

Evaluación y análisis de la borra de café deshidratada como fertilizante orgánico para la agroindustria

Autores:

Mary Inés García Salazar, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Agroturístico, Semillero de Investigación I+D+I, programa NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL (Tecnólogo), mgarcia34205@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-2870-2796>.

Douglas David Martínez Vásquez, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Agroturístico, Semillero de Investigación I+D+I, programa NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL (Tecnólogo), ddmv2014@gmail.com, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0005-1451-3709>.

Daniel Hernando García Carreño, Magíster en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Universidad Libre de Colombia, Ingeniero Industrial de la Universidad Santo Tomás, Instructor de Proyecto Productivo SENNOVA del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Agroturístico, Líder Semillero de Investigación I+D+I, Correo: dagar96@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9904-0536>.

Resumen

La borra de café es el residuo orgánico generado al preparar café líquido, para el consumo humano a partir de café tostado molido. Actualmente, se producen por lo menos 65000 toneladas anuales de borra de café en Colombia; según lo indican las estadísticas del año 2021 por FEDECAFÉ (Federación Nacional de Cafeteros, 2023) y son preocupantes las consecuencias ambientales en su disposición final. El objetivo es evaluar y analizar la borra de café deshidratada como alternativa de biofertilizante (orgánico), para la agroindustria. Todo esto conduce a la pregunta: ¿Son nutritivos y benéficos los componentes de la borra de café deshidratada? Para resolverlo, se recolectó borra de café suministrada por varias cafeterías, entre ellas la franquicia Colombiana Juan Valdez. Seguidamente, se mezcló hasta alcanzar homogeneidad de manera manual y se deshidrató al sol durante 12 horas. Posteriormente, se analizó una muestra en el laboratorio teniendo en cuenta los parámetros de: Potencial de hidrógeno “pH”, medida usada para expresar la concentración de iones hidrógeno (Meza García, 2011) (en la literatura química se expresa siempre con la “p” minúscula), humedad, nitrógeno, carbono orgánico total y relación C/N, el cual es un índice de la

calidad del sustrato orgánico del suelo (Cynthia Carolina Gamarra Lezcano, 2018), los cuales fueron de: 4,86, 10,05%, 1,71%, 20,06% y 11,72 respectivamente. Es válido concluir que los componentes de la borra de café deshidratada, son nutritivos y benéficos para ser aprovechados en la agroindustria, según los resultados aceptables de los parámetros evaluados en este trabajo, para ser caracterizado como abono o fertilizante orgánico sólido. Asimismo, este biofertilizante tiene potencial de alta calidad; según la normatividad Chilena para la producción de compost orgánico, específicamente en el parámetro de relación C/N Cabe resaltar que este biofertilizante: fomenta la economía circular y disposición adecuada de residuos orgánicos, minimizando impactos ambientales.

Palabras clave: Abono, Bioeconomía, Biofertilizante, Orgánico.

Agradecimientos: SENA, Centro Agroturístico de San Gil, Tecnoparque Nodo Socorro y equipo del semillero de investigación I+D+i, por su apoyo, asesoría, y financiamiento de esta investigación

Abstract

Spent Coffee Grounds is the organic residue generated when preparing liquid coffee for humans from ground roasted coffee. Currently, at least 65,000 annual tons of Spent Coffee Grounds are produced in Colombia and the environmental consequences of its final disposal are worrisome. The objective is to evaluate and analyze the dehydrated Spent Coffee Grounds as an alternative biofertilizer (organic), for agroindustry. All this leads to the question: Are the components of dehydrated Spent Coffee Grounds nutritious and beneficial? To solve it, dehydrated supplied by some coffee shops were collected, including the Colombian franchise Juan Valdez. Subsequently, it was mixed until homogeneous by hand and dehydrated in the sun for 12 hours. Then, a sample was analyzed in the laboratory taking into account the parameters of pH, humidity, Nitrogen, Total Organic Carbon and C/N ratio, which were 4.86, 10.05%, 1.71%, 20, 06% and 11.72 respectively. It is valid to conclude that the components of the dehydrated Spent Coffee Grounds are nutritious and beneficial to be used in agro- industry, according to the acceptable results of the parameters evaluated in this work, to be characterized as solid organic fertilizer.. Likewise, this biofertilizer has high quality potential according to Chilean regulations for the production of organic compost, specifically in the

C/N ratio parameter. It should be noted that this biofertilizer promotes a circular economy and proper disposal of organic waste, minimizing environmental impacts.

