

Elaboración de Compostaje (Enseñanza – Aprendizaje) con Estudiantes Agropecuarios de la IE Integrado del Carare Cica en Cimitarra Santander - Colombia

Recibido 26 de abril de 2022,
Aceptado 30 de junio de 2022

www.unipaz.edu.co

Elaboration of Composting (Teaching - Learning) with Agricultural Students of the Integrated IE of the Carare Cica in Cimitarra Santander - Colombia

Ph.D. Daniel Alejandro González Ortiz. MSc. (B.S.)₁, ^{†a} Ing. Carlos Brigard Ricaute₂ ^b Tec. Camilo Chia Chancy₃ ^c Tec. Duvian Ardila Lopez₄ ^d

González Ortiz: <https://orcid.org/0000-0003-2675-2975>

Brigard Ricaute: <https://orcid.org/0000-0002-9785-7558>

Chia Chancy: <https://orcid.org/0000-0002-6726-3687>

Ardila López: <https://orcid.org/0000-0002-3679-8822>

Resumen: El compostaje es un producto elaborado por descomposición biológica, conocido como abono orgánico, a partir de residuos (biomasas) de origen animal y vegetal. Los temas sobre la elaboración de abonos orgánicos y sus descripciones están incluidos como actividades de formación académica en los planes curriculares del área agrícola para los estudiantes de la modalidad agropecuaria del Colegio Integrado del Carare, en Cimitarra, Santander - Colombia. Las mejoras continuas en las técnicas para la elaboración del compostaje, la selección de los residuos sólidos orgánicos (RSO), la metodología utilizada y otros, son producto de las experiencias a través de la práctica pedagógica y el compromiso de los docentes frente a la responsabilidad asignada de carácter académico ambiental. La producción de compostaje en la granja CICA, forma parte de las actividades de aprendizaje sobre soluciones amigables y sostenibles que se han convertido en una alternativa de práctica para el manejo de los suelos de la zona, que se caracterizan por sus altos niveles de acidez, proporcionando un mejor desarrollo estructural y de producción en cosechas de los cultivos. La presente investigación experimental con enfoque cuantitativo muestra cuatro métodos con resultados que apuntan a obtener una mejor fórmula en la elaboración del compostaje, donde las muestras fueron analizadas y comparadas con una metodología propuesta en la equivalencia de valores obtenidos en laboratorio, a su vez, todas las semanas se tomaba el registro de temperatura y luego el volteo aplicando las enmiendas. Finalmente, son los mismos estudiantes los que obtienen un conocimiento teórico – práctico, directo en un proceso biológico aeróbico, que busca incentivar formas orgánicas y ecológicas en toda una línea de producción alimentaria.

Palabras claves: compostaje, pedagogía, didáctica, ambiental.

^a Ph.D. Daniel Alejandro González Ortiz. MSc. (B.S.).

^b Ing. Carlos Brigard Ricaute.

^c Tec. Camilo Chia Chancy

^d Tec. Duvian Ardila Lopez

† danielgonzalez@umecit.edu.pa

Abstract: Composting is a product made by biological Decomposition, known as organic fertilizer from waste (biomass) of animal and plant origin. The topics on the elaboration of organic fertilizers and their descriptions are included as academic training activities in the curricular plans of the agricultural area for the students of the agricultural modality of the Integrated College of Carare, in Cimitarra Santander - Colombia. The continuous improvements in the techniques for the elaboration of composting, the selection of organic solid waste (RSO), the methodology used and others, are the product of the experiences through the pedagogical practice and the commitment of the teachers in the face of responsibility. assigned environmental academic character. The production of compost at the CICA farm is part of the learning activities on friendly and sustainable solutions that have become a practical alternative for the management of soils in the area, which are characterized by their high levels of acidity, providing better structural and production development in crop yields. The present experimental research with a quantitative approach shows four methods with results that point to obtaining a better formula in the elaboration of composting, where the samples were analyzed and compared with a proposed methodology in the equivalence of values obtained in the laboratory, in turn, all the weeks the temperature record was taken and then the turning applying the amendments. Finally, it is the students themselves who obtain theoretical and practical knowledge, directly in an aerobic biological process, which seeks to encourage organic and ecological forms in an entire line of food production..

Key words: composting, pedagogy, didactics, environmental.

INTRODUCCIÓN

La institución educativa IE se muestra con enfoque ambiental en la región, apoya y desarrolla procesos académicos e investigativos (Investigación Formativa - IF) con estudiantes sobre el cuidado de los entornos y búsquedas de soluciones amigables a las diferentes problemáticas ambientales. “El Colegio es un lugar para la mediación y socialización de las problemáticas ambientales en el contexto local, en su paso, en que en se construya una cultura ambiental escolar que permita educar a los estudiantes con prácticas eco pedagógicas” (Gómez, González *et al.*, 2016a)¹.

La educación ambiental debe ser la generación de las actitudes ambientales y mejoramiento continuo de hábitos que conduzcan a la mitigación y reducción de problemáticas, las cuales están afectando cada día los entornos y ecosistemas en sus composiciones e interés biológico, causando algún impacto sobre el mismo. A esas digresiones se conduce cuando, “es necesario generar y dar a conocer contenidos curriculares, lúdicos, pedagógicos, interactivos, prácticos sobre la educación ambiental y sus valores, también llamados “actitudes proambientales” desarrollados y transmitidos a través de visitas y prácticas con los discentes” (Ortiz, Castellar *et al.*, 2020, p.38)².

