

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

 EDITORA
ARTEMIS
2021

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

 EDITORA
ARTEMIS
2021

2021 by Editora Artemis
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Manuel Simões
Imagem da Capa	Vivilweb/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba*
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, *Universidade Federal de Uberlândia*
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, *Universidade do Estado de Mato Grosso*
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, *Universidade de Brasília-DF*
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha*
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo*
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*
Prof.^a Dr.^a Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros*
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista*
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás*
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista*
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe*
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia*
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, *Universidade Nova de Lisboa*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, *Universidade Federal do Maranhão*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, *Instituto Politécnico de Viseu*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, *Universidade Federal de Lavras*
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*



Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-50-7

DOI 10.37572/EdArt_211221507

1. Biociência. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina. 4. Bioética.
I. Simões, Manuel.

CDD 574

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

PREFÁCIO

A biotecnologia baseia-se em conhecimentos multidisciplinares fortemente associados às ciências naturais e exatas, e às ciências aplicadas. As ciências biológicas e o seu enquadramento na biotecnologia têm aplicações em grandes áreas de importância socioeconómica, principalmente na medicina humana e animal, ambiente, agronomia e na indústria. Os processos biotecnológicos são caracterizados por usarem células procariotas ou eucariotas, partes das mesmas ou análogos moleculares - com o objetivo de se obterem produtos e serviços. Avanços significativos na biotecnologia surgiram das sinergias estabelecidas entre engenheiros, cientistas e reguladores para transformar descobertas científicas em novos processos e produtos, com impacto socioeconómico. A elevada dinâmica académica e industrial no desenvolvimento de conhecimento em ciências biológicas e biotecnologia é revelador da sua importância. Contudo, a necessidade de atualização dos avanços científicos, em conjugação com a transformação desse novo conhecimento em conteúdo curricular técnico-científico relevante são desafios para um eficaz processo formativo de recursos humanos altamente qualificados. O enquadramento ético e regulamentar de novos processos e produtos é igualmente desafiante.

Este livro foi dividido em quatro partes: a primeira parte reúne capítulos (1 a 6) relacionados com as biociências e a biotecnologia na área biomédica. A segunda parte concentra capítulos (7 a 11) na área do ambiente. A terceira parte é composta pelos capítulos 12 a 14 que se enquadram em aspetos da bioprospeção. A quarta parte contém os capítulos 15 e 16 que abordam aspetos do ensino/aprendizagem em biotecnologia e da bioética, respetivamente. Neste contexto, pretende com este livro contribuir para que estudantes e professores do ensino superior, ligados às biociências e à biotecnologia, quer a nível de graduação quer de pós-graduação, possam ter uma perspetiva de avanços na área. Este livro pode ser também útil a profissionais ligados a setores nos quais as biociências e a biotecnologia têm um papel de relevo, bem como para professores do ensino pré-académico.

Manuel Simões

SUMÁRIO

BIOMEDICINA

CAPÍTULO 1..... 1

A DESCOBERTA DA INSULINA CELEBRA 100 ANOS

Maria Teresa Rangel-Figueiredo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215071

CAPÍTULO 2..... 16

COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE SUSPENSIONES DE NANOTUBOS DE CARBONO CON APLICACIONES BIOMÉDICAS

Arisbel Cerpa-Naranjo

Begoña Ibañez Martínez

Isabel Lado Touriño

Mariana P. Arce

Javier Pérez Piñeiro

Niurka Barrios Bermúdez

María Luisa Rojas Cervantes

Rodrigo Moreno Botella

Sebastián Cerdán García-Esteller

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215072

CAPÍTULO 3.....28

PREMOLARES HUMANOS: ESTUDIO DE FOSITAS INYECTADAS CON COLORANTE Y SU RELACION CON ESTRUCTURAS DENTINALES

Marcela Zaffaroni

Santiago Cueto

Alicia Kohli

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215073

CAPÍTULO 4..... 40

EFFECT OF *Zinnia peruviana* ROOT EXTRACT ON THE PRODUCTION OF MICROBIAL BIOFILMS

Ana Mariel Mohamed

Diego Alberto Cifuentes

Sara Elena Satorres

Claudia Maricel Mattana

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215074

CAPÍTULO 5..... 50

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TERAPÉUTICO DE TETRATIOMOLIBDATO DE AMONIO EN LA ENDOMETRIOSIS EXPERIMENTAL

Rocío Ayelem Conforti

María Belén Delsouc

Marilina Casais

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215075

CAPÍTULO 6..... 61

LAS CARDIOPATÍAS, EL EJERCICIO Y SU INTERRELACIÓN AMBIENTAL: REVISION DE LITERATURA

Pedro Jorge Cortes Morales

Eduarda Eugenia Dias de Jesus

Fabrizio Faitarone Brasilino

Luis Fernando Rosa

Maria Caroline Marcomini Tezolin

Luana de Andrade Mazia

Gilmar Sidnei Erzinger

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215076

AMBIENTE

CAPÍTULO 7..... 74

MICROFAUNA EM CÓRREGOS DE CABECEIRA DO CERRADO CENTRAL DO BRASIL

Claudia Padovesi-Fonseca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215077

CAPÍTULO 8..... 85

ESTUDO SOBRE A GERAÇÃO, O PROCESSO SELETIVO E O DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO CAMPUS DE PORTO NACIONAL, UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Brenda Thais Kalife de Assunção

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215078

CAPÍTULO 9..... 95

TRATAMIENTO BIOLÓGICO EM EFLUENTES DE ÁGUA PARA USINAGEM DE OLIVEIRA

Mariela Beatriz Maldonado

Emiliano Gabriel Fonarsin

Leonel Lisanti

Ariel Marquez

Walter Pirán

Noemi Graciela Maldonado

Pablo Enrique Martín

Daniela Adriana Barrera

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215079

CAPÍTULO 10..... 110

PRODUCCIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU USO EN SUELOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

Jairo Vanegas Gordillo

Daniela Forero Gutiérrez

Paola Navarro Munoz

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150710

CAPÍTULO 11..... 132

USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PRODUCIDAS POR TRATAMIENTO HIDROTHERMAL Y RADIACIÓN POR MICROONDAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA CAPTURA DE CARBONO Y AUMENTO DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS

Jairo Vanegas Gordillo

Laura Milena Bejarano

Paola Alexandra Aguilar Díaz

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150711

BIOPROSPEÇÃO

CAPÍTULO 12..... 154

DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EXTRAPOLISACÁRIDO DE BACTERIAS PROVENIENTES DE RESIDUOS OLIVÍCOLAS

Fodda Assad Robledo

María Alejandra Soloaga

Patricia Alejandra Córdoba

María Celeste Rosso
María de los Ángeles Spano Cruz
Verónica Alejandra Galleguillo
Gema Blanca Reynoso

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150712

CAPÍTULO 13.....163

SESQUITERPENOIDES DE PLANTAS NATIVAS DEL NOROESTE ARGENTINO CON ACCION INSECTICIDA

Susana Beatriz Popich

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150713

CAPÍTULO 14.....177

DORMANT RUPTURE AND HORMONES LEVELS IN *Jatropha curcas* L. AND *Jatropha macrocarpa* GRISEB SEED

