tratamiento “Ing. Arturo Pazos Sosa” (propuesta 3) se hace con rastrillo como se propone puntualmente esta investigación.



*Figura 26.* Extracción manual *Eichhornia crassipes* de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Dulcolsa, 2020.

2. Medición inicial porcentaje de humedad del Buchón de Agua recién extraído del espejo de agua (ver figura 27): las propuestas dos, tres y cuatro definen como segundo paso la

medición inicial del porcentaje de humedad y otros factores como lo realiza Cruz (2006), con el Nitrógeno y el Carbono y que se sugieren añadir para la presente investigación.



*Figura 27.* Medición inicial condiciones *Eichhornia crassipes* Reserva Natural Pozo Verde, fuente: Jiménez & Lozano, 2015.

3. Trituración con la ayuda de trituradora mecánica o manual del Buchón de Agua en tamaño de 1 a 5 cm (ver figura 28): tres de los cuatro procesos realizan un triturado manual en rangos de 1 a 10 cm. Sin embargo Valle (2009) mezcla las dos tecnologías manual y mecánica. Se considera la mejor opción para la presente propuesta, en donde, se debe entregar un material vegetal con granulometría de 1 a 5 cm.



*Figura 28.* Triturado de *Eichhornia crassipes* en la Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Dulcolsa, 2020.

- Mezcla de material vegetal así: por cada 10 m<sup>3</sup> de Buchón de Agua triturado agregar una pala de cal dolomita (ver figura 29): luego de una comunicación personal con la Ing. Tatiana Silva, contratista encargada del proceso de extracción y control de la *Eichhornia crassipes* de las lagunas de enfriamiento de la Central, quien adelantó un proceso piloto de transformación, se logró determinar que el mejor controlador de olores para dar inicio al proceso de descomposición del Buchón es la cal dolomita, por ello, este paso es propio de la propuesta (Silva, 2021). Ninguna de las cuatro propuestas agrega controladores de olores y/o posibles vectores en sus procesos de transformación.



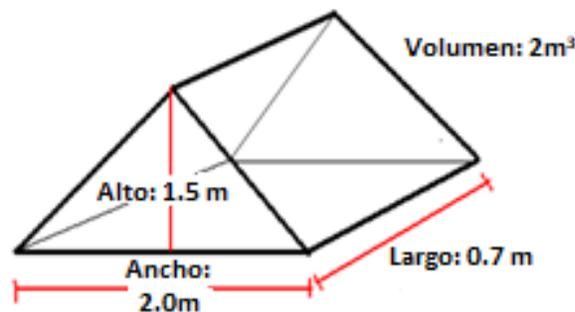
*Figura 29.* Mezcla de *Eichhornia crassipes* triturado con cal dolomita, fuente: Dulcolsa, 2020.

- Secado al sol del Buchón de Agua una vez triturado y mezclado con el controlador de vectores y de olores (ver figura 30): para mejorar las condiciones del material vegetal antes de disponerlo en las pilas de almacenamiento, se expone la mezcla de Buchón de Agua y cal dolomita a condiciones de temperatura en un periodo aproximado de tres días. Ninguna de las cuatro propuestas expone el material a condiciones de temperatura con controladores de olores y/o posibles vectores en sus procesos de transformación.



*Figura 30.* Exposición de *Eichhornia crassipes* a condiciones de temperatura, Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Dulcolsa, 2020.

6. Almacenamiento en ocho pilas de dimensiones: Alto: 1,50 metros; Largo: 0,70 metros; Ancho: 2,00 metros: las cuatro investigaciones disponen el material vegetal en pilas de volteo, cada una con medidas de acuerdo al espacio con el que cuentan. En este caso, las pilas cuentan con las dimensiones que se aprecian en la figura 31.



*Figura 31.* Dimensiones pila de almacenamiento *Eichhornia crassipes* propuesto por Valle, C., fuente: Elaboración propia, adaptado de Valle, 2009.

Para la definición de dichas dimensiones se tuvo en cuenta que cada pila debe almacenar hasta 2000 kilogramos de *Eichhornia crassipes*, de los cuales se degrada un 55 % de material (Silva, 2021).

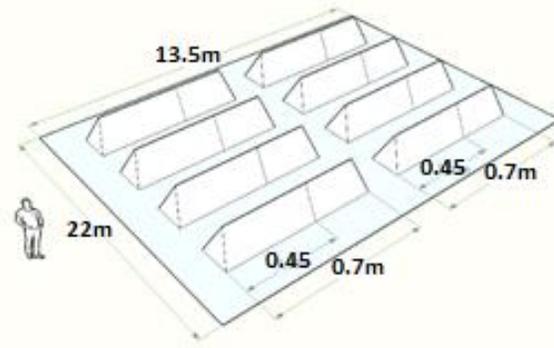
De las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa se pueden extraer un promedio de 100 carretillas de material vegetal al día, lo que equivale a 17 m<sup>3</sup>, es

decir, 17000 kilogramos. De los cuales, al llegar a las pilas de almacenamiento y después de su respectiva degradación quedan tangibles aproximadamente 7650 kilogramos de compost listo para su empaque.

Ahora bien, la tasa de crecimiento de la *Eichhornia crassipes* es alta y más en las condiciones de las piscinas de enfriamiento de la Central que son: sistemas acuáticos lénticos, pH neutro y temperaturas de entre 28 °C a 30 °C. Por ello, “la especie es capaz de incrementar su biomasa en más del 12 % por día, equivalente a una productividad de 1000 a 5000 kg/ha por día” (DULCOLSA, 2020, p. 16). Es decir, que una planta de *Eichhornia crassipes* para el presente caso, es capaz de duplicar sus retoños cada dos semanas, lo que garantiza que, al realizar dos extracciones de 17000 kilogramos de material vegetal en el área controlada, quedarían disponibles 6000 kilogramos de *Eichhornia crassipes* flotantes en las piscinas de enfriamiento, que lograrían llegar a ser cuatro hectáreas nuevamente en aproximadamente seis semanas según lo publicado por Dulcolsa (2020).

De acuerdo con lo anterior y con la extracción de 34000 kilogramos de *Eichhornia crassipes* podrían producirse potencialmente 15300 kilogramos de abono en un horizonte de tiempo de cinco meses. Se propone entonces fijar ocho pilas en la Unidad productora como se ilustra en la figura 32.

Se espera contar con una extensión de 475 m<sup>2</sup> de los cuales, 295 m<sup>2</sup> serán dispuestos para fijación de pilas y los otros 180 m<sup>2</sup> serán usados para: área de empaquetado, laboratorio de toma de muestras y área de almacenamiento producto final. Al ser un proceso rotativo, y con un mes y medio de diferencia lograrían producirse potencialmente 30600 kilogramos de abono en un periodo máximo de seis meses. Con base en lo anterior, se logra definir la producción como una producción por lotes.



*Figura 32.* Disposición pilas de almacenamiento propuesto por Robledo, L y Ronderos, A., fuente: Elaboración propia, adaptado de Robledo & Ronderos, 2019.

7. Exposición a condiciones de temperatura durante 15 a 30 días y protección de la mezcla con hule de plástico (lluvia y posibles vectores): sólo Valle (2009) y Cruz (2006) exponen el compost a condiciones de temperatura en periodos medianamente prolongados de tiempo. Así pues, en este caso se espera exponer el abono durante 15 a 30 días bajo dichas condiciones y para evitar humedecimiento por condiciones de lluvia se cubrirá el compost con hule de plástico color negro. En esta etapa, la *Eichhornia crassipes* deberá lucir como se aprecia en la figura 33.



*Figura 33.* Exposición de *Eichhornia crassipes* a condiciones de temperatura en pilas de volteo, fuente: Instituto Colombiano Agropecuario, 2013.

8. Medición de parámetros de control (pH, humedad y temperatura) ver figura 34, periódicamente: igual que en el paso anterior solo las investigaciones realizadas en

Guatemala (Valle, 2009) y en Sibaté – Cundinamarca (Cruz, 2006) realizan mediciones luego de un periodo de tiempo de exposición a condiciones de temperatura del compost apilado y antes de iniciar el proceso de volteo.



*Figura 34.* Medición parámetros de control compost en proceso de transformación, fuente: Instituto Colombiano Agropecuario, 2013.

9. Control de humedad, olor y estabilización de pH mediante mezcla de aserrín: Sí al cerrar la mano, del puño gotea agua: se mezcla 2 buchón: 1 aserrín; Sí al cerrar la mano, del puño no gotea agua, pero se moja el guante: se mezcla 1 buchón: 1 aserrín; Sí la mezcla está muy seca: se agrega agua gradualmente (ver figura 35): medición respaldada por el método del puño (Instituto Colombiano Agropecuario, 2013, p. 81). Según la Ing. Tatiana Silva, el aserrín funciona a la perfección como controlador del porcentaje de humedad y es de fácil adquisición, a un excelente precio (Silva, 2021).



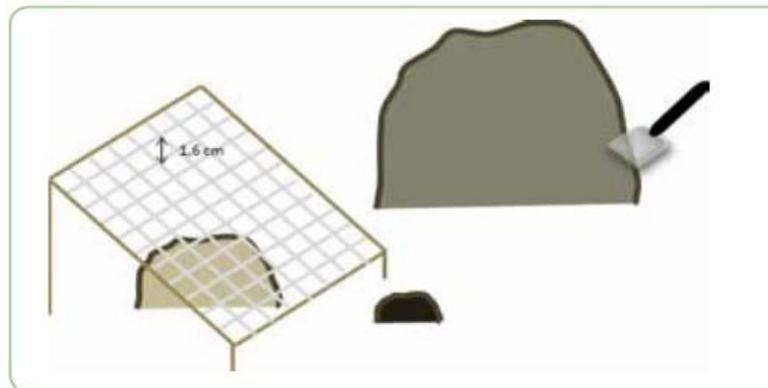
*Figura 35.* Prueba porcentaje de humedad método del puño, fuente: Instituto Colombiano Agropecuario, 2013.

10. Después de ocho días de almacenamiento se realiza volteo manual con pala y con pica; cada semana durante dos meses. Al tercer mes cada 15 días (ver figura 36): a excepción de Cruz (2006), los otros tres autores inician un proceso de volteo del material vegetal luego de un tiempo de haber sido almacenado en las pilas. Para el presente caso se definió un tiempo prudencial de ocho días, así como lo llevan a cabo Jiménez, C. & Lozano, L. (2015) en la Reserva Natural Pozo Verde. La diferencia radica en el tiempo de realización de la actividad, que la propuesta lo define así: los primeros dos meses debe hacerse una vez por semana, al tercer mes solo debe hacerse una vez cada 15 días, hasta completar la etapa de maduración del abono (cinco a seis meses).



*Figura 36.* Volteo manual de pilas, fuente: Román et al., 2013.

11. Medición de parámetros de control (humedad) con el método del paso nueve: De encontrar exceso de humedad se mezcla aserrín hasta que se cumplan seis meses (etapa de maduración). Y se verifican nuevamente parámetros de control, en donde: el material no debe adherirse a la mano, el color debe ser muy similar al de la tierra y el producto debe ser inoloro: las cuatro investigaciones concuerdan en realizar una medición de parámetros de control luego de realizar el proceso de volteo en las pilas, con el fin de evidenciar que se respeten los rangos de composición exigidos por la norma y verificar que son aptos para entregar como producto final abono orgánico.
12. Tamizaje de compost con malla de 1 cm (ver figura 37): con el fin de mejorar la presentación del abono a la vista y al tacto, se propone realizar un tamizaje con malla de 1 cm al compost obtenido luego de cumplir la etapa de maduración en las pilas, así como lo describen Alomía, Y. y otros (2021) en su artículo.



*Figura 37.* Tamiz usado en las labores de cernido, fuente: Román et al., 2013.