Keywords: Compost, Bioeconomy, Biofertilizer, Organic.

Acknowledgment: We thank SENA, the San Gil Agrotourism Center, the Tecnoparque Nodo Socorro and the R+D+i research hotbed team for their support, advice, and financing of this research.

Introducción:

En Colombia se consumen aproximadamente 2,8 kg per cápita de café, según lo indican las estadísticas del año 2021 por FEDECAFÉ (Federación Nacional de Cafeteros, 2023), los cuales representan de cerca de 2 millones de sacos de 60 kg o más de 100000 toneladas de café. Ahora bien, ¿es significativo el impacto ambiental de dicho consumo interno en nuestro país? Janissen (2018) lo describe como el segundo producto básico más grande del mundo y afirma que reciclar estos subproductos ricos en nutrientes; disminuiría la cantidad enviada de los mismos a vertederos y a su vez, se producen productos con valor agregado (Brendan Janissen, 2018). La proporción de residuo después de consumir el café molido o cantidad de borra de café, también llamado SCG (Spent coffee grounds), obtenida es de 650 kg por tonelada consumida (Pushpa S. Murthy, 2012). En virtud de lo anterior, son preocupantes las consecuencias ambientales de la disposición final de por lo menos 65000 toneladas anuales de borra de café en nuestra nación.

subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrios biológicos y reducción de la biodiversidad (Ulibarry, 2019). En ese sentido, es relevante sensibilizar al productor en prácticas ecológicas para minimizar el impacto ambiental en la agroindustria, por ejemplo el uso de biofertilizantes.

Los propósitos de esta investigación buscan evaluar y analizar la borra de café deshidratada; como alternativa de biofertilizante (orgánico), generando aprovechamiento como residuo reutilizable según su composición nutricional para la agroindustria.



En contraste con los fertilizantes químicos, la borra de café; cuenta con componentes nutricionales ricos en proteínas naturales del café, que pueden ser altamente nutritivos para distintas especies vegetales; sin impactar de forma negativa la estructura del suelo (Teixeira, 2011). Gonzalez Ulibarry menciona que las plantas solo tienen la capacidad de absorber entre el 30% y 50% de un fertilizante químico, el sobrante se pierde en el suelo generando contaminación: de aguas

Problema de investigación

Debido a la industria y consumo cafetero; se generan miles de toneladas de residuos orgánicos, lo que ha puesto en evidencia una problemática, ya que en su mayoría, no tienen una adecuada disposición final, aun siendo aprovechables para cubrir demandas como biofertilizantes en la agroindustria. En Colombia se estiman alrededor de 65000 toneladas anuales de borra de café o SCG (Spent coffee grounds), uno

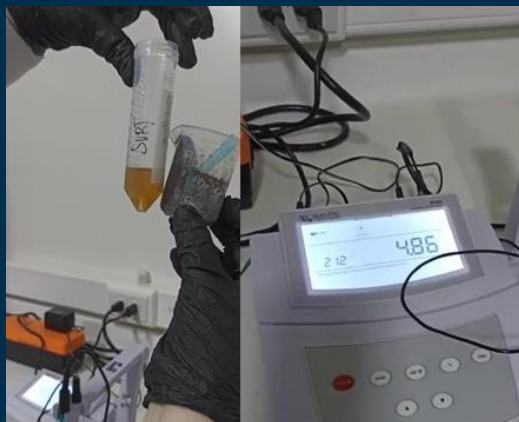
de los residuos de dicha industria con alto potencial como fertilizante orgánico. Todo esto conduce a la pregunta: ¿Son nutritivos y benéficos los componentes de la borra de café deshidratada; para su aprovechamiento como alternativa de biofertilizante en la agroindustria?

Métodos, materiales y equipo:

La borra de café o SCG (Spent coffee grounds) fue suministrada por varias cafeterías, entre ellas la franquicia Colombiana Juan Valdez. Una vez recolectado se mezcló hasta alcanzar homogeneidad de manera manual y se deshidrató con exposición al sol durante 12 horas. Posteriormente se analizó una muestra del biofertilizante en el laboratorio; teniendo en cuenta los parámetros de: pH, humedad, nitrógeno, carbono orgánico total y relación C/N.