Nancy Elisabeth Tavecchio
Lihué Olmedo Sosa
Ana Edit Vigliocco
Oscar Terenti
Erika Ayelen Escudero
Hilda Pedranzani

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150714

ENSINO E ÉTICA EM BIOTECNOLOGIA

CAPÍTULO 15.....190

DESAFIOS NO ENSINO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOFILMES

Manuel Simões
Lúcia Chaves Simões
Conceição Fernandes
Maria José Saavedra

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150715

CAPÍTULO 16.....199

BIOÉTICA EN LA FORMACIÓN EN MEDICINA

Julia Susana Elbaba

 https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150716

SOBRE O ORGANIZADOR.....	206
ÍNDICE REMISSIVO	207

CAPÍTULO 10

PRODUCCIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU USO EN SUELOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

Data de submissão: 25/10/2021

Data de aceite: 05/11/2021

Jairo Vanegas Gordillo

Universidad de La Salle
Departamento de Ciencias Básicas
Carrera 2 No. 10 -70. Bloque A, Piso 5
CV

Daniela Forero Gutiérrez

Universidad de La Salle
Facultad de Ingeniería Ambiental
Carrera 2 No. 10 -70. Bloque A, Piso
dforero48@unisalle.edu.co

Paola Navarro Munoz

Universidad de La Salle
Facultad de Ingeniería Ambiental
Carrera 2 No. 10 -70. Bloque A, Piso
jnavarro82@unisalle.edu.co

RESUMEN: El aprovechamiento de los residuos resultado de las actividades agrícolas, es una de las alternativas para generar productos con valor agregado que pueden ser utilizados como enmienda orgánica en los suelos, mejorando la calidad de estos y así mismo la productividad y sustentabilidad en los cultivos. Esta alternativa logra reducir el impacto ambiental que dichos residuos generan y puedan ser reinsertados

en el proceso productivo. Teniendo en cuenta esto es posible implementar tecnologías apropiadas para la generación de estas enmiendas, es este proyecto se desarrolló una alternativa de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos como: Mazorca cascara de Naranja, Papa, Plátano, arveja, y Otros como cascara de huevos, lechuga, cilantro, cebolla y Malezas, generados en el corregimiento de la Pradera, mediante la aplicación de pirolisis lenta, técnica que permite la producción de enmiendas orgánicas que aumenta la sostenibilidad de los suelos aportando beneficios como el aumento de absorción de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de retención de agua y aumento de la materia orgánica esto debido al mecanismo de secuestro de carbono. El biochar generado se caracterizó mediante un análisis elemental donde se comprobó que cumplía con la NTC 5167 siendo una enmienda orgánica no húmica sólida, posteriormente se evaluó el efecto del biochar aplicado al suelo en las propiedades físicoquímicas del suelo obteniéndose una variación en el PH, en la textura y en el carbono orgánico del suelo (COS), que aumentó a medida que el cultivo iba avanzando, demostrando así que el Biochar permite la captura de CO₂ o el aumento del secuestro de carbono, también se evaluó la productividad del cultivo de hortalizas en dos parcelas; a una de estas se le agregó biochar y a la otra no; la parcela que fue cultivada con biochar obtuvo mayor rendimiento aproximadamente en un 25%.

PALABRAS CLAVE: Biochar. Enmienda Orgánica. Residuos Orgánicos. Carbono Orgánico. Productividad. Pirolisis.

PRODUCTION OF ORGANIC AMENDMENTS FROM ORGANIC WASTE AND ITS USE IN SOILS FOR THE IMPROVEMENT OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL

ABSTRACT: The use of residues resulting from agricultural activities is one of the alternatives to generate products with added value that can be used as an organic amendment in soils, improving their quality and also the productivity and sustainability of crops. This alternative manages to reduce the environmental impact that said waste generates and can be reinserted into the production process. Taking this into account, it is possible to implement appropriate technologies for the generation of these amendments, in this project an alternative was developed for the use of organic solid waste such as: Cob, Orange, Potato, Banana, pea, and others such as egg shells, lettuce, coriander, onion and Weeds, generated in the Pradera district, through the application of slow pyrolysis, a technique that allows the production of organic amendments that increases the sustainability of soils, providing benefits such as increased absorption of nutrients, cationic exchange, water retention capacity and increase in organic matter this due to the carbon sequestration mechanism. The biochar generated was characterized by an elemental analysis where it was found that it complied with NTC 5167, being a solid non-humic organic amendment, later the effect of biochar applied to the soil on the physicochemical properties of the soil was evaluated, obtaining a variation in the PH, in the texture and soil organic carbon (SOC), which increased as the crop progressed, thus demonstrating that Biochar allows the capture of CO₂ or the increase in carbon sequestration, the productivity of the vegetable crop was also evaluated in two plots; Biochar was added to one of these and not to the other; the plot that was cultivated with biochar obtained a higher yield by approximately 25%.

KEYWORDS: Biochar. Organic Amendment. Organic Waste. Organic Carbon. Productivity. Pyrolysis.

1 INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición inadecuada y porque cada vez son más, asunto asociado al incremento de la población humana, a los procesos de transformación industrial (globalización), y a los hábitos de consumo de los individuos. En el Municipio de Subachoque Cundinamarca en el área rural se producen 133,33 Ton/mes de residuos sólidos que están siendo entregados a la empresa de servicios públicos directamente para su disposición final, la gran mayoría tiene un alto potencial de aprovechamiento; el 47,72% que son los residuos orgánicos producto de las actividades agrícolas son un claro ejemplo. Estos residuos tras su aprovechamiento pueden ser utilizados en la fabricación de abonos orgánicos, de enmiendas orgánicas y para formular sustratos (IGRACO LTDA, 2015).

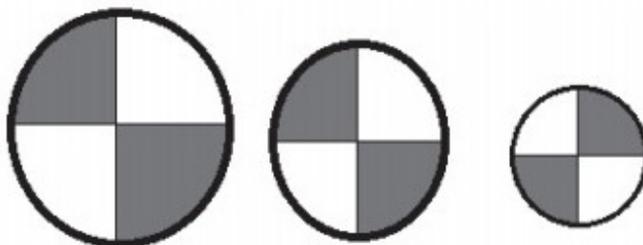
Actualmente la problemática radica en que no han sido implementadas técnicas de aprovechamiento para los residuos agroindustriales ni se ha prestado atención a realizar estudios para la obtención de materiales carbonosos o sólidos porosos que permitan obtener un aumento de la capacidad de adsorción de CO_2 . Una gestión ambiental adecuada sobre los residuos agroindustriales contribuye a mitigar el Cambio Climático, pudiéndose lograr en muchos casos Proyectos de Desarrollo Limpio, con derecho a Créditos de Carbono, en el marco del Protocolo de Kioto. En este sentido lo que se busca es implementar una alternativa de aprovechamiento que al mismo tiempo permita generar un producto con las características apropiadas para ser utilizado como enmienda en los suelos, con el fin de mejorar la productividad agrícola. De igual forma se pretende evaluar la captura de carbono en el suelo siendo relacionado con la disminución de gases de efecto invernadero, en específico el CO_2 , a la atmosfera.