13. Empaque del abono en sacos de lona cerrados a mano (ver figura 38): finalmente, en cuanto a características físicas externas del producto, se propone, empacar el abono orgánico en sacos de lona, basado en la propuesta de Valle, C. (2009) llevada a cabo en Guatemala.



*Figura 38.* Empaque de abono orgánico en sacos de lona, fuente: Román et al., 2013.

Se puede concluir así, que la propuesta conlleva un proceso de transformación a mediana escala de producción por lotes en pilas de volteo, amigable al medio ambiente, con tecnologías artesanales y mecanizadas, que entregan un producto final apto para la fitorremediación de suelos erosionados, y que su valor agregado está definido por la mano de obra proveniente de la comunidad de la zona de influencia de la Central Termoeléctrica de Paipa.

#### **Definición de requerimientos necesarios para la ejecución del proceso de transformación propuesto.**

Inmerso en la propuesta del proceso de transformación de la *Eichhornia crassipes* en abono orgánico para la presente investigación, se estiman requerimientos necesarios con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la Unidad productora que pretende entregar productos de excelente calidad.

Según Miranda, J. (2001) se deben considerar aspectos importantes para la definición de los requerimientos como los son: componentes de espacio, maquinaria, insumos, materia prima, entre otros.

Para relacionar lo anterior, se plantea la tabla 15 que expone los requerimientos, la cantidad y el precio aproximado de cada uno de ellos por etapa del proceso productivo necesarios para un mes de producción:

Tabla 15

*Requerimientos de equipo y maquinaria, material de operación y elementos de protección personal propuestos por Camacho, V. para la transformación del Buchón de Agua en abono orgánico*

N°	Requerimiento	Cantidad	Precio Unidad	Precio Total	Entrega
<b>Equipos y maquinaria</b>					
	Lancha	2	\$ 58.000	\$ 116.000	Préstamo Gensa
<b>Material de operación</b>					
	Carretilla de aprox. 170 kg	3	\$ 80.000	\$ 240.000	Una sola vez
	Pala redonda Bellota N° 4	5	\$ 30.000	\$ 150.000	Una sola vez
	Rastrillo metálico de 14 dientes	3	\$ 17.000	\$ 51.000	Una sola vez
<b>Elementos de Protección Personal</b>					
<b>1</b>	Ropa de trabajo	5	\$ 120.000	\$ 600.000	Tres veces al año
	Guantes de poliuretano	5	\$ 3.900	\$ 19.500	Donación Gensa
	Botas pantaneras de seguridad	5	\$ 40.000	\$ 200.000	Tres veces al año
	Chalecos salvavidas	5	\$ 86.000	\$ 430.000	Donación Gensa
	Tapabocas de uso continuo	1 caja	\$ 10.000	\$ 10.000	Una vez por mes
<b>Equipos de emergencia</b>					

Botiquín y extintor	1	\$	80.000	\$	80.000	Una sola vez
Camilla	1	\$	40.000	\$	40.000	Una sola vez

#### Material de operación

2	Kit NPK-pH	1	\$	166.000	\$	166.000	Dos veces al año
	Termómetro suelos acero inoxidable	2	\$	28.000	\$	56.000	Una sola vez

#### Equipos y maquinaria

	Cargador	1	\$	320.000	\$	640.000	Préstamo Gensa
	Volqueta	1	\$	80.000	\$	160.000	Alquiler mensual
	Trituradora mecánica	1	\$	120.000	\$	240.000	Préstamo Gensa

#### Material de operación

3	Pica en hierro 5 lb	2	\$	30.000	\$	60.000	Una sola vez
---	---------------------	---	----	--------	----	--------	--------------

#### Elementos de Protección Personal

	Casco de seguridad con barbuquejo	5	\$	79.000	\$	395.000	Préstamo Gensa
	Gafas de seguridad oscuras	5	\$	9.700	\$	48.500	Donación Gensa
	Tapa oídos de inserción x 50 und.	1	\$	32.800	\$	32.800	Una sola vez

	Botas con punta de seguridad	5	\$ 60.000	\$ 300.000	Tres veces al año
	Chalecos reflectivos	5	\$ 8.900	\$ 44.500	Donación Gensa
	<b>Material de operación</b>				
4	Cal dolomita	100 kilogramos	\$ 40.000	\$ 80.000	Una vez al mes
	<b>Elementos de Protección Personal</b>				
	Mascarilla 3M 8801	1 caja	\$ 55.000	\$ 55.000	Donación Gensa
	<b>Material de operación</b>				
5	Hule negro Calibre 6 4m Alto X 30m Largo	3 rollos	\$ 100.000	\$ 300.000	Una sola vez
	Tijeras ornamentación	2	\$ 7.000	\$ 14.000	Una sola vez
	<b>Material de operación</b>				
6	Planilleras	1	\$ 5.000	\$ 5.000	Donación Gensa
	Báscula 200kg Electrónica Pedestal	1	\$ 210.000	\$ 210.000	Préstamo Gensa
	Señalización	1 kit	\$ 40.000	\$ 40.000	Una sola vez
	<b>Material de operación</b>				
9	Aserrín viruta	500 kilogramos	\$ 80.000	\$ 80.000	Una vez al mes
	<b>Elementos de Protección Personal</b>				
	Mascarilla 3M 8247 R95	1 caja	\$ 69.000	\$ 69.000	Tres veces al año

<b>Material de operación</b>					
<b>12</b>	Tamiz con malla de 1.0 cm	2	\$ 37.000	\$ 74.000	Una sola vez
<b>Material de operación</b>					
	Lona en paquete x150 und estampado	10	\$ 60.000	\$ 600.000	Una sola vez
<b>13</b>	Aguja arrea x 5 und	1	\$ 8.000	\$ 8.000	Una vez al mes
	Hilo Nylon rollo 2500 m	1	\$ 8.800	\$ 8.800	Una vez al mes

Fuente: Elaboración propia.

Para cada uno de los trece pasos del proceso de transformación se describe a continuación detalladamente qué requerimientos ubicados en la tabla 15 son necesarios en cada uno de ellos:

1. Recolección manual de Buchón de Agua con rastrillo del espejo de agua: para realizar esta actividad es necesario el uso de dos lanchas con o sin motor como las que se evidencian en las figuras 39 y 40 que asigne la Central Termoeléctrica de Paipa para tal fin.



*Figura 39.* Lancha para extracción manual de *Eichhornia crassipes* del Embalse del Guavio, fuente: Corpoguavio Colombia, 2021.



*Figura 40.* Lancha para extracción manual de *Eichhornia crassipes* de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa, fuente: Dulcolsa, 2020.

En cuanto a materiales de operación, que se ilustran en la figura 41, se deben emplear rastrillos metálicos de 14 dientes para poder extraer del espejo de agua el material vegetal, palas redondas tipo Bellota No. 4 para retirar la *Eichhornia crassipes* de la lancha y disponerla en la rivera de las piscinas de enfriamiento, y carretillas de aproximadamente 0,17 m<sup>3</sup> para transportar la especie hasta la primera zona de secado.



*Figura 41.* Material de operación paso 1 extracción manual Buchón de Agua del espejo de agua, fuente: MercadoLibre, 2022.

Los operarios deben portar en toda la etapa productiva elementos de protección personal como lo son: la dotación brindada definida como se muestra en la figura 42, tapabocas de uso continuo y guantes de poliuretano. Ahora bien, los elementos de protección personal variarán de acuerdo a la actividad que el operario esté realizando o a la zona en donde se encuentre localizado.





*Figura 44.* Equipo NPK-pH para toma de muestras parámetros iniciales Buchón de Agua, fuente: MercadoLibre (2022).

3. Trituración con ayuda de una trituradora mecánica o manual del Buchón de Agua en tamaño de 1 a 5 cm: la Central alquilará un cargador y una volqueta para realizar el transporte del material vegetal de la zona de extracción a la zona triturado.

La Central cuenta con una trituradora mecánica (ver figura 45, imagen ilustrativa) que será prestada a la Unidad productora para contribuir en el proceso de transformación del Buchón de Agua. En el paso tres, además, se emplearán picas en hierro de cinco libras. Se proveerá cascos de seguridad con barbuquejo que deberán portar los operarios durante los diez pasos restantes, botas con punta de seguridad y chalecos reflectivos. También deben usar gafas de seguridad oscuras contra salpicaduras y tapa oídos de inserción.



Figura 45. Trituradora mecánica, fuente: MercadoLibre, 2022.

4. Mezcla de material vegetal así: por cada 10 m<sup>3</sup> de Buchón de Agua triturado agregar una pala de cal dolomita: se dispondrá un stock de 100 kilogramos de cal dolomita que será dispuesta en la zona de almacenamiento de la Unidad productora y que se mezclará a la *Eichhornia crassipes* con ayuda de palas, rastrillos y carretillas.

Los operarios que intervengan en esta actividad deberán cambiar el tapabocas de uso continuo por una mascarilla 3M 8801 (ver figura 46).



Figura 46. Mascarilla 3M 8801 para material particulado, fuente: Manual de EPP Central Termoeléctrica de Paipa, 2021.

5. Secado al sol del Buchón de Agua una vez triturado y mezclado con el controlador de vectores y de olores: luego de distribuir uniformemente la cal dolomita y de acuerdo a

la relación estipulada para ello, el material será sometido a condiciones ambientales de temperatura, quedando expuesto al sol por aproximadamente tres días. En caso de posible amenaza de lluvia se cortará hule negro calibre 6 (ver figura 47) y se cubrirá el material vegetal con este plástico.



*Figura 47.* Hule negro calibre 6 para cubrir material vegetal, fuente: MercadoLibre, 2022.

6. Almacenamiento en ocho pilas de dimensiones: Alto: 1,50 metros; Largo: 0,70 metros; Ancho: 2,00 metros: los operarios con ayuda de palas y carretillas ubican la mezcla de Buchón de Agua y cal dolomita en las pilas previamente medidas y demarcadas, usando una báscula (ver figura 48) para pesar el material y disponer en cada pila los 2000 kilogramos de capacidad máxima que poseen.

Con ayuda de planillas indicadas en el Anexo C, se llevará el registro del porcentaje de humedad, temperatura, Carbono y Nitrógeno, y también el pH del material vegetal para futuros análisis de indicadores y parámetros de control.



*Figura 48.* Báscula 200 kilogramos Electrónica pedestal para pesado inicial de material vegetal, fuente: MercadoLibre, 2022.

7. Exposición a condiciones de temperatura durante 15 a 30 días y protección de la mezcla con hule de plástico (lluvia y posibles vectores): con el hule que se emplea en el paso cinco se cubrirán las pilas para garantizar las etapas mesofílica II y de maduración; propias del abono orgánico, en vista de que el hule negro al recibir la luz directa del sol mantendrá la temperatura necesaria para llevar a cabo dichas etapas.
8. Medición de parámetros de control (pH, humedad y temperatura) periódicamente: con los mismos instrumentos de medición del paso dos se registrarán los parámetros de pH, humedad y temperatura en las planillas asignadas para tal fin.
9. Control de humedad, olor y estabilización de pH mediante mezcla de aserrín: Sí al cerrar la mano, del puño gotea agua: se mezcla 2 buchón: 1 aserrín; Sí al cerrar la mano, del puño no gotea agua, pero se moja el guante: se mezcla 1 buchón: 1 aserrín; Sí la mezcla está muy seca: se agrega agua gradualmente: se dispondrá un stock de media tonelada de aserrín viruta que será alojada en la zona de almacenamiento y que se mezclará al abono en proceso con ayuda de palas, rastrillos y carretillas.

Los operarios que realicen dicha actividad deberán cambiar su tapabocas de uso continuo por una mascarilla 3M 8247 R95 para vapores orgánicos como la que se muestra en la figura 49.