El primer análisis realizado a la muestra en su llegada al laboratorio fue el de pH, siguiendo la Norma Técnica Colombiana (NTC 5264) específica para la medición de pH en suelos. Se corroboró que el agua usada para el análisis tenía una conductividad inferior a 0.2mS/m. La muestra fue secada a 40°C hasta peso constante. Se pesan entre 5-20g del material y se adiciona agua en relación 1:5. Se agita por 30 segundos con varilla de vidrio hasta suspensión homogénea. Se deja en reposo 30 minutos y se lee en potenciómetro, como se puede apreciar en la figura 1. El potenciómetro debe estar calibrado con Buffer pH 4 y pH 7 y su curva de calibración no puede disminuir el 95% del nivel de confianza para la lectura.

Figura 1. Medición de pH



Fuente: Fotografía propia tomada el martes 27, 8:00 a.m., junio de 2023.

Así mismo, se realizó análisis de humedad usando un Medidor De Humedad PMC50/1 (Radwag), (ver figura 2). La muestra se estabilizó al aire libre por 2h y se pesan 5g para el análisis. Se fijaron las condiciones de 95°C en rampa directa con estabilización por 60s en peso constante. El material restante se sometió a un proceso de secado hasta peso constante en horno de convección natural (Thermofisher OGH60F) a 50°C durante 12h para los análisis posteriores.

Figura 2. Medición de humedad



Fuente: Fotografía propia tomada el martes 27, 3:00 p.m., junio de 2023.

Seguidamente, se continuó con uno de los ítems fundamentales para la muestra, la determinación del contenido de nitrógeno, el cual es uno de los nutrientes más importantes en un compost; debido a que el ciclo del nitrógeno implica la biodisponibilidad del elemento para la construcción de: material proteico, estructural y de mensajería química; para los microorganismos implicados en los procesos de degradación de la materia orgánica. El Nitrógeno total se refiere a la suma de sus formas inorgánicas (amonio, nitrato y nitrito, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- respectivamente) y orgánicas (amino ácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos orgánicos que tengan nitrógeno en su estructura) (María del Carmen Espinosa-Lloréns, 2013).

El proceso llevado a cabo en el laboratorio, sigue el procesamiento tipo Kjeldhal que inicia con la degradación del carbono orgánico en dióxido de carbono y agua; que se caracteriza por la formación de espuma negra por efecto del medio altamente oxidante. El medio oxidante está compuesto por: ácido sulfúrico concentrado (20ml por muestra), peróxido de hidrógeno (5% - 5ml por muestra), catalizadores de sulfato de potasio/sodio (MSDS - 116469 - Merck, bajo contenido Cu) y temperatura (mayores a 380°C). En el laboratorio, se usó un digestor por calentamiento infrarrojo (Behr) con una rampa de calentamiento de 45 minutos hasta llegar a: 370°C , 2h a 370°C , 2h a 420°C y dos horas a 480°C ; hasta obtención de coloración verde esmeralda característica de la forma-

ción de Sulfato de amonio. La muestra se lleva al proceso de destilación; usando un destilador a vapor automático (Behr) con adición de 190ml de NaOH (50%p/v) y se recibe la muestra en una solución de ácido bórico 4% (p/v); usando como indicador rojo de metilo. El cambio en la coloración de la solución; implica el desplazamiento de la reacción desde el sulfato de amonio hacia amoníaco gaseoso que se deposita en la solución de ácido bórico. Una vez se establece el final de la reacción, se realiza la última parte de la determinación; que implica la retrotitulación de la solución de ácido bórico con ácido clorhídrico 0.2N. La determinación final implica la cuantificación del % de nitrógeno en la muestra, como se observa en la figura 3.

Figura 3. Preparación para medición de Nitrógeno.



Fuente: Fotografía propia tomada el miércoles 28, 8:00 a.m., junio de 2023.

Seguidamente, se desarrolla la determinación de carbono del suelo, que se encuentra disponible en la muestra

como: compuestos inorgánicos (carbonatos, CO₂, etc.) o como compuestos orgánicos, restos de plantas y animales más o menos transformados, y los productos derivados de ellos, que constituyen el humus o también en su forma elemental (carbón, grafito, etc.). La sumatoria de estas “formas de carbono” representa el carbono total del suelo. No obstante, el análisis que se suele realizar se refiere únicamente a la fracción oxidable. La importancia de este carbono viene dada por su influencia directa e indirecta en las propiedades: físicas, químicas y biológicas del suelo como: color, estructura, capacidad de retención de agua, capacidad de intercambio iónico, disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre, pH, control de la flora microbiana, susceptibilidad a la erosión, poder conocer la relación C/N que da una idea de la velocidad de mineralización de la materia orgánica, y por tanto de la actividad de los microorganismos del suelo; además, permite aplicar determinados criterios taxonómicos, etc. Puntualmente, en el laboratorio se realizó la determinación de carbono orgánico total por el método Walkey-Black usando Dicromato de Potasio y ácido sulfúrico como reactivos de degradación para la determinación y medición espectrofotométrica a 585nm. Para este caso se ensayaron varios protocolos de determinación; en donde se cambiaron las concentraciones y relaciones volumétricas de los reactivos a analizar. Finalmente se encontraron los mejores resultados siguiendo la Norma Técnica Colombiana para análisis de suelos (NTC 5167). Brevemente, se toman entre 0.05 y 0.1g