MATERIALES Y MÉTODOS. Para este proyecto se plantea una metodología cuantitativa (descriptiva, correlacional y experimental) para dar cumplimiento a los objetivos planteados; el desarrollo del proyecto se realizará en tres fases que se describen a continuación:

2 PRIMERA FASE. RECOLECCIÓN, PRETRATAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

Para la selección y recolección de los residuos se utilizó el método de cuarteo según el documento “Caracterización de residuos sólidos” (Rendón, 2012); La Ilustración 1 representa este método del cuarteo, donde se muestra la circunferencia y la división en cuartos, dos de los cuales se toman en cuenta para la siguiente circunferencia, en donde se extrae el material que se encuentra en la zona de color gris y se descarta la zona de color blanco. Con lo seleccionado se realiza nuevamente otra circunferencia y el mismo procedimiento de división por cuartos, hasta lograr una disminución del tamaño de la muestra.

Ilustración 1. Caracterización de residuos sólidos. Método Cuarteo.



Fuente: (Rendón, 2012).

Posteriormente, cada uno de estos residuos se pesa, y la suma total de los residuos dará la totalidad de la muestra, y el peso de cada fracción de residuos dará como resultado el porcentaje de residuos orgánicos presentes. Se realizarán 4 cuarteos para tener un promedio de residuos y posteriormente componer una muestra para ser llevada al proceso de pirólisis.

Pretratamiento de los residuos. Los residuos se sometieron a un proceso de secado en una plancha solar (Ilustración 2) para disminuir su humedad hasta un 10% una vez se alcance esta humedad se trituraron manualmente y se tamizaron por malla 100, la humedad se determinó siguiendo el método gravimétrico, dicho método consiste en tomar una muestra de residuos, pesarla antes y después de su desecado y calcular su contenido de humedad. Para empezar, se deja el recipiente vacío en un horno secador a una temperatura de 110°C por dos horas, transcurrido el tiempo se deja enfriar y se pesa, posteriormente se agregan cinco (5) gramos de residuos y se llevan al horno secador a una temperatura de 110°C por exactamente dos horas, se saca el recipiente con los residuos, se deja enfriar y se pesa nuevamente.

Ilustración 2. Plancha solar.



Fuente: Autores.

Al obtener los datos de la diferencia de peso se aplica la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{Peso\ Inicial - Peso\ Final}{Peso\ Inicial} * 100$$

3 SEGUNDA FASE: PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL BIOCHAR

Producción de biochar por pirólisis lenta. Soportados en la revisión bibliográfica y en atención a las condiciones de la zona en que se realizó la investigación, las variables

determinantes para este proceso fueron la temperatura de operación en un rango de 350 - 450°C, la presión de vacío de 25 mm de Hg, tiempo de residencia de 3 horas. Para la producción del biochar se utiliza un pirolizador que se encuentra en la zona de estudio (Ilustración 3), está elaborado en acero Cold Rolled, esta unidad contiene tres válvulas, la primera de ellas es la válvula de escape de gases la cual se ubica en la parte superior del pirolizador, la segunda de ellas es una válvula de seguridad la cual sirve como prevención en los casos en que la presión alcanzada sea muy elevada y la tercera que permite conectar la bomba de vacío. De igual forma hay un manovacuometro el cual permite no solo medir la presión si no también la presión de vacío y un termómetro que mide la temperatura que alcanzan los gases que se generan en la unidad.

Para iniciar el procedimiento se conectan las válvulas nombradas anteriormente y se colocan los residuos dentro del equipo para posteriormente cerrarlo con ayuda de silicona en caliente, se debe verificar que las válvulas estén completamente cerradas a excepción de la válvula 3 (Ilustración 3) que es la que permite la generación de vacío; a esta válvula se conecta una bomba por aproximadamente 2 minutos generando un vacío de -10 inHg, al llegar a este vacío se cierra la válvula, se retira y apaga la bomba. Posteriormente se enciende la estufa y comienza el proceso de calentamiento, donde se controla la temperatura y la presión. Si la presión que mide el manovacuometro sube de 0 inHg se debe abrir la válvula de escape hasta que llegue de nuevo a 0 inHg. Después de 3 horas que es el tiempo de residencia para la obtención de biochar, se apaga la estufa y se abren las válvulas para que escapen los gases contenidos dentro del pirolizador y por último, se retira la tapa y se recolecta el biochar.

Ilustración 3. Pirolizador utilizado en el proceso para generación de Biochar.



Fuente Autores.

Caracterización del biochar. El Biochar obtenido se caracterizará en el laboratorio “Doctor Calderón” certificado por el ICA, los análisis serán: Conductividad eléctrica, Densidad aparente, pH, Humedad, Capacidad de Intercambio Catiónico, Na y Carbono Orgánico, con los métodos y unidades de medida mostrados en la Tabla 1

Tabla1. Parámetros a medir del Biochar obtenido.

PARÁMETRO	METODOS ANALITICOS	UNIDAD DE MEDIDA
Densidad Aparente	LBC 43 Gravimetría	g/cm ³
pH en Pasta Saturada	LBC 44 Potenciometría	-----
C.E en Extracto Saturación	LBC 41 Potenciometría	dS/m
Humedad	NTC 35 Gravimetría	% P/P
C.I.C	NTC 5167 Volumetría	meq/100g
Sodio Soluble H ₂ O	NTC 1146 Emisión	% P/P
C.Orgánico Oxidable Total	NTC 5167 Walkey Black	% P/P

Fuente: Laboratorio “Doctor Calderón”.

4 FASE 3. PREPARACIÓN DEL SUELO E IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO

Para caracterizar el suelo antes de la implementación del cultivo Se tomó una muestra de suelo siguiendo la “Guía para la determinación de Carbono en pequeñas propiedades rurales”, donde se establece que la muestra debe estar a mínimo 15 cm de profundidad y debe completar 1 Kilogramo de suelo para que sea suficiente al realizar los análisis fisicoquímicos en el laboratorio. Los análisis a realizar serán; Textura por Bouyoucos, NNO₃, Cu, Mn, Fe, Zn, K, Ca, Mg, Na, S, B, P, pH, Conductividad eléctrica, Al, Saturación de humedad, Densidad aparente, Carbono Orgánico, Materia Orgánica; estos análisis serán realizados en el laboratorio “Doctor Calderón”, que se encuentra certificado por el ICA. La muestra de suelo no se dejará secar debido a los requerimientos del laboratorio.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO

Se usaron dos parcelas de iguales dimensiones; ambas se cultivaron con espinaca, en la primera se realizó la aplicación del biochar mientras que en la segunda se realizó el cultivo en condiciones normales. El 5% de la masa del suelo será la cantidad de biochar aplicado al cultivo, la masa de suelo se hallará con el volumen del mismo (multiplicando sus dimensiones) por la densidad aparente (tomada de los resultados de la muestra de suelo

realizada en la primera fase). El proceso de siembra será realizado según las prácticas que llevan a cabo los agricultores de la zona, es decir, se sembrarán 20 plántulas de espinaca abriendo huecos de aproximadamente 10 cm de diámetro y 5 cm de profundidad, a 10 de los 20 huecos realizados se les agregará biochar mientras que a los otros 10 no se les agregó; inmediatamente después se colocaron las plántulas en cada hueco y se cubrió con tierra para darle mayor estabilidad. Y se realizó el cuidado necesario establecido por el agricultor encargado de la zona de estudio.