*Figura 49.* Mascarilla 3M 8247 R95 para vapores orgánicos, fuente: Manual de EPP Central Termoeléctrica de Paipa, 2021.

10. Después de ocho días de almacenamiento se realiza volteo manual con pala y con pica; cada semana durante dos meses. Al tercer mes cada quince días: para esta actividad los operarios seguirán con el uso de la mascarilla 3M 8247 R95 y usarán las palas y las picas disponibles para lograr un volteo óptimo y que el abono reciba la aireación de forma correcta, para luego cubrir nuevamente con el hule negro calibre 6.
11. Medición de parámetros de control (humedad) con el método del paso nueve: De encontrar exceso de humedad se mezcla aserrín hasta que se cumplan seis meses (etapa de maduración). Y se verifican nuevamente parámetros de control, en donde: el material no debe adherirse a la mano, el color debe ser muy similar al de la tierra y el producto debe ser inoloro: uso de palas, aserrín, carretillas, picas y rastrillos para integrar correctamente el abono. Uso de mascarilla 3M 8247 R95. Con estos requerimientos se pretende culminar las cuatro etapas de producción del abono orgánico.
12. Tamizaje de compost con malla de 1 cm: con ayuda de carretillas, palas y tamices como el que se ilustra en la figura 50, se realiza el paso doce, en donde el operario puede usar nuevamente tapabocas de uso continuo.



*Figura 50.* Tamiz con malla de 1 cm, fuente: Laval Lab, 2022.

13. Empaque del abono en sacos de lona, cerrados a mano: el abono será empacado en sacos de lona como se evidencia en el Manual de compostaje del agricultor (Román et al., 2013, p. 82) y cerrado a mano por los operarios. Para lo cual, se emplearán agujas arrea e hilo nylon como los que se ilustran en la figura 51. El saco de lona contará con un estampado en la parte frontal que contiene la tabla de composición como lo exige el Instituto Colombiano Agropecuario ICA en su Resolución No. 00375 (2004, p. 23).



*Figura 51.* Materiales de operación paso trece, cerrado manual sacos de lona, fuente: MercadoLibre, 2022.

Ahora bien, en cuanto a requerimientos físicos se pretende tenga la propuesta de la Unidad productora se establecieron los relacionados en la tabla 16:

Tabla 16

*Requerimientos físicos Unidad productora basados en propuesta de Dulcolsa S.A.*

---

<b>Requerimientos físicos</b>
Electricidad
Servicio de agua
Zona de hidratación
Zonas de operatividad
Casino (onces)
Laboratorio (toma de muestras)
Zona de almacenamiento (Materiales y producto final)
Unidades sanitarias
Instalaciones para el personal
Oficina

---

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Dulcolsa, 2020.

Para la selección de la mano de obra inicialmente y en conjunto con la Central, se pretende contratar cinco personas con características específicas:

1. Mujeres habitantes de la zona de influencia.
2. Madres cabeza de familia.
3. En edades de entre los 18 años y los 40 años.
4. Con formación académica mínima: Básica y Media (novenio grado de bachillerato).

Se pretende capacitar a las colaboradoras en cada uno de los 13 pasos de la propuesta de transformación de la *Eichhornia crassipes*, características propias de la planta e importancia de realizar con precisión las actividades establecidas en la tabla 14. Dicha estrategia de gestión del conocimiento tiene como fin, contar luego del periodo de inducción e instrucción con colaboradoras polivalentes.

Hay una gran ventaja con la contratación de las mujeres madres cabezas de familia de la zona, puesto que al ser habitantes del sector, reconocen la zona, las piscinas de enfriamiento y han convivido con la especie *Eichhornia crassipes*, por lo cual poseen conocimientos sobre la misma (Silva, 2021).

En cuanto a los requerimientos exigidos por la normatividad se deben tener en cuenta dos: primero la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 de 2004 que tiene como objetivo “establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes” (Norma Técnica Colombiana 5167, 2004, p. 5) y que se especifican en la figura 52.

Fertilizantes o abonos orgánicos, orgánico minerales y enmiendas orgánicas															
Fertilizantes o abonos orgánicos															
Clasificación del producto	Indicaciones relacionadas con la obtención y los componentes principales	Parámetros a caracterizar	Parámetros a garantizar (en base húmeda)												
1	2	3	4												
Abono orgánico	Producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos de animales, vegetales o residuos sólidos urbanos (separados en la fuente) o mezcla de los anteriores, que contiene porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como carbono orgánico oxidable total y los parámetros que se indican.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdidas por volatilización % *</li> <li>• Contenido de cenizas máximo 60 % *</li> <li>• Contenido de humedad *:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para materiales de origen animal, máximo 20 %</li> <li>- Para materiales de origen vegetal, máximo 35 %</li> <li>- Para mezclas, el contenido de humedad estará dado por el origen del material predominante.</li> </ul> </li> <li>• Contenido de carbono orgánico oxidable total mínimo 15 %</li> <li>• N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O totales (declararlos si cada uno es mayor de 1%)</li> <li>• Relación C/N</li> <li>• Capacidad de intercambio catiónico, mínimo 30 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (meq/100 g)</li> <li>• Capacidad de retención de humedad, mínimo su propio peso</li> <li>• pH mayor de 4 y menor de 9</li> <li>• Densidad máximo 0,6 g/cm<sup>3</sup></li> <li>• Límites máximos en mg/kg (ppm) de los metales pesados expresados a continuación:                             <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr><td>Arsénico (As)</td><td>41</td></tr> <tr><td>Cadmio (Cd)</td><td>39</td></tr> <tr><td>Cromo (Cr)</td><td>1 200</td></tr> <tr><td>Mercurio (Hg)</td><td>17</td></tr> <tr><td>Níquel (Ni)</td><td>420</td></tr> <tr><td>Plomo (Pb)</td><td>300</td></tr> </table> </li> <li>• Se indicará la materia prima de la cual procede el producto</li> </ul> <p>* La suma de estos parámetros debe ser 100</p>	Arsénico (As)	41	Cadmio (Cd)	39	Cromo (Cr)	1 200	Mercurio (Hg)	17	Níquel (Ni)	420	Plomo (Pb)	300	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido de carbono orgánico oxidable total (%C)</li> <li>Humedad máxima ( % )</li> <li>Contenido de cenizas ( % )</li> <li>Capacidad de intercambio catiónico (cmol(+) kg<sup>-1</sup>) (meq/100 g)</li> <li>Capacidad de Retención de Humedad ( % )</li> <li>pH</li> <li>Contenido de Nitrógeno Total (% N)</li> <li>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</li> </ul>
Arsénico (As)	41														
Cadmio (Cd)	39														
Cromo (Cr)	1 200														
Mercurio (Hg)	17														
Níquel (Ni)	420														
Plomo (Pb)	300														

Figura 52. Clasificación de fertilizantes o abonos orgánicos, orgánico minerales y enmiendas orgánicas de acuerdo a la NTC 5167, fuente: Norma Técnica Colombiana 5167, 2004.

En segunda instancia, la Resolución No. 00375 del 27 de febrero de 2004 expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario y que tiene por objetivo “orientar la producción, importación, exportación, comercialización, uso y manejo adecuado y racional de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola para prevenir y minimizar daños a la salud humana, la sanidad agropecuaria y el ambiente bajo las condiciones autorizadas y para facilitar el comercio nacional e internacional" (Resolución No. 00375, 2004) especifica en su artículo cuatro la documentación exigida para que la Unidad productora reciba su Registro “ICA” necesario para iniciar su actividad de comercialización. Dichos documentos son:

1. Certificado de existencia y representación legal.
2. Copia de la licencia, permiso o autorización del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o de la autoridad que haga sus veces.
3. Concepto sanitario expedido por el Ministerio de Protección Social.
4. Copia del contrato vigente de dirección técnica de la producción y hoja de vida del director de producción y del personal responsable de los procesos que incluyan: certificaciones de títulos o actas de grado, diplomas, entrenamientos, capacitación y experiencia.
5. Información sobre el laboratorio con que cuenta la Unidad productora para el control de calidad de los productos.
6. Planos de las instalaciones de la Unidad productora y descripción del proceso de transformación.
7. Recibo de pago oficial del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, por la tarifa establecida para solicitar este servicio.

Frente a la definición de la capacidad instalada y la capacidad disponible de la Unidad productora y siguiendo lo estipulado por Kalenatic, D. y otros (2005) se define lo siguiente:

#### **Capacidad Instalada**

No. Días al año (Días/Año)	365
No. Horas al día (Horas/Día)	24
No. Máquinas	4
Pérdidas (g1) (Horas/Año)	40

CI= (No. Días al año)x(No. Horas al día)x(No. Máquinas)-  
(Pérdidas)

$$CI= 35000$$

Se definen 40 horas como pérdidas g1 correspondientes a pérdidas por mantenimiento y limpieza de equipos y herramientas.

Ahora bien, la Unidad productora poseería una Capacidad disponible proyectada correspondiente a 34310 horas al año.

En cuanto a la Capacidad Disponible, se proyectó:

#### Capacidad Disponible

No. Operarios	5
No. Días hábiles al año (Días/Año)	345
No. Turnos	1
No. Horas turno	4
Pérdidas (g1) (Horas/Año)	40
Pérdidas (g2) (Horas/Año)	172
Pérdidas (g3) (Horas/Año)	16
Pérdidas (g4) (Horas/Año)	15

CD= (No. Operarios)x(No. Días hábiles)x(No. Turnos)x(No. Horas turno)-  
(g1+g2+g3+g4)

$$CD= 6657$$

La Unidad productora proyecta una capacidad disponible anual de 6657 horas hombre.

Las pérdidas se definen como g1, g2, g3 y g4 y se definen bajo criterio propio teniendo en cuenta lo establecido por Kalenatic, D. y otros (Kalenatic et al., 2005):

- G1 correspondiente a mantenimiento y limpieza de los equipos y herramientas, para el presente caso 40 horas al año.

- G2 correspondiente a pérdidas por el recurso humano, como tiempo para alimentación, ocio, entre otros, equivalente a 172 horas al año.
- G3 asignado a capacitación del personal. Al año se realizarán dos jornadas de capacitación, una cada semestre, en dos días laborales, para un total de 16 horas al año.
- G4 definida como pérdidas por imprevistos, a la cual se asignó un total de 15 horas al año.

Según la definición del proceso y teniendo en cuenta lo mencionado en el subcapítulo anterior de que en seis meses se logran obtener 30600 kilogramos de material vegetal lo que equivale a 765 sacos de abono por semestre, se entiende así que dicho número de sacos se obtienen en un horizonte de 720 horas hombre. Por ello, al año la Unidad productora tendría una proyección de elaborar 1530 sacos de abono con la intervención de 1440 horas hombre al año.

### **Estudio de Distribución Unidad Productora de Abono Orgánico Hecho a Base de Eichhornia crassipes**

Con el objetivo de lograr la optimización de los espacios y la comodidad de las colaboradoras se elaboró el estudio de distribución en planta, en donde, se define la matriz de relaciones de la Unidad productiva y el plano de la misma.

#### **Matriz de relación unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes.**

La Unidad productora para dar cumplimiento a los trece pasos del proceso de transformación de Eichhornia crassipes en abono orgánico debe contar con las siguientes áreas:

1. Área de extracción material vegetal
2. Área de secado inicial
3. Área de triturado y mezclado con controlador de vectores
4. Área de almacenamiento en pilas
5. Área de tamizaje
6. Área de empaque
7. Área de almacenamiento de producto final



Los criterios de relación fueron definidos por concepto propio, en donde:

- 1 corresponde a una relación “Muy negativa”
- 2 corresponde a una relación “Negativa”
- 3 corresponde a una relación “Indiferente”
- 4 corresponde a una relación “Positiva”
- 5 corresponde a una relación “Muy positiva”

El área de extracción es la que representa mayor relación negativa frente a las demás áreas de la Unidad productora, puesto que, el proceso de transformación necesita una deshidratación perfecta de la *Eichhornia crassipes* y ubicar las demás áreas cerca de la extracción de los espejos de agua puede generar inconvenientes por humidificación nuevamente de compost ya deshidratado y retrasar el proceso.

