



ANÁLISIS DEL USO ALTERNATIVO DE BUCHÓN DE AGUA PARA LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

AUTOR

LUISA FERNANDA POVEDA PATIÑO

TUTOR

RUIZ SUÁREZ ERIKA JHOANA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESP. EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE LOS RECURSOS
NATURALES
BOGOTÁ – COLOMBIA
2017**

ANÁLISIS DEL USO ALTERNATIVO DE BUCHÓN DE AGUA PARA LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

ANALYSIS OF THE ALTERNATIVE USE OF WATER BUCHON FOR THE DECOMPOSITION OF ORGANIC MATTER

Poveda Patiño Luisa Fernanda¹
Ingeniera Ambiental
Bogotá, Colombia
luisapoveda.ambiental@gmail.com

Ruiz Suárez Erika Jhoana²
Biologa
Bogotá, Colombia
ingenieria.pambiental@unimilitar.edu.co

RESUMEN

Con el propósito de aprovechar y disminuir los residuos orgánicos dispuestos en rellenos sanitarios y mejorar las características de los abonos orgánicos obtenidos por su descomposición, se evalúa la alternativa de utilizar la planta acuática Buchón de Agua (*Eichhornia Crassipes*), como materia que acondiciona el proceso de compost y como remplazo de la gallinaza; la cual es muy empleada por su alto contenido de fosforo y nutrientes que aporta a los abonos y suelos, pero que también genera problemas de proliferación de enfermedades a las plantas y especies arbóreas. Se estudia y analiza las características que posee el Buchón de Agua, el alto contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas, las propiedades que tiene como especie bioremediadora y como sustrato para mejorar las condiciones de los suelos. Se especifica las condiciones adecuadas, tipo de sistema y materiales que se pueden emplear para facilitar el proceso

¹ Estudiante Esp. Planeación Ambiental y manejo integral de Recursos Naturales.

² Docente Esp. Planeación Ambiental y manejo integral de Recursos Naturales.

de compost. Se analiza estudios de caso, en donde se emplea la planta directamente para descomponer materia orgánica y como biofertilizante para mejorar las características de suelos afectados por actividades antrópicas. Finalmente se evalúa el contenido de nutrientes que aporta cada parte de la planta y se comprara con los porcentajes que suministra la gallinaza, analizando la viabilidad de sustitución de la gallinaza y proponiendo materiales y cantidades de mezcla para obtener un abono orgánico optimo que cumpla con la norma legal aplicable.

Palabras clave: Biotransformación, Materiales Celulolíticos, Gallinaza, Biorremediador, Biogas, Compost, Bocashi.

ABSTRACT

In order to take advantage of and reduce the organic waste disposed in sanitary landfills and improve the characteristics of the organic fertilizers obtained by its decomposition, the alternative of using the aquatic plant Buchón de Agua (*Eichhornia Crassipes*) as a matter that conditions the process of compost and as a replacement for chicken manure; which is very used for its high content of phosphorus and nutrients that contributes to fertilizers and soils, but also generates problems of proliferation of diseases to plants and tree species. The characteristics of the Water Buzzard, the high content of organic and inorganic substances, the properties it has as a bioremediating species and as a substrate to improve soil conditions are studied and analyzed. It specifies the appropriate conditions, type of system and materials that can be used to facilitate the compost process. Case studies are analyzed, where the plant is used directly to decompose organic matter and as a biofertilizer to improve the characteristics of soils affected by anthropogenic activities. Finally, the nutrient content provided by each part of the plant is evaluated and purchased with the percentages supplied by the chicken manure, analyzing the feasibility of replacing the poultry manure and proposing materials and mixing quantities to obtain an optimum organic fertilizer that complies with the applicable legal standard.

Keywords: Biotransformation, Cellulolytic materials, Gallinaza, Bioremediator, Biogas, Compost, Bocashi.

INTRODUCCION

Con el aumento progresivo de la población surge la necesidad de demandar más recursos naturales, en especial a nivel de suelo y agua. De la utilización progresiva y desmesurada de estos recursos se obtiene la generación de residuos sólidos y líquidos, que impacta negativamente a estos mismos recursos y ocasiona también problemas sociales y económicos.

Se estima que en la ciudad de Bogotá se produce a diario 7.500 toneladas de residuos, que se disponen en el relleno sanitario Doña Juana [1]. La cantidad de residuos del servicio ordinario de aseo (residuos convencionales y hospitalarios) que se dispuso el año pasado en el relleno Sanitario Doña Juana, fue de 2.253.072,09 toneladas [2], de los cuales en promedio el 65% son aprovechables, siempre y cuando se conozca su composición. Del total de residuos aprovechables el 88.5% corresponde a residuos vegetales (verduras, frutas y hortalizas) [3], los cuales son susceptibles a procesos de biotransformación, para la obtención de abono orgánico, que se pueden incorporar nuevamente al recuso suelo.