4.3 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO

En esta fase se tomaron muestras de suelo al mes de la siembra y al terminar el proceso de cosecha, enfocándose en la medición de Carbono Orgánico, ya que así se puede relacionar los resultados directamente con la adsorción de CO₂ o lo que es lo mismo, el aumento de la captura de carbono en el suelo; según la guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales (Tito, León & Porro, 2009) y se realizaron los análisis fisicoquímicos en el laboratorio “Doctor Calderón” certificado por el ICA, obteniendo; Textura por Bouyoucos, NNO₃, Cu, Mn, Fe, Zn, K, Ca, Mg, Na, S, B, P, pH, Conductividad eléctrica, Al, Saturación de humedad, Densidad aparente, Carbono Orgánico, Materia Orgánica.

4.4 EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO, MATERIA ORGÁNICA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Según la guía para la determinación de Carbono en pequeñas propiedades rurales (Tito, León & Porro, 2009), el carbono almacenado en el suelo será calculo por medio de la siguiente ecuación

$$COS = [COS] * densidad aparente * profundidad * d * (1 - frag) * 10$$

Donde:

COS= contenido de carbono orgánico del suelo, representativo del tipo de uso del suelo (tC/ ha).

[COS]= concentración de carbono orgánico del suelo para una determinada masa de suelo obtenida del análisis de laboratorio (g C /kg de suelo).

Densidad aparente= masa de suelo por volumen de muestra (t de suelo m³).

Profundidad= profundidad del horizonte o espesor de la capa de suelo, en metros (m).

frag= volumen porcentual de fragmentos gruesos/100, sin dimensiones.

Observación: se utiliza el multiplicador final 10 para convertir las unidades en tC/ ha.

4.5 RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Al efectuar la siembra la cual tiene una duración de aproximadamente dos meses, se determinó la productividad del cultivo por medio del cálculo del rendimiento utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento del cultivo} \\ = \text{Peso de la espinacas} * \text{Area del Terreno Sembrado}$$

Esta se desarrolló una vez recolectadas todas las plántulas que fueron sembradas, pesándolas en pequeñas cantidades en una balanza análoga; esto se desarrollara para las dos diferentes áreas evaluadas con el fin de comparar los resultados obtenidos.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

Siguiendo la metodología explicada en el documento “Caracterización de residuos sólidos” (Rendón, 2012), se realizaron cuatro (4) cuarteos en la zona de estudio (corregimiento La Pradera), donde se incluyeron únicamente los residuos sólidos orgánicos generados en la finca, los cuarteos fueron realizados los domingos debido a que en este día hay mayor acumulación de los residuos. A continuación, se presenta la torta de residuos de cada cuarteo.

Los residuos se dividieron en siete tipos; Mazorca (cascara de la mazorca y restos sin el grano), Naranja (cascara), Papa (cascara), Plátano (cascara), Cascarillas (cascaras de arveja), Malezas (restos de las siembras) y Otros (cascaras de huevos, lechuga, cilantro, cebolla). Esta última categoría se escogió porque el peso de sus componentes por aparte era muy bajo para ser tenido en cuenta.

Primer cuarteo de residuos. Se dividieron los residuos por tipo y cada uno fue pesado (gramos), la suma de los residuos dará la totalidad de la muestra, y el peso de cada fracción de residuos dará como resultado el porcentaje de residuos orgánicos presentes se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Primer cuarteo.

RESIDUOS	PESO (g)	PORCENTAJE (%)
Mazorca	679	16
Naranja	129	3
Papa	1253	30
Plátano	252	6
Cascarillas	127	3

RESIDUOS	PESO (g)	PORCENTAJE (%)
Malezas	352	8
Otros	1439	34
TOTAL	4231	100

Fuente: autores.

Segundo cuarteo de residuos. Se tomaron los tipos de residuos ya caracterizados en el primer cuarteo, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 3.

Tabla 3. Segundo Cuarteo.

RESIDUOS	PESO (g)	PORCENTAJE
Mazorca	645	16
Naranja	114	3
Papa	1534	38
Plátano	278	7
Cascarillas	134	3
Malezas	227	6
Otros	1134	27
TOTAL	4066	100

Fuente: autores.

Tercer cuarteo de residuos., los diferentes pesos en cada uno de los cuarteos muestra la variación en cantidad residuos orgánicos que se generan en la finca del Corregimiento La Pradera, nuevamente se tomaron los mismos tipos de residuos.

Tabla 4. Tercer cuarteo.

RESIDUOS	PESO (g)	PORCENTAJE
Mazorca	625	15
Naranja	132	3
Papa	1439	34
Plátano	237	5
Cascarillas	178	4
Malezas	308	7
Otros	1352	32
TOTAL	4271	100

Fuente: autores.

Cuarto cuarteo de residuos. Siguiendo el mismo procedimiento de los tres cuarteos anteriores se realizó el último cuarteo, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 5.

Tabla 5. Cuarto cuarteo.

RESIDUOS	PESO (g)	PORCENTAJE
Mazorca	649	16
Naranja	140	3
Papa	1325	32
Plátano	240	6
Cascarillas	227	6
Malezas	289	7
Otros	1248	30
TOTAL	4118	100

Fuente: autores.

Los residuos fueron llevados a la plancha solar (Ilustración 8) para su secado y posterior proceso de pirolisis lenta.

Ilustración 8. Secado de residuos.



Fuente: autores.

Se determinó el porcentaje de humedad de los residuos antes de llevarse a cabo el proceso de pirolisis, utilizando el método gravimétrico;

Tabla 6 Determinacion de Humedad de residuos.

Muestras	Peso capsula (g)	Peso Inicial C + R (g)	Peso Final C + R (g)	Humedad
Muestra #1	87,1834	92,1815	91,6614	10,41
Muestra #2	70,8401	75,8418	75,2775	11,28

Fuente: autores.

Producción y caracterización de biochar. Se siguió paso a paso la metodología planteada en este documento, temperatura de la pirólisis 350- 450 ° C, presión 25 mm de H g y tiempo de reacción 3 horas, una vez obtenido el biochar por pirólisis se caracterizó obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de análisis fisicoquímico Biochar.

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA
Densidad Aparente	0,370	g/cm ³
pH en Pasta Saturada	8,83	-----
C.E en Extracto Saturación	11,40	dS/m
Humedad	0,40	% P/P
C.I.C	34,48	meq/100g
Sodio Soluble H ₂ O	0,04	% P/P
C.Orgánico Oxidable Total	18,73	% P/P

Fuente: autores.

Adecuación de suelo e implementación del cultivo. Se escogieron dos parcelas de igual dimensión, para conocer cuánto biochar era necesario se tuvo en cuenta que el 5% de la masa del suelo sería la cantidad de biochar aplicado al cultivo (la masa de suelo se hallará con el volumen del mismo por la densidad aparente, esta última fue tomada del análisis de suelo realizado en la primera fase).

$$Masa\ Suelo = Densidad\ aparente * Volumen$$

$$Masa\ Suelo = 0,92\ g/cm^3 * (25cm * 70cm * 15cm)$$

$$Msuelo = 24150\ g$$

$$Masa\ Biochar = \frac{24150g * 5\%}{100\%}$$

$$Masa\ Biochar = 1208\ g$$

En una parcela se agregó un Kilogramo (1 Kg) de Biochar y en la otra se sembró en condiciones normales (Ilustración 9). Las condiciones de siembra y riego fueron dadas por el agricultor encargado de la zona de estudio. (Ilustración 10 y 11)

Ilustración 9. Aplicación del Biochar en el cultivo de espinaca.