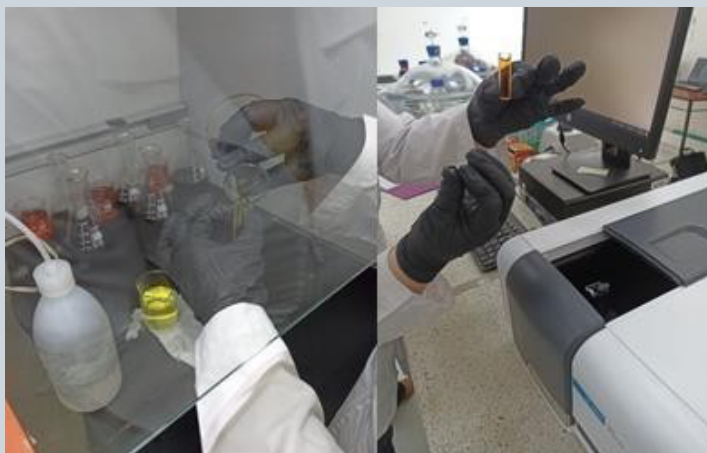
de muestra en un vaso de precipitado, se añaden 10mL de K₂Cr₂O₇ (0.34M) se dejan en reacción por 5-15min y se adicionan 20ml de ácido sulfúrico concentrado. La reacción es altamente exotérmica; por lo que se deja enfriar toda la noche. Se adicionan 50ml de agua destilada y se centrifuga por 5 minutos a 2500rpm; para obtener una solución clarificada que se puede analizar con un espectrofotómetro a 585 nm (Cary 60 Uv-Vis – Agilent). El dicromato de potasio (amarillo) es un agente oxidante muy fuerte que en presencia de un medio ácido; permite la degradación de la materia orgánica. (Ver figura 4). De acuerdo con la norma, en el método espectrofotométrico el carbono orgánico; se determina de manera indirecta a través del cromo reducido según la ecuación:



Teniendo en cuenta que la cantidad de Cromo (III) que aparece en el medio; tiene una coloración característica esperable en la región de los 580nm y que es proporcional a la cantidad de carbono orgánico en el material, es posible identificar y cuantificar su presencia por espectrofotometría usando una curva de calibración con glucosa; como estándar de referencia para la cuantificación del valor final en la muestra 4.



Figura 4. Preparación para medición de Carbono Orgánico Total



Fuente: Fotografía propia tomada el miércoles 28, 5:00 p.m., junio de 2023.

Finalmente, se realizó la relación matemática de Carbono/Nitrógeno, para la muestra estudiada en el laboratorio. La relación C/N varía según los diferentes materiales usados en el proceso de compostaje. El valor de esta relación decrece según avanza el proceso de compostaje, por lo que es importante como indicador de la evolución del proceso, ya que refleja el estado de los materiales que se están compostando. Al inicio del proceso la relación debe estar en torno a los 25-35, esto se logra mediante una buena mezcla de materia prima. Por otro lado, si un sustrato contiene carbono difícilmente asimilable, la relación óptima para dicho residuo será mayor que la indicada anteriormente. (Pilar Román, 2013) Sin embargo, la relación óptima C/N rara vez se ve afectada por la disponibilidad del nitrógeno, ya que la mayor parte de los compuestos nitrogenados son fácilmente asimilables. El nitrógeno se convierte en

factor limitante a valores de relación C/N elevados, lo que conlleva a una disminución de la actividad biológica. No obstante, la situación contraria una relación C/N baja, no afecta realmente al proceso, pero produce malos olores por la producción de amoníaco por la pérdida de nitrógeno.

Para llevar a cabo mediciones anteriormente expuestas se usaron los siguientes equipos y materiales de laboratorio:

Tabla 1. Equipos y materiales de laboratorio utilizados.