Frente al área que mayor sumatoria obtuvo, es el área de almacenamiento de compost en pilas con un total de 25 puntos. Esto se debe a que el proceso de transformación se lleva a cabo por mayor tiempo en dicha área, ya que el abonó permanecerá en las pilas por alrededor de cinco a seis meses

Para el caso del laboratorio, tiene afinidad con la mayoría de las áreas, puesto que, se deben estar en constante monitoreo y toma de muestras al compost en producción.

Finalmente, para el caso del área de almacenamiento, se considera apropiado ubicar en el mismo lugar, producto final, herramientas e insumos, ya que, entre ellos no hay relación “Negativa” o “Muy negativa” que afecte al proceso en general.

### **Plano instalaciones unidad productora de abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*.**

Con la información obtenida en la matriz de distribución, se realizó la figura 54 para tener una visión gráfica de la relación que hay entre las diferentes áreas y así elaborar la propuesta del plano de las instalaciones de la Unidad productora que se aprecia en la figura 55.



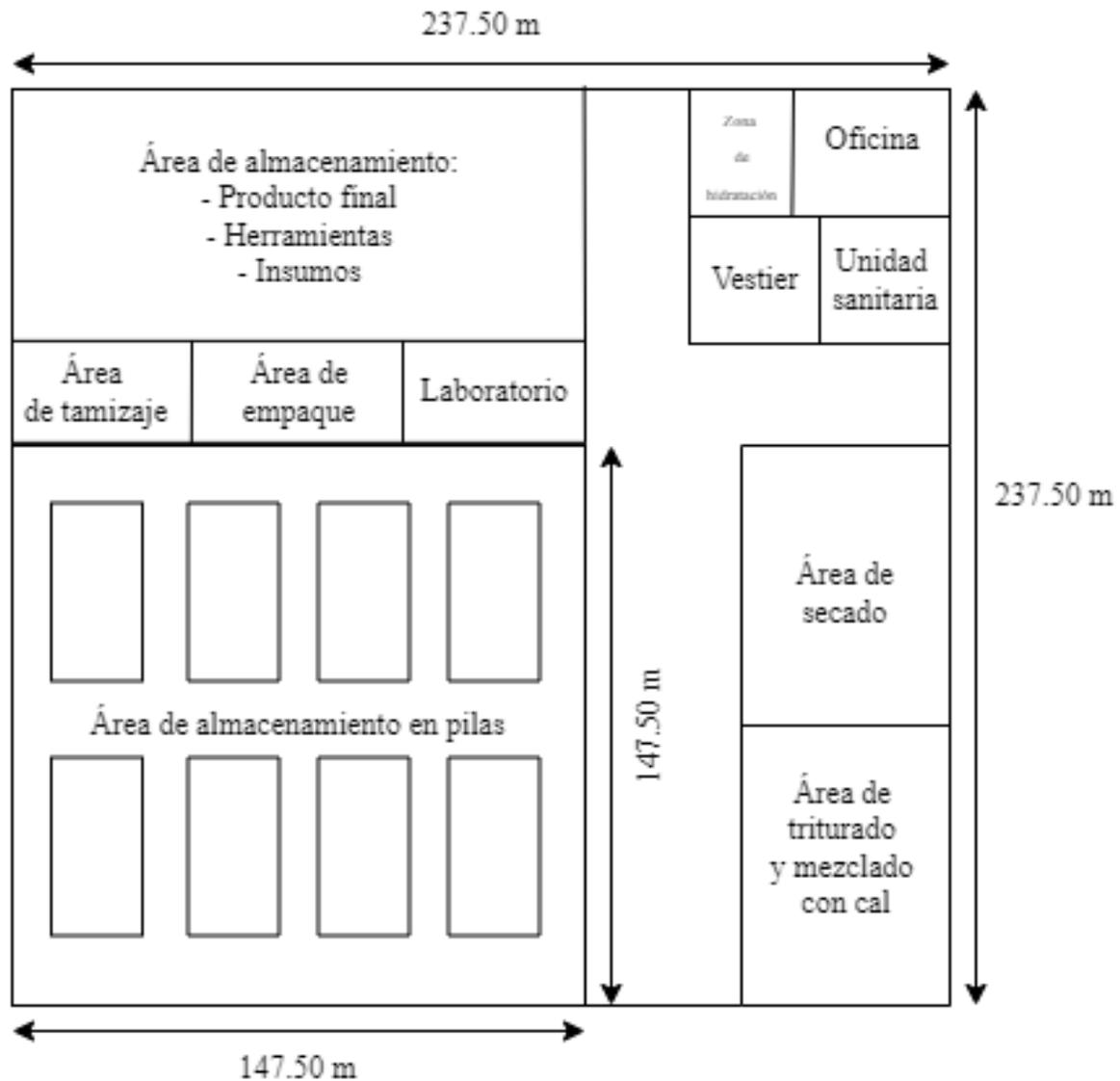


Figura 55. Propuesta de diseño plano y distribución Unidad productora de abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*, fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar, que inicialmente se pretende distribuir la Unidad productora como se establece en la figura 55, y su construcción será hecha con bancos de madera, hule de plástico y tejas de zinc, en un principio.

La zona de extracción del material vegetal no está diagramada, puesto que, la relación “muy negativo” que presentó frente a la mayoría de las áreas indica que la Unidad productora no debe estar cerca de las piscinas de enfriamiento de la Central.

En efecto, el área que mayor espacio abarca en la Unidad productora es el área de almacenamiento en pilas ocupando 295 m<sup>2</sup> de tierra. Contiguo a dicha área se ubicarán el área de tamizaje, empaque, laboratorio y en un espacio de aproximadamente 134 m<sup>2</sup> se fijará la zona de almacenamiento para producto final, herramientas e insumos necesarios en las trece etapas de transformación de Buchón de Agua en abono orgánico.

Por otro lado, contiguas se encontrarán las áreas de triturado y mezcla de cal dolomita con el área de secado inicial.

Finalmente, la oficina, la unidad sanitaria y Vestier y la zona de hidratación estarán juntas, paralelas a las áreas de triturado y secado.

### **Estudio De Localización Unidad Productora De Abono Orgánico Hecho A Base De Eichhornia Crassipes**

Una vez definida la distribución interna de la Unidad productora de abono orgánico, es necesario definir la localización geográfica de la misma. Para ello con base en el estudio de localización de planta se definió lo siguiente:

Según el Ing. Antonio Fernández (2018) docente de la Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires el estudio de localización no solo tiene el objetivo de elegir la ubicación más adecuada para la Unidad productora, sino, que se trata de elegir aquel lugar que permita obtener la mayor rentabilidad entre otras alternativas favorables también para el proyecto.

Así pues, se definen criterios desde el punto de vista propio, que pretenden identificar la mejor localización para la Unidad productora que se basan en factores como los indicados en la figura 56, pues, es indispensable considerar variables socioeconómicas propias de la zona de influencia de las piscinas de enfriamiento de la Central, ya que, es allí de donde se extrae la materia prima emblema de la presente investigación.

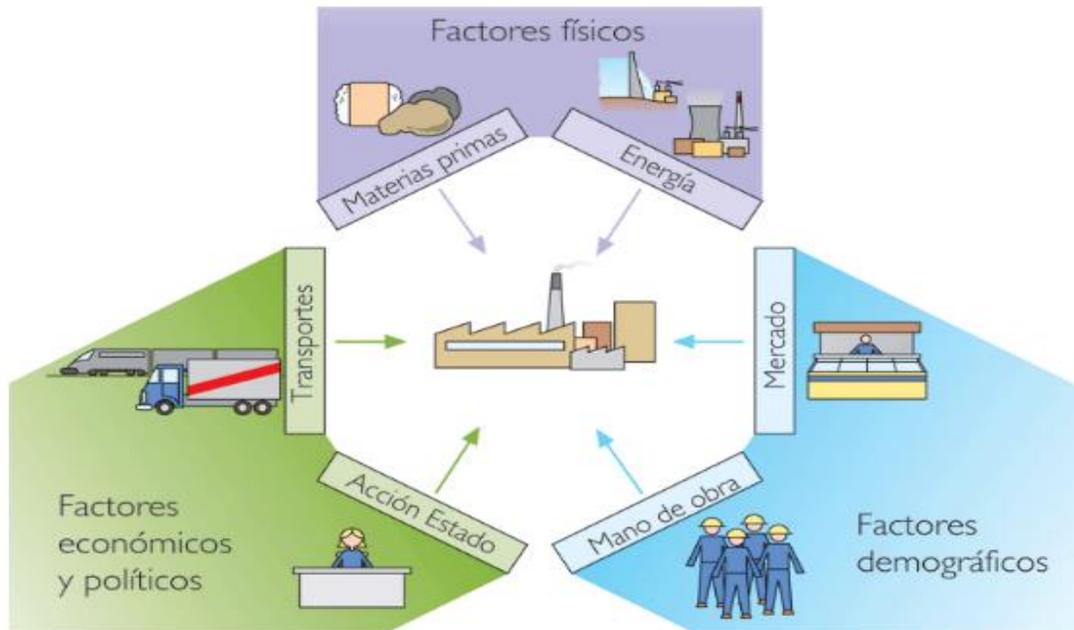


Figura 56. Factores generales de localización, fuente: Fernández, 2018.

Frente a los factores demográficos:

- En vista de que las colaboradoras son mujeres madres cabeza de familia de la zona de influencia de las piscinas de enfriamiento de la Central, se espera que el desplazamiento de ellas a la Unidad productora sea reducido. (Disponibilidad zonal de mano de obra).
- Dado que el proceso de transformación debe ejecutarse sobre prados, es importante seleccionar un terreno plano, que no posea corrientes naturales de agua como quebradas o riachuelos pues, son amenaza directa para el proceso de deshidratación perfecta que requiere el abono.
- Inicialmente no es aconsejable ubicar la Unidad productora en una zona de comercialización de agroinsumos.

Para los factores económicos y políticos:

- Se deben considerar factores de transporte, garantizando al cliente una entrega pronta del producto final, ya que, no debe haber dificultad de acceso vehicular a la Unidad productora.

- Hasta el momento, ni la Alcaldía Municipal ni las autoridades gubernamentales han expedido limitaciones para la fijación de Unidades productoras de abonos orgánicos. Con ello, no hay restricciones de ordenamiento territorial para localizar la Unidad.

En cuanto a los factores físicos:

- Es de vital importancia que la Unidad productora se ubique a una distancia relativamente cerca de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa y garantizar así la disponibilidad inmediata de materias primas.
- El sector debe contar con los servicios públicos básicos como energía eléctrica y agua potable.
- La instalación debe ser al aire libre, para garantizar la correcta ejecución de los procesos de aireación del compost.
- El espacio definido debe garantizar el metraje mínimo requerido para la distribución de la Unidad productora, que se representa en la figura 55 y que corresponde a 475 m<sup>2</sup>.

#### **Matriz de localización unidad productora de abono orgánico.**

Así pues, con la definición de los criterios anteriormente nombrados se proponen dos ubicaciones para realizar la matriz de localización de la Unidad productora y mediante la interpretación de su resultado definir el mejor lugar en donde se pueda ejecutar la propuesta del presente proyecto.

En primer lugar, se sugiere la unidad deportiva que posee la Central Termoeléctrica de Paipa y que se ubica en la parte central de las casas fiscales, que la organización dispone para alojar temporalmente a personal cuando realizan visitas de inspección a la Central.