Fuente Autores.

Ilustración 10. Siembra de espinaca.



Fuente: Autores.

Ilustración 11. Siembra realizada.



Fuente: Autores.

Caracterización del suelo antes, durante y después de la implementación del cultivo. La tabla 8 muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al suelo antes, durante y después de la implementación del cultivo. Los resultados muestran niveles excesivos de Zinc; niveles altos de potasio y nitrógeno; niveles medios de Calcio, Magnesio, Fosforo y Hierro; niveles bajos de Cobre; niveles deficientes de Azufre, Manganeso y Boro, una textura Franca con pH de tendencia Acida y un porcentaje medio de Carbono Orgánico.

Tabla 8. Caracterización del suelo antes, durante y después de la implementación del cultivo.

PARÁMETRO	RESULTADOS ANTES DE LA SIEMBRA	RESULTADOS DURANTE LA SIEMBRA	RESULTADOS DESPUÉS DE LA SIEMBRA	UNIDADES
Potasio	1.22	0.74	0.73	meq/100cc
Calcio	12.2	16.48	14.14	meq/100cc
Magnesio	2.2	3.64	3.18	meq/100cc
Sodio	1.04	1	1.37	meq/L
Aluminio	0.1	Muy bajo	Muy bajo	meq/100cc
C.I.C calculada	15.91	21.08	18.36	meq/100cc
Fosforo	119	180	151	ppm
N-NO ₃	200	40	20	ppm
Azufre	14	1	4	ppm
Hierro	419	383	385	ppm
Manganeso	13	24	22	ppm
Cobre	0.3	0.4	0.8	ppm
Zinc	25.1	12.8	17.7	ppm
Boro	0.18	0.35	0.33	ppm
p.H	5.41	6.26	6.6	—
C.E	1.29	0.75	0.46	mS/cm
Arena	33	5	—	%
Limo	45	88	—	%
Arcilla	22	7	—	%
Textura	Franca	Limosa	Limosa	—
M. Orgánica	17.22	21.48	21.70	%
C. Orgánico	9.99	12.46	12.93	%
Sat. Humedad	55	62	65	%
Densidad	0.92	0.64	0.69	g/cc

Fuente: Laboratorio "Doctor Calderón".

Evaluación del Contenido de Carbono Orgánico. Se calculó el carbono almacenado en el suelo para las tres etapas del cultivo; antes, durante y después de la siembra, según la guía para la determinación de Carbono en pequeñas propiedades

rurales (Tito, León & Porro, 2009). No se tendrán en cuenta los fragmentos gruesos debido a que no se presentaron en la toma de muestras. Los resultados de carbono orgánico fueron dados por el laboratorio “Doctor Calderón” en unidades de porcentaje (%), para la ecuación se deben utilizar unidades de gC/Kg de suelo, para esto se tomó como base de cálculo 1 Kg de suelo (que es la cantidad de suelo entregada al laboratorio para realizar los análisis) y el porcentaje dado por el laboratorio se dividió en 100 para obtener los gramos de Carbono.

$$COS = [COS] * densidad\ aparente * profundidad * (1 - frag) * 10$$

- **Antes de la siembra**

$$COS = \frac{0,0999}{1Kg\ de\ suelo} * 0,92 \frac{t}{m^3} * 0,15m * 10 = 0,14\ tC/ha$$

- **Durante la siembra**

$$COS = \frac{0,1246}{1Kg\ de\ suelo} * 0,92 \frac{t}{m^3} * 0,15m * 10 = 0,17\ tC/ha$$

- **Después de la siembra**

$$COS = \frac{0,1293}{1Kg\ de\ suelo} * 0,92 \frac{t}{m^3} * 0,15m * 10 = 0,18\ tC/ha$$

Una vez determinado el contenido de carbono en el suelo, se calculó el carbono orgánico sobre el área trabajada, por lo que aplica la siguiente ecuación:

$$COA = COS * A$$

- **Antes de la siembra**

$$COA = 0,14 \frac{tC}{ha} * 0,175x10^{-5}ha = 2,450x10^{-7}tC$$

- **Durante la siembra**

$$COA = 0,17 \frac{tC}{ha} * 0,175x10^{-5}ha = 2,975x10^{-7}tC$$

- **Después de la siembra**

$$COA = 0,18 \frac{tC}{ha} * 0,175x10^{-5}ha = 3,150x10^{-7}tC$$

Considerando para cada una de las etapas las cantidades de carbono presentes, se procedió a determinar el incremento de carbono durante el desarrollo del proyecto, esto es resultado de diferencia entre la cantidad de carbono en determinado momento y la medida anterior.

$$\text{Incremento de carbono} = COA_2 - COA_1$$

$$\text{Incremento de carbono}_1 = 2,975 \times 10^{-7} tC - 2,450 \times 10^{-7} tC = 0,525 \times 10^{-7} tC$$

$$\text{Incremento de carbono}_2 = 3,150 \times 10^{-7} tC - 2,975 \times 10^{-7} tC = 0,175 \times 10^{-7} tC$$

$$\text{Incremento total} = 0,525 \times 10^{-7} tC + 0,175 \times 10^{-7} tC = 0,7 \times 10^{-7} tC$$

Rendimiento del cultivo. La recolección de las plántulas cultivadas se realizó pasados 60 días exactamente desde que se realizó la siembra. La relación en peso de las hortalizas sembradas con Biochar y sin Biochar se presenta a continuación:

Tabla 9. Rendimientos del cultivo.

Producto	Peso 1 lb	Peso 2 lb	Peso 3 lb	Total lb
Peso hortalizas sin biochar	1,4375	1,1875	0,75	3,375
Peso hortalizas con biochar	1,75	1,8125	0,6	4,1875

Fuente: Autores.

Una vez calculado el peso de las hortalizas obtenidas tras la siembra, se determina el rendimiento del cultivo:

$$\text{Área del Terreno} = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

$$\text{Área del Terreno} = 0,25 \text{ m} * 0,70 \text{ m} = 0,175 \text{ m}^2$$

$$\text{Rendimiento del cultivo sin Biochar} = 3,375 \text{ Lb} * 0,175 \text{ m}^2$$

$$\text{Rendimiento del cultivo sin Biochar} = 0,59 \text{ Lb/m}^2$$

$$\text{Rendimiento del cultivo con Biochar} = 4,1875 \text{ Lb} * 0,175 \text{ m}^2$$

$$\text{Rendimiento del cultivo con Biochar} = 0,73 \text{ Lb/m}^2$$

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caracterización de residuos. Al obtener los resultados de los cuatro cuarteos realizados se determinaron los porcentajes de cada uno de los residuos para ser llevados al proceso de pirolisis haciendo un promedio (Tabla 10). Los residuos que se separaron son los más utilizados en la cocina de la finca la Pradera, con estos porcentajes se demuestra que se hará un aprovechamiento de todos los residuos.

Tabla10. Porcentaje final de residuos para el proceso de pirolisis.

RESIDUOS	PORCENTAJE
Mazorca	16
Naranja	3
Papa	33
Plátano	6
Cascarillas	4
Malezas	7
Otros	31
TOTAL	100

Fuente: Autores.

5.3 SECADO DE RESIDUOS

Según estudios previos a cerca del desarrollo del proceso de pirolisis, es importante que los residuos orgánicos que sean utilizados tengan aproximadamente un 10% de humedad en peso, ya que esto permite un óptimo rendimiento del proceso. Es por esto que es utilizada la plancha solar como parte esencial para el desarrollo de un secado previo, según los porcentajes de humedad obtenidos en el laboratorio este proceso permite reducir la humedad a un 10 y 12% en peso. Determinado estos, es posible asegurar que con esta humedad se favorece la carbonización del producto, aumento la composición sólida y reduciendo la formación de fase gaseosa y líquida.

5.4 PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL BIOCHAR

El biochar que se obtuvo en el proceso de pirolisis bajo las condiciones establecidas, cumple con la NTC 5167, siendo el biochar una enmienda orgánica no húmica solida; la norma establece lo presentado en la Tabla13. Es decir, que el biochar obtenido tuvo las características necesarias para ser aplicado en el cultivo de espinacas.

Tabla 11. Requisitos específicos para Enmienda Orgánica no húmica. NTC 5167.

Enmienda Orgánica no húmica			
Clasificación del producto	Indicaciones relacionadas con la obtención y los componentes principales	Parámetros a caracterizar y otros requisitos	Parámetros a garantizar
1	2	3	4

Enmienda Orgánica no húmica			
Enmienda Orgánica no húmica	Producto orgánico sólido obtenido a partir de la deshidratación y estabilización de los residuos provenientes de las plantas industriales y de tratamiento de a) aguas residuales industriales y urbanas y b) residuos sólidos urbanos separados en la fuente.	<ul style="list-style-type: none"> * Si el producto se disuelve en agua, su disolución no debe desarrollar pH alcalino. * Contenido de carbono orgánico oxidable total, mínimo 15% * Capacidad de intercambio catiónico, mínimo 30 cmol(+) kg-1 (meq/100g) * Conductividad eléctrica, declararla * Contenido de sodio soluble (declararlo, restricciones de uso) 	Contenido de carbono orgánico oxidable total %C Capacidad de intercambio catiónico Cmol (+) kg-1 (meq/100g) Contenido de metales pesados mg/kg

Fuente: (NTC 5167, 2004).

5.5 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO ANTES DURANTE Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CULTIVO

De acuerdo a la tabla 8 donde se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados antes, durante y después de la siembra para poder comparar la evolución del cultivo.

De acuerdo a estos resultados se puede ver el pH que se hizo alcalino a medida que transcurrió la aplicación del biochar favoreciendo el pH ideal para el cultivo (5,6 – 7,1). también se ven niveles altos de Zinc y déficit en Azufre y Nitrógeno. El Zinc se encuentra más disponible en los suelos ácidos que en los alcalinos es por esto que al aumentar el pH del suelo los niveles de Zn van bajando poco a poco, aunque aún siga siendo alto. Al haber una disminución de la fijación de nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias se presenta una deficiencia de azufre y por esto tanto el N como el S se encuentran en deficiencia. es así como se percibe una disminución en la concentración de nitratos a través del desarrollo de la plantación, por lo que esto puede justificarse por la necesidad de absorción de la planta para su desarrollo esencialmente durante el primer mes de la siembra, donde se evidencian las etapas de germinación, de igual manera se debe tener en cuenta que las actividades de riego y la presencia de lluvias permite el lavado de los suelos, generando una acumulación de nutrientes a profundidades mayores y una disminución de la concentración de nutrientes en la superficie de los suelos. Este mismo comportamiento se evidencia en compuestos como el potasio, los cuales pueden no solo ser consumidos por la planta y lavados del suelo, sino que también actúan como sustancias intercambiables de forma que se unen electrostáticamente a la fracción coloidal mineral y orgánica del suelo.

El fósforo es el segundo de los nutrientes con mayor consumo por parte de las plantas, es importante resaltar que este tiene mayor consumo en las etapas medias y

avanzadas del crecimiento de los cultivos, por lo que esto puede explicar el aumento de su concentración en la fase inicial del cultivo tras la aplicación de la enmienda y su posterior reducción. De igual forma la solubilidad del fósforo en el suelo depende generalmente del pH del suelo, es por ello que durante el primer mes al mantenerse el pH menor a 6,5 el fósforo aún se encuentra presente en suelo combinado con compuestos como el hierro o el aluminio, mientras que en el momento en que el pH sobrepasa de este valor se evidencia la transformación de fósforo por su insolubilidad.

La capacidad de intercambio catiónico refleja la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por los suelos, a medida que la CIC es más elevada la fertilidad del suelo aumenta. En este caso la CIC fue mayor durante el cultivo (al mes de la siembra) esto se debe a que la espinaca consumió mayor cantidad de cationes en el periodo inicial para su crecimiento, el Calcio (Ca) y el Magnesio (Mg) lo demuestran. La relación óptima Ca/Mg debe estar alrededor de 5, en este caso la relación promedio es de 4,5, muy cercana a la relación óptima, igualmente sucede con la relación óptima K/Mg que debe estar entre 0,2 y 0,3 y en este caso es de 0,2. Determinándose que el cultivo se dio en condiciones óptimas en cuanto a los cationes necesarios para el desarrollo de la espinaca.

La Saturación de humedad corresponde al contenido de agua de un suelo en el momento en que todos sus poros están saturados. Se evidencia el aumento de esta a medida que iba avanzando el cultivo debido a que el biochar por sus propiedades orgánicas permite que los poros del suelo tengan una modificación estructural de tal forma que permita la retención sustancial del agua y que esta se filtre con mayor dificultad por los horizontes del suelo. Dentro de ello se relaciona igualmente la densidad del suelo debido a que los aportes de materia orgánica hacen que la densidad se reduzca y que los poros del suelo se distribuyan de tal manera que los espacios vacíos sean mínimos.

Uno de los parámetros de mayor interés para esta investigación es el Carbono Orgánico del Suelo (COS), que se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo. El COS aumenta a medida que pasa el tiempo en la siembra debido a la retención de Carbono Orgánico, proceso causado por la aplicación del Biochar. El aumento de la materia orgánica del suelo (MOS) también es causado por la aplicación del biochar, al aumentarse la MOS se aumentan los porcentajes de limo en el suelo por esto la textura cambia de Franca a Limosa. Los suelos limosos tienen gránulos de tamaño intermedio son fértiles y fáciles de trabajar. Forman terrones fáciles de desagregar cuando están secos. Los datos encontrados en estudios realizados anteriormente, confirman que los efectos del biochar se observan después de por lo menos un año y medio de aplicado y dependiendo del cultivo.

5.6 CONTENIDO DE CARBONO ORGÁNICO

El carbono orgánico presente en el suelo representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). Las concentraciones de carbono orgánico del suelo son más altas en su capa superior y disminuyen exponencialmente conforme aumenta la profundidad, es por esto que las muestras de suelo se tomaron a 15 cm. El carbono orgánico del suelo es la transformación del carbono atmosférico (CO_2) en carbono orgánico al atravesar por procesos energéticos y de crecimientos de las plantas alojándose en la biomasa vegetal y el suelo. El contenido de carbono orgánico en el suelo de estudio aumento después de la aplicación del biochar (de 0,14 Tc/ha a 0,18 Tc/ha) debido a que la aplicación de Biochar permite la aceleración en el proceso de mineralización de carbono orgánico y se incrementa la colonización microbiana, provocando la descomposición acelerada de compuestos orgánicos; lo que permite el mejoramiento de suelos, aumento de productividad agrícola y gran sostenibilidad entre los recursos a utilizar, demostrando que el biochar aumenta el secuestro de Carbono.

5.7 RENDIMIENTO DEL CULTIVO

Según los resultados obtenidos referente al desarrollo del cultivo, se presentó un aumento entre la plantación con Biochar y sin Biochar respecto a su rendimiento tras su crecimiento pasados los 2 meses de estudio. El rendimiento del cultivo sin biochar es de $0,59 \text{ Lb}/\text{m}^2$, mientras que el rendimiento obtenido del área cultivada con bichar es $0,73 \text{ Lb}/\text{m}^2$; esto indica aproximadamente un 20% en el aumento de producción en peso del cultivo. De igual forma al comparar la fisionomía de la hortaliza se observa que la planta sembrada con Biochar tiene mayor cantidad de hojas, con tallos más cortos, por lo que la fracción aprovechada de esta es mayor, y lo que se dispone como residuo es menor. Así mismo la calidad del producto se ve mejorada, por el color de la hoja, el grosor de la hoja y la reducción del volumen de producto que se desecha por no ser apto para su comercialización.

Es así como no solo se ve mejorada la calidad del cultivo, si no también se obtienen beneficios económicos y ambientales; dentro de los aspectos económicos se considera que será mayor la proporción del producto a vender, por lo que se verán aumentados los ingresos por su producción. Mientras que, dentro de los aspectos ambientales, se registrara una disminución en la cantidad de residuos sólidos generados, contribuyendo con el adecuado aprovechamiento de estos; así mismo el uso de suelo se verá beneficiado, ya que se necesitaran áreas menores para producir las cantidades requeridas del producto y así este ser aprovechado en otro tipo de actividades.

6 CONCLUSIONES

La implementación del biochar en el suelo del corregimiento La Pradera en el municipio de Subachoque, permitió generar una alternativa de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados.

Las condiciones de operación bajo las cuales se realizó el proceso de pirolisis lenta fueron las establecidas según la revisión bibliográfica. El biochar generado cumplió con la NTC 5167, siendo una enmienda orgánica no húmica sólida.

Las condiciones de presión y el tiempo de desarrollo del proceso de pirolisis incidirán la calidad y la capacidad de evolución de los nuevos suelos intervenidos, ya que aunque los procesos metodológicamente son similares, las alteraciones de estas condiciones cambian en absoluto los requerimientos de la enmienda según lo evaluado en la norma NTC 5167.

Se obtuvo mayor rendimiento del cultivo en la parcela donde se agregó el biochar, demostrando que esta enmienda permite el mejoramiento de suelos y el aumento de la productividad agrícola.

El carbono orgánico del suelo es la transformación del carbono atmosférico (CO_2) en carbono orgánico al atravesar por procesos energéticos y de crecimientos de las plantas, alojándose en el suelo, lo cual permite el secuestro de carbono, o lo mismo la captura de CO_2 en el suelo.

En los análisis fisicoquímicos realizados se logró observar que el porcentaje de carbono orgánico aumentó a medida que avanzaba el cultivo, indicando que el biochar ayuda a incrementar la captura de CO_2 en el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

Abenza, D. P. (06 de 2012). *Universidad Autonoma de Barcelona*. Obtenido de https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_202695/PFC_DanielPacoAbenza.pdf

AGRO WASTE. (2014). *CTC Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación*. Obtenido de Pirólisis.

Arysta. (2002). *Red Agrícola*. Obtenido de CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y SALINIDAD: <http://www.redagricola.com/reportajes/empresas/conductividad-electrica-y-salinidad>

Braddy. (1994). *Materia Orgánica*. Obtenido de http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/materia_organica.htm

Carvajal, M. (15 de 01 de 2015). *INVESTIGACIÓN SOBRE LA ABSORCIÓN DE CO_2 POR LOS CULTIVOS MÁS REPRESENTATIVOS*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/228395534_INVESTIGACION_SOBRE_LA_ABSORCION_DE_CO2_POR_LOS_CULTIVOS_MAS_REPRESENTATIVOS

Cortes, A. G. (1993). *Estudio termoquímico y cinético de la pirólisis de residuos sólidos urbanos*. Obtenido de Alicante, España: Universidad de Alicante.

Ecoplexity. (2010). *Teaching ecological complexity*. Obtenido de Densidad aparente del suelo: <http://ecoplexity.org/?q=node/596>

Eduardo Martínez, J. P. (2008). *CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO*. Obtenido de Universidad de Chile: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006

Escarlante, M. (12 de 2013). *Biocarbones (Biochars)*. Obtenido de Caracterización y efecto en la biomas y nutrición de N, P, K, en una granja: [https://www.google.com/search?client=opera&q=Biocarbones+\(Biochars\)+caracterizaci%C3%B3n+y+efecto+en+la+biomasa+y](https://www.google.com/search?client=opera&q=Biocarbones+(Biochars)+caracterizaci%C3%B3n+y+efecto+en+la+biomasa+y)

Glosario de Riego. (s.f). *Rendimiento de los cultivos*. Obtenido de <http://www.riego.org/glosario/rendimiento-de-los-cultivos-fao/>

Gómez & Rincón. (2008). *Pirólisis de Biomasa de Cuesco de palma de aceite*. Obtenido de [https://www.google.com/search?client=opera&q=Biocarbones+\(Biochars\)+caracterizaci%C3%B3n+y+efecto+en+la+biomasa+y+nutrici%C3%B3n+de+N%2C+P%2C+K+en+una+gram%](https://www.google.com/search?client=opera&q=Biocarbones+(Biochars)+caracterizaci%C3%B3n+y+efecto+en+la+biomasa+y+nutrici%C3%B3n+de+N%2C+P%2C+K+en+una+gram%)

Health Care Without Harm. (2010). *Pirólisis, una técnica de tratamiento térmico no tradicional*. Obtenido de Washington, DC.

IGRACO LTDA. (2015). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS-PGIRS - MUNICIPIO DE SUBACHOQUE, SEGÚN LA RESOLUCIÓN 0754 DEL 25 DE NOVIEMBRE DEL 2014. Subachoque, Cund.*

INFOJARDIN. (s.f). *Nitrato - Nitrato - Definición*. Obtenido de <http://www.infojardin.net/glosario/nicotina/nitrato-nitratos.htm>

Jaramillo, G. (2008). *Universidad de Antioquia*. Obtenido de APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA: <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Apressolorgco.pdf>

López, C. E., Castellanos, M. S., & Abril, M. S. (2009). ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN ZIPAQUIRÁ, CUNDINAMARCA (COLOMBIA). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*.

MADS. (1997). *Política para la gestión integral de residuos*. Obtenido de http://www.metropol.gov.co/institucional/Documents1/Ambiental/Residuos%20Sólidos/PGIRS_Politica_para_la_Gestion_Integra_de_Residuos.pdf

Ministerio de Educación. (16 de Febrero de 2011). *CVNE Centro Virtual de Noticias de Educación*. Obtenido de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-264928.html>

NTC 5167. (15 de 06 de 2004). *Norma Técnica Colombiana 5167*. Obtenido de PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA. PRODUCTOS ORGÁNICOS USADOS COMO ABONOS O FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DE SUELO.: <https://es.scribd.com/doc/138627365/NTC-5167-Apartes1-1-Norma-Para-Abonos-Organicos-y-Fertilizantes>

Pastor Y., M. d. (2001). *Construcción de una planta de producción de biochar a partir de purines*. Obtenido de <https://www.google.com/search?client=opera&q=Construcci%C3%B3n+de+una+planta+de+producci%C3%B3n+de+biochar+a+partir+de+purines&sourceid=opera&ie=UTF8&oe=UTF-8>

Pasturas de America. (02 de Feberero de 2017). *Pasturas de America*. Obtenido de <http://www.pasturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/residuos-agricolas/maiz/>

Pinedo, A. U. (2013). *Obtención de Biocarbones y Bicomcombustibles Mediante Pirólisis de Biomasa Residual*. Obtenido de Madrid, España.: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

R. Ibarrola, B. E. (07 de 2013). *Comercialización de biocarbón (biochar) en México*. Obtenido de Definición del contexto para un programa de investigación multidisciplinario: [https://www.google.com/search?client=opera&q=Biocarbones+\(Biochars\)+caracterizaci%C3%B3n+y+efecto+en+la+biomasa+y+nutrici%C3%B3n+de+N%2C+P%2C+K+en+una+gram%C3%ADnea&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8#q=Comercializaci%C3%B3n+de+biocarb%C3%B3n+\(biochar\)+en+M%](https://www.google.com/search?client=opera&q=Biocarbones+(Biochars)+caracterizaci%C3%B3n+y+efecto+en+la+biomasa+y+nutrici%C3%B3n+de+N%2C+P%2C+K+en+una+gram%C3%ADnea&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8#q=Comercializaci%C3%B3n+de+biocarb%C3%B3n+(biochar)+en+M%20)

Rendón, A. F. (13 de 10 de 2012). *Caracterización de residuos sólidos*. Obtenido de <http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/download/34/31>

Reyna, M. A. (2014). *Efectos de la aplicación de biochar y cenizas en las propiedades del suelo*. Palencia: Universidad de Valladolid.

SAGARPA. (s.f). *Sistema de Agronegocios Agrícolas*. Obtenido de Ciudad de México: Subsecretaria de desarrollo rural.

Solorzano, I. (2000). *Manual Buenas Prácticas Cultivo de Pitahaya*. Nicaragua.

SRNL. (2010). *Subdirección Red Nacional de Laboratorios*. Obtenido de Manual de Gestión Integral de Residuos. Instituto Nacional de Salud.

Tchobanoglous, G. T. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de M Madrid: McGRAW-HILL.

Tito, León & Porro. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Obtenido de <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiUxfDkYjOAhVRgx4KHYYKgBMsQFggcM>

SOBRE O ORGANIZADOR

Manuel Simões é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; N° orcid: 0000-0002-3355-4398

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acetonic root extract 41
Aguas de maquinado de aceitunas 96, 99
Aplicaciones biomédicas 16, 17, 21
Áreas preservadas 74

B

Biochar 110, 111, 113, 114, 115, 116, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153
Biodiversidade aquática 74
Bioética 199, 200, 201, 204, 205
Biofilme 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196
Biopelículas 41, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161
Biorremediación 96, 98, 102, 105, 106, 107, 108

C

Captura de carbono 112, 116, 132, 133, 134, 136, 145, 146, 147, 148, 151, 153
Carbono orgánico 110, 111, 115, 116, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 135, 136, 137, 142, 143, 144, 145, 150
Caries 28, 29, 30, 36, 37, 38, 39
Ciência e tecnologia multidisciplinar 190
Cobre 19, 50, 51, 52, 122, 153
Competencias 199, 200, 202, 203, 204, 205

D

Destinação 85, 87, 89, 90
Diabetes mellitus 1, 2, 3, 6, 11, 12, 13, 14, 15
Dormancy 177, 178, 179, 180, 183, 185, 186, 187, 188, 189

E

Efectos subletales 163, 172
Efluentes 96, 97, 98, 100, 102, 106, 107, 193
Ejercicio físico 62, 63, 66, 68, 70
Endometriosis 50, 51, 53, 58, 59, 60
Enfermedad cardiovascular 62, 63

Enmienda orgánica 110, 111, 125, 126, 129
Enmiendas orgánicas 110, 111, 132, 133
Enterobacter cloacae 155, 156, 157, 159, 160, 161
Esmalte 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37
Espécies endêmicas 74, 75, 76, 78, 82
Estradiol 51, 52, 54, 55, 57, 59
Extrapolisacáridos 154, 155, 156

F

Factores de caries 29
Falta de gestão 85

G

Glicemia 1, 2, 5, 9, 12

H

Hidrochar 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150
Hormona 1, 10, 11, 12, 51

I

Incorporación de efluentes 96
Insectos 163, 164, 165, 166, 167, 168, 171, 172, 173, 175
Insulina 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 12, 13

J

Jatropha 48, 177, 178, 180, 184, 185, 186, 187, 188, 189

M

Medicina 1, 4, 11, 13, 18, 28, 61, 62, 66, 67, 72, 175, 199, 200, 201, 204, 205
Medio ambiente 62, 63, 64, 66, 69, 97
Microbial biofilms 41, 42, 49
Microbiologia aplicada 190
Microondas 132, 133, 134, 135, 141, 144, 150
Microorganismos nativos 96, 99, 102, 103, 104, 106, 107

N

Nanotubos de carbono 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

P

Per capita 85, 86, 89, 91

Percepção 199, 200, 203, 204

Permeabilidade dentinal 29, 37

Phytohormones 178, 187

Pirolisis 110, 111, 113, 119, 120, 124, 125, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 141, 144, 150, 151, 153

Potencial zeta 17, 19, 21, 22, 24

Productividade 110, 111, 112, 117, 128, 129

R

Reología 17

Resíduo sólido 85, 88, 89, 91

Resíduos olivícolas 155, 156, 160, 161, 162

Resíduos orgânicos 89, 110, 111, 113, 117, 118, 125, 132, 133, 134, 148, 149, 150

Resistência antimicrobiana 190

S

Savana 74, 75, 77

Savana brasileira 74

Seeds 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189

Sesquiterpenoides 163, 166, 167

Suero fetal bovino 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25

T

Tetratiomolibdato de amonio 50, 51, 52

Tipos de esmalte 29

Toxicidad 41, 163, 164, 168, 169, 174

Tratamiento hidrotermal 132, 133

V

Vernonieae 163, 166, 167, 168, 172, 173, 176

Z

Zinnia peruviana 40, 41, 43, 44, 46, 48, 49