“En otras palabras, la pedagogía ambiental desarrolla conceptos teóricos que pueden generar aprendizajes sobre cómo se debe apuntar a la sostenibilidad en trabajo de equipo, con participación de docentes y discentes, para la construcción colectiva de una cultura ambiental

consciente” (Gómez, González *et al.*, 2016b)¹. Seguidamente, se debe mediar un conocimiento serio, puntual, pedagógico, didáctico, sobre todo con los estudiantes como transitorios entre la escuela y el hogar, ellos mismos se convierten en portavoz y líderes de responsabilidad social, académica e investigativa. Por tal razón, “la investigación integra las sociedades, satisface los pueblos, mejora la calidad de vida por sus aportes, se involucra estudiando las sociedades y sus hábitos, formas y estilos de vida, actividades económicas, políticas, religiosas, formas de pensar y otros” (Batista, 2017)³.

La cultura ambiental en las escuelas son herramientas de innovación y transformación creando bases que fomentan el desarrollo sostenible en la relación con la naturaleza. Así mismo, invitan a las futuras generaciones con el fin que pueden tener ambientes sanos constituidos en valores ambientales que permitan un equilibrio ecológico con los ecosistemas en sus entornos urbanos y rurales. Es evidente, como lo menciona (Ruano *et al.*, 2017), “la importancia del docente frente a su labor de mediación pedagógica con enfoque científicista, casi qué desarrollando una cultura científica, donde su poder investigativo se desarrolla con resultados serios y de impacto”⁴.

Todo lo cual conduce a la organización y el establecimiento en la ruta o dirección que proyecta las instituciones educativas a través del PEI como se menciona a continuación. “La investigación formativa incentiva la capacidad de búsqueda, selección y sistematización de la información,

habilidad para integrar el conocimiento de manera interdisciplinaria con otras materias dentro del proyecto educativo institucional (PEI). Además, hacer transversalidad con las diferentes áreas de conocimiento” (Muñoz, Ortiz *et al.*, 2020, p.55)⁵. En todo caso, aquí se trata de mencionar el proyecto educativo institucional que corresponde a la trazabilidad de la ruta de la institución educativa y su fortalecimiento en el marco teórico, los espacios pedagógicos, el empoderamiento de sus estudiantes, el acompañamiento docente como se propone el siguiente:

*De este planteamiento, se infiere que el currículo es aquel que materializa el proyecto educativo institucional PEI, pues de esta manera, se le da vida al ámbito educativo, los planes curriculares, que son aquellos que fundamentan las estrategias, las metodologías y los enfoques pedagógicos. Teniendo en cuenta los objetivos y finalidades que cada institución educativa que plantea en su proyecto, cada uno tiene su función particular, donde se formalizan los procesos de enseñanza – aprendizaje. (Ortiz, Camargo *et al.*, 2020, p.26)⁶*

La presente investigación se enmarca en un proyecto de producción de compostaje utilizando diferentes estrategias, lúdicas, pedagógicas, experimentales, transversales con la educación ambiental y los contenidos curriculares, que se relaciona con otras áreas del conocimiento, la secuencia pedagógica del área agrícola en la institución de la CICA. “Involucrando a estudiantes en los saberes pedagógicos, para que así contribuyan en la restauración de los suelos mediante procesos biológicos y el aprendizaje tenga la oportunidad de adquirir un conocimiento, tomar decisiones respecto al uso indiscriminado de productos químicos” (Ortiz, Muñoz *et al.*, 2019, p.45)⁷.

Para desarrollar procesos investigativos en las instituciones de educación basados en las actitudes, habilidades y competencias investigativas, es mejor contar con la organización desde el semillero con sus líneas de investigación

acorde a las fortalezas académicas, con temas relevantes, atractivos, que permitan a los estudiantes sentir atracción y desarrollar actitudes por la involucración y responsabilidad, convertida en formación, liderazgo desde la escuela. Sumado a ello, “los semilleros no solo contribuyen a formar en investigación, también se forman profesionales con mayor calidad humana, sociabilidad y compromiso social” (Villalba, 2017a)⁸.

“Si bien es cierto la curiosidad es la base de todo, los niños y jóvenes que experimentan la investigación formativa desarrollan habilidades y destrezas lectoescrituras, investigativas, académicas, narrativas, de criticidad, sociales, altruistas, de liderazgo, responsabilidad, entre otros” (Ortiz, Gamba *et al.*, 2020, p.17)⁹. Todo esto, en conjunto, evidencia que los estudiantes de la modalidad agropecuaria del colegio del carare vienen desarrollando habilidades y competencias investigativas a partir de la curiosidad utilizada con las buenas actitudes en su responsabilidad académico personal, donde son jóvenes que muestran interés particular y construyen liderazgo ante su comunidad.

Por tal razón, “los semilleros ayudan a la apropiación de una cultura académica e institucional de procesos formativos y científicos; además, en ellos se puede dar una academia crítica y forjar verdaderas líneas y grupos de investigación” (Villalba, 2017b)⁸. Un semillero de investigación con jóvenes y docentes forja disciplina, responsabilidad, humanismo, liderazgo, pero más aún, son sus actitudes por ser mejores personas, profesionales para servir a la sociedad en lo que se les requiera contemplando los enfoques investigativos.