Equipos	Materiales laboratorio
Balanza Analítica 0,0001gr Serie B,	Pinzas metálicas para manipulación de crisoles
Medidor De Humedad PMC50/1	Ácido sulfúrico concentrado al 98%
Mufla L2L2 – (Terrigeno)	Mortero cerámico de laboratorio Balón volumétrico 500 mL
Manta De Calentamiento Para Soxhlet RC HERTING PLATE	Guantes de carmaza
Soxhlet Para Extracción De Grasas Digital Con Balón De 200/250/300 ML,	Caja petri vidrio de 100 ml x 15 ml
Tanque De Recirculación De Agua Con Refrigeración	Desecador en vidrio claro con llave y con placa de 300 mm
Sistema Pretratamiento De Agua Para ósmosis	Perlas de vidrio sódico-cálcico
Sistema De Digestión Rápida Por Infrarrojos Para La Determinación De Nitrógeno	Hidróxido de Sodio en lenteja (96%)
Nevera	Espátula, crisoles Gooch para determinación de fibra

Equipos	Materiales laboratorio
Equipo De Extracción Semiautomática De Fibra Bruta	Erlenmeyer de 150ml
Destilador De Vapor De Agua, Parcialmente Automatizado	Vasos de precipitado 150mL
Desecador	Bureta de 100mL
	Ácido bórico para cuantificación de proteína
	Rojo de metilo
	Ácido clorhídrico 35%
	Éter de petróleo
	Probeta de 100mL.



Fuente: Autoría propia viernes 30, 8:00 a.m., junio de 2023.

Resultados

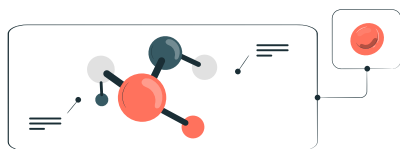
La muestra evaluada arrojó los siguientes resultados apreciables en la tabla 2, en pertinencia a los parámetros medidos anteriormente mencionados:

Tabla 2. Resultados análisis fisicoquímico - Borra de café

	SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA)			
	CENTRO AGROTURÍSTICO (CAT- San Gil) - TECNOPARQUE NODO SOCORRO			
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO BÁSICO - BORRA CAFÉ				
	METODO	UND	VALOR	DESV
HUMEDAD	NTC 6230 - Gravimetria	%	10,05	1,00
pH	NTC 5264 - Potenciometría	Adimensional	4,86	NA
NITROGENO	Kjeldhal	%	1,71	0,23
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	NTC 5167 - Walkey Black	%	20,06	0,14
Relación C/N	Matemática	Adimensional	11,72	-

Fuente: Autoría propia viernes 30, 4:00 p.m., junio de 2023.

Tal como se aprecia en la tabla 2, la medición de humedad en la muestra del biofertilizante estudiado, obtuvo un valor del 10,05% bajo los lineamientos de la NTC 6230 y el pH 4,86 siguiendo la NTC 5264. Por medio del método Kjeldhal se pudo establecer el valor del porcentaje de Nitrógeno, el cual fue del 1,71%. Adicional a ello, mediante la NTC 5167 y el método Walkey-Black se logró calcular el 20,06% como magnitud de carbono orgánico total en la muestra evaluada de fertilizante orgánico de borra de café. Por último, se estableció con un cálculo matemático de división la relación C/N del 11,72.



Discusión

En Colombia la NTC 5167 regula los límites o rangos en los que deben estar las mediciones de los parámetros caracterizados en el laboratorio, para poder clasificarse como abono o fertilizante orgánico sólido. En la tabla 3, se puede contemplar la evaluación entre los 4 parámetros analizados en este trabajo del biofertilizante proveniente de la borra de café o SCG (Spent coffee grounds), con los exigidos en los lineamientos de la literatura, en este caso

La Norma Técnica Colombiana anteriormente mencionada en cumplimiento con la caracterización de abono o fertilizante orgánico sólido. (ICONTEC, 2022)

Tabla 3. Evaluación de los parámetros caracterizados en laboratorio bajo los lineamientos de la NTC 5167

Evaluación de los parámetros caracterizados en laboratorio bajo los lineamientos de la NTC 5167				
Parámetro a caracterizar en laboratorio	UND	Medición obtenida en laboratorio	Contenido límite según NTC 5167	Evaluación
HUMEDAD para materiales de origen vegetal	%	10,05	Máximo 30%	ACEPTABLE
pH en pasta de saturación	Adimensional	4,86	Mínimo 4 Máximo 9	ACEPTABLE
NITRÓGENO	%	1,71	Mínimo 1%	ACEPTABLE
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	%	20,06	Mínimo 15%	ACEPTABLE
Relación C/N	Adimensional	11,72	Máximo 25	ACEPTABLE

Fuente: Autoría propia viernes 30, 4:00 p.m., junio de 2023.