La unidad deportiva de casas fiscales cumple en gran medida los criterios definidos y se localiza en la figura 57, mapa satelital tomado de la plataforma Google Maps.



Figura 57. Localización geográfica propuesta 1, unidad deportiva casas fiscales, fuente: Elaboración propia, adaptado de Google Maps.

Como segunda opción se propone el patio de ceniza de la Central, ya que, dispone de una gran cantidad de hectáreas de tierra, que no se están ocupando y no comprometen ninguna actividad propia de la generación de energía llevada a cabo en el lugar.

El patio de ceniza se encuentra alejado de la Central Termoeléctrica y no representa ningún riesgo a las personas que transiten por el lugar, ya que, al lugar, ya no es llevada la ceniza resultante de la generación de energía y el espacio se encuentra sin ningún funcionamiento al día de hoy.

Para conocer el patio de ceniza, se emplea la figura 58:



Figura 58. Localización geográfica propuesta 2, patio de ceniza Central Termoelectrica de Paipa, fuente: Elaboración propia, adaptado de Google Maps.

Una vez mencionadas las posibles candidatas para seleccionar la localización de la Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Buchón de Agua y definiendo los criterios requeridos, se conoce la matriz de localización por medio de la tabla 17.

Tabla 17

*Matriz de localización Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes*

Factores	Ponderación	Propuesta 1 Unidad deportiva casas fiscales		Propuesta 2 Patio de ceniza	
		%	Grado de perfección	%	Grado de perfección
		Perfección		Perfección	
Disponibilidad de mano de obra	7	1	7	1	7
Terreno plano carente de corrientes naturales de agua	10	1	10	1	10
Presencia de comercio de agro insumos	6	1	6	1	6
Buen acceso vehicular	7	0,21	3	0,85	6
Disponibilidad de materia prima	30	1	30	1	30
Disponibilidad de servicios públicos	10	1	10	0,7	7
Espacios abiertos con buena presencia de corrientes de aire	10	0,8	8	0,8	8
Espacio mayor igual a 475 m <sup>2</sup>	20	0,5	10	1	20
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>84</b>		<b>94</b>

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la ponderación de la matriz de la tabla 17, por criterio propio se asignó a cada factor un valor numérico, en donde, se dio mayor importancia a la disponibilidad de materia prima y el espacio no menor a 475 m<sup>2</sup>.

Aun cuando las dos propuestas tuvieron bastante similitud en cinco de los ocho factores, la propuesta dos superó a la uno, frente a la disponibilidad de espacio y el buen acceso vehicular.

La unidad deportiva de casas fiscales ofrece un espacio plano libre de corrientes naturales de agua, pero es muy reducido a la hora de realizar la distribución de planta propuesta para el proyecto, por ende, se descarta como localización para la Unidad productora de abono orgánico y se selecciona el patio de ceniza de la Central Termoeléctrica de Paipa.

## **Organización Unidad Productora Dedicada a la Transformación de Eichhornia Crassipes en Abono Orgánico**

Con el objetivo de definir organizacionalmente la Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes, se define el análisis organizacional de la siguiente manera.

### **Tipo de Organización**

Sabiendo que Gestión Energética S.A. E.S.P. en su portafolio ofrece generación y comercialización de Energía Eléctrica y como nuevas líneas de negocio y producto se encasilla en todo lo concerniente a la Energía Eléctrica, su distribución, su cadena de suministro, entre otros; no considera abrir una línea de negocio propia de producción y comercialización de abono orgánico, ya que no está alineada a su visión estratégica (Gestión Energética S.A. E.S.P., 2022, p. 20).

Por lo cual, se sugiere que la Unidad productora de abono orgánico hecho a base de Eichhornia crassipes, extraído propiamente de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa, principal activo de Gestión Energética S.A. E.S.P. se postule como principal beneficiario de un proyectos de Responsabilidad Social Empresarial en el marco del componente “Desarrollo sostenible de la región” ya que involucra aspectos sociales, económicos y ambientales y que se defina como una extensión de dicha área de modo que, aunque se considere como principal beneficiario de la Central Termoeléctrica de Paipa se organice independientemente bajo los siguientes criterios:

- Según su forma jurídica: se defina la Unidad productora de abono como una “Sociedad Comanditaria Simple”, ya que, aunque sea un programa de Responsabilidad Social Empresarial, se pretende que como socio comanditario a Gestión Energética S.A. E.S.P. y como socias colectivas a todas las colaboradoras mujeres madres cabeza de familia de la zona de influencia.

El beneficio de definir la Unidad productora de abono orgánico como sociedad en comandita simple, radica en que, no necesita de un número mínimo de socios para su creación y se apoya en las decisiones administrativas consideradas por el socio comanditario que sería la Central como tal. Este hecho permite que las colaboradoras integrantes de la sociedad, se

dediquen al proceso manufacturero sin tener la necesidad de preocuparse por procesos administrativos.

Es la ideal, ya que, su conformación se debe hacer por escritura pública, lo que favorece en medida, los procesos administrativos con la Central Termoeléctrica de Paipa, en vista de que su carácter es mixto.

- Según su tamaño: la Unidad productora en primera instancia se considerará como una microempresa, ya que el número de colaboradoras no superará las diez.
- Según el sector al que pertenece: ya que se trata de la transformación de materia prima en un producto final diferente, la Unidad productora de abono orgánico a base de *Eichhornia crassipes* se ubicará en industrial del sector secundario.

### **Enfoque Estratégico de la Organización**

Bajo los lineamientos organizacionales de Gestión Energética S.A. E.S.P. como representación del aporte que hará sobre la Unidad productora de abono orgánico hecho a base de *Eichhornia crassipes*, se pretende que la organización defina su enfoque estratégico conservando la identidad de la Central Termoeléctrica de Paipa.

Para iniciar se define la razón social de la Unidad productora como “**AsociaciónGuardiana del Buchón**” y que se conocerá por sus siglas “**ASOBUCHÓN & Cía. S.C.**”, ya que, no solo se pretende transformar la especie *Eichhornia crassipes*, sino garantizar condiciones controladas de hábitat para ella, y permitir que el ecosistema (Piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa) aproveche las bondades que ofrece esta maravillosa especie.

### **Propósito Fundamental**

Ser la mejor unidad productora de abono orgánico hecho a base de Buchón de agua, que entregue valor agregado en cada saco de compost. La AsociaciónGuardiana del Buchón a través de su compromiso social, económico y ambiental velará mediante el desarrollo de sus actividades por la conservación de la especie, el control de la misma y el desarrollo sostenible de la zona de influencia y la región.

## Visión

En el 2027 “**ASOBUCHÓN & Cía. S.C.**” será una asociación líder en el sector de los abonos orgánicos generando valor a través del posicionamiento de su portafolio integrado de productos y servicios, aportando al progreso del territorio donde hace presencia.

## Propuesta de valor

**Proyectos de valor económico:** sostenibilidad, Innovación, Crecimiento económico de la región, Excelente servicio al cliente, Buenas prácticas de manufactura.

## Valores

- Responsabilidad: socios responsables económica, social y ambientalmente, durante el desarrollo de actividades propias de la producción de abono orgánico, y a manera general en el desarrollo cotidiano de sus quehaceres, de modo, que sean ejemplo para la comunidad que integran.
- Diversidad: inclusión de población vulnerable, apostamos a los nuevos comienzos y a creer, que todos tenemos las mismas oportunidades.
- Servicio: el servicio a la comunidad, de donde nace la organización, el servicio a los clientes de forma cálida, con empatía y asertividad, caracterizarán a “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.”.
- Compromiso: compromiso con el ecosistema, compromiso con la gente, compromiso con las actividades diarias, compromiso con la economía local, compromiso con el posicionamiento de un valioso producto como lo es el abono orgánico hecho a base de Buchón de Agua.
- Innovación: el conocimiento y los avances de la ciencia, serán abanderados en el proceso de transformación del Buchón de Agua, garantizando siempre para la Unidad productiva mejora continua.

## Logo

La Asociación Guardianas del Buchón “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.” se identificará mediante el logo de la figura 59.

El logo pretende llamar la atención de niños y niñas, con el fin de generar conciencia ambiental para el cuidado del ecosistema y del medio ambiente. También, incluye colores vivos referentes al entorno ambiental demostrando la intención principal de la Unidad productora, que es contribuir a la mejora de suelos, al aprovechamiento de especies invasoras y al aporte de desarrollo económico con la zona de influencia de la Central.



Figura 59. Logo Asociación Guardianas del Buchón “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.”, fuente: Elaboración propia.

La mascota de Gestión Energética S.A. E.S.P. “GENSI” será el protagonista del logo conservando los colores institucionales azul, amarillo y verde, portando en su camiseta el logo de Gensa, de modo que se represente el vínculo como programa de Responsabilidad Social Empresarial y como principal socio de la Unidad productora.

“GENSI” sostiene en su mano una planta florecida de *Eichhornia crassipes* “Buchón de Agua” representado la razón de ser de la Unidad productora.

El significado de los colores se entiende como:

- **Amarillo:** representa el propósito de transformación social, define la asociación como flexible y en constante transformación que se adapta a las necesidades de la comunidad generando bienestar social y desarrollo económico de la región.
- **Azul:** representa el valor con el que se realizan las actividades diarias. El azul simboliza los estándares de calidad que se inyectan en el proceso productivo que hacen que los clientes elijan a “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.”, y se brinden servicios de excelencia a las comunidades cercanas.
- **Verde:** representa la sostenibilidad de los procesos, garantizando tranquilidad a las zonas de impacto, ya que, la Unidad productora se compromete en disminuir la huella contaminante, propia de sus procesos de transformación.

### Organigrama

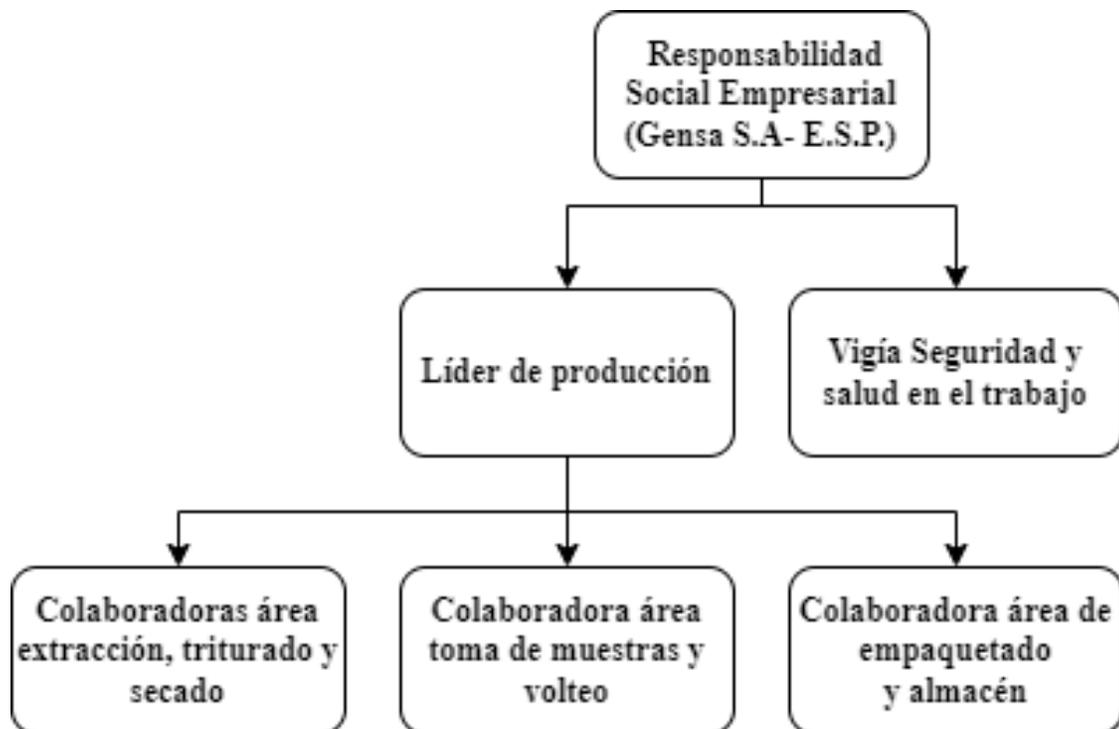


Figura 60. Organigrama Asociación Guardiana del Buchón “ASOBUCHÓN & Cía. S.C.”, fuente: Elaboración propia.

Se espera que en primera instancia y por elección de los asociados se definan los integrantes del organigrama, que por definición de estatutos deberá ser elegido cada año así:

- La dirección de la Unidad productora estará en cabeza del área de Responsabilidad Social Empresarial de la Central Termoeléctrica de Paipa, para dar cumplimiento así, a su cargo como socio comanditario de administrar la sociedad.
- Un líder de producción, que claramente será una de las colaboradoras mujeres madres cabeza de familia de la zona de influencia, y que además de cumplir su papel como líder de producción cumplirá con sus funciones de colaboradora polivalente en el proceso de transformación.

Dentro del equipo de producción se espera contar con el siguiente número de colaboradoras:

- ✓ Dos colaboradoras para el área de extracción, triturado y secado, ya que, son actividades que requieren de dos personas para ser realizadas sin generar sobreesfuerzo.
- ✓ Una colaboradora para el área de volteo y toma de muestras del abono en proceso.
- ✓ Dos colaboradoras para el área de empaquetado y almacenamiento, ya que la costura manual de los sacos de lona requiere de tiempo y el tamizado del producto final requiere la acción de dos personas.
- Finalmente, un vigía de seguridad y salud en el trabajo que labore medio tiempo y que se encuentre habilitado legalmente para cumplir su función.

### **Manual de Funciones**

Es responsabilidad del área de Responsabilidad Social Empresarial de la Central Termoeléctrica de Paipa designar a un encargado de administrar financiera y contablemente la Unidad productora de abono orgánico. A su vez, dicha persona se encargará del proceso de mercadeo como comercialización y publicidad del producto bandera de la Unidad, el “Abono orgánico hecho a base de Buchón de Agua” así como lo garantiza la Central frente al manejo del programa de RSE “Abriendo Fronteras” (Gestión Energética SA ESP, 2021, p. 32)

Teniendo en cuenta lo enunciado por Función Pública del Gobierno Nacional en su página web (MinTrabajo: Función Pública, 2022) y sus ítems, se definen los siguientes manuales de funciones:

Para el líder de producción, el vigía de seguridad y salud en el trabajo y las colaboradoras equipo de producción se define una jornada laboral de lunes a viernes en horario de 8:00 de la mañana a 12:00 del mediodía.

Tabla 18

*Manual de funciones Líder de producción, Unidad productora de abono*

 <b>MANUAL DE FUNCIONES UNIDAD PRODUCTORA DE ABONO</b>	
<b>Cargo</b>	Líder de producción
<b>Área</b>	Producción
<p><b>Habilidades específicas:</b> calidad en la ejecución de actividades, trabajo en equipo, responsabilidad, iniciativa, comunicación asertiva, liderazgo, toma de decisiones, buenas relaciones interpersonales, aprendizaje continuo.</p>	
<b>Funciones</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ser el líder en la producción de abono orgánico hecho a base de Buchón de Agua, demostrando amplio conocimiento en cada una de las actividades del proceso de transformación.</li> <li>2. Tomar decisiones en situaciones críticas presentadas en el proceso de producción.</li> <li>3. Solicitar oportunamente a la Central Termoeléctrica de Paipa mediante planes de requerimientos los insumos necesarios para ejecutar la producción.</li> <li>4. Realizar toma de muestra en diferentes puntos del proceso de transformación para medir y controlar los parámetros de calidad del abono.</li> <li>5. Realizar actividades de extracción de Buchón de Agua de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa.</li> <li>6. Realizar actividades de triturado manual y puesta en marcha de máquina trituradora para reducir el tamaño de la especie vegetal.</li> <li>7. Realizar actividades de manejo y mezcla de cal dolomita con el material vegetal indicado.</li> <li>8. Realizar actividades de transporte mediante carretillas del material vegetal.</li> <li>9. Diligenciar planillas de registro para control de parámetros de calidad.</li> <li>10. Realizar actividades de volteo mediante el uso de palas y picas en el material vegetal.</li> </ol>	

11. Realizar actividades de tamizaje del abono orgánico mediante el uso de tamices específicos.
12. Realizar actividades de empaquetado y sellado de sacos de lona manualmente con la ayuda de agujas arreas y nylon.
13. Llevar el control de inventario del almacén.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

*Manual de funciones Colaboradora equipo de producción, Unidad productora de abono*

 <b>MANUAL DE FUNCIONES UNIDAD PRODUCTORA DE ABONO</b>	
<b>Cargo</b>	Colaboradora equipo de producción (colaboradora área extracción, triturado y secado, área toma de muestras y volteo y área de empaquetado y almacén)
<b>Área</b>	Producción
<b>Habilidades específicas:</b> calidad en la ejecución de actividades, trabajo en equipo, responsabilidad, recepción y ejecución asertiva de indicaciones, comunicación asertiva, buenas relaciones interpersonales, aprendizaje continuo.	
<b>Funciones</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar actividades de extracción de Buchón de Agua de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa.</li> <li>2. Realizar actividades de triturado manual y puesta en marcha de máquina trituradora para reducir el tamaño de la especie vegetal.</li> <li>3. Realizar actividades de manejo y mezcla de cal dolomita con el material vegetal indicado</li> <li>4. Realizar actividades de transporte mediante carretillas del material vegetal.</li> <li>5. Realizar actividades de volteo mediante el uso de palas y picas en el material vegetal.</li> <li>6. Realizar actividades de tamizaje del abono orgánico mediante el uso de tamices específicos.</li> </ol>	

- 
7. Realizar actividades de empaquetado y sellado de sacos de lona manualmente con la ayuda de agujas arreas y nylon.
- 

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

*Manual de funciones Vigía Seguridad y Salud en el Trabajo, Unidad productora de abono*

---



## MANUAL DE FUNCIONES UNIDAD PRODUCTORA DE ABONO

Cargo	Vigía Seguridad y Salud en el Trabajo
Área	Seguridad y Salud en el trabajo
<b>Habilidades específicas:</b> calidad en la ejecución de actividades, trabajo en equipo, responsabilidad, comunicación asertiva, toma de decisiones, buenas relaciones interpersonales.	
<b>Funciones</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo.</li> <li>2. Incentivar la participación de las colaboradoras en actividades de promoción, divulgación e información de la seguridad y salud en el trabajo.</li> <li>3. Cumplir su rol como instrumento de vigilancia para el cumplimiento de la normativa de la seguridad y salud en el trabajo en la Unidad productora.</li> <li>4. Proponer acciones de mejora que garanticen el mantenimiento de la seguridad y la salud de las colaboradoras en sus puestos de trabajo.</li> <li>5. Definir y vigilar el desarrollo del reglamento de Higiene y seguridad industrial.</li> <li>6. Generar propuestas de medidas correctivas frente a siniestros y accidentes laborales.</li> <li>7. Realizar visitas e inspecciones a puestos de trabajo con el fin de informar a las colaboradoras sobre la existencia de factores de riesgo, sus medidas correctivas y respectivo control.</li> <li>8. Recopilar y considerar las sugerencias presentadas por las colaboradoras en temas de seguridad y salud en el trabajo.</li> <li>9. Recopilar y ordenar un archivo propio de la Unidad productora para temas de seguridad y salud en el trabajo.</li> </ol>	

---

---

**10.** Cumplir las demás funciones que indique la normatividad legal vigente sobre la seguridad y salud en el trabajo.

---

Fuente: Elaboración propia.

**Análisis financiero de la unidad productora de abono orgánico hecho a base de  
Eichhornia crassipes**

Por medio de la interpretación de variables financieras se pretende conocer si realizar el proyecto de la presente investigación es rentable y así dar luz verde para iniciar el estudio de factibilidad.

**Ingresos propios del proceso de producción de abono orgánico**

<b>INGRESOS</b>		
Venta anual de abono	1530 Bultos	\$ 45.900.000
Donación anual mano de obra 30%	Gensa S.A. E.S.P.	\$ -
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>\$ 45.900.000</b>

*Figura 61.* Ingresos año uno Unidad productora de abono, fuente: Elaboración propia.

En la figura 61 se especifica que para el año se recibirá únicamente como ingresos el valor obtenido por la venta de 1530 bultos de abono. Los 1530 bultos provienen de la capacidad máxima de transformación de la Unidad productora que equivale a 30600 kilogramos de abono al año.

Las ventas se proyectan con un incremento del 5,62 % correspondiente a la inflación cierre de año 2021.

Bajo lineamientos del análisis de mercado, y sabiendo el valor definido para cada saco de abono como \$30.000 pesos M/CTE, se espera entonces que el ingreso total sea de \$45.900.000 pesos M/CTE en el año uno.

**Ingresos no operacionales.**

Dada la definición organizacional de la Unidad productora y la responsabilidad de los socios comanditarios, se espera que la Central Termoeléctrica de Paipa, a partir del año uno de

funcionamiento de la Unidad, realice donaciones anuales correspondientes al 30 % del valor anual de la mano de obra.

El valor determinado de donación para cada año incrementa en un 10 %. Este porcentaje se toma como referente al incremento del valor del salario mínimo presentado en el año 2022 por parte del gobierno nacional.

### Costos fijos y variables propios del proceso de producción de abono orgánico

La Unidad productora de abono incluye en el cálculo de los costos fijos propios del proceso de producción a factores como la mano de obra directa proveniente de las mujeres madres cabeza de familia de la zona de influencia y la materia prima al grado de insumos como lo es la cal dolomita y el aserrín viruta, en vista de que, el Buchón de Agua no representa ningún costo para la Unidad.

Así pues, en la figura 62 se relacionan los costos fijos para el año uno. Dentro de la mano de obra se considera a su vez incluir el valor de la dotación requerida por las colaboradoras de la Unidad productora y que debe si o si ser entregada a razón de tres veces al año.

<b>COSTOS FIJOS</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>	
Mano de obra directa	\$ 36.540.000
Dotación: ropa de trabajo	\$ 1.800.000
Dotación: botas pantaneras	\$ 600.000
Dotación: botas de seguridad	\$ 600.000
<b>MATERIA PRIMA</b>	
Cal dolomita	\$ 960.000
Aserrín biruta	\$ 960.000
Hule negro	\$ 300.000
Lona en paquetes	\$ 600.000
Agujas arreas	\$ 96.000
Nylon	\$ 105.600
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>\$ 42.561.600</b>

Figura 62. Costos fijos año uno Unidad productora de abono, fuente: Elaboración propia.

El valor de la mano de obra es definido por el correspondiente a medio tiempo que para el año 2022 equivale a \$500.000 pesos M/CTE más el 21 % de prestaciones sociales. Con esto, cada colaboradora recibirá mensualmente un valor de \$609.000 pesos M/CTE.

Anualmente de acuerdo con el estudio organizacional se espera la contratación de cinco colaboradoras, para el desarrollo de actividades propias de la transformación de la *Eichhornia crassipes*.

En el año uno el valor total de mano de obra representa para la Unidad productora el costo más alto con un valor de \$36.540.000 pesos M/CTE, que recibirá un subsidio del 30 % proveniente de acciones entregadas por el socio comanditario, por ende, el valor que asumirá la Unidad equivaldrá al 70 % del valor total correspondiente para cada año de acuerdo al incremento del 10 %.

Los costos variables reúnen todos los requerimientos enunciados en la tabla 15 provenientes de materiales indirectos del proceso de fabricación. Mediante la figura 63 se ilustra, el valor correspondiente de dichos requerimientos necesarios para el año uno de producción.

<b>COSTOS VARIABLES</b>	
<b>ALQUILERES</b>	
Lancha	\$ 1.440.000
Cargador	\$ 7.680.000
Volqueta	\$ 1.920.000
Trituradora mecánica	\$ 2.880.000
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>\$ 13.920.000</b>

*Figura 63.* Costos variables año uno Unidad productora de abono, fuente: Elaboración propia.

Es importante, resaltar que las donaciones hechas por los socios comanditarios, también pueden ser en especie, por lo cual, muchos de los requerimientos son préstamos o donaciones de la Central Termoeléctrica de Paipa.

Con el objetivo de dar a conocer los resultados esperados para la Unidad productora de abono orgánico, se presenta el flujo neto de efectivo en la figura 64.

	0	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>		\$ 45.900.000	\$ 48.479.580	\$ 51.204.132	\$ 54.081.805	\$ 57.121.202
<b>COSTOS</b>		\$ 56.481.600	\$ 62.129.760	\$ 68.342.736	\$ 75.177.010	\$ 82.694.711
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		-\$ 10.581.600	-\$ 13.650.180	-\$ 17.138.604	-\$ 21.095.205	-\$ 25.573.509
<b>GASTOS</b>		\$ 880.600	\$ 930.090	\$ 982.361	\$ 1.037.569	\$ 1.095.881
<b>UTILIDAD OPERACIONAL</b>		-\$ 11.462.200	-\$ 14.580.270	-\$ 18.120.964	-\$ 22.132.774	-\$ 26.669.389
<b>OTROS INGRESOS</b>		\$ 25.048.200	\$ 26.353.020	\$ 27.788.322	\$ 29.367.154	\$ 31.103.870
<b>OTROS EGRESOS</b>		0	0	0	0	0
<b>UTILIDAD NETA</b>		\$ 13.586.000	\$ 11.772.750	\$ 9.667.358	\$ 7.234.380	\$ 4.434.480
<b>IMPUESTOS</b>		\$ 4.483.380	\$ 3.885.008	\$ 3.190.228	\$ 2.387.345	\$ 1.463.378
<b>UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS</b>		\$ 9.102.620	\$ 7.887.743	\$ 6.477.130	\$ 4.847.034	\$ 2.971.102
<b>INVERSIONES</b>	\$ 977.000					
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	-\$ 977.000	\$ 9.102.620	\$ 7.887.743	\$ 6.477.130	\$ 4.847.034	\$ 2.971.102

Figura 64. Flujo Neto de efectivo Unidad productora de abono orgánico, fuente: Elaboración propia.

La proyección de los valores para los ingresos y los gastos se realizó teniendo en cuenta el porcentaje de inflación con el que cerró el año 2021 equivalente a 5,6 %. Mientras que, la realizada en los costos y en otros ingresos por donaciones del socio comanditario se proyectaron con el 10 % debido a que la mayoría de los costos provienen de mano de obra y se genera compromiso con el socio para subsidiar parte de dicho rubro.

### Punto De Equilibrio Del Proyecto

El punto de equilibrio para el año uno claramente sobrepasa los límites de capacidad disponible de la Unidad productora como se evidencia en la figura 65.

PUNTO DE EQUILIBRIO		2036
Precio Unitario	\$ 30.000	
Costo variable unitario	\$ 9.098	

Figura 65. Punto de equilibrio año uno Unidad productora de abono, fuente: Elaboración propia.

Se define así, que para que la Unidad productora de abono orgánico adquiriera un sostenimiento independiente sin acciones del socio comanditario, se deben vender al año una cantidad mayor igual a 2036 bultos de abono.

### Evaluación del proyecto mediante Tasa Interna de Retorno (TIR) y Valor Presente Neto (VPN)

Por medio de la proyección del flujo neto y con la herramienta de Excel se logró determinar la Tasa Interna de Retorno “TIR” y el Valor Presente Neto en base a la información recolectada por el análisis financiero.

La figura 66 indica que el valor obtenido para el “VPN” corresponde a \$22.814.953 pesos M/CTE con una tasa de descuento del 12 % efectiva anual, que representa para el inversionista el 10 % del crecimiento de los costos más dos puntos de riesgo, lo que para Miranda (2001) significa **VIABILIDAD EN EL PROYECTO**. Ya que este “VPN” indica que al traer los valores futuros al precio de hoy y evaluarlos obtenido un resultado mayor a cero como el obtenido para la presente investigación elimina la incertidumbre y recomienda aceptar el proyecto ya que augura excelente rentabilidad.

<b>VPN</b>	\$ 22.814.953,36
<b>TIR</b>	917,9%

*Figura 66.* Valor presente Neto y Tasa Interna de Retorno Unidad productora de abono, fuente: Elaboración propia.

Respecto a la Tasa Interna de Retorno “TIR” se puede afirmar con base en los conceptos de Miranda (2001) que al presentar un valor mayor a la tasa de descuento, para el presente caso 12 %, el proyecto se considera **ACEPTABLE**, ya que, su rentabilidad es mayor que la rentabilidad mínima requerida y se aprecia una alta tasa, en vista de que la inversión inicial es muy reducida.

## Conclusiones

Se concluye que el estudio de prefactibilidad arroja los datos indicados para recomendar al inversionista seguir adelante con el estudio de factibilidad, para viabilizar el desarrollo de la propuesta de investigación.

Las variables socioeconómicas de las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa indican que la población de la zona de influencia está distribuida equitativamente cuando se habla de género, que es una población joven que se dedica al desarrollo de actividades económicas como la minería, la ganadería y la agricultura. Los factores sociales más marcados son el machismo y el cultivo de tradiciones como la elaboración y el consumo de bebidas alcohólicas. Dentro de la zona de influencia se encuentran mujeres madres cabeza de familia en estado de desempleo, problemática originada en vista de que, el sector carece de ofertas laborales que se adapten a las necesidades de ellas y les permitan cumplir a su vez con el rol de mamá.

El valor agregado del nuevo producto que se espera introducir en el mercado es la riqueza composicional que ofrece el Buchón de Agua al usarlo como materia prima del abono orgánico. Se evidencia aceptación del producto frente a la comunidad minera del municipio de Paipa, a quienes va dirigida la promoción del producto ya que por sus componentes nutricionales ayuda en la fitorremediación de suelos erosionados propios de actividades mineras. El producto se espera sea producido en presentaciones de 40 kilogramos con un precio inicial tentativo de \$30.000 pesos M/CTE y que buscará alianzas estratégicas con cooperativas como lo es “COAGROMIN LTDA” para estar más cerca del consumidor.

Con base en la literatura revisada se definió el mejor proceso de transformación que mezcla las ideas de varios autores. Se propone un diagrama de proceso que contiene 13 pasos abarcando desde la extracción manual de la especie vegetal, hasta el empacado, sellado y almacenamiento del abono orgánico en saco de lona. Para ello la Unidad productiva espera contar con un área inicial aproximada de 475 m<sup>2</sup> para distribuir diez áreas de trabajo que son: el área de triturado y mezclado, el área de secado, el área de almacenamiento en pilas, el área de tamizaje, la de empacado, el laboratorio, el almacén de insumos, herramientas y producto final, y para el uso de las colaboradoras el área de la oficina, unidades sanitarias y vestier y la zona de hidratación.

Esta distribución garantiza a la Unidad una capacidad instalada de 30600 kilogramos de abono orgánico en seis meses lo que representa 765 sacos de abono listos, 1530 al año.

Con el fin de buscar la mejor locación, que supla los requerimientos mínimos para el correcto funcionamiento de la Unidad productora, por medio de una matriz de localización se definió al antiguo patio de cenizas como el lugar indicado para ejecutar el proyecto.

Siguiendo los lineamientos de responsabilidad social empresarial, la Unidad productora se definirá como una sociedad en comandita simple de razón social “ASOGBUCHÓN & Cía. S.C.” La función de socio comanditario la suplirá la Central Termoeléctrica de Paipa y por ello, la estrategia organizacional de la nueva Unidad productora conservará los colores, valores institucionales y la mascota de la Central, con la adición del valor agregado que representa a la Unidad y es el Buchón de Agua. En cuanto a manual de funciones, la organización contará con cinco colaboradoras mujeres madres cabeza de familia de la zona de influencia de la Central, quienes cumplirán funciones polivalentes dentro de la organización y trabajarán de lunes a viernes en horario de 08:00 am a 12:00 del mediodía.

Desde el punto de vista financiero, se determina que el desarrollo de la investigación arroja un flujo efectivo del dinero bastante favorecedor, que permitirá en un corto periodo de tiempo el incremento en la capacidad productiva y recurso humano de la Unidad productora, cumpliendo de forma más eficiente con las necesidades y requerimientos de los clientes potenciales. Por ello, se motiva a la Central para que dé inicio al estudio de factibilidad de la presente investigación.

Las limitaciones frente al desarrollo de la presente investigación radicarón en que a nivel nacional, regional y local no hay un producto comercial que se caracterice por ser abono orgánico manufacturado a base de Buchón de Agua, por lo cual, no se tuvo base de referencia frente a temas de mercadeo como precio, plaza, promoción y producto con esta característica. Debido a ello, la investigación se basó en oferta y demanda de productos sustitutos al abono orgánico de Buchón de Agua como abonos hechos a base de residuos orgánicos u otros provenientes de otras fuentes naturales.

Se recomienda continuar con el estudio de factibilidad para que finalmente los inversionistas decidan o no la ejecución final del proyecto, pues, la viabilidad de la prefactibilidad, da luz verde para realizar a fondo la factibilidad. A su vez, se recomienda realizar un estudio frente a las alternativas de acelerantes naturales que permitan reducir el tiempo de elaboración del abono

orgánico sin alterar las características físico-químicas que caracterizan al Buchón de Agua presente en las piscinas de enfriamiento de la Central Termoeléctrica de Paipa.

### Referencias Bibliográficas

- Albarracín, F. (2022). *Comunicación personal*. Paipa: Alcaldía Municipal de Paipa.
- Alcaldía Municipal de Paipa. (2020). *Plan de desarrollo 2020 - 2023*. Recuperado de <https://www.paipa-boyaca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Plan%20de%20Desarrollo%202020%20-%202023.pdf>
- Alomía, Y. A., Peña, E. J., Bolaños, A. C., & Pedraza, G. X. (2021). Efecto de la actividad de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm sobre la calidad del compost elaborado con *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach y estiércol de ganado. *Investigación ganadera para el desarrollo rural*, 23. Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd23/6/alom23134.htm>
- Ardila, J. L. (2018). *Sistema de eliminación y aprovechamiento del Buchón de Agua Ramé*. (Trabajo de grado). Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Bernal, A. D., & Gutiérrez, C. (2019). *Formulación de un plan de manejo integrado para control y minimización del Buchón de Agua (Eichhornia Crassipes) presente en La Charca de Guarinocito-La Dorada, Caldas-Colombia*. (Trabajo de investigación). Universidad El Bosque, Bogotá.
- Calderón, J. (2015). *Pasantía en la Central Termoeléctrica de Paipa: apoyo a la unidad de producción y unidad administrativa*. (Informe de trabajo de pasantía). Universidad Santo Tomás, Tunja.
- Castaño, J. C., Cortes, G. L., Mendoza, C. C., & Tovar, Y. G. (2018). *Estudio de prefactibilidad para la creación de empresa dedicada al manejo y transformación de Tereftalato de Polietileno (PET) en Bogotá D.C.* (Proyecto de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Castro, A. (2022). *El valor emprendedor - Gestión*. Recuperado de <https://elvaloremprendedor.com/Gestion/Como-Hacer-Pestel-5-Pasos-Plantilla/>
- Córdoba, M. (2011). *Formulación y evaluación de proyectos*. (2ª ed.). Bogotá: ECO Ediciones.
- Corpoguavio Colombia. (2021, abril). *Corpoguavio adelanta jornada jornada de recolección manual de Buchón en el Embalse del Guavio*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=PDZe0zAHf9Q>

- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (2009). *Determinación de la meta global de descontaminación cuenca alta del Río Chicamocha*. Recuperado de <https://xdoc.mx/documents/corpoboyaca-5e0515041125f>
- Cruz, L. O. (2006). *Compostaje del Buchón de Agua como alternativa de gestión*. (Tesis de grado). Universidad de los Andes, Bogotá.
- Dulcolsa. (2020). *Plan de manejo de expansión de Buchón de Agua*. Paipa: GENSA.
- El Colombiano. (8 de septiembre de 2013). Precio de los insumos, un lastre muy pesado para el campo. *El Colombiano*. Recuperado de <https://www.eluniversal.com.co/Economica/Precio-de-Los-Insumos-Un-Lastre-Muy-Pesado-Para-El-Campo-133922-FQEU222236>.
- El Diario Boyacá. (1 de septiembre de 2020). Desempleo en Tunja sigue en aumento. *El Diario*. Recuperado de <https://Periodicoeldiario.Com/Desempleo-En-Tunja-Sigue-En-Aumento-2/>.
- Espejo, C. (2022). *Entrevista, comunicación personal*. Paipa: Red Vital S.A. E.S.P.
- Espinosa, L. F. (2019). *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mezclados con Buchón de Agua, por medio del compostaje*. (Informe de grado). Universidad Santo Tomás, Bogotá.
- Fernández, A. (2018). *Ubicación geográfica de predios, depósitos y plantas industriales*. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires. Recuperado de <https://docplayer.es/57781924-Ubicacion-geografica-de-predios-depositos-plantas-industriales-ing-antonio-fernandez.html>
- García, M. A., Vargas, M. del P., Díaz, D. C., Aragón, M. J., & Sánchez, F. H. (2018). *Estudio de viabilidad para la producción y comercialización de abono orgánico*. (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Gensa S.A. E.S.P. (2019). *Línea de tiempo*. Recuperado de <http://www.gensa.com.co/Linea-de-Tiempo/>
- Gestión Energética S.A. E.S.P. (2020). *Solicitud privada de ofertas*. Paipa: GENSA.
- Gestión Energética S.A. E.S.P. (2022). *Informe de Sostenibilidad 2021*. Paipa: GENSA.
- Gestión Energética SA ESP. (2016). *Informe de Sostenibilidad 2016*. Paipa: GENSA.
- Gestión Energética SA ESP. (2021). *Informe de Sostenibilidad 2020*. Paipa: GENSA.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1991). *Metodología de la investigación*. Bogotá:

McGraw-Hill.

Instituto Colombiano Agropecuario. (2004). *Resolución No. 00375*. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resolucion-375-de-2004.aspx#:~:text=Documento%20oficial%20expedido%20por%20el%20ICA%2C%20mediante%20el%20cual%20se,conformidad%20con%20las%20regulaciones%20vigentes.>

Instituto Colombiano Agropecuario. (2015). *Cartilla práctica para la elaboración de abono orgánico compostado en producción ecológica*. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11404/5229>

Instituto Colombiano Agropecuario. (2021). *Empresas fertilizantes 2021 Registro ICA*. Recuperado de [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/listados/db\\_fertilizantes-registrados\\_30-abr-2022.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/listados/db_fertilizantes-registrados_30-abr-2022.aspx)

Jiménez, C. F., & Lozano, L. K. (2015). *Aprovechamiento del Buchón de Agua Eichhornia Crassipes y el estiércol de Búfalo para la elaboración de una enmienda orgánica en la reserva natural Pozo Verde*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Santiago de Cali.

Jiménez, T. A., & Silva, D. P. (2018). *Formulación de estrategias de manejo ambiental para la erradicación del Buchón de Agua (Eichhornia Crassipes) presente en el humedal Gualí - Tres Esquinas (Funza, Cundinamarca)*. (Proyecto de grado). Universidad Libre, Bogotá.

Kalenatic, D., López, C., & González, L. (2005). Modelo de medición, análisis, planeación y programación de capacidades en un contexto de múltiples criterios de decisión. *Ciencia, Investigación, Academia, Desarrollo*, 10 (2), 57–66.

Laval Lab. (2022). *Zarandas o cribas para agregados y productos granulados*. Recuperado de <https://lavallab.com/Es/Products/Tamizadores-Zarandas-Tamices/Zarandas-Cribas-Agregados/>

Martínez, C. (s.f.). Diagnóstico ambiental preliminar de la Central Termoeléctrica de Paipa. *Ingeniería e Investigación*, 23–29.

MercadoLibre. (2022a). *Báscula 200Kg electrónica pedestal*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-572632886-Balanza-Bascula-200kg-Electronica-Pedestal->

MercadoLibre. (2022b). *Equipo NPK pH*. Recuperado de

- [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-608119338-Kit-de-Prueba-de-Suelo-Rapitest-Npk-Ph-Medidor-Soil-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-608119338-Kit-de-Prueba-de-Suelo-Rapitest-Npk-Ph-Medidor-Soil-_JM).
- MercadoLibre. (2022c). *Equipos de emergencia*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-606773641-Maleta-o-Morral-Botiquin-Tipo-Ambulancia-Grande>.
- MercadoLibre. (2022d). *Hule negro calibre 6*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-633450257-Plastico-Negro-Cal-6-4-Metros-de-Alto-x-30-Metros-de-Largo->.
- MercadoLibre. (2022e). *Material de operación paso trece*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-862186376-Agujas-Arrea-Para-Coser-Costales>.
- MercadoLibre. (2022f). *Materiales de operación paso 1*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-652608965-Carretilla-Reforzada-Con-Rueda-Anti-Pinchazo>.
- MercadoLibre. (2022g). *Trituradora mecánica de residuos orgánicos*. Recuperado de <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-589813914-Picador-Residuos-Organicos-Penagoshidroherramientas-Pr14mg>.
- Ministerio de Comercio, I. y T. (2021, noviembre). *Información: perfiles económicos departamentales*. Oficina de estudios económicos. Recuperado de <https://www.mincit.gov.co/getattachment/fdd96c98-45d2-451f-86c6-d200a1da9427/Perfiles-Economicos-por-Departamentos>
- MinTrabajo: Función Pública. (2022). *¿Sabe usted qué es el Manual de Funciones?* Recuperado de [https://www.funcionpublica.gov.co/Preguntas-Frecuentes/-/Asset\\_publisher/SqxafjubsrEu/Content/-Sabe-Usted-Que-Es-El-Manual-de-Funcione-1/28585938](https://www.funcionpublica.gov.co/Preguntas-Frecuentes/-/Asset_publisher/SqxafjubsrEu/Content/-Sabe-Usted-Que-Es-El-Manual-de-Funcione-1/28585938).
- Miranda, J. (2001). *Gestión de proyectos Identificación - Formulación Evaluación financiera - Económica - Social - Ambiental*. Santa fe de Bogotá: MM Editores.
- Moreno Morales, C., & Chaparro Ávila, E. (2009, enero). *Las leyes generales del ambiente y los códigos de minería de los países andinos : instrumentos de gestión ambiental y minero ambiental*. CEPAL. Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6339/1/S0800613\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6339/1/S0800613_es.pdf)

- Murcia, D. L., & Perilla, W. Y. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la creación de una empresa dedicada al aprovechamiento de llantas usadas para la elaboración de muebles ecológicos en el municipio de Chiquinquirá*. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Chiquinquirá.
- Niño, C. (2018). *Gestión del riesgo ambiental: proceso de generación de emisiones contaminantes en la Termoeléctrica a base de carbón del Municipio de Paipa*. (Monografía). Fundación Universitaria de América, Bogotá.
- Norma Técnica Colombiana 5167. (2004). *Productos para la industria agrícola. productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo*. Recuperado de [https://www.cenicana.org/wp-content/uploads/2019/10/NTC\\_5167](https://www.cenicana.org/wp-content/uploads/2019/10/NTC_5167).
- Orjuela, S., & Sandoval, P. (2002). *Guía del estudio de mercados para la evaluación de proyectos*. (Seminario de Prueba). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Patiño, M. (2022). *Comunicación personal*. Paipa: Central Termoeléctrica de Paipa.
- Porras, C. N. (2017). *Estudio del Buchon de Agua (Eichornia Crassipes) para el tratamiento de aguas residuales*. (Informe de práctica). Universidad Nacional, Abierta y a Distancia, Bucaramanga.
- Poveda, L. F. (2017). *Análisis del uso alternativo de Buchón de Agua para la descomposición de la materia orgánica*. (Trabajo de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Quevedo, C., & Universidad de Boyacá. (2021, Mayo). *Diseño Metodológico*. Tunja: Universidad de Boyacá.
- Robledo, L. D., & Ronderos, A. F. (2019). *Estudio de prefactibilidad del aprovechamiento de los residuos orgánicos para la producción de compost en el asentamiento población La Nohora*. (Trabajo de grado). Universidad Santo Tomás, Villavicencio.
- Rodríguez, A. G., Colmenares, F. A., Barragán, J. C., & Mayorga, M. A. (2017). Aprovechamiento energético integral de la Eichhornia crassipes (Buchón de agua). *Ingenium*, 18, 134–151.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina*. "FAO". Recuperado de <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- Sánchez, C., Suárez, T., & Archila, J. (2016). *Evaluación de la descarga de aguas residuales en la Central Termoeléctrica de Paipa en el Río Jordán en Boyacá*. (Trabajo de grado).

Universidad La Gran Colombia, Bogotá.

Silva, T. (2021). *Comunicación personal*. Paipa: Central Termoeléctrica de Paipa.

Simancas, M. P., & Castillo, S. E. (2017). *Estudio de prefactibilidad para la recolección y aprovechamiento de llantas en desuso en la ciudad de Bogotá*. (Trabajo de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Suárez, M. K., & Quiroga, L. V. (2016). *Obtención de abono orgánico líquido a partir de la digestión anaeróbica de la planta acuática invasora "Eichhornia Crassipes" (Taruya) a través de un biodigestor*. (Trabajo de grado). Universidad de la Costa, Barranquilla.

Manual de EPP Central Termoeléctrica de Paipa, Pub. L. No. 4, Recuperado de [http://intragensa.gensa.com.co/archivos\\_sgc/documentos%20por%20procesos/p.%20misionales/\(4\)%20generacion%20de%20energia/m-005-015-altp%20c8.%20manual%20de%20epp%20central%20termoelectrica%20de%20paipa.pdf?q=1650139351](http://intragensa.gensa.com.co/archivos_sgc/documentos%20por%20procesos/p.%20misionales/(4)%20generacion%20de%20energia/m-005-015-altp%20c8.%20manual%20de%20epp%20central%20termoelectrica%20de%20paipa.pdf?q=1650139351) (2021).

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2002). *Así es mi Boyacá: El altar de la patria de todos los colombianos* Boyacá 7 días. (2ª ed.). Tunja: Casa Editorial El Tiempo.

Uranga, J. (2014). *Manual práctico de técnicas de compostaje*. Recuperado de <https://www.abarrataldea.org/manual.htm>

Valle, C. I. (2009). *Aprovechamiento del Jacinto Acuático de la planta de tratamiento "Ing. Arturo Pazos Sosa" para la producción de abono orgánico*. (Estudio especial). Universidad de San Carlos, Guatemala.