La comunidad educativa del colegio integrado del carare del municipio de cimitarra en el departamento de Santander, y sus ciudadanos, muestra preocupaciones por el aumento diario en cuanto a la generación de residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos), y el bajo aprovechamiento de estos mismos residuos como es a través del reciclaje y la producción de abonos.

Las personas y familias llamadas recicladores, no cuentan con las garantías institucionales, de salud, laborales y de reconocimiento por parte de la entidad pública, de la alcaldía municipal.

Estas familias realizan la labor de reciclaje como una actividad económica con muy bajos ingresos, son ellos, pertenecientes a la zona aledaña o vecinos del relleno sanitario llamado la Florida, ubicado en la vereda Santa Rosa, a pocos kilómetros del casco urbano municipal. La empresa Aguas de Cimitarra SAS ESP, no cuenta con algún aprovechamiento de los residuos o transformación de estos, es decir, no producen abonos con los residuos orgánicos, no se fomenta campañas sobre aprovechamiento de residuos y todos terminan en celdas dispuestas a cielo abierto en el relleno sanitario.

Los residuos sólidos orgánicos (RSO) se han convertido en un verdadero problema para la mayoría de los municipios en el país en cuanto a su generación, aumento, falta de manejo, aprovechamiento y disposición final. El municipio de Cimitarra cuenta con una población aproximadamente de, 22000 habitantes para el casco urbano, no existe selección y/o separación en la fuente, su producción de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos RSO - RSI a diario es de 14.5 – 18.5 toneladas (t), según el registro PGIRS del municipio, (Fuente consultada: Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Cimitarra). “Sobre la Crisis ambiental, la contaminación de las aguas, del aire, la deforestación, el relleno sanitario, fumigaciones, minería a cielo abierto, lucha campesina, historia de la violencia política (conflicto armado), pueden permitir identificar problemáticas socioambientales en el territorio del municipio” (Muñoz, Ortiz *et al.*, 2019, p.11)¹⁰.

Las fuentes de producción de residuos como la plaza de mercado municipal, fruterías, minimercados, restaurantes, hogares, puestos de jugos, son los grandes productores de estos residuos orgánicos que se generan por el abastecimiento alimentario de las personas. A continuación, se menciona el siguiente sobre los residuos generados en el proceso productivo.

*El reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria o silvoagropecuaria convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la rentabilidad de la producción. (Román, Martínez *et al.*, 2013, p.16)¹¹*

La anterior simplificación puede parecer excesiva, pero, se está buscando que la experiencia que han desarrollado los estudiantes se pueda convertir en programas que ayuden a las instituciones educativas, empresas de servicios públicos, empresas de aseo, alcaldías municipales, para que así se fomenten programas municipales y departamentales que logren mitigar las problemáticas ambientales que generan las malas prácticas del manejo de los residuos sólidos.

Se pretende resaltar el trabajo de los docentes y estudiantes del colegio del Carare CICA, donde se está colocando un diseño metodológico pedagógico y experimental a disposición de la comunidad académica, para que este tipo de experiencias se puedan continuar en la misma institución y replicar en otros municipios y regiones, dando un uso ecológico, aprovechable para el sector agrícola donde se requiera. El siguiente respalda el anterior.

*Es grados superiores, en la media, donde los estudiantes inician a tener una claridad sobre el término investigación asociado con el aporte y/o la generación de un nuevo conocimiento, desde lo teórico. Los estudiantes de los grados décimo y once de la modalidad agropecuaria del Colegio Integrado del Carare CICA, tienen bien claro el concepto de la investigación referente a la investigación formativa. El anterior, hace referencia al trabajo impulsado por los jóvenes, desde el desarrollo de competencias y habilidades investigativas, la transformación continua, generación y construcción de un nuevo conocimiento para todos. (Ortiz, Marciales *et al.*, p.87)¹²*

En el fortalecimiento de las competencias y habilidades investigativas en los jóvenes

estudiantes se fomenta el enriquecimiento del léxico académico utilizado en este tipo de prácticas experimentales, donde el uso de los conceptos, la terminología académica, la adquisición de la teoría y su puesta en práctica, permiten a todos hablar el mismo lenguaje con conocimiento propio, sobre el manejo eficiente de los programas de gestión integrada de nutrientes en cultivos. “Los fertilizantes minerales y las enmiendas orgánicas (OA) se usan comúnmente como parte de los programas de gestión integrada de nutrientes para aumentar la productividad, incluye el uso de fuentes de materia orgánica de buena calidad y productos minerales eficientes” (Ortega, 2015)¹³.

Cabe señalar que el diseño metodológico propuesto debe seguir en fase experimental, para así lograr una fórmula que se ajuste a las necesidades de los diferentes tipos de suelos y cultivos realizados, es decir, una fórmula que pueda contemplar la relación carbono nitrógeno (C/N) que el suelo y sus cultivos los requiere. “Los fertilizantes minerales se usan en combinación con materia orgánica (estiércol o compost) a dosis de 10 a 15 (t ha⁻¹) para mejorar el contenido de materia orgánica en el suelo, la disponibilidad de nutrientes y los microorganismos beneficiosos” (Palma, 2006)¹⁴. Sin embargo, otros autores mencionan que no existe una cantidad estable o precisa de compost por determinadas áreas.

El compostaje es una práctica universal de uso sostenible y utilizado en diversos tipos de cultivos asociados, mixtos, monocultivos y suelos con características diferentes en cuanto a composición y usos. Ofrece un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible. (Román, Martínez et al., 2013, p.16)¹¹

La elaboración de compostaje inicia en la selección de la materia orgánica a utilizar, seguidamente un proceso controlado con la participación de microorganismos que ayudaran rápidamente la descomposición controlada o transformación de los residuos en un abono que servirá de

acondicionador, restaurador de suelos y cultivos. “Físicamente, la aplicación del compostaje reduce la erosión y mejora la estructura del suelo, la retención de agua y el drenaje” Vásquez (2003)¹⁵.

“Una alternativa a la aplicación de fertilizantes es el uso de abonos orgánicos (compost, biosólidos) u órgano-minerales, que presentan parte del nitrógeno N en formas orgánicas, más o menos estables, que van mineralizándose y pasando a disposición de las plantas” (Lamsfus, 2003)¹⁶. Generalmente, la forma de incorporar nitrógeno N se realiza a través de los diferentes estiércoles que puedan estar al alcance o se consigue con mayor facilidad en el mismo entorno. Otros importantes residuos que hacen parte para la elaboración del compostaje son los de las cosechas, representado en volúmenes, altos contenidos de materia seca que ayudan al proceso de transformación mineral.

MÉTODOS

A continuación, se harán las respectivas descripciones de las diferentes etapas llevadas a cabo durante el proceso de elaboración de compostaje a partir de biomasa de origen animal y vegetal, con la participación de los estudiantes de la modalidad agropecuaria con enfoque ambiental del colegio integrado del carare en las instalaciones de la granja experimental CICA.

El predio de la granja experimental CICA es de propiedad de departamento de Santander, entregado en comodato al Colegio Integrado del Carare hace más de 20 años. La granja cuenta con 44 hectáreas, 150 msnm, en el municipio de Cimitarra, aledaña al casco urbano, en el kilómetro 1 vía a Puerto Araujo. Presenta suelos compactos y alta acidez, sus cultivos son agrícolas y pecuarios, siendo la ganadería el proyecto más grande. (Ortiz, Muñoz et al., 2020, p.47)¹⁷

Figura 1. Estudiantes de la modalidad agropecuaria – grado 11ª.



Figura 2. Sitio adecuado para la elaboración de compostaje en la granja experimental CICA.



Las etapas del proyecto son propias, tienen en cuenta los siguientes pasos en su orden con una metodología propuesta propia y así desarrollando una participación educativa colectiva con los estudiantes para la elaboración del compostaje.

Etapas 1. Adecuación de las celdas para elaborar el compostaje. Cuenta con estructura y pisos en cemento, techo de eternit, punto de agua y acceso.

Etapas 2. Separación en la fuente. Traslado de residuos sólidos orgánicos (RSO), recolección de pasto de corte (picado a 2 cm grosor), hojas secas, estiércol de bovino pesados en (kg), ubicados en cada una de las celdas por parte de los estudiantes de la modalidad agropecuaria, la actividad se desarrolló en la granja CICA. Los residuos son dejados en las celdas sin actividad alguna por un mes aproximadamente. Después de su inactividad

se inician los volteos y toma de temperaturas cada semana.

Etapas 3. Los residuos sólidos orgánicos RSO como el pasto son picados manualmente, para así disminuir el tamaño de partícula y hacer su descomposición biológica de forma acelerada. Las hojas secas son producto de corte de árboles (podas) en la zona urbana, barrido de zonas verdes del colegio, recolección en cultivo de caucho y cacao en la granja. Llevado a las celdas con las siguientes proporciones:

Cuadro 1. Fórmula utilizada en la elaboración de compostaje. Elaboración propia.

<i>Fórmula utilizada en la elaboración del compostaje. Relación carbono nitrógeno C/N.</i>
- 40% residuos sólidos orgánicos RSO.
- 30% Estiércol fresco de bovino.
- 20% Pasto verde de corte.
- 10% Hojas secas.

En cada celda se dispuso con 1500 (kg) de biomásas de origen vegetal y animal. Se utilizaron cuatro celdas para disposición de estos que fueron homogenizados en su totalidad.

Etapas 4. Aplicación de tratamientos en cada celda numerada de (1) al (4). La celda control (1) sin adición de ningún insumo o enmiendas, solo se aplicó volteo. Mientras que las celdas 2, 3, 4, se le adicionó a cada una un tratamiento diferente, aplicado con regaderas plásticas de 20 (l). Las cuatro celdas se les práctico volteo manual una vez por semana. Destapada bajo techo, piso en cemento.

Celda 1. Celda control.

Celda 2. Tratamiento: se le adicionó 20 (l) de agua al inicio y final de cada mes, después del volteo.

Celda 3. Tratamiento: se le adicionó 20 (l) de enmienda, al inicio y final de cada mes, después del volteo.

Celda 4. Tratamiento: se le adicionó 20 (l) de enmienda, al inicio y final de cada mes, después del volteo. Tapada con plástico negro.

Cuadro 2. Fórmula para preparación de microorganismos EM tipo casero.

Preparación microorganismos EM (enmienda): para una caneca de 200 (l) de agua.
- 4 (kg) de melaza.
- 400 (g) de levadura seca
- Manto de bosque (bacterias foto trópicas), 1 costal lleno
- 1000 (ml) de yogurt de buena calidad o leche cruda se agrega a los 5 días.
<i>Debe revolverse al menos cada 3 horas con un pilón o vara de madera preferiblemente. Estará dispuesto a utilizar en 7 días para su aplicación. También se puede aplicar en cultivos de forma foliar mezclado con agua 50/50.</i>

Eta 5. Registro y toma de datos semanal por los estudiantes, (volteo y toma de temperatura). Este último, se realiza con termómetros tipo punzón de vástago sólido 20 pulgadas (508 mm), (50.8 cm) 0,2 pulgadas (5 mm) de diámetro, perno soldado con autógena reforzado entre esfera, acero inoxidable 304 de alta calidad. También se realizó análisis de materia seca (cenizas) en las muflas durante prácticas de laboratorio en la institución educativa.

Eta 6. Análisis Físico Químico. Las muestras son evaluadas por el Grupo de Interdisciplinario de Estudios Moleculares -GIEM de la Universidad de Antioquia.

Anexo análisis físico químico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La generación del nuevo conocimiento, visto desde la dinámica global, con visión sistémica en la formación integral de las personas en un mundo acelerado, globalizado, donde los cambios se han convertido en una evolución continua que no se va a detener, por el contrario, será cada vez más rigurosa, exigente y dinámica. (Ortiz, Doria et al., 2020, p.69)¹⁸

En la Tabla 3 se observa el efecto del tipo de celda en las propiedades del compostaje a los meses de fermentación, mostrándose que el tipo de celda afecta significativamente las propiedades del compost después del proceso de fermentación.

El contenido de cenizas: fue determinado con la NTC5167 (*Norma Técnica Colombiana*) es un indicativo de los minerales que se encuentran en las muestras de compostaje; el que contiene mayor cantidad es el más adecuado por su aporte al enriquecimiento del suelo. El valor del contenido de análisis de cenizas va desde el menor hasta el mayor (39.5 – 53.5). si bien es cierto “los cationes metálicos promueven muchas reacciones enzimáticas formando otros compuestos que bajan el porcentaje de carbono disponible, aumentando las cenizas” (Peláez, 2007)¹⁹.

Por ende, se menciona tres grupos de organización de carbono (C) y carbono orgánico (CO):

- 1) materiales con alto contenido de carbono (C) y bajo de carbono orgánico (CO).
- 2) con valores medios de carbono (C) y carbono orgánico (CO).
- 3) con bajo contenido de carbono (C) y alto de carbono orgánico (CO), igualmente al aumentar el carbono orgánico oxidable (COO) aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la capacidad de retención de humedad (CRH), (García, 2009, p.13)²⁰.

Por lo anterior, se analiza que para la (celda 2), la relación carbono nitrógeno (C/N: 7.6) corresponde a unas equivalencias mínimas, mientras que las del carbono (C: 53.5) el valor más alto obtenido en las celdas.

Aun así, las (celdas 3, 4) sus valores de carbono nitrógeno son de (C/N: 11.8), mientras (C/N: 10.9) se encuentra dentro de los valores habituales y las (C: 45.2) (C: 41.6) con resultados similares.

La humedad: la determinación de humedad fue con el método de desecación en estufa de aire caliente. “El agua, elemento esencial para el desarrollo de la

actividad microbiana y un factor importante en el intercambio gaseoso, a la vez que puede modificar la estructura física del material a compostar y actúa en la regulación térmica” (Tortosa, 2013)²¹.

La humedad presenta un rango de (h) (30 – 60) es su valor recomendado, este parámetro representa la medida del porcentaje de agua en el compostaje, valores arriba es falta de aireación y valores abajo representa poca actividad microbiana. Sin embargo, las celdas (1,2,3) no presenta humedad arriba del rango. Con mayor humedad fue la celda número (4); esta celda mantuvo tapada todo el tiempo, el plástico evita la evaporación del agua, por tanto, mayor conservación de la humedad, registrado en el proceso de elaboración de compostaje.

CIC

Otra propiedad que tiene la materia orgánica es la de mejorar la capacidad de intercambio de cationes (CIC) del suelo; porque adsorben en su superficie nutrientes iónicos de carga positiva (cationes) del suelo, constituyendo un almacén, que después se ponen a disposición de las plantas y se evita su pérdida por lixiviación. Los humatos y fulvatos del compost, a diferencia de las arcillas, poseen gran capacidad para ligar y retener aniones por presentar en su estructura grupos amino, amido, enlaces peptídicos y otros grupos nitrogenados. Estos aniones ligados, bien directamente o con un metal, son asimilables por la planta. Esta propiedad de intercambio de cationes y aniones de la fracción orgánica del suelo hace que aumente la eficiencia de fertilizantes y que se reduzca la contaminación. (Roca, et al, 2008)²²

La celda control celda 1, tuvo mayor capacidad de intercambio catiónico CIC en promedio 63,34, resultando ser significativa con los demás tratamientos, porque probablemente, la materia orgánica menos compostada mantiene mayor superficie de cambio, lo cual favorece la adsorción de nutrientes catiónicos manteniéndolos durante más tiempo a disposición de las plantas, con lo cual se evita la pérdida de los mismos pH por lixiviación o fijación.

pH

“El pH condiciona el desarrollo microbiano, actuando como un factor selectivo para las poblaciones microbianas, además controla las pérdidas de nitrógeno durante el proceso (pH mayor que 7,5 favorecen la pérdida de este nutriente por volatilización de amoníaco)” (Tortosa, 2013)²².

Para el pH su valor recomendado (6.5 – 8.5), donde representa la acidez, neutro y básico o alcalino. Las celdas (1, 2, 3) durante su producción, el pH se mantuvo casi en el rango, su promedio (pH: 8.63) lo determina con mayor exactitud, mientras que la celda (4) los pH son básicos. Por lo tanto, controlar el pH con la metodología utilizada es muy difícil para que se establezca en los valores habituales.

“Se sabe que cuanto menor sea el pH del suelo, mayor será el riesgo de paso de metales tóxicos a la solución del suelo” (Fernández, 2009)²³. En 1978, Lindsay comprobó que una unidad de incremento en el pH del suelo hace descender hasta 100 veces los niveles de Cd, Cu, Ni y Zn en la solución del suelo.

Relación carbono/nitrógeno

Su valor recomendado en la relación carbono nitrógeno (C/N) (10 – 20), representa las cantidades de carbono C y N nitrógeno en el compostaje. Para el promedio general es de (C/N: 15.6), mostrando un buen valor habitual. Por consiguiente, se resalta desde luego es por celda, se analiza que solo las celdas (3, 4) están en los valores habituales.

Tabla 3. Efecto del tipo de celda (tratamientos) en las propiedades del compost a los 6 meses fermentación.

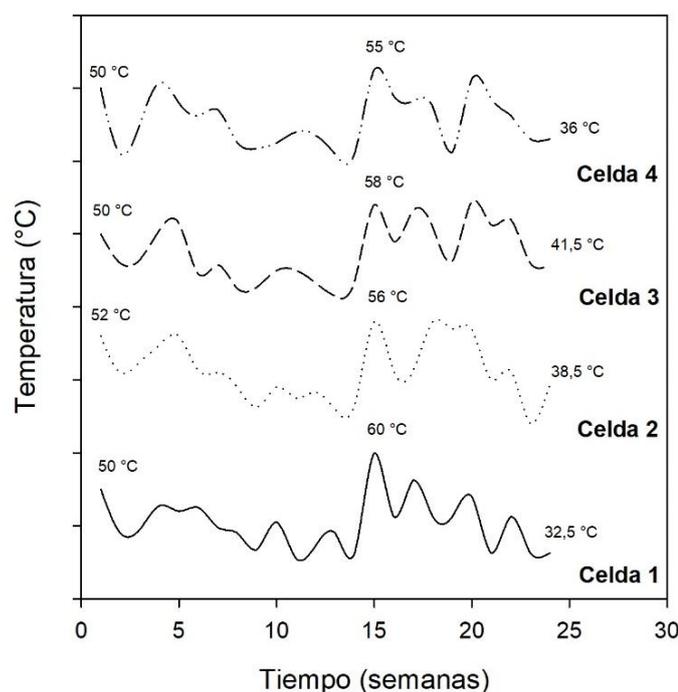
Parámetro	Celda 1	Celda 2	Celda 3	Celda 4
Contenido de cenizas (%)	41,76±0,93 ^a	41,75±0,05 ^a	41,55±2,95 ^a	42,57±0,95 ^a
Humedad (%)	58,65±3,55 ^b	62,94±1,51 ^{a,b}	67,93±1,55 ^a	59,63±0,45 ^b
CIC	63,34±1,95 ^a	51,53±1,51 ^b	47,94±1,96 ^b	52,89±2,58 ^b
pH	7,95±0,61 ^b	8,23±0,39 ^{a,b}	8,36±0,41 ^{a,b}	9,15±0,04 ^a
Relación Carbono/Nitrógeno	9,03±0,50 ^b	8,63±0,90 ^b	11,05±0,75 ^a	11,47±0,74 ^a

Datos presentados de promedio ± desviación estándar Letras iguales en la misma fila muestran que existe diferencia significativa (p<0,05).

Las descripciones de los anteriores resultados son llevadas a cabo desde la obtención y la socialización junto a los estudiantes, esto conduce a que sea un proceso de aprovechamiento con diferentes talentos que cuentan en los jóvenes y a su vez, puedan desarrollar aprendizajes a partir de circunstancias que nacen de los hechos diarios o casuales.

Esta descripción se complementa con la figura 3 a continuación, donde se aprecia cada una de las celdas y su comportamiento en cuanto al registro de temperatura durante el proceso de elaboración de compostaje. Estas mediciones de calor, que fueron registradas cada semana con termómetros de punzón y analizando cada una de sus fases del compostaje en la medida que la temperatura aumenta y va disminuyendo en este proceso biológico, aeróbico e investigativo.

Figura 3. Comportamiento de la temperatura durante el proceso de obtención de compost para los diferentes tratamientos.



Se podría mencionar, que una vez colectados todos los residuos en cada celda, dejándolos un mes aproximadamente sin actividad alguna, la

generación de calor es similar en cada celda. Posteriormente, para la medición de la temperatura se inicia el registro y este corresponde a (50 °C) promedio cada celda. Sin embargo, en la figura 3 se muestra como al inicio de los volteos la temperatura cae, con el pasar de los días los registros de temperatura entre una celda y la otra presentan ciertas similitudes o hay un patrón de comportamiento en todas, es decir, que los cambios térmicos son similares en las 4 celdas.

El paso biológico en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos en compostaje presentan diferentes fases, las cuales son conocidas como (mesófila, termófila, enfriamiento o estabilización) principalmente. El paso de una fase a la otra implica un proceso biológico que tiene un cambio gradual en el aumento o el descenso de la temperatura, como también se van registrando los cambios físicos que se analizan desde la observación, olor, el tacto o y la descomposición de partículas cada vez más pequeñas durante la fase de enfriamiento.

Una de las fases significativas es la termófila, la cual corresponde al registro más alto de temperatura que son (60 °C). Es en esta misma fase, el incremento de temperatura que puede destruir patógenos, microorganismos no deseables, semillas y otros, que en otras fases no podría destruir. Finalmente, el tiempo de elaboración del compostaje puede durar entre 3 – 4 meses, según los tipos de residuos utilizados, su tamaño de partícula, el diseño metodológico experimental que se asigne a este proceso natural de transformación de residuos orgánicos o biomásas de origen animal y vegetal en compostaje.

CONCLUSIONES

La transversalidad de las áreas y el desarrollo curricular, acompañado de estrategias pedagógicas con componentes teórico - práctico, donde el estudiante pudo evidenciar su propia experimentación basada en la protección de los entornos ambientales y mejoramiento de estos. “Se

deben cumplir requisitos de calidad educativa, investigación desde los centros de estudio, aprendizaje continuo, adquisición de competencias investigativas, que formen estudiantes integrales, interesados en el mejoramiento sostenible de las regiones, con capacidades para desempeñarse tanto académicamente como lo laboral” (Ortiz & Díaz, 2021, p.30)²⁴.

La reducción y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos RSO para transformar en abonos orgánicos es la apuesta de la CICA en los años venideros. Se logra la enseñanza – aprendizaje sobre elaboración de compostaje como prácticas ecológicas donde se está contribuyendo a la construcción de estrategias proambiental, mejoramiento de suelos y cultivos en la línea agrícola de producción alimentaria, con la participación directa del estudiante, padres de familia y profesores.

La elaboración de abonos, su utilización, sus resultados y aprendizajes, generan espacios de desarrollo de actitudes proambientales en la solución a problemáticas urbanas y rurales como es la generación de residuos sólidos orgánicos RSO y su posterior aprovechamiento, también como emprendimiento con enfoque ambiental. El mejor aprendizaje en conocimiento adquirido es hacerlo usted mismo. Es esta la oportunidad de haber realizado un estudio donde se involucró una comunidad educativa de la IE Col del carare CICA con un aprendizaje para toda la vida.

Se puede concluir, que lo aprendido por parte de los jóvenes será para la vida, como las experiencias, anécdotas, risas, y otros, donde siempre hay una sonrisa, así sea, realizando el trabajo más duro.

AGRADECIMIENTOS

A los jóvenes estudiantes por ser la inspiración, la mano que ayuda al trabajo, por desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje. Gracias a ellos podemos ser docentes, permitir explorar acciones investigativas es la causa noble y justa de los profesores.

Al Colegio Integrado del Carare y su Granja CICA. Rector, Pedro Forero Romero. Secretaria, Beatriz Moreno.

PhD. Carlos Alberto Peláez, docente investigador, Grupo de Investigación - GIEM, Universidad de Antioquia.

PhD. María Mercedes Martínez, docente e investigador, Universidad de Bonn Alemania.

PhD. Rodrigo Ortega Blu, docente investigador, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

REFERENCIAS

1. Gómez, J., González, D. (2016). Cultura ambiental en el manejo de residuos sólidos con el uso de las 3r (reducir, reutilizar, reciclar) para la implementación de prácticas ecopedagógicas en el Colegio Integrado del Carare. *Distancia al Día*. Vol. 3, mayo, pp.58.
2. Ortiz, D. A. G., Castellar, A. A. D., Zarate, M. S., & Marciales, A. M. (2020). Responsabilidad Social Ambiental y Educación Globalizada. *CITECSA*, 12(20), 35-43.
3. Batista, N. (2017). Desarrollo de la competencia de emprendimiento; una necesidad en la formación integral del estudiante. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(1).
4. Ruano, L. E., Cap, A. T., & Congote, E. (2017). Discursos institucionales sobre la investigación formativa en instituciones de educación media. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(4), 128-145.
5. Muñoz, J. A. G., Ortiz, D. A. G., Zárate, M. J. S., & Marciales, A. M. (2020). Investigación formativa en el diseño de una modalidad ambiental con actitudes ecológicas en una

- granja experimental al sur de Santander-Colombia. *CITECSA*, 12(20), 44-53.
6. Ortiz, D. A. G., Camargo, L. R., Navarro, D. A., & Ruiz, S. A. (2020). Proyecto Educativo Institucional-PEI, con enfoque en educación ambiental. *CITECSA*, 12(20), 24-34.
 7. Ortiz, D. A. G., Muñoz, J. A. G., Marciales, Á. M., & Zarate, M. J. S. (2019). Lombricultura: Proyecto pedagógico para buenas prácticas ecológicas para la conservación de nuestro planeta, en la granja experimental Cica, Cimitarra-Santander. *CITECSA*, 11(17), 9-9.
 8. Villalba, J., González, A. (2017). La importancia de los semilleros de investigación. *Revista Prolegómenos - Derechos y Valores* – pp.9.
 9. Ortiz, D. A. G., Gamba, B. R. C., Herrán, E. L. P., & Acosta, D. A. R. (2020). Investigación formativa en ciencia para el desarrollo de competencias en educandos. *CITECSA*, 12(20), 14-23.
 10. Muñoz, J. A. G., Ortiz, D. A. G., Zarate, M. J. S., & Marciales, Á. M. (2019). La Cartografía Social (Mapeo Colectivo) En un mundo globalizado: diagnóstico y reconocimiento del territorio y la problemática ambiental en el municipio de Cimitarra-Santander. *CITECSA*, 11(17), 22-22.
 11. Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
 12. Ortiz, D. A. G., Marciales, Á. M., & Muñoz, J. A. G. La Investigación Formativa desde la Plataforma Naturalista: Herramienta Tic y Pedagógica para el Desarrollo de Habilidades Investigativas en Estudiantes de media en Cimitarra - Santander. *Herramientas Tecnológicas y Sostenibles en la Educación Ambiental*, 87.
 13. Ortega, R. (2015). Manejo integrado de nutrientes en sistemas convencionales de producción intensiva de horticultura. *Acta Horticulturae* 1076: 159-164.
 14. Palma, J. (2006). Estrategia de fertilización en vid de mesa diseños y monitoreos. Guía de manejo nutricional vegetal de especialidad: Uva. *Soquimich Santiago*, Chile.
 15. Vásquez, E. B. (2003). *Guía para compostaje y manejo de suelos* (Vol. 110). Siglo Del Hombre Editores SA.
 16. Lamsfus, C., Lasa, B., Aparicio, T. (2003). Implicaciones ecofisiológicas y agronómicas de la nutrición nitrogenada: La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis. 1ª ed. *España: Paraninfo*.
 17. Ortiz, D. A. G., Muñoz, J. A. G., Guiza, D. M. M., & Chancy, C. A. C. (2020). Arvenses Asociados a cultivos en Cimitarra - Santander. *CITECSA*, 12(20), 54-72.
 18. Ortiz, D. A. G., Doria, L. A. P., & Díaz, N. M. Z. (2020). Investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria como tendencia emergente de lo sistémico complejo desde el pensamiento crítico. *Revista Oratores*, (11), 63-83.
 19. PELAEZ, C. (2009). Dinámica enzimática en la interacción suelo, planta, microorganismo y enmienda orgánica. Seminario Taller "Relación suelo planta ambiente con la nutrición vegetal". Tunja - Boyacá: *Fundación Universitaria Juan de Castellanos*.
 20. GARCÍA, F. GIL, P. GALVIS, L. y GALINDO, W. (2008). Cuantificación de tres microorganismos en el proceso y dinámica de los abonos orgánicos fermentados (AOF). *Revista Cultura Científica No. 6. Tunja: Fundación Universitaria Juan de castellanos*, pp. 62 – 69.
 21. Tortosa Muñoz, G. (2013). Factores que influyen en el proceso de compostaje. *Compostando Ciencia (Blog)*.
 22. ROCA, A., VIDAL, E., & PAZ, A. Uso de compost procedente de residuos sólidos urbanos como enmienda orgánica en diferentes suelos de cultivo.
 23. Fernández, A. I. R. (2009). Compost de residuos sólidos urbanos: fertilizante y

enmienda. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*, (921), 608-612.

24. Ortiz, D. A. G., & Díaz, N. M. Z. (2021). La globalización y sus implicaciones en las tendencias de la competitividad y la educación virtual en la actualidad. *Societas*, 23(1), 30-49.

Anexo. Análisis Físico Químico. Muestras evaluadas por el Grupo de Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia.

1	CELDA 1.			
2	Parametro	R1	R2	R3
3	Cenizas	42.8	41	41.5
4	CIC	69.3	55	62.1
5	Humedad	55.2	44.6	50.1
6	pH	7.26	8.42	8.17
7	C/N	8.5	9.5	9.1
8				
9				
10	CELDA 2			
11	Parametro			
12	Cenizas	53.5	41.7	41.8
13	CIC	55	63	61.4
14	Humedad	65.9	45.9	49.8
15	pH	7.96	8.68	8.04
16	C/N	7.6	9.2	9.1
17				
18				
19	CELDA 3			
20	Parametro			
21	Cenizas	45.2	39.5	43.6
22	CIC	69.2	66.2	68.4
23	Humedad	60.6	50.3	52.5
24	pH	7.89	8.65	8.55
25	C/N	11.8	10.3	11.05
26				
27				
28	CELDA 4			
29	Parametro			
30	Cenizas	41.6	47.1	43.5
31	CIC	59.6	60.1	59.2
32	Humedad	71.8	61.7	65.5
33	pH	9.11	9.18	9.15
34	C/N	10.9	12.3	11.2
35				