Generalmente para la trasformación de los residuos orgánicos se utiliza grandes proporciones de fertilizantes orgánicos o biofertilizantes; entre los más comunes está el estiércol de vacunos, gallinaza, cascarilla de arroz o materiales celulolíticos [4], los cuales facilitan su manejo y descomposición. Pero para obtener un abono orgánico de excelente calidad es muy importante que los factores que condicionan el proceso (temperatura, humedad, pH, oxígeno) se encuentren en condiciones óptimas, y que la relación carbono nitrógeno este equilibrada [3].

Es por ello que siempre se opta por utilizar gallinaza, debido a que posee un alto contenido de nutrientes, fuentes de carbono y acelera el proceso de descomposición, lo que facilita la conversión de los residuos a abono o humus [5], mejorando las características de los cultivos de horticultura y extensivos. Por esta razón su uso y

cantidades empleadas han aumentado, sin tener presente los problemas fitosanitarios y procesos de nitrificación acelerada que puede ocasionar el uso continuo de la misma [6].

Comparando los nutrientes que puede aportar la gallinaza con los fertilizantes químicos se evidencia que su aporte es bajo, haciéndose necesario que el volumen de aplicación sea 50 veces mayor [7], lo que genera emisión de olores desagradables, altas concentraciones de gases, proliferación de vectores y microorganismos patógenos, y contaminación de suelos y aguas [6].

Por lo anterior, al evaluar la necesidad del alto consumo de estiércoles, en especial gallinaza (30%) [5], para conformar pilas de residuos orgánicos a compostar, se plantea como alternativa el uso de la planta acuática Jacinto de Agua o Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*); la cual se ha señalado por mucho tiempo como una “maleza” o técnicamente como una de las especies exóticas invasoras más perjudiciales del mundo (UICN) [7]; la cual impide el paso de luz, causa problemas de oxigenación e impide la navegabilidad en los cuerpos de agua.

Durante muchos años se ha catalogado la planta acuática *eichhornia crassipes*, como un problema para los ríos y lagos de diferentes partes del mundo, desconociendo los beneficios y características que tiene como planta biorremediadora; tanto para el tratamiento de aguas residuales, suelos contaminados con hidrocarburos, como para los diferentes usos que tiene a nivel alimenticio y como materia prima para la realización de artesanías [9]. Pero en recientes investigaciones se ha reconocido la capacidad de absorción que posee esta planta, empleándola para el control de aguas residuales con alto contenido de metales pesados (rizofiltración) [8], y las diferentes alternativas de uso como fertilizante, forraje y para la producción de biogás [8].

Actualmente en Colombia se realiza control de la especie, erradicándola mecánicamente o con productos químicos [10], y no se ha investigado a detalle alternativas de uso y aprovechamiento, desconociendo las propiedades y su potencial como sustrato orgánico, el que puede beneficiar el desarrollo y los procesos de sucesión de la vegetación [11]. Es por ello que en este artículo se analiza su posible uso como fuente de fósforo y remplazo de la gallinaza para la descomposición de residuos orgánicos.

Como el crecimiento del buchón de agua está estrechamente relacionado con aguas ricas en nitrógeno, fósforo y potasio, y está compuesto químicamente por sustancias orgánicas e inorgánicas [9], estos elementos son los que influyen y estimulan la descomposición de la materia orgánica; en comparación con la gallinaza los contenidos de nitrógeno, carbono y fósforo no varían considerablemente. Mientras que en la relación carbono – fósforo el Buchón de Agua tiene mayor incidencia, haciéndola una alternativa como sustitución de la gallinaza. La cual puede contribuir a reducir el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos y a la obtención de un abono orgánico con alto contenido de nutrientes, que facilite el crecimiento en corto tiempo tanto de herbáceas heliófilas (aquellas que necesitan recibir los rayos solares directamente), como de especies arbóreas [11].

Por esta razón se evaluará la viabilidad de sustitución de gallinaza por buchón de agua como fuente de fósforo, proponiendo porcentajes de mezcla de materiales para la obtención de abono orgánico con alto contenido nutricional, el cual se puede utilizar en áreas iniciales de estudio, para realizar una comparación de las ventajas de desventajas y analizar posibles concentraciones de metales traza y sus efectos.

1. MATERIALES Y METODOS

Fase 1. Caracterización de la planta Buchón de Agua - (*Eichhornia crassipes*).

Se realizó una investigación preliminar de la planta, para conocer a detalle sus características y descripción florística, morfológica, fisiológica y taxonómica.

Fase 2. Determinación del contenido de nutrientes que puede aportar el Buchón de Agua - (*Eichhornia crassipes*).