La evaluación realizada a los parámetros medidos de la muestra del biofertilizante en estudio, permitió visualizar en forma detallada; que la borra de café deshidratada o SCG (Spent coffee grounds), cumple con los requerimientos mínimos de la NTC 5167 para ser caracterizado como abono o fertilizante orgánico sólido, según lo indica la tabla 3, en la columna “Evaluación”, en donde todos los parámetros arrojaron resultados aceptables.

Por otra parte, llama la atención la magnitud del pH obtenido, a pesar de su cumplimiento en la normatividad Colombiana, es un valor bajo dentro del rango permitido, el cual, según Torres y Madera, en su artículo “ESTABILIZACIÓN ALCALINA DE BIOSÓLIDOS COMPOSTADOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA” podrá estabilizarse o aumentarse añadiendo cierta cantidad de ceniza, (Torres Lozada, Madera

Parra, & Martínez Puentes, 2008) lo cual es permitido hasta en un 60% en la NTC 5167; sin afectar la clasificación como para ser caracterizado como abono o fertilizante orgánico sólido.

Es importante mencionar que el resultado de la medición del parámetro relación C/N, cuya magnitud fue de 11,72, se encuentra dentro del rango de 10 a 25 según la normatividad chilena “NORMA DE CALIDAD DE COMPOST”, para la categoría “Compost de clase A”, la cual hace referencia a un producto de alta calidad; cuando se encuentra dentro del rango anteriormente señalado y en virtud de ello, no presenta ninguna restricción de uso, pudiendo ser aplicado a macetas directamente sin mezclarse. (COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE Gobierno Regional Región Metropolitana, 2000).

Conclusiones

1. Los componentes de la borra de café deshidratada o SCG (Spent coffee grounds), son nutritivos y benéficos para ser aprovechados en la agroindustria, según los resultados aceptables de los parámetros de: pH, humedad, Nitrógeno, carbono orgánico total y relación C/N evaluados en este trabajo, los cuales cumplen con los requerimientos mínimos de la NTC 5167 para ser caracterizado como abono o fertilizante orgánico sólido.

2. El biofertilizante evaluado en este trabajo, tiene potencial de alta calidad según la normatividad Chilena para la producción de compost orgánico, específicamente en el parámetro de relación C/N, el cual fue del 11,72.

3. Las grandes cantidades de borra de café deshidratada o SCG (Spent coffee grounds), producto del consumo de café en Colombia, pueden tener una disposición final amigable con el medio ambiente; siendo aprovechada en la agroindustria: como biofertilizante derivado del café, fomentando también la economía circular y disposición adecuada de residuos orgánicos.

Bibliografía

Brendan Janissen, T. H. (2018). Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review,. Resources, Conservation and Recycling, 128, 110-117. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE Gobierno Regional Región Metropolitana. (2000). NORMA DE CALIDAD DE COMPOST.

Cynthia Carolina Gamarra Lezcano, M. I. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. Revista mexicana de ciencias forestales, 9. doi:10.29298/rmcf.v9i46.134

Federación Nacional de Cafeteros. (2023). Colombia no consume su mejor café. Prensa al día FEDECAFE, 5. Obtenido de <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/consumo-interno-de-cafe-aumentaria-a-28-kg-per-capita-en-2021/>

ICONTEC. (2022). Norma Técnica Colombiana NTC 5167. 51.

María del Carmen Espinosa-Lloréns, Y. L.-H.-P. (2013). Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales. Revista CENIC. Ciencias Químicas, 44. doi: ISSN: 1015-8553

Meza García, M. (2011). Disturbios del estado ácido-básico en el paciente crítico. Acta Médica Peruana, 46-55. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/966/96620901008.pdf>

Pilar Román, M. M. (2013). MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Pushpa S. Murthy, M. M. (2012). Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. Food and Bioprocess Technology, 5, 897-903. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0363-z>

Teixeira, S. I. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. Food Bioprocess Technol, 12. doi:DOI 10.1007/s11947-011-0565-z

Torres Lozada, P., Madera Parra, C. A., & Martínez Puentes, G. V. (2008). ESTABILIZACIÓN ALCALINA DE BIOSÓLIDOS COMPOSTADOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 61. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?i->

d=179914077019

Ulibarry, P. G. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile | Asesoría Técnica Parlamentaria, 5. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf