



INTRODUCCIÓN A LA BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA DE SUELOS

**Rosmery Katherine Cruz O'Byrne
Nelson Virgilio Piraneque Gambasica
Sonia Esperanza Aguirre Forero**

Colección Ciencias Agrarias
Serie: Agronomía

Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Cruz O'Byrne, Rosmery Katherine, autor
Introducción a la biología y microbiología de suelos / Rosmery Katherine Cruz O'Byrne, Nelson Virgilio Piraneque Gambasica, Sonia Esperanza Aguirre Forero -- Primera edición -- Santa Marta : Editorial Unimagdalena, 2023.
1 recurso en línea : archivo de texto: PDF -- (Ciencias agrarias. Agronomía)
Incluye referencias bibliográficas.
ISBN 978-958-746-574-7 (pdf) -- 978-958-746-575-4 (e-pub)
1. Biología de suelos 2. Microbiología de suelos 3. Agricultura sostenible 4. Sostenibilidad I. Piraneque Gambasica, Nelson Virgilio, autor II. Aguirre Forero, Sonia Esperanza, autor
CDD: 578.757 ed. 23
O-BoBN- a1106420

Primera edición, enero de 2023

2023 © Universidad del Magdalena. Derechos Reservados.

Editorial Unimagdalena
Carrera 32 n.º 22-08
Edificio de Innovación y Emprendimiento
(57 - 605) 4381000 Ext. 1888
Santa Marta D.T.C.H. - Colombia
editorial@unimagdalena.edu.co
<https://editorial.unimagdalena.edu.co/>

Colección Ciencias Agrarias, serie: Agronomía

Rector: Pablo Vera Salazar
Vicerrector de Investigación: Jorge Enrique Elías-Caro

Diseño de Editorial: Luis Felipe Márquez Lora
Diagramación: Eduard Hernández Rodríguez
Diseño de portada: Orlando Javier Contreras Cantillo
Corrección de estilo: Juan Diego Mican González

Santa Marta, Colombia, 2023

ISBN: 978-958-746-574-7 (pdf)
ISBN: 978-958-746-575-4 (epub)

DOI: [10.21676/9789587465747](https://doi.org/10.21676/9789587465747)

Hecho en Colombia - Made in Colombia

La UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA, en su calidad de editora y titular de derechos patrimoniales de autor, y en su propósito de contribuir con la difusión y divulgación del conocimiento, la producción intelectual y la educación, dispone autorizar la reproducción impresa o digital del presente libro, de manera total o parcial, así como su distribución, difusión o comunicación pública (puesta a disposición) en medio impreso o digital de manera libre y gratuita, en tanto se mantenga la integridad del texto y se dé la correspondiente cita a sus autores y mención institucional. Queda prohibida la comercialización o venta a cualquier título de este material.



Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad de los autores y no compromete al pensamiento institucional de la Universidad del Magdalena, ni genera responsabilidad frente a terceros.

Agradecimientos

Nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que hacen parte de nuestra trayectoria familiar y profesional; principalmente, a nuestros estudiantes, a quienes va dirigido este módulo, con los que convivimos y son nuestro estímulo para seguir aprendiendo, y para quienes fue pensado con el objetivo de transmitir y compartir el conocimiento. También, a todos los profesionales que han trabajado en la disciplina y sobre los cuales se basa esta obra. Igualmente, a todos aquellos que intervienen de manera directa y técnica para que la biología y microbiología de suelo sea conocida por un amplio número de personas que busquen la reducción del hambre, la producción y el consumo responsable, la acción por el clima y mejorar la vida de los ecosistemas terrestres.

Presentación

La seguridad alimentaria, tanto a nivel mundial como nacional, es un reto. Solo en Colombia, antes de la pandemia por el COVID-19 el 54,2 % de la población vivía con algún grado de inseguridad alimentaria¹. De estos, 6,2 millones tienen necesidades de seguridad alimentaria y nutrición (agravada por la pandemia), y 3,5 millones tienen un grado de inseguridad alimentaria aguda, que se espera que para 2021 haya ascendido a 10 millones, extendiéndose a zonas urbanas y periurbanas². Partiendo de ello, es prioridad establecer leyes y programas de erradicación del hambre, así como fomentar la agricultura familiar y el desarrollo agrícola sostenible con énfasis en adaptación al cambio climático como un enfoque integral que incluya acciones para la conservación del suelo, recurso vital en la producción de alimentos y regulación de los ciclos biogeoquímicos.

1. Asociación Nacional de Industriales [ANDI]. (2021). *La Cámara de Alimentos de la ANDI y ABACO presentan estudios sobre la situación nutricional en Colombia en el marco de la Alianza por la Nutrición Infantil «Alimentando Sueños»*. <http://www.andi.com.co/Home/Noticia/17140-la-camara-de-alimentos-de-la-andi-y-aba>

2. OCHA. (2021). *Panorama de las necesidades humanitarias: Colombia*. <https://www.humanitarianresponse.info/es/operations/colombia/document/colombia-pnh-hno-panorama-de-necesidades-humanitarias-mar-2021>

La sostenibilidad ambiental está estrechamente ligada a la biota edáfica, por lo que fortalecer el conocimiento en el área es una de las estrategias para mantener los rendimientos agrícolas y otros servicios ecosistémicos. No existe contradicción entre la sostenibilidad y el adecuado manejo agrícola; por el contrario, los organismos del suelo protegen las reservas de carbono y liberan nutrientes para las plantas, mantienen la estructura del recurso y son decisivos en los ciclos biogeoquímicos como el del nitrógeno, en el que transforman las formas puras en amonio y nitrato para ser absorbidos por los vegetales. En síntesis, los organismos del suelo aportan una serie de servicios ecosistémicos esenciales para preservar la vida.

El módulo argumenta la importancia de la biota del suelo, la sostenibilidad de la producción agropecuaria y la conservación del ecosistema. Se presentan tres unidades académicas que sintetizan los principios básicos de la disciplina a través de un material de aprendizaje metodológico y didáctico que permite que el estudiante identifique, describa y reconozca los organismos del suelo. A su vez, fortalece la línea de suelos en los programas de ciencias agrícolas, pecuarias, ambientales y naturales, sin excluir a los demás interesados en el tema que puedan acceder al contenido, seleccionado de forma minuciosa de acuerdo con la experticia de los autores y la práctica docente, y disfrutarlo. Si bien se tiene consciencia de que este aporte aún puede mejorar, se reconoce su utilidad para facilitar el proceso de aprendizaje y crear expectativas en el lector que incentiven la profundización del tema.

Con miras a facilitar el proceso de aprendizaje y dinamizar la autonomía del estudiante, el texto está dirigido a la formación del futuro profesional con un enfoque contextual y en un escenario de aplicación a ciencias agrarias y ambientales. Considerando todo lo anterior, los autores expresan que es

una revisión bibliográfica del tema, en la que reconocen la propiedad intelectual de los textos consultados por medio de la referenciación. De igual modo, se hace énfasis en que la intención del material es académica-didáctica para desarrollar pensamiento crítico y científico en los estudiantes.

Contenido

Agradecimientos	4
Presentación	5
Unidad 1. Introducción a la biología de suelos	16
Objetivo de la unidad	16
Destreza del criterio de desempeño.....	16
Actividades de reconocimiento.....	17
Visión histórica sobre la biología de suelos	17
El suelo como hábitat.....	20
Comunidades del suelo y sus roles	21
Microflora y microfauna	22
Virus.	23
Bacterias.	24
Hongos.	31
Nemátodos.....	36
Protozoos.	39
Rotíferos.....	42
Tardígrados.....	44
Mesofauna	46
Ácaros.....	47
Colémbolos.....	50
Proturanos.	53
Dipluros.....	54
Enquitréidos.	56
Pseudoescorpiones.....	57

Macrofauna	58
Lombrices de tierra.....	59
Hormigas.....	63
Termitas.....	65
Escarabajos.	67
Miriápodos.	69
Isópodos.....	71
Larvas de insectos.....	72
Megafauna.....	74
Red trófica del suelo.....	77
Resumen de la unidad 1	79
Cuestionario de la unidad 1	79
Referencias de la unidad 1	85

Unidad 2. Introducción a la microbiología de suelos... 109

Objetivo de la unidad	109
Destreza del criterio de desempeño.....	109
Actividades de reconocimiento	109
Visión histórica sobre la microbiología de suelos...	110
Estudios de diversidad microbiana en suelos.....	116
Ciclo de nutrientes	118
Ciclo del carbono	119
Descomposición de residuos y	
mineralización de carbono.	121
Materia orgánica del suelo y la humificación.....	122
Ciclo del nitrógeno	126
Mineralización de nitrógeno (amonificación)	
e inmovilización.....	127
Fijación biológica de nitrógeno.....	130
Nitrificación.....	131
Desnitrificación.....	134
Ciclo del fósforo	136

Mineralización e inmovilización de fósforo.	136
Solubilización de fósforo.	140
Oxidación y reducción de fósforo.	142
Ciclo del azufre.	142
Mineralización e inmovilización de azufre.	144
Oxidación y reducción de azufre.	146
Relaciones simbióticas en el suelo.	147
Rizobacterias y bacterias endófitas.	147
Micorrizas.	149
Resumen de la unidad 2.	151
Cuestionario de la unidad 2.	152
Referencias de la unidad 2.	158

Unidad 3. Conceptos biológicos en la sostenibilidad

del suelo.	170
Objetivo de la unidad.	170
Destreza del criterio de desempeño.	170
Actividades de reconocimiento.	171
Indicadores biológicos de calidad del suelo.	171
Interrelaciones microbianas en el suelo.	174
Organismos del suelo y sostenibilidad de los agroecosistemas.	179
Regulación climática.	183
Microorganismos en la agricultura.	186
Estrategias de conservación para la promoción de la biodiversidad del suelo: énfasis en el trópico seco.	191
Aplicación directa de materia orgánica.	193
Compost.	193
Abonos verdes.	195
Biocarbón o biochar.	200
Uso de microorganismos.	202

Incorporación de policultivos y sistemas agroforestales	203
Clasificación y ventajas de los sistemas agroforestales.....	206
Ordenamientos agroforestales.....	207
Estrategias educativas y políticas	208
Resumen de la unidad 3	211
Cuestionario de la unidad 3.....	211
Textos sugeridos	212
Videos sugeridos	212
Referencias de la unidad 3	213

Lista de tablas

Tabla 1. Porcentaje de componentes del citoplasma y pared celular en plantas.....	123
Tabla 2. Interacciones microbianas del suelo entre dos organismos	179
Tabla 3. Efectos de la aplicación de enmiendas de compost al suelo	194

Lista de figuras

Figura 1. Clasificación esquemática de la biota del suelo basada en el ancho del cuerpo	22
Figura 2. Tipos de bacteria según su forma	25

Figura 3. Ejemplos de proteobacterias del suelo (alphaproteobacterias, Rhizobiales). A) Nódulos de <i>Sinorhizobium meliloti</i> en las raíces de la leguminosa <i>Medicago truncatula</i> ; B) <i>Sinorhizobium meliloti</i> ; C) <i>Rhizobium leguminosarum</i>	29
Figura 4. Ejemplos de hongos del suelo. A) <i>Sarcoscypha coccinea</i> (Ascomycota); B) Micorrizas de <i>Cenococcum geophilum</i> (Ascomycota) en raíces de <i>Betula ermanii</i> ; C) Hifas de <i>C. aeophilum</i> extendidas desde un esclerodio; D) <i>Xerocomus pruinatus</i> (Basidiomycota); E) Ectomicorrizas de <i>X. pruinatus</i> (Basidiomycota) en raíces de <i>Fagus</i> sp.....	33
Figura 5. Ejemplos de nemátodos del suelo. A) Bacterívoro <i>Acrobeles mariannae</i> (Rhabditida); B) Fungívoro <i>Aphelenchus</i> sp. (Rhabditida); C) Herbívoro <i>Helicotylenchus pseudorobustus</i> (Rhabditida); D) Omnívoro <i>Prodorylaimus filarum</i> (Dorylaimida); E) Parásito de plantas <i>Belonolaimus longicaudatus</i> (Rhabditida); F) Predador de otros nemátodos <i>Mylonchulus sigmaturus</i> (Dorylaimida).....	38
Figura 6. Ejemplos de protozoos del suelo. A) Ameba testada <i>Euglypha rotunda</i> (Cercozoa); B) Ameba desnuda <i>Mayorella</i> sp. (Amoebozoa); C) Ciliado <i>Pseudoplatyophrya nana</i> (Ciliophora)	41
Figura 7. Ejemplos de rotíferos del suelo. A) <i>Philodina roseola</i> (Bdelloidea), reconocido por su capacidad de entrar en estado de anhidrobiosis en respuesta a la desecación; B) <i>Adineta</i> sp. (Bdelloidea); C) <i>Habrotrocha</i> sp. (Bdelloidea)	43
Figura 8. Ejemplo de tardígrado de suelos <i>Paramacrobotus richtersi</i> . A) Estado activo; B) Estado anhidrobiótico con formación de capa protectora (tun) .	45

Figura 9. Ejemplos de ácaros. A) Fungívoro y detritívoro <i>Scheloribates pallidulus</i> (Oribátida, Acariforme); B) Predador <i>Dissoloncha superbus</i> (Mesostigmata, Parasitiforme)	49
Figura 10. Ejemplos de colémbolos. A) <i>Orchesella villosa</i> (Entomobryomorpha); B) <i>Monobella grassei</i> (Poduromorpha); C) <i>Katiannina macgillivrayi</i> (Symphypleona); D) <i>Neelus murinus</i> (Neelipleona)	51
Figura 11. Ejemplo de proturano <i>Acerentomon</i> sp. (Acerentomata)	54
Figura 12. Ejemplos de dipluros. A) <i>Campodea aagens</i> (Campodeidae); B) <i>Gollumjapyx smeagol</i> (Japygidae)	55
Figura 13. Ejemplo de enquitréido <i>Enchytraeus albidus</i> .	56
Figura 14. Ejemplos de pseudoescorpiones. A) <i>Chthonius delmastroi</i> ; B) <i>Roncus sardous</i>	58
Figura 15. Ejemplos de lombrices de tierra. A) <i>Eisenia foetida</i> (Lumbricidae); B) <i>Amyntas whitteri</i> (Megascolecidae); C) <i>Eudrilus eugeniae</i> (única especie de Eudrilidae); D) <i>Martiodrilus tenkatei</i> (Glossoscolecidae).....	60
Figura 16. Ejemplos de hormigas. A) Depredadora <i>Odontomachus</i> sp.; B) Cortadora de hojas <i>Atta laevigata</i> (hormiga culona); C) Especializada en melaza <i>Lasius niger</i> , que cuida de los pulgones.....	64
Figura 17. Ejemplos de termitas. A) <i>Anoplotermes</i> sp. (Termitidae); B) <i>Reticulitermes</i> sp. (Rhinotermitidae); C) <i>Mastotermes darwiniensis</i> (Mastotermitidae); D) <i>Stolotermes ruficeps</i> (Termopsidae).....	66

Figura 18. Ejemplos de escarabajos del suelo. A) Depredador <i>Pseudoxycheila</i> sp. (Carabidae); B) Depredador <i>Nicrophorus concolour</i> (Silphidae); C) Fungívoro <i>Liodopria</i> sp. (Leiodidae); D) Coprófago pelotero <i>Scarabaeus laticollis</i> (Scarabaeidae)	69
Figura 19. Ejemplos de miriápodos. A) <i>Gigantomorpha immanis</i> (Diplopoda); B) <i>Scolopendra cingulata</i> (Chilopoda); C) <i>Scutigera</i> sp. (Symphyla); D) Miembro de la familia Pauropodidae (Pauropoda)	70
Figura 20. Ejemplos de isópodos del suelo. A) <i>Porcellio scaber</i> (Oniscidea, Porcellionidae); B) <i>Armadillidium vulgare</i> (Oniscidea, Armadillidiidae).....	72
Figura 21. Ejemplos de larvas de insectos. A) <i>Eleodes</i> sp. (Coleoptera); B) <i>Delia radicum</i> (Diptera); C) <i>Duponchelia fovealis</i> (Coleoptera).....	73
Figura 22. Ejemplos de megafauna del suelo. A) Topo (Talpidae); B) Musaraña <i>Blarina brevicauda</i> (Soricidae); C) Rata topo desnuda <i>Heterocephalus glaber</i> (Bathyergidae); D) Rata topo de Damara <i>Fukomys damarensis</i> (Bathyergidae); E) Salamandras <i>Salamandra salamandra</i> ; F) Cecilias <i>Caecilia pulchraserrana</i> (Gymnophiona, Caeciliidae); G) Serpiente ciega <i>Ramphotyphlops braminus</i> (Typhlopidae); H) Lagarto sin patas <i>Lialis burtonis</i> (Pygopodidae).....	76
Figura 23. Red trófica de las comunidades del suelo	78
Figura 24. Ciclo del carbono	120
Figura 25. Mecanismo para la formación y protección de sustancias húmicas	125
Figura 26. Propiedades de las sustancias húmicas	126
Figura 27. Ciclo del nitrógeno	128
Figura 28. Ciclo del fósforo	137

Figura 29. Ciclo del azufre.....	143
Figura 30. Propiedades y procesos biológicos en relación con la calidad del suelo y la sostenibilidad	172
Figura 31. Vínculos entre las variables esenciales de la biodiversidad del suelo (anillo exterior) y los sectores políticos (parte superior de la figura) mediante el uso de indicadores ecológicos del suelo (centro de la figura).	174
Figura 32. Procesos biológicos del suelo: interrelaciones y funciones de los organismos en el ecosistema.....	175
Figura 33. Actividades esenciales en el suelo y los organismos involucrados.....	182
Figura 34. Relación entre las comunidades, los servicios y las funciones ecosistémicas del suelo	184
Figura 35. Ejemplo de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal según su clasificación.....	189
Figura 36. Nabo forrajero (<i>Raphanus sativus</i>) como abono verde en Tibasosa, Boyacá.....	197
Figura 37. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que pueden modificarse después de la adición de biocarbón	202