Se realiza un balance del contenido de nutrientes que aporta el buchón de agua con relación a la gallinaza, con base en estudios realizados, y se describe los metales traza que podría contener el abono y sus consecuencias.

Fase 3. Selección del tipo de método para obtener el abono orgánico y evaluación de la efectividad del buchón de agua como fertilizante.

Se analiza el método más eficiente para la obtención de abono orgánico y se compara los estudios realizados para determinar la efectividad del buchón de agua como recuperador y fertilizante de suelos.

Fase 4. Análisis de casos estudio.

Se analiza dos casos estudio; el primero donde se empleó el Buchón de Agua como fertilizante y recuperador de suelos degradados, y el segundo como mezcla para mejorar las características de compost obtenido de la descomposición de los subproductos de cebolla.

Fase 5. Propuesta de materiales y cantidades a emplear para la obtención del abono orgánico.

Se propone una relación de mezcla teniendo en cuenta las características y calidad que debe cumplir el abono orgánico según norma y guías legales vigentes.

2. RESULTADOS

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA BUCHÓN DE AGUA - (*EICHHORNIA CRASSIPES*).

A continuación se realiza una descripción y caracterización florística, morfológica, fisiológica y taxonómica del Buchón de Agua, con el propósito de conocer a detalle sus características.

- **Nombre científico:** *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms
- **Nombre común:** Buchón de agua, Cucharilla, Camalote, Flor de Agua, Jacinto de agua, Lagunera, Lirio Acuático, Violeta de Agua o Ninfa.
- **Familia:** Pontederiaceae (Pontederiáceas).
- **Origen:** cursos de agua de la cuenca del Amazonas, en América de Sur.

Es una planta acuática flotante de raíces sumergidas y complejas, con hojas y flores aéreas, que carece de tallo aparente, provista de un rizoma, muy particular, del que se abre un rosetón de hojas que tiene una superficie esponjosa notablemente inflada en forma de globo, el cual le proporciona estabilidad y la ayuda a mantenerse en la superficie acuática [9].

Se encuentra distribuida a nivel de trópico y subtropico en cualquier sistema hídrico [12], por lo que se ha considerado como planta invasora, debido a que su reproducción es bastante rápida, puesto que se puede reproducir sexual y asexualmente, y su tiempo de vida es alto, porque no necesita de muchos cuidados para subsistir[9]. Su crecimiento puede ser favorecido por aguas residuales, mediante el proceso de eutrofización, el cual se caracteriza por tener aporte excesivo o incremento de sustancias nutritivas; especialmente ricas en nitrógeno, fosforo y potasio; los cuales son nutrientes de los que se alimenta el buchón de agua y permiten su reproducción [13] [14].

Se caracteriza por tener un color verde brillante oscuro y lustroso, sus hojas son acorazonadas, las cuales tienen un buen contraste con la floración y el tallo espigado [9] [10]. Sus flores color malva claro tan solo duran tres días y la masa radicular espesa color marrón azulado, presenta un desarrollo en ancho y longitud superior a los 30 cm [9], como se puede observar en la siguiente ilustración.



Ilustración 1: Fotografía del Buchón de Agua o (*Eichhornia Crassipes*).
Fuente: Universidad Nacional de Colombia. 2011 [12]

- **Hábito y Forma de Vida:** Planta acuática libremente flotadora o fija al sustrato, perenne [15].
- **Tamaño:** Muy variable en tamaño, normalmente alrededor de 30 cm. puede formar matas flotantes grandes [15].
- **Tallo:** Reducido, estolonífero, aunque un tallo horizontal (rizoma) alargado conecta a diferentes individuos [15].
- **Hojas:** Forman una roseta basal, los pecíolos largos y cilíndricos en las plantas fijas al sustrato (de 3 a 60 cm de largo), y cortos y globosos en las plantas flotantes, las láminas de las hojas casi circulares o más anchas que largas, de 2,5 a 16 cm de largo y de 3 a 12 cm de ancho, ápice truncado, redondeado a ligeramente obtuso, base truncada a algo cordada [15].
- **Inflorescencia:** Espiciforme, con 4 a 16 flores solitarias y alternas a lo largo del pedúnculo, sésiles, pedúnculo de 6 a 26 (33) cm de largo, grueso, glabro a ligeramente pubescente [15].
- **Flores:** Grandes (hasta de 5 cm de largo) de color lila, variando del azul a morado, con pelillos, con la base tubulosa y hacia el ápice dividida en 6 segmentos desiguales; 3 externos y 3 internos, uno de éstos más ancho y con una mancha amarilla; 6 estambres con pelos glandulares en los filamentos, 3 de ellos más largos, las anteras aflechadas, de un tono azul [15].
- **Frutos y Semillas:** El fruto es una cápsula elíptica, de más o menos 1,5 cm de largo, con 3 ángulos. Las semillas son numerosas, de poco más de 1 mm de largo, con 10 costillas longitudinales y de color negruzco.
- **Condiciones de Mantenimiento:** Requiere de superficies lo más extensas posibles y de agua neutra, cuyo pH puede oscilar entre 6,8 y 7,5, con una dureza media, que puede estar entre 12-18 DH y con temperaturas extremas comprendidas entre 17 y 28 °C, aunque el óptimo sea de 22-24 °C.

En la siguiente ilustración se puede evidenciar las características descritas del buchón de agua.



Ilustración 2: Buchón de Agua o Lirio Acuático.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia. 2011 [12]. Dizhal.Info. 2009.[16]

Fuente: Adaptación Propia.

2.2.DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES QUE PUEDE APORTAR EL BUCHÓN DE AGUA - (*EICHHORNIA CRASSIPES*).

Comprender la importancia que tiene la materia orgánica en el suelo es clave para para promover los acuerdos y políticas que se han establecido, relacionados con la promoción y conservación del recurso suelo, y para buscar nuevas alternativas de generación y obtención de abono orgánico, que favorezca las propiedades del suelo y optimice los procesos productivos naturales y antrópicos que se efectúen en él mismo. Al realizar una evaluación de los diferentes métodos y materiales de los cuales se puede obtener fertilizantes naturales para el suelo, se identifica que comúnmente se emplea la gallinaza o estiércol de la gallina para complementar y acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica (restos vegetales).

Pero al evaluar la planta Buchón de Agua o ***Eichhornia Crassipes*** como alternativa para reemplazar el uso de gallinaza en el proceso de compostaje de la materia orgánica, se identifica que se encuentra compuesta químicamente por sustancias orgánicas e inorgánicas, las cuales obtiene principalmente del medio acuático donde se reproducen [7] [9]. Está constituida básicamente de agua, ya que se determinó el porcentaje de humedad contenido, donde se obtuvo un resultado de un 90,4%, quedando sólo un 9,6%

de materia seca [8] [9]. Según análisis realizados por la Comisión de Energía Atómica en el año 2002, la planta es rica en nutrientes, pero de igual manera contiene metales pesados en su composición [9]. A continuación se expone en la tabla 1 los valores obtenidos de dos estudios, en donde se caracteriza las concentraciones de nutrientes que aporta la gallinaza y el Buchón de Agua.

Tabla 1. Valor nutricional de la gallinaza de gallinas ponedoras de jaula.

TIPO GALLINAZA	% Humedad	% Fosforo	% Nitrógeno	% Potasio
Fresca	70 – 80	1.1 – 1.6	0.9 – 1.4	0.4 – 0.6
Acumulada unos meses	50 – 60	1.4 – 2.1	1.1 – 1.7	0.7 – 1
Almacenada en foso profundo	12 – 25	2.5 – 3.5	2 – 3	1.4 – 2
Desecada industrialmente	7 – 15	3.6 – 5.5	3.1 – 4.5	1.5 – 2.4

Fuente: Revista La Sallista de Investigación 2005 [17]. Adaptación Propia.

Tabla 2. Concentraciones de macro y micronutrientes identificados en el Buchón de Agua.

Porción	% de peso seco					Concentración (mg/l)			
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mg
Raíces	1,44	0,04	2,57	1,44	0,47	121	30,5	1004,5	83
Tallos	1,4	0,09	6,35	1,93	0,49	35	22,75	67	61,8

Fuente: Comisión Nacional de Energía Atómica 2002 [9]. Adaptación Propia.

Al evaluar los valores obtenidos en porcentaje de peso seco de la tabla 1 y la tabla 2, se puede evidenciar que el contenido de nutrientes de la gallinaza en algunos elementos es mayor en relación al Buchón de Agua; especialmente en el contenido de fosforo. Sin embargo se debe tener presente que en el secado de la gallinaza, esta requiere inversión de costos, para realizar un proceso tecnificado de secado industrial y los riesgos y problemas fitosanitarios a controlar son mayores.

Igualmente se analiza el contenido de micronutrientes que puede aportar el Buchón de Agua, los cuales son esenciales para el crecimiento de las especies vegetales. A pesar de las pequeñas cantidades requeridas por las plantas, en suelos agrícolas se puede presentar deficiencia de uno o más micronutrientes, de forma que su concentración en los tejidos de los vegetales es por debajo de los niveles que permiten un crecimiento óptimo en la planta [18].

2.3. SELECCIÓN DEL TIPO DE MÉTODO PARA OBTENER EL ABONO ORGÁNICO

El compostaje es definido como la intervención en el proceso natural de descomposición de la materia orgánica, el cual facilita la transformación de una manera adecuada los residuos orgánicos, en productos (fertilizante natural) para mejorar las condiciones del suelo y por ende aumentar la producción agrícola. [5] [19]. p 123. 22, 23, 24.

Hoy por hoy existen varias técnicas para la realizar compost y obtener abono orgánico. Sin embargo la elección del método a emplear es clave para que el producto obtenido cumpla con los requerimientos nutricionales y de calidad. La principal clasificación a tener en cuenta para elegir el método, es definir si el sistema a implementar es abierto o cerrado; el tipo de compostaje y la conformación de los materiales a compostar. Igualmente se debe conocer las condiciones óptimas y las características climáticas del sitio a emplear. A continuación se muestra en la tabla 3, las diferentes clasificaciones, tipos de compost, las condiciones ideales para que el proceso sea efectivo.

Tabla 3. Sistemas, técnicas y condiciones óptimas para realizar compost.

Sistema	Tipo de Compost	Tipo de pila	Condición Óptima	
Abierto	Por acción microbiana	Dinámica, con movimiento de material y ventilación alternada.	Relación C:N	25:1- 30:1
	Aireación por paleo		Humedad	50% - 60%
	Aireación por convección natural			
	Inyección Forzada			
	Vermicultura		Oxígeno	≈ 8%
Cerrado	Reactor	Estática, con movimiento de material y condiciones naturales controladas.	Ph	6.5 – 8
	Biometización		Temperatura	65°C – 70°C
			Tamaño de la Partícula	Variable

Fuente: Elaboración propia.

Para definir el sistema y tipo de compost a realizar, se tiene en cuenta las condiciones climáticas del área donde se llevara a cabo el proyecto; en este caso se eligió el municipio de Sibaté, en el cual se encuentra el embalse del Muña, y se ha tenido una problemática

de contaminación con aguas residuales provenientes del Rio Bogotá por varios años; lo que ha ocasionado el aumento descontrolado de la especie ***Eichhornia Crassipes***. *A continuación se realiza una breve descripción del área donde se llevara a cabo el proyecto.*

El embalse del Muña se encuentra ubicado a 20 Km al sur de Bogotá, en el municipio de Sibaté. Cubre un área aproximada de 42000 m², con un volumen total de 67505 m³ y una altura de 2565msnm.

Con base en la anterior información se determinó que el sistema a implementar para la obtención de abono orgánico, es el abierto por acción microbiana y con volteo y riego de pilas. Teniendo en cuenta la cercanía a la materia prima (Buchón de Agua) y a las diferentes problemáticas que se presentan en esta área por manejo inadecuado de suelos. Igualmente también es de gran aporte tener conocimiento del avance y resultados de proyectos relacionados con el aprovechamiento del Buchón de Agua; como por ejemplo el proceso que realiza la empresa Emgesa para convertir el Buchón en papel [20].

2.4. ANÁLISIS ESTUDIOS DE CASO

Para determinar el uso alternativo del Buchón de agua como sustituto de la gallinaza en los procesos de descomposición de la materia orgánica se realizó el análisis de dos estudio de caso, en los cuales se realizó pruebas en campo y se determinó los aportes de nutrientes y efectividad como recuperador de suelos. A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos y las posibles concentraciones de metales traza.

2.4.1. Análisis de Caso 1. CON MALEZA RECUPERAN TIERRAS DEGRADADAS - UNIMEDIOS

Se estudió y probó en campo con el Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia y Empresas públicas de Medellín (EPM) las características del Buchón de Agua; donde el objetivo era emplear la planta para restaurar terrenos degradados y buscar una solución sostenible y duradera a los impactos ocasionados a la cobertura vegetal por la construcción de proyectos hidroeléctricos [26].

Se realizó muestreo durante nueve meses en un predio asignado por EPM, en el municipio de Amalfi ubicado al noreste de Antioquia, una de las zonas por donde pasa el Río Medellín y la cual también recibe aguas residuales domésticas. Se realizó la extracción y almacenamiento del Buchón a través de maquinaria para realizar los diferentes experimentos. Se realizó un banco de Semillas, se empleó en seco y húmedo las raíces, tallos y hojas de la planta; obteniendo resultados favorables en la vegetación empleada y se determinó su potencial como sustrato orgánico [26].

Afirman los biólogos del ICN Gladys Cardenas Arevalo y Mauricio Aguilar Puentes, que el Buchón de Agua estimula el crecimiento de la cobertura vegetal en menor tiempo, establece la colonización y mejora el metabolismo de las plantas, lo cual también contribuye a disminuir la erosión provocada por el agua en suelos descubiertos. Además que recupera los suelos degradados más rápido y a un menor costo [26].

Para determinar el uso de la planta como sustrato en revegetalización, se evaluaron diez tratamientos con 134 especies. Obteniéndose como mejores resultados la mezcla de suelo con la planta seca. A continuación se puede observar en la ilustración 3 los resultados obtenidos de las pruebas realizadas [26].



Ilustración 3: Recuperación de tierras degradadas con maleza.
Fuente: UNIMEDIOS 2013 [26].

Se realizó un ensayo que inicio con 0.7 m³ de Buchón de agua empleado como enmienda orgánica. Luego de 60 días se obtuvo 0.3 m³ de compost de Buchón de Agua [26].



Ilustración 4: Recuperación de tierras degradadas con maleza.
Fuente: UNIMEDIOS 2013 [26].

Cuando se comparó las características físico-químicas del suelo restaurado, se evidenció que el compost del Buchón de Agua, aportó mayores cantidades de elementos, que son esenciales para el metabolismo de las plantas, como por ejemplo el desarrollo de altura, el crecimiento de follaje, la floración y la fructificación. Sin embargo se advierte que su uso aún no se puede implementar en suelos cultivables, debido a que no se tiene conocimiento exacto del contenido de metales pesados. Se recomienda su estudio e uso inicial en cultivos maderables [4] [26].

2.4.2. Análisis de Caso 2. MANEJO DE RESIDUOS GENERADOS DIRECTA O INDIRECTAMENTE POR EL CULTIVO DE CEBOLLA EN AQUITANIA (BOYACA-COLOMBIA).

Se realizó una investigación de la actividad agrícola que se desarrolla alrededor del Lago de Tota en Boyacá, en donde se concentra la mayor producción de cebolla larga del país. Para cumplir con la producción establecida mensual se emplea altas cantidades de gallinaza para fertilizar el suelo y productos químicos para el control de plagas y enfermedades. Se estima que el 50% de los costos de inversión en el establecimiento de cultivos se emplean para la compra de gallinaza, generando contaminación, problemas fitosanitarios, eutrofización y la propagación de macrófitas en el lago [27].

Por lo que se realizó un ensayo para la obtención de abono orgánico, a partir del Buchón de Agua, el deshoje y desbarbe de la hoja de la cebolla, cascarilla de arroz y el uso de

microorganismos benéficos para acelerar el proceso de compostaje. Se empleó seis tratamientos con repetición para estimar exactamente el contenido de nutrientes que aporta cada material. Se utilizó dos mezclas de residuos, a uno se le adiciono inoculo de microorganismos benéficos y al otro no. Evidenciando que el contenido de nutrientes de la mezcla realizada con macrófitas era mayor con relación a la que no se le aplico el inoculo [27].

Los beneficios de la inoculación con microorganismos controladores biológicos y fijadores de nitrógeno al compost, es que disminuyen el uso de plaguicidas, mejora la absorción de nutrientes, mejorando el aumento de proteínas y obteniendo al final un producto de mejor calidad. Los resultados obtenidos de las concentraciones de los materiales se muestran en la tabla 5:

Tabla 4. Contenido de nutrientes, humedad y densidad de sustratos empleados para abono orgánico.

Sustrato	N%	C%	P%	C/N	C/P	HUMEDAD %	DENSIDAD%
Buchón de Agua	2,94	43,7	0,15	14,9	291,3	63,13	0,15
Cebolla	1,68	28	0,59	16,7	47,5	67,57	0,16
Gallinaza	3,08	55,5	1,34	18	41,4	14,21	0,30
Cascarilla de arroz	0,42	58,1	0,06	138,3	968,3	21,13	0,16

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México 2011. [27] Adaptación Propia.

Como se puede observar en la tabla 5, los valores de los sustratos empleados, se evidencia que el porcentaje de humedad del Buchón de Agua y la cebolla, se encuentran entre el 60 y 65%. Por lo cual se recomienda emplear estos sustratos en seco, puesto que el proceso como tal de compostaje produce líquidos y sumado a la humedad que posee los materiales como tal, no permiten que la temperatura ascienda y se presente el proceso de descomposición de los sustratos por acción microbiana.

La relación del porcentaje de fósforo de la gallinaza es mayor que la del buchón de agua, pero la relación carbono fósforo es mucho mayor en el buchón de agua, lo cual garantiza que el proceso se puede llevar a cabo correctamente, puesto que el fosforo es el nutriente más importante, tras el nitrógeno y el carbono. Una relación adecuada entre los principales nutrientes genera una proliferación y síntesis microbiana óptima [27] [28].

2.5. PROPUESTA DE MATERIALES Y CANTIDADES A EMPLEAR PARA LA OBTENCIÓN DEL ABONO ORGÁNICO.

Con el objetivo de reducir la cantidad de residuos vegetales aprovechables dispuestos en rellenos sanitarios y de reemplazar la gallinaza por el Buchón de Agua como fuente alternativa de fósforo; los materiales a emplear para la obtención de abono orgánico son los residuos orgánicos biodegradables provenientes de vegetales (verduras, frutas y hortalizas), el tallo del Buchón de Agua y Cascarilla de Arroz. También se empleará Microorganismos eficientes – EM y Bocashi, como inoculadores de microorganismos benéficos para mejorar la calidad del abono orgánico y controlar del periodo de descomposición [21] [22]. En la tabla 4 se evidencia los materiales a emplear y su relación para generar abono orgánico.

Tabla 5. Sistemas, técnicas y condiciones óptimas para realizar compost.

Relación Materiales	Pila 1	Pila 2	Pila 3
Residuos Vegetales (verduras, frutas y hortalizas),	5 kg	20 kg	50 kg
Tallo del Buchon de Agua o <i>Eichhornia crassipes</i>	1 kg	4 kg	10 kg
Cascarilla de Arroz	0.5 kg	2 kg	5 kg
Microorganismos eficientes – EM	1:1 (10 mL de EM: 1 L de agua)	1:1 (10 mL de EM: 1 L de agua)	1:1 (10 mL de EM: 1 L de agua)
Bocashi	0.5 kg	2 kg	5 kg

Fuente: Elaboración propia.

Los anteriores materiales y mezclas propuestas se basan en los requerimientos generales y específicos que establece la Norma Técnica Colombiana [23] [24]. Igualmente se debe controlar los indicadores físicos y químicos establecidos y las respectivas pruebas biológicas y análisis de elementos tóxicos antes de realizar pruebas o estudios en campo [25].

3. CONCLUSIONES

- Es una alternativa muy viable emplear la planta Buchón de Agua como fuente de fósforo para la descomposición de la materia orgánica, debido a que se obtuvo resultados favorables cuando se empleó como restauradora de suelos degradados, determinándola como un potencial de sustrato orgánico, la cual favoreció el crecimiento de la cobertura vegetal y mejoró su metabolismo.
- Sustituir completamente la gallinaza por el Buchón de Agua no es muy recomendable para cultivos agrícolas, aunque la relación carbono – fósforo es mayor en el Buchón de Agua se sugiere que se continúe empleando la gallinaza en bajas proporciones, hasta evaluar las concentraciones de nutrientes tanto de las plantas como de los suelos cultivados.
- Para controlar el porcentaje de humedad que aporta el Buchón de Agua a los residuos orgánicos a descomponer, se recomienda que la planta sea empleada en seco y para disminuir la concentración de posibles metales traza que puede aportar al compost se debe emplear el tallo y las hojas, descartando sus raíces, con el propósito de disminuir metales pesados que pueda contener.
- Para obtener un abono orgánico con alto contenido de nutrientes se propone realizar una mezcla de 5:1, es decir por cada 5 kg de residuos orgánicos se mezcla 1 kg de materia seca de Buchón de Agua, igualmente se recomienda mezclar cascarilla de arroz para controlar la humedad generada durante el proceso de descomposición e inocular microorganismos eficientes (EM ó Bokashi) para acelerar el proceso de descomposición. El método que se seleccionó para generar el abono orgánico fue por sistema abierto por medio de acción microbiana, el cual es más simple de adecuar y facilita el manejo y control de los factores y condiciones que requiere el proceso.
- Teniendo en cuenta que generalmente el Buchón de Agua prospera en aguas contaminadas con alto contenido de nutrientes y generalmente eutrofizadas,

se sugiere realizar análisis previo a la calidad del agua, para controlar la absorción de metales pesados por parte de la planta y realizar control y seguimiento los parámetros físicos y químicos del abono orgánico obtenido, para garantizar un abono óptimo, con alto contenido de nutrientes, que cumpla la norma técnica aplicable y que puede ser utilizado en cualquier tipo de suelo.

- Es de gran importancia realizar estudios detallados a la planta Buchón de Agua (*Eichhornia Crassipes*); debido a que en Colombia no se explorado los beneficios y propiedades que posee, como especie biorremediadora y como biofertilizante, la cual puede ser una excelente alternativa para mejorar los suelos degradados.

AGRADECIMIENTO

A Erika Jhoana Ruiz Suárez, docente y directora de la Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales, por su direccionamiento y apoyo en la investigación y elaboración del presente artículo científico.

4. BIBLIOGRAFIA

[1]. García, J. y Padilla J. 2014. Retos de la Administración Distrital en la Recolección y Disposición de Residuos Sólidos. *Escanógrafos*. Universidad Nacional de Colombia. Volumen 63 p 10.

[2]. *Observatorio Ambiental de Bogotá*. 2017. Datos e indicadores para medir la calidad del ambiente en Bogotá. En: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=37>.

[3]. Consorcio NAM VELZEA Ltda. 2013. Informe de Gestión de los Residuos Orgánicos en las Plazas de Mercado de Bogotá. p 3.

[4]. Perez, A., Cespedes, C. y Nuñez, P. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos. *Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales*. República Dominicana. p 13-16.

[5]. Roman, P., Martínez, M. y Pantoja, A. 2013. Manual de Compostaje del Agricultor. *Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO*. 18.

- [6]. Martínez, P., García, N., Silva, P. y Valderrama, F. 2011. Revista AIDIS. Manejo de Residuos Generados directa o indirectamente por el cultivo de cebolla en Aquitania (Boyacá-Colombia). *Universidad Nacional Autónoma de México*. México. p 24.
- [7]. Gómez, D., Thelma. 2015. Tec Review. -Lirio acuático, más que una plaga- *Revista Instituto Tecnológico de Monterrey*. México.
- [8]. Salazar, E., Orona, I., López, J. y Sánchez, F. 2008. Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, *Unidad Laguna y el Consejo Nacional y Estatal de Ciencia y Tecnología*. México. p 370.
- [9]. López, D. 2012. Aprovechamiento del lechuguin (*Eichhornia crassipes*) para la generación de abono orgánico mediante la utilización de tres diseños diferentes de biodigestores-*Universidad Politécnica Salesiana-Cuenca Ecuador*. p 43, 44, 46, 47.
- [10]. Londoño, J., 2006. Arranca la fumigación del buchón en él muña. *Periódico el Tiempo*. Bogotá. Colombia.
- [11]. Vargas, O., y Reyes, S. 2011. La restauración Ecológica en la Práctica – Consejo Colombiano de Restauración Ecológica. *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá, Colombia. 191-194.
- [12]. Hoyos, R., 2011. Proponen modelo para el manejo del buchón de agua. Unidad de Medios de Comunicación – Unimedios. *Universidad Nacional de Colombia*. Medellín, Colombia.
- [13]. Aparicio, R., 2011. Eutrofización de aguas. *Revista Ambientum*.
- [14]. Villamagna, Amy., 2009. Impactos Ecologicos y Socioeconomicos del Jacinto Acuatico. Departamento de Ciencias y la Vida Silvestre. *Instituto Politécnico de Virginia y Universidad Estatal, Cheatham Hall, Blacksburg*. EEUU.
- [15]. Mart, Solms., 2012. *Eichhornia crassipes – Lirio Acuatico*. En: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/pontederiaceae/eichhornia-crassipes/fichas/ficha.htm>.
- [16]. Dizhal.Info. 2009. En http://diszhal.info/english/plants/en_Eichhornia_crassipes.php.
- [17]. Estrada, M., 2005. Manejo y Procesamiento de la Gallinaza. *Revista LaSallista de Investigación*. Volumen 2. No. 1. Bogotá, Colombia.
- [18]. Bech, Jaime., JaimeRoca, N., y Pazos, S. 2013. Disponibilidad de cobre, hierro, magnesio y zinc en suelos. *Ciencia del Suelo*. Volumen 25 No. 1. Buenos Aires, Argentina.

- [19]. Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. 2010. Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá. *Alcaldía Mayor*. Versión 2. Bogotá, Colombia.
- [20]. Rodriguez, E., 2011. Proceso para reciclar el buchón y obtener papel. Redacción Periódico El Tiempo. En <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-10915532>.
- [21]. Rueda, P., 2013. Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. *FUNDAES*. Organización Minuto de Dios. Bogotá, Colombia. p 3, 4, 5.
- [22]. Grupo Especialista FAO – PESA. Elaboración y Uso del Bocashi. *Programa Especial para la Seguridad Alimentaria*. El Salvador. p 4, 5, 6.
- [23]. Norma Técnica Colombiana 5167. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos y fertilizantes y enmiendas de suelo. Ed. 2004-06-15.
- [24]. Norma Técnica Colombiana 2235. Abonos orgánicos. Gallinaza y productos a base de gallinaza. Ed. 1987-02-04.
- [25]. Norma Técnica Colombiana 234. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fosforo. 1996-11-27.
- [26]. Castaño, L., 2013. Buchón de agua recupera tierras degradadas. *Unidad de Medios de Comunicación, UNIMEDIOS. Universidad Nacional de Colombia*. Volumen 169.
- [27]. Nieto, P., Gracia, D., Silva, P., Vargas, G. y Valderrama, F. 2011. Manejo de residuos generados directa o indirectamente por el cultivo de cebolla en Aquitania (Boyacá - Colombia). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Revista AIDIS. Volumen 4. No. 2, 23-24.
- [28]. Marquez, P., Diaz, M. y Cabrera, F. Factores que afectan el proceso de compostaje. Universidad de Huelva. Sevilla, España. p 5,6.