



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

**Caracterización por medios dependientes de cultivo de
comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros (Coleoptera:
Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios
de la Reserva El Madrigal del Podocarpus, Loja**

Trabajo de Titulación previa a la
obtención del título de Ingeniera en
Manejo y Conservación del Medio
Ambiente

AUTOR:

Josselyn Priscila Jiménez Barba

DIRECTORA:

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 30 de agosto de 2022

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización por medios dependientes de cultivo de comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios de la Reserva El Madrigal del Podocarpus, Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente** de autoría de la estudiante **Josselyn Priscila Jiménez Barba, con número de cédula de identidad Nro. 1150216396**, , una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

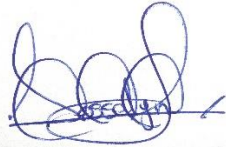


Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres, Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Josselyn Priscila Jiménez Barba**, declaro ser autora del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Autora: Josselyn Priscila Jiménez Barba

Cédula de identidad: 1150216396

Fecha: 15/03/2023

Correo electrónico: josselyn.p.jimenez@unl.edu.ec

Teléfono: 0992586156

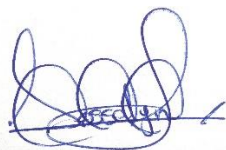
Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Josselyn Priscila Jiménez Barba**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Caracterización por medios dependientes de cultivo de comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios de la Reserva El Madrigal del Podocarpus, Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de marzo del dos mil veintitrés.



Firma:

Autora: Josselyn Priscila Jiménez Barba

Cédula de identidad: 1150216396

Dirección: Loja, San Cayetano Bajo, calle Checoslovaquia entre Bucarest y Moscú

Correo electrónico: josselyn.p.jimenez@unl.edu.ec

Teléfono: 0992586156

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del Trabajo de Titulación:

Ing. Daniela Alejandra Román Cáceres Mg. Sc.

Dedicatoria

El presente trabajo es dedicado con mucho amor a mi bella hija Brianna Chamba, que, durante toda mi formación profesional, incluyendo el desarrollo de esta tesis fue necesario sacrificar ciertas situaciones y momentos a su lado, pues ella siempre fue la razón de todo mi esfuerzo y mi mayor motor e inspiración para seguir adelante. Estoy segura que este logro servirá de herramienta para guiar cada uno de sus pasos.

A mi amada madre Alejandra Barba por su amor, comprensión, confianza, apoyo y sacrificios realizados durante el transcurso de mi etapa universitaria y en el proceso de este proyecto, gracias por siempre estar a mi lado.

A mi amado compañero de vida, esposo y amigo Bryan Chamba, que con su apoyo incondicional y paciencia fue parte importante en el logro de esta nueva meta profesional en mi vida.

Josselyn Priscila Jiménez Barba

Agradecimiento

Mi gratitud a Dios, por ser la luz incondicional que ha guiado y bendecido mi camino.

A la gloriosa Universidad Nacional de Loja. A todos mis catedráticos, en especial a la Ing. Daniela Román, Mgs. Sc., directora de tesis y a la Blga. Aura Paucar, Ph.D., codirectora de tesis por brindar sus conocimientos, guía, apoyo incondicional, paciencia y amistad durante el desarrollo de mi trabajo investigativo. Al Ing. Christian Mendoza y a la Ing. Helena España, Ph.D., por brindarme sus conocimientos en los procesos de elaboración del proyecto de tesis. A la Reserva El Madrigal del Podocarpus por abrirme las puertas y permitirme llevar a cabo el presente estudio.

Gracias a mis padres por su apoyo; y a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de una manera directa o indirecta, ustedes que realizaron su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Josselyn Priscila Jiménez Barba

Índice de Contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenidos	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Índice de Anexos.....	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Consorcios bacterianos de escarabajos estercoleros	6
4.1.1. Escarabajos estercoleros como bioindicadores y su importancia en ecosistemas	6
4.1.2. Comunidades bacterianas en el tracto digestivo de escarabajos estercoleros.....	8
4.2. Consorcios bacterianos del suelo.....	9
4.2.1. Comunidades bacterianas del suelo	9
4.2.2. Factores que influyen en las propiedades del suelo	10
4.3. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de escarabajos estercoleros ..	12
5. Metodología	13
5.1. Unidad de muestreo	13
5.2. Área de estudio	13
5.3. Recolección de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y muestras de suelo	14

5.3.1. Muestreo de escarabajos estercoleros	14
5.3.2. Muestreo del suelo	17
5.4. Aislamiento de comunidades bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros y del suelo.....	18
5.4.1. Aislamiento bacteriano en el tracto digestivo de escarabajos.....	18
5.4.2. Aislamiento bacteriano del suelo	20
5.5. Identificación morfológica de las comunidades bacterianas presentes en el tracto digestivo de los escarabajos estercoleros y del suelo.....	22
6. Resultados.....	24
6.1. Recolecta de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y muestras del suelo	24
6.2. Aislamiento de comunidades bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros y del suelo.....	26
6.3. Identificación morfológica de las comunidades bacterianas presentes en el tracto digestivo de los escarabajos estercoleros y del suelo.....	33
7. Discusión	51
8. Conclusiones	53
9. Recomendaciones	54
10. Bibliografía	55
11. Anexos	64

Índice de Tablas

Tabla 1. Escarabajos recolectados en los tres paisajes de estudio (conservado, alterado por incendio forestal y pastizal) de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.....	24
Tabla 2. Características de las muestras suelo de los tres paisajes de estudio (conservado, incendio forestal y pastizal) de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.....	25
Tabla 3. Aislamiento de cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros colectados en el paisaje conservado del bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	26
Tabla 4. Aislamiento de cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	27
Tabla 5. Aislamiento de cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	27
Tabla 6. Géneros bacterianos asociados de las cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en los paisajes conservados, pastizal e incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	50
Tabla 7. Géneros bacterianos asociados de las cepas aisladas del suelo colectadas en los paisajes conservados, pastizal e incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	50

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.....	14
Figura 2. Trampa Pitfall modificada para la colecta de escarabajos; a. Prototipo de la trampa pitfall, b. Colocación de tierra en la base del prototipo, c. Instalación del prototipo, d. Colocación del cebo, e. Vista superior de la trampa pitfall instalada en la Reserva Madrigal del Podocarpus, f. Colocación de la cubierta de la trampa pitfall para protección.....	15
Figura 3. Preparación de los escarabajos para el proceso de selección aleatoria: a. Paisaje conservado, b. Paisaje pastizal y, c. Paisaje incendio forestal.	16
Figura 4. Especímenes seleccionados previamente sellados y etiquetados para transportarse al Centro de Biotecnología de la Universidad de Loja.....	17
Figura 5. Proceso de muestreo de suelo realizado en la Reserva Madrigal del Podocarpus.	17
Figura 6. Toma de datos de humedad y temperatura con un termohigrómetro en los 3 paisajes de la Reserva Madrigal del Podocarpus: a. Paisaje conservado; b. Paisaje incendio; c. Paisaje pastizal.....	18
Figura 7. Aspectos más comunes de las diversas colonias microbianas aisladas sobre medio sólido tras la exposición de las placas a un ambiente particular.	22
Figura 8. De izq. a der.: cocos Gram positivos, bacilos Gram negativos.	23
Figura 9. Morfología de bacterias.	23
Figura 10. Cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	28
Figura 11. Cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	29

Figura 12. Cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje de incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	30
Figura 13. Cepas bacterianas puras aisladas del suelo conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	31
Figura 14. Cepas bacterianas puras aisladas del suelo pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	32
Figura 15. Cepas bacterianas puras aisladas del suelo alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	33
Figura 16. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje conservado-bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	34
Figura 17. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje conservado-bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	35
Figura 18. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	36
Figura 19. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	37
Figura 20. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	38
Figura 21. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	39

Figura 22. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	40
Figura 23. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	41
Figura 24. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	42
Figura 25. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	43
Figura 26. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	44
Figura 27. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.....	45
Figura 28. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	46
Figura 29. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	47
Figura 30. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	48
Figura 31. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.	49

Figura 32. Esquema general de muestreo en tres paisajes de la Reserva Magridal del Podocarpus, Loja.....	65
Figura 33. Etiqueta de la colecta de escarabajos.....	66
Figura 34. Colecta de escarabajos en el segundo paisaje de estudio (Incendio, previamente etiquetado y sellado.....	66
Figura 35. Registro de datos de muestreo de escarabajos en la aplicación Epicollect 5.....	67
Figura 36. Etiqueta de las muestras de suelo.....	68
Figura 37. Fase de campo: Muestreo de los escarabajos estercoleros en los tres paisajes de la reserva El Madrigal del Podocarpus.....	69
Figura 38. Fase de campo: Muestreo del suelo en los tres paisajes de la reserva El Madrigal del Podocarpus.....	69
Figura 39. Fase de laboratorio: Proceso de aislamiento de cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros.....	69
Figura 40. Fase de laboratorio: Proceso de aislamiento de cepas bacterianas aisladas del suelo.....	70
Figura 41. Controles: Izquierda-negativo, control de calidad que contuvo solo Agar con la finalidad de constatar contaminación o no del protocolo empleado, y derecha-positivo, control que contuvo una muestra directa para constatar el crecimiento bacteriano.....	70

Índice de Anexos

Anexo 1. Permiso de investigación científica.....	64
Anexo 2. Esquema general de muestreo en tres paisajes de la reserva madrigal del podocarpus, loja	65
Anexo 3. Etiqueta de la colecta de escarabajos y de las muestras de suelo.....	66
Anexo 4. Registro de datos de muestreo de escarabajos en la aplicación epicollect 5	67
Anexo 5. Registro de datos de campo de la colecta de escarabajos.....	67
Anexo 6. Etiqueta de las muestras de suelo	68
Anexo 7. Registro de datos de campo del muestreo de suelo	68
Anexo 8. Registro fotográfico.....	69
Anexo 9. Certificación de traducción de abstract	71

1. Título

Caracterización por medios dependientes de cultivo de comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios de la Reserva el Madrigal del Podocarpus, Loja

2. Resumen

Se caracterizó por medios dependientes de cultivo comunidades de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios de la Reserva El Madrigal del Podocarpus. Se seleccionaron 3 paisajes de estudio (conservado, alterado por incendio, pastizal), en cada uno se instaló una parcela de 10 m x 10 m, realizando divisiones en subparcelas de 1 m x 1 m. Se seleccionó aleatoriamente 3 subparcelas que fueron los puntos de muestreo para la colecta del suelo y de los escarabajos, en cada subparcela seleccionada se instaló una trampa pitfall modificada cebada con heces humanas. Se elaboró un protocolo para la disección del tracto digestivo de escarabajos en base a la revisión bibliográfica. Y empleando la técnica de estriado se efectuó el aislamiento bacteriano de las muestras del tracto digestivo y suelo. En los resultados, se aisló 25 cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos, pertenecientes a los géneros: *Canthidium*, *Uroxys*, *Dichotomius* y *Onthopagus*; y 47 cepas bacterianas de las muestras de suelo. Conforme a las características morfológicas y tinción Gram, se observó que existe cierta similitud entre las comunidades bacterianas aisladas del suelo y del tracto digestivo de los escarabajos, predominando mayormente la presencia de bacilos G + en ambas muestras; sin embargo, desde el punto de vista entre paisajes, en las muestras de suelo, si se observó variación, respecto al paisaje de incendio. Dichos resultados, han generado información importante sobre las comunidades bacterianas que se encuentran en los intestinos de escarabajos estercoleros y en el suelo de la Reserva El Madrigal del Podocarpus, convirtiéndose en una línea base de consulta esencial para futuros investigadores.

Palabras clave: comunidades bacterianas edáficas-intestinales, paisajes, aislamiento bacteriano, medios dependientes de cultivo, Reserva El Madrigal del Podocarpus.

2.1. Abstract

It was characterized by dependent means of communities of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) and soils conserved and altered by fires of the El Madrigal del Podocarpus Reserve were characterized by crop-dependent environments. Three study landscapes were selected (conserved, altered by fire, grassland), in each one a 10 m x 10 m plot was installed, dividing into 1 m x 1 m subplots. Three subplots were randomly selected as sampling points for the collection of soil and beetles. In each selected subplot, a modified pitfall trap baited with human feces was installed. A protocol for the dissection of the digestive tract of beetles was elaborated based on the bibliographic review. And using the striation technique, the bacterial isolation of the samples of the digestive tract and soil was carried out. In the results, 25 bacterial strains were isolated from the digestive tract of beetles, belonging to the genera: *Canthidium*, *Uroxys*, *Dichotomius* and *Onthopagus*; and 47 bacterial strains from the soil samples. According to the morphological characteristics and Gram staining, it was observed that there is a certain similarity between the bacterial communities isolated from the soil and from the digestive tract of the beetles, with a greater predominance of the presence of G + bacilli in both samples; however, from the point of view between landscapes, in the soil samples, if variation was observed, with respect to the fire landscape. These results have generated important information about the bacterial communities found in the intestines of dung beetles and in the soil of the El Madrigal Podocarpus Reserve, becoming an essential reference baseline for future researchers.

Keywords: edaphic-intestinal bacterial communities, landscapes, bacterial isolation, culture-dependent media, El Madrigal del Podocarpus Reserve.

3. Introducción

El suelo es el hogar de una extraordinaria diversidad de macro y microorganismos, siendo las bacterias y escarabajos entes importantes, para el desarrollo del presente trabajo investigativo (Navas, 2017). Por su parte, las bacterias son uno de los grupos edáficos esenciales de los ciclos biogeoquímicos, participan en la transformación de la materia mineral y orgánica del suelo, que contribuye a su fertilidad, salud y por relación simbiótica al crecimiento de las plantas (Pérez, 2018; Delgado-Baquerizo et al., 2016).

Por otro lado, los escarabajos estercoleros, también desempeñan funciones importantes, promueven diversos servicios ecosistémicos en asociación con las bacterias edáficas (González-Chang, 2015), en estos procesos intervienen diversas asociaciones microbianas desde el tracto digestivo de los escarabajos, que los benefician enormemente mediante una simbiosis nutricional que ayudan a regular su fisiología y desarrollo, los protegen frente a patógenos (Poveda Arias, 2019), les ayudan a la digestión de sustancias nocivas que se encuentran en el estiércol animal; y de esta manera, los escarabajos aportan a la remoción y reciclaje de nutrientes, asimismo, son mediadoras las bacterias edáficas de los ciclos biogeoquímicos, estimulan el crecimiento vegetal, entre otros (Nichols et al., 2008; Ejiro et al., 2021). Es así como, la participación de las bacterias del suelo y las del intestino de los escarabajos desempeñan un rol importante para la conservación de ecosistemas terrestres, a pesar de que han sido estudiados desde ámbitos separados, se desconoce información sobre la relación existente o semejanza de sus comunidades bacterianas en los dos ámbitos mencionados, lo que se convierte en un punto clave a estudiar. (Pérez, 2018; Nichols et al., 2008).

Sin embargo, estudios realizados han determinado que debido a la alta sensibilidad de los escarabajos estercoleros y bacterias edáficas a la modificación del hábitat, muchos de estos procesos ecológicos se interrumpen por las actividades antrópicas como la ganadería, agricultura y los incendios forestales (Rosero & Osorio, 2013), siendo esta última la más importante, ya que debido a altas temperaturas que se generan a nivel del suelo, se altera la biota edáfica y se destruye la cobertura vegetal, hábitat esencial para el desarrollo de los escarabajos, y a su vez, también se deteriora la salud del suelo (González-Chang, 2015; Nichols et al., 2008; Orduz et al., 2020).

Por lo tanto, el estado de conservación de los paisajes y los diferentes usos de suelo, son factores importantes a considerar en este tipo de estudios (Orduz et al., 2020), debido a que, las zonas en buenas condiciones facilitan un óptimo desarrollo de estos ejemplares a diferencia de las que ya han sido altamente degradadas, ocasionando alteraciones en las comunidades bacterianas del suelo y en la diversidad, estructura y composición de los escarabajos estercoleros, y con esto a la provisión de servicios ecosistémicos que brindan (Rangel-Acosta et al., 2016; Orduz et al., 2020).

El Sur del Ecuador cuenta con varias zonas que han sido intervenidas por incendios forestales, consecuencia de malas prácticas agrícolas y ganaderas (Fernández et al., 2013). En noviembre del año 2016, se originó un gran incendio forestal en la Reserva Madrigal del Podocarpus que consumió 60 hectáreas de bosque natural, ocasionando impactos negativos a la diversidad de macro – micro fauna y a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Baker, 2017). Dando como resultado que la reserva se encuentre comprendida por diferentes paisajes: área conservada, área alterada por incendios forestales y área de pastizal, siendo estas las seleccionadas para la presente investigación (Baker, 2017).

Bajo este contexto se pretende dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿existe variación entre las comunidades bacterianas del suelo y del tracto digestivo de los escarabajos estercoleros, de acuerdo a diferentes paisajes (conservado, alterado por incendio y pastizal) de la Reserva Madrigal El Podocarpus, la misma representa una pregunta fundamental a responder (considerando que en esta área no se registran estudios de esta magnitud), porque su importancia radica en desarrollar un protocolo para el aislamiento de bacterias del intestino de los escarabajos y generar nuevo conocimiento acerca de la microbiota de escarabajos estercoleros y su relación con las comunidades bacterianas edáficas, que servirán de aporte para futuros estudios de ecología, agricultura y biotecnología, orientados a la conservación microbiana de los mismos. Además, cabe recalcar que la presente investigación forma parte del proyecto aprobado por la dirección de investigación de la Universidad Nacional de Loja, denominado: “Uso de escarabajos bio-recicladores (Coleoptera: Scarabaeinae) y consorcios bacterianos del suelo como estrategia para la regeneración de ecosistemas en tres áreas de Loja y Zamora Chinchipe”.

La presente investigación se rige bajo los siguientes objetivos:

Objetivo General

Caracterizar por medios dependientes de cultivo comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios de la Reserva El Madrigal del Podocarpus, Loja”.

Objetivos Específicos

Recolectar especies representativas de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y muestras de suelo de paisajes conservados y alterados por incendios en la Reserva Madrigal del Podocarpus.

Aislar comunidades bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros y del suelo de los paisajes conservados y alterados por incendios en la Reserva Madrigal del Podocarpus.

Identificar morfológicamente las comunidades bacterianas presentes en el tracto digestivo de los escarabajos estercoleros y de los tipos de suelos en estudio.

4. Marco Teórico

A continuación, se mencionan las temáticas de estudio más relevantes que fueron de utilidad para desarrollar la presente investigación.

4.1. Consorcios bacterianos de escarabajos estercoleros

Antes de partir con información acerca de los consorcios o comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros, es importante mencionar las funciones ecológicas que desempeñan estos insectos en el ecosistema, factor primordial que se tomó en consideración para el desarrollo de este estudio.

4.1.1. Escarabajos estercoleros como bioindicadores y su importancia en ecosistemas

Los escarabajos copronecrófagos, comúnmente llamados estercoleros-peloteros, pertenecen a la subfamilia Scarabaeinae, son un grupo clave empleados en el desarrollo de trabajos investigativos en cuanto a temas de ecología, biodiversidad, conservación, medición de impacto ambiental gracias al conocimiento de su taxonomía y biología, su fácil y económica colecta, su amplia distribución geográfica, llegando a colonizar una gran variedad de paisajes, al ser abundantes y diversos en regiones tropicales y escasos o ausentes en regiones frías (Nichols et al., 2008) y la especificidad o desenvolvimiento que muestran en ciertos hábitats,

convirtiéndolos en una de las clases de insectos más sobresalientes utilizados como bioindicadores ecológicos (Martínez et al., 2016; Chamorro et al., 2018; Armijos et al., 2022). También, estos insectos son esenciales en los ecosistemas terrestres, ya que participan activamente en el proceso reciclaje de nutrientes y otros elementos disponibles en el suelo, incorporando gran parte de la materia orgánica en descomposición producida por animales mamíferos (Armijos et al., 2022).

En el caso de las excretas de los animales vertebrados del bosque, los escarabajos estercoleros aprovechan estos desechos como fuente de alimento y en la elaboración de sus anidaciones, impidiendo así la volatilización del nitrógeno y mineralizándolo e incorporándolo al suelo (Carvajal et al., 2011; Basto-Estrella et al., 2012; González-Chang, 2015; Martínez et al., 2016). Adicionalmente, este proceso de remoción de excremento contribuye a la fertilización y aireación del suelo, incrementando sus nutrientes, aportando a la dispersión de semillas y a su vez ayudando a la reducción de emisión de metano, que produce uno de los gases de efecto invernadero el cual contribuye al cambio climático global (Nichols et al., 2008; Penttilä et al., 2013). Por ende, esta última función que cumplen los escarabajos es muy primordial en los pastizales, ya que se estima que ciertas especies de escarabajos pueden llegar a fijar el 15% del N₂ de las heces fecales por pareja de escarabajos al año, es decir, aproximadamente 9 kg de N₂, gracias a este valioso comportamiento de enterrar el estiércol en el suelo (Carvajal et al., 2011).

De tal modo que, la presencia de estos individuos es muy importante para la sustentabilidad tanto de bosques como también de los pastizales, en donde este último, por el tipo de ecosistema presenta una mayor cantidad de excretas debido al ganado que se encuentra en el lugar (Martínez et al., 2016). Asimismo, los escarabajos estercoleros actúan como agentes de control biológico de algunos nematodos gastrointestinales y de larvas de ciertos dípteros que son perjudiciales para el ganado que cumplen su ciclo de vida en las excretas (Nichols et al., 2008; Basto-Estrella et al., 2012; González-Chang, 2015; Martínez et al., 2016).

De acuerdo a lo expuesto por Rangel-Acosta & Martínez-Hernández, (2017), los escarabajos estercoleros también son utilizados como bioindicadores ecológicos para conocer el estado de conservación de los ecosistemas, permitiendo el registro de efectos de las actividades antropogénicas sobre la diversidad, evidenciando así hasta los más mínimos cambios naturales que lleguen a modificar la cobertura vegetal y las condiciones ambientales dentro de sus hábitats, dado que esto afecta directamente al crecimiento y desarrollo de estos

especímenes. De igual manera, Otavo et al., (2013) menciona que estos insectos se consideran actualmente uno de los grupos más reconocidos y utilizados para el monitoreo y establecimiento de áreas protegidas, ya que cuentan con varias características tales como una rápida respuesta a la variabilidad ambiental, alta diversidad, asociación estrecha con otras especies, fidelidad ecológica, importancia funcional y facilidad de captura con bajo costo, siendo muy efectiva.

4.1.2. Comunidades bacterianas en el tracto digestivo de escarabajos estercoleros

Los escarabajos al igual que otros insectos, contienen en su tracto digestivo comunidades bacterianas simbióticas, en donde las enzimas bacterianas cumplen con ciertas reacciones lipolíticas, celulolíticas, entre otras, que proporcionan a su huésped nutrición y ayudan en la digestión de sustratos complejos (Galvis et al., 2009); por ejemplo, la fibra del estiércol de ganado, alimento celulolítico, propio de los escarabajos estercoleros juveniles (Mabhegedhe, 2017).

En el estado larvario de los escarabajos estercoleros, su sistema intestinal consiste en un intestino anterior pequeño, casi irreconocible y dos cámaras distintas; el intestino medio y el intestino posterior (Mabhegedhe, 2017). Estas dos cámaras son los centros principales en los que se procesa el material de estiércol cuya composición incluye celulosa (Mabhegedhe, 2017). Pocos estudios realizados con larvas de coleópteros de distintas familias han demostrado que hay un alto número de especies de bacterias presentes en su tracto digestivo, representando un potencial muy importante para la biotecnología, debido a que facilitan la digestión de compuestos presentes en sus alimentos, muchas de estas bacterias intervienen en la digestión de xilosa y hemicelulosa en el intestino de estos insectos (Mabhegedhe, 2017). Así mismo, estas comunidades bacterianas intestinales se encargan de facilitar procesos de digestión de sustratos como celulosa y compuestos lignocelulósicos (Mabhegedhe, 2017).

No obstante, en la investigación de Shan et al., (2014), se realizó el estudio de bacterias intestinales de tres géneros de larvas de coleópteros con una temática distinta a la del presente estudio, sin embargo, gracias a este estudio se puede tener una idea aproximada de los géneros bacterianos intestinales que se encuentran presentes en estos, recalando que estos podrían variar de acuerdo al género y especie de insecto, en este estudio utilizaron medios independientes de cultivo, logrando aislar 13 cepas de géneros diferentes, incluidas: *Aeromonas*, *Citrobacter*, *Enterococcus*, *Microbacterium*, *Klebsiella*, *Lactococcus*,

Acinetobacter, *Empedobacter*, *Cellulosimicrobium*, *Vagococcus*, *Pseudoxanthomonas*, *Diaphorobacter* y *Ochrobactrum*.

Desde otro punto de vista, en cuanto a la morfología celular de las bacterias que se presentan en el tracto digestivo de coleópteros, el estudio de Galvis et al., (2009) en donde realizó un análisis de estas comunidades bacterianas por medios dependientes de cultivo, manifiesta en sus resultados el aislamiento de ocho morfotipos de bacterias, las mismas que fueron todas Gram negativas agrupadas en diplococos, cocos y cocobacilos. No obstante, a nivel del Ecuador se desconoce estudios en cuanto a la microbiota intestinal de escarabajos estercoleros, a pesar de la importancia ecológica que estos desempeñan, representando así, un factor ecológico y biotecnológico muy importante para investigar, tal cual lo realiza el presente estudio (Galvis et al., 2009).

4.2. Consorcios bacterianos del suelo

4.2.1. Comunidades bacterianas del suelo

Las bacterias del suelo son microorganismos muy esenciales dentro del ecosistema, debido a su participación en varios procesos biológicos, como, por ejemplo: en la descomposición de la materia orgánica, principalmente de la hojarasca vegetal (bosques) y la mineralización (ej. Bacterias) de la materia orgánica, que permiten la transferencia de materia y energía entre las comunidades superficiales y subterráneas (Delgado-Baquerizo et al., 2016). Asimismo, aportan en el crecimiento y la productividad de las plantas, por ejemplo, las bacterias fijadoras de nitrógeno (simbiontes) son responsables de que las plantas adquieran en suelos de pastizales anualmente de 5 - 20% y en bosques templados y boreales el 80% de todo el nitrógeno generado (Heijden et al., 2008).

Según Calvo Vélez et al., (2008) & Criado, (2018), se estima que en un gramo de tierra puede haber miles de especies (o filotipos) de bacterias, incluido los Actinomicetos, y hasta 40 millones de células bacterianas, pesando aproximadamente 10 000 kg/ha, esto representa el 5 % del total de materia orgánica seca presente en el suelo. Por otro lado, la rizosfera, definida como la porción del suelo influenciada por las raíces vegetales, es el sitio de máxima interacción entre microorganismos edáficos. Por ello, el conocimiento detallado de este ambiente y la caracterización de su biodiversidad constituyen pilares fundamentales para lograr agroecosistemas sustentables (Álvarez et al., 2017).

Actualmente, se utilizan bacterias benéficas del suelo para recuperar la estructura perdida por las prácticas agrícolas, para aumentar la disponibilidad de los nutrientes del suelo y para incorporar la materia orgánica que se necesita para mejorar la fertilidad (Álvarez et al., 2017). Entre los géneros bacterianos más importantes agrícolamente por la transformación de los compuestos orgánicos e inorgánicos y que favorecen la nutrición de las plantas están: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Thiobacillus*, *Lactobacillus*, y *Rhizobium* (Álvarez et al., 2017).

Desde otro punto de vista, en cuanto a la morfología celular de las bacterias que se presentan en el suelo, el estudio de Kaiser et al., (2016) en donde realizó una evaluación de las comunidades bacterianas del suelo en dos tipos paisajes (bosques y pastizales) de tres regiones alemanas, manifiesta en sus resultados que en todas sus muestras bacterianas dominaron el grupo de bacterias Gram negativas.

4.2.2. Factores que influyen en las propiedades del suelo

El manejo irracional del suelo, así como la presencia de perturbaciones por actividades de ganadería y agricultura causan desequilibrios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de este recurso (Bernal, 2015). Aunque, existen varios factores abióticos que influyen en el número y tipo de microorganismos presentes en el suelo como su composición (cantidad y tipo de nutrientes), características físicas (humedad, temperatura, pH, aireación) y el tipo de plantas en el suelo (sistema de raíces) (Álvarez et al., 2017).

Uno de los factores más importantes a considerar es el pH, ya que los suelos varían frecuentemente en cuanto a su acidez o basicidad (Sanz, 2011). En función de este parámetro, los microorganismos que en cada uno de ellos se desarrollan serán también distintos (Sanz, 2011). Asimismo, una modificación que presente el pH puede activar o casi inactivar las enzimas de los microorganismos; este también actúa sobre la disponibilidad o fijación de minerales nutritivos; se puede decir que, en suelos con pH de 5.6 la mayoría de los microorganismos beneficiosos para los cultivos como las bacterias del género *Bacillus*, existen, y sus enzimas son activas (Calvo Vélez et al., 2008).

De igual manera, la diversidad microbiana se relaciona positivamente con la multifuncionalidad en los ecosistemas terrestres a escala global; ya que, cualquier pérdida en la diversidad microbiana probablemente se reducirán las tasas a las que se mantienen múltiples

funciones y servicios ecosistémicos (Calvo Vélez et al., 2008; Sanz, 2011; Álvarez et al., 2017; Bernal, 2015).

Entre otro factor que influye negativamente en las propiedades del suelo, están los incendios forestales, muchas de las veces generadas por prácticas agrícolas-ganaderas, por ejemplo con las quemas controladas, las mismas que fácilmente pierden el control y dan paso a un incendio forestal (Rosero & Osorio, 2013), ocasionando la alteración de los procesos ecológicos como la pérdida de biodiversidad, especialmente de flora, fauna y microfauna, degradando la salud del suelo y proporcionando el desarrollo de especies invasoras (Sarango et al., 2019).

Además, Rosero & Osorio, (2013), hacen hincapié en los efectos directos e indirectos que causan los incendios, los directos que ocasionan la muerte de los macro y microorganismos del suelo durante el disturbio, debido a las altas temperaturas, producto de la combustión de las llamas y gases calientes; y los indirectos que provocan perturbación en el bienestar de los organismos biológicos y eso implica la competencia por el hábitat, alimentación, entre otros. Tal es el caso que se suscitó en el año 2016, en la Reserva Madrigal del Podocarpus, en donde se consumieron 60 hectáreas de bosque natural, afectando a la flora, fauna, microfauna y a las propiedades físicas, químicas del suelo (Baker, 2017).

Sin embargo, en cuanto a las comunidades microbianas edáficas presentes en las capas superficiales del suelo, se conoce que después de un incendio forestal, estas se reducen drásticamente, ya que los microorganismos generalmente son muy sensibles a los cambios de temperatura, humedad y nutrientes (Torres & Lizarazo, 2006; Beltrán Pineda & Lizarazo-Forero, 2013). Por ende, dado el papel fundamental que desempeñan los microorganismos edáficos en los ciclos biogeoquímicos y como bioindicadores de la salud actual del suelo, es crucial conocer sobre los grupos funcionales de comunidades bacterianas edáficas presentes en el paisaje alterado de incendio de la Reserva El Madrigal del Podocarpus y entender sus interacciones, ya que esta valiosa información puede brindar una clara perspectiva de las condiciones que ocurren en un ecosistema, además de servir como una línea base para futuros estudios encaminados al monitoreo de disturbios ambientales y al planteamiento de estrategias de conservación de estos microorganismos y mejoramiento del ecosistema (Beltrán Pineda & Lizarazo-Forero, 2013).

4.3. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de escarabajos estercoleros

La presencia de los escarabajos estercoleros varía de acuerdo al tipo de cobertura vegetal en el que se encuentren, así como también, de la temperatura ambiental, humedad relativa, tipo de suelo, relieve topográfico y diferencias locales de altitud, observándose marcadas diferencias entre áreas abiertas y bosques cerrados (Villamarín-Cortez, 2010; Armijos et al., 2022). Los cambios ecosistémicos antrópicos conllevan una pérdida muy importante de la biodiversidad, dando paso a paisajes heterogéneos, como pastizales, bosques secundarios o páramos antrópicos que han sufrido alguna perturbación, como incendios, y bosques primarios que se conservan naturalmente (Villamarín-Cortez, 2010).

Por lo tanto, las condiciones y estructuras de cobertura vegetal de cada paisaje influyen en el desarrollo de los escarabajos estercoleros (Rangel-Acosta et al., 2016). En el caso de los páramos antrópicos, se presenta una baja densidad de vegetación, la misma que no aporta las condiciones y recursos necesarios para el crecimiento de estas especies (Rangel et al., 2020). En el bosque natural, plantaciones forestales y matorral se presenta cierta homogeneidad, que permite el flujo de especímenes entre los hábitats (Rangel-Acosta et al., 2016).

En cuanto a paisajes que han sido fuertemente intervenidos y afectados por incendios, también se han presentado afectaciones a la cobertura vegetal y a los escarabajos que habitan ahí, dado que los efectos directos e indirectos de los incendios han ocasionado la muerte drástica de las especies de escarabajos tanto adultos como larvas, así como la emigración de estos organismos a nuevas áreas, y a su vez, modificando la estructura de bosque, causando la pérdida de cobertura vegetal, variación en las condiciones ambientales y disposición de recursos (por ejemplo, la ausencia de mamíferos conlleva a una fuerte caída en la cantidad y calidad de recursos (excrementos) disponibles para los escarabajos (Nichols et al., 2009), siendo estas condiciones muy importantes, para la supervivencia de los especímenes que no han muerto durante el disturbio y para el establecimiento de las potenciales especies de escarabajos de hábitats colindantes que podrían llegar a colonizar (Rangel et al., 2020).

Sin embargo, estas condiciones podrían mejorar después de su restauración natural, dependiendo del tipo de ecosistema esta restauración puede ser rápida (perturbación natural) permitiendo el regreso de estas especies y de la fauna en general en poco tiempo y en otras

ocasiones lenta, en donde los daños causados pueden tomar varios años para la recuperación de la misma (Rangel et al., 2020).

5. Metodología

La presente investigación, se realizó con el permiso de investigación que otorga el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, (Anexo 1) y con el previo permiso de la propietaria de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.

5.1. Unidad de muestreo

El muestreo se realizó en el mes de febrero del 2022, en dos salidas de campo, una para el muestreo de escarabajos y otra para el muestreo del suelo. En cada paisaje se realizó un muestreo aleatorio simple, tanto para escarabajos como el suelo. Durante el muestreo de los escarabajos se instaló una parcela de 10 m x 10 m, donde se realizaron divisiones en subparcelas de 1 m x 1 m, y a partir de estas se seleccionaron aleatoriamente 3 subparcelas que fueron los puntos de muestreo para colocar las trampas de caída (1, 2, 3), tal cual se aprecia en el anexo 2, en las parcelas seleccionadas también se recolectaron las muestras de suelo (Sucre et al., 2008; Mushia, 2019; Rojas et al., 2013). El proceso fue aplicado en 3 paisajes (conservado, pastizal y alterado por incendio) de la Reserva Madrigal del Podocarpus, obteniendo un total de 9 puntos de observación en el área de estudio.

5.2. Área de estudio

Se llevó a cabo en la Reserva Privada Madrigal del Podocarpus, ubicado en el cantón, provincia de Loja, en el sur-oriente de la ciudad de Loja, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Podocarpus (PNP), en la microcuenca San Simón, en el sector de Zamora Huayco Alto. Sus límites son: al norte con la microcuenca San Simón, al sur con propiedades privadas y con el PNP, al este limita con el PNP por el filo de la cordillera hasta la quebrada San Simón y al oeste con propiedades privadas (Castillo, 2011). Cuenta con una superficie aproximada de 306 ha, se encuentra en un rango altitudinal entre 2225 m s.n.m. a 3310 m s.n.m., en las coordenadas de 703585 longitud este y 9552357 latitud norte, presenta una precipitación anual entre 500 a 1200 mm, una temperatura entre 12 a 14 °C (Baker, 2017).

La Reserva Madrigal del Podocarpus, consiste originalmente de bosque nublado, específicamente de bosque siempreverde montano del sur de la cordillera Oriental de los Andes

(BsMn02). Sin embargo, el resultado de actividades antrópicas frecuentes, específicamente por incendios y ganadería ha generado vegetación representativa de un ecosistema alterado: área restaurada que comprende un bosque secundario (recuperando mayor tiempo), área arbustiva y un páramo antrópico (historia de incendios, parte baja ha sido más quemada en años recientes en comparación con la parte alta); y, un área de pastizal producto de la ganadería que se presencia en el sector (Baker, 2017). En la Figura 1, se muestran las 3 áreas seleccionadas para el estudio que comprenden: área conservada, área restaurada (incendios) y área de pastizal.

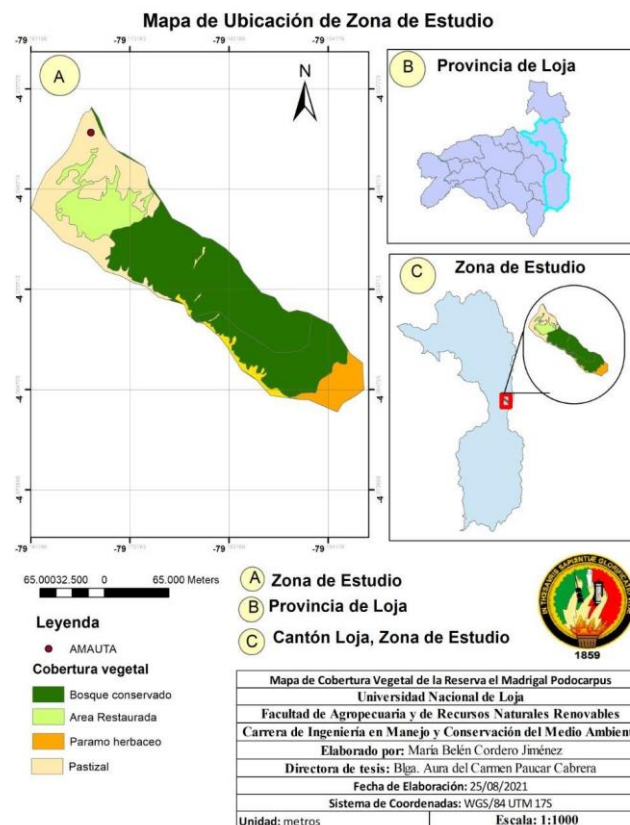


Figura 1. Mapa de ubicación de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.

5.3. Recolecta de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y muestras de suelo

5.3.1. Muestreo de escarabajos estercoleros

Una vez instalada la parcela y seleccionados los puntos de muestreo en cada paisaje, se instalaron 3 trampas pitfall o de caída en cada parcela, utilizando cebo de excremento humano

para capturar los escarabajos estercoleros, y las trampas fueron revisadas durante 24 horas (Figuroa & Alvarado, 2011 & Chamorro et al., 2019).

Las trampas se construyeron por medio de envases plásticos en forma de embudo (para evitar que los escarabajos se escapen) de boca ancha de 1 litro de capacidad y de 14 cm de profundidad. La base del envase estuvo cubierta por una pequeña cantidad de tierra del lugar de muestreo, fueron enterradas al ras del suelo, y el cebo fue colocado en un vaso plástico pequeño de 1 oz., suspendido fuertemente encima del envase y asegurando que este no tenga contacto con el recipiente de colecta, para evitar contaminación bacteriana. Posterior a ello, se colocaron platos desechables encima de la trampa para protegerla de la lluvia, residuos, hojas o ramas (Figura 2) (Figuroa & Alvarado, 2011 & Chamorro et al., 2019).



Figura 2. Trampa Pitfall modificada para la colecta de escarabajos; a. Prototipo de la trampa pitfall, b. Colocación de tierra en la base del prototipo, c. Instalación del prototipo, d. Colocación del cebo, e. Vista superior de la trampa pitfall instalada en la Reserva Madrigal del Podocarpus, f. Colocación de la cubierta de la trampa pitfall para protección.

Por cada punto de muestreo, se colectaron los escarabajos vivos del morfotipo Scarabaeinae, se realizaron aperturas pequeñas en la tapa de sellado para permitir la entrada de oxígeno y mantenerlos vivos, fueron etiquetados y sellados respectivamente (Anexo 3).

En cada uno de los puntos de muestreo se registraron datos como: código, fecha, colector, localidad, cobertura vegetal, transecto, punto, coordenadas, información que fue ingresada en la aplicación de Epicollect5 (Anexo 4); así como estado de la trampa, el clima y otras observaciones de relevancia (Anexo 5).

Posteriormente, los especímenes fueron transportados al museo de Zoología LOUNAZ de la Universidad Nacional de Loja, para su respectiva identificación y selección aleatoria de

individuos que fueron usados para extraer las muestras. La selección aleatoria se realizó por cada paisaje de estudio, empezando con el paisaje conservado, luego con incendio y finalmente con pastizal. En la Figura 3, se muestra este proceso que consistió de la siguiente manera: frente a cada trampa se colocaron recipientes vacíos y limpios, y se fueron colocando los escarabajos colectados en cada uno de ellos, de acuerdo al número de trampa correspondiente. Luego, tomando en cuenta la especie de escarabajos más representativa, se procedió a seleccionar: las especies que se repetían en todas las trampas, las que se repetían solamente en dos trampas y las que no se repetían y estaban presentes en una sola trampa; de acuerdo a ello se procedió a sortear aleatoriamente y se seleccionaron únicamente 2 especies de escarabajos por sitio de muestreo, cada individuo fue colocado en un tubo de centrífuga de 50 ml, previamente sellado y etiquetado (Figura 4). Dando un total de 6 especímenes seleccionados en toda el área de estudio, que fueron transportados al Centro de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja.



Figura 3. Preparación de los escarabajos para el proceso de selección aleatoria: a. Paisaje conservado, b. Paisaje pastizal y, c. Paisaje incendio forestal.

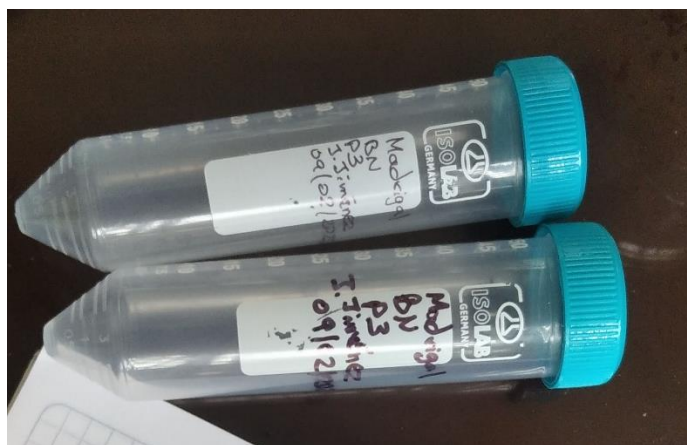


Figura 4. Especímenes seleccionados previamente sellados y etiquetados para transportarse al Centro de Biotecnología de la Universidad de Loja.

5.3.2. Muestreo del suelo

Se colectaron las muestras de suelo en los mismos puntos de observación del muestreo de escarabajos. En la Figura 5, se aprecia el proceso de muestreo (Schweizer Lassaga, 2011), consistió en tomar por cada punto de observación (3 puntos de observación) submuestras de la parte superficial del suelo con ayuda de una pala, a unos 20 centímetros de profundidad, realizando a su vez un corte de pastel para eliminar restos de piedras, raíces, basura, entre otras; luego, las submuestras fueron homogeneizadas en un saco para obtener una sola muestra representativa de suelo de 200 gramos por cada paisaje, ésta se depositó en una funda ziploc, se selló y se etiquetó adecuadamente (Anexo 6) (Sansupa et al., 2021; Mau et al., 2011 & Pérez, 2021). En total, se obtuvieron 3 muestras representativas de suelo (conservado, pastizal, alterado por incendio) en toda el área de estudio y se transportaron al laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja.



Figura 5. Proceso de muestreo de suelo realizado en la Reserva Madrigal del Podocarpus.

En cada uno de los puntos de muestreo se midió parámetros de humedad y temperatura a través de un termohigrómetro (Figura 6), cuyos datos fueron registrados en una hoja de campo, así como estado del clima y observaciones relevantes que se aprecian en el Anexo 7.



Figura 6. Toma de datos de humedad y temperatura con un termohigrómetro en los 3 paisajes de la Reserva Madrigal del Podocarpus: a. Paisaje conservado; b. Paisaje incendio; c. Paisaje pastizal.

5.4. Aislamiento de comunidades bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros y del suelo

El proceso de aislamiento de comunidades bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros y del suelo se realizó en el laboratorio de Microbiología del Centro de Biotecnología de la Universidad Nacional de Loja, a través de la siembra en placa Petri con Agar AN y Agar TSA, utilizando la técnica de estriado y tomando en cuenta características morfológicas de las colonias bacterianas.

5.4.1. Aislamiento bacteriano en el tracto digestivo de escarabajos

Preparación y disección intestinal

Se sacrificó a los escarabajos por enfriamiento, cada individuo fue colocado en un tubo eppendorf de 50 ml y almacenado durante 24 h en la nevera a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Galvis et al., 2009 & Chakraborty et al., 2020). Luego, se realizó un proceso de desinfección de cada escarabajo para evitar una posible contaminación, se prepararon 3 vasos de precipitación de 80 ml; dos con

agua destilada estéril y uno con alcohol al 70 %, el procedimiento se lo efectuó de la siguiente manera (Arias-Cordero et al., 2012; Heise et al., 2019 & Shan et al., 2014):

Primero, se sumergió a cada escarabajo en agua destilada estéril durante 1 min; luego, en alcohol al 70% durante 2 min y después, nuevamente se enjuagó con agua destilada estéril durante 1 min. Finalmente, se colocó a los escarabajos sobre una caja Petri para la disección intestinal. Para este proceso, se extrajo todo lo que comprende al intestino anterior y recto, en base al siguiente protocolo (Vasanthakumar et al., 2006); (Vasanthakumar et al., 2008):

- Los instrumentos a utilizar (bisturí, pinzas, varilla de metal) fueron sumergidos en alcohol para su desinfección.
- Con ayuda de una pinza se sujetó al escarabajo y con el bisturí se seccionó el área membranosa entre el metatórax y el abdomen, para posteriormente separar el abdomen del resto del cuerpo.
- Luego, con una pinza se sujetó el abdomen y con ayuda de otra pinza de punta fina se retiró el intestino y se lo colocó en un criovial con 2 ml de agua destilada estéril.
- La varilla metálica desinfectada se introdujo en el criovial para triturar y mezclar el intestino durante 1 min, con la finalidad de separar los microorganismos de las paredes del tejido.

Aislamiento bacteriano

Preparación para diluciones seriadas

Antes de efectuarse el aislamiento bacteriano, se efectuó diluciones seriadas en un factor de 1/10. Las diluciones se realizaron hasta la 10^{-7} , se sembró a partir de la dilución 10^{-5} hasta la dilución 10^{-7} , y se contó con 2 repeticiones de las mismas.

Para efectuar las diluciones, se prepararon 7 microtubos con 1,5 ml de agua peptona estéril y etiquetados de la siguiente manera: 1, 2, 3, ..., 7. A partir de la muestra del intestino macerado en el crioval (muestra madre), con ayuda de una micropipeta graduada se tomó 0,5 ml y se vertió al microtubo etiquetado como 1, se tapó y agitó en el vórtex durante 20 segundos. Para la siguiente dilución, se vertió 0,5 ml de la dilución 1 al tubo etiquetado como 2, se tapó y agitó en el vórtex durante 20 segundos. De la misma manera, se realizó para cada dilución seriada hasta llegar a la dilución 10^{-7} , etiquetada como 7 (Luna, 2012).

Cultivos mixtos y puros

Una vez obtenidas las diluciones, se procedió a la siembra de cultivos mixtos, usando la técnica de agotamiento por estría, con base al protocolo establecido por Reynoso et al., (2015). Para ello, se contó con dos medios de control (positivo y blanco) el control positivo fue una muestra directa del tracto digestivo extraído antes de ser macerado sobre Agar Nutritivo (AN) con la finalidad de constatar crecimiento bacteriano y el control blanco contuvo solo AN con la finalidad de constatar contaminación o no del protocolo empleado.

Los cultivos mixtos se sembraron en medios sólidos básicos de Agar Trypto-Casein Soy (TSA) y AN con la finalidad de obtener colonias bacterianas que puedan ser aisladas. Se realizaron siembras con 2 repeticiones por cada especie de escarabajo, partiendo desde la dilución 1: 10⁻⁵ hasta la dilución 1: 10⁻⁷. Para ello, se inoculó 0.01 ml de cada dilución sobre Agar TSA y AN, se sellaron con cinta Parafilm, se etiquetaron respectivamente y se incubó por 48 horas a 28 °C (Galvis et al., 2009; Lu et al., 2013 & Castañeda, 2009).

A partir del cultivo mixto, se observaron las características macroscópicas y comunes (forma, borde, color, elevación, etc.) que mantuvieron las colonias bacterianas y por cada colonia diferente que se percibió, se la volvió a sembrar empleando la técnica de estriado sobre Agar TSA y se mantuvieron en incubación por 24 horas a 28°C con la finalidad de obtener un nuevo cultivo de bacterias en estado puro. Luego, por cada cultivo puro obtenido se tomó una cepa aislada y se lo congeló a -80 °C para mantener su conservación.

Cabe recalcar que, todas las cepas bacterianas fueron etiquetadas para evitar confusiones a la hora de efectuar los procedimientos de identificación.

5.4.2. Aislamiento bacteriano del suelo

Una vez que se obtuvieron las muestras de suelo, cada una fue extendida sobre una superficie plana del Laboratorio de Biotecnología durante 3 días para secar las muestras. Luego se procedió con el aislamiento bacteriano, partiendo de diluciones seriadas, el cultivo y la incubación, acorde al protocolo establecido por (Luna, 2012), este procedimiento se realizó para todas las muestras de suelo en estudio.

Diluciones seriadas

Para efectuar las diluciones seriadas, en cada muestra, se tamizó y pesó 10 gramos de suelo, que fueron diluidos en un matraz con 90 ml de agua destilada (muestra madre), y homogeneizados con ayuda de un agitador a 340 rpm durante 20 minutos (Sansupa et al., 2021).

Posterior a ello, se prepararon 5 tubos de ensayo con 9 ml de agua peptona estéril y etiquetados de la siguiente manera: 1, 2, 3, 4, 5. A partir de la muestra madre, con ayuda de una micropipeta graduada se tomó 1 ml de esta y se vertió al tubo de ensayo etiquetado como 1, se tapó y agitó en el vórtex durante 20 segundos. Para la siguiente dilución, se vertió 1 ml de la dilución 1 al tubo etiquetado como 2, se tapó y agitó en el vórtex durante 20 segundos. De la misma manera, se realizó para cada dilución seriada hasta llegar a la dilución $1:10^{-5}$, etiquetada como 5 (Luna, 2012).

Cultivo mixto y puro

Una vez obtenidas las diluciones, se procedió a la siembra para obtener cultivos mixtos a partir de la dilución (-2), usando la técnica de agotamiento por estría y en base al protocolo establecido por Reynoso et al., (2015). Para ello, se contó con dos medios de control (positivo, negativo) para cada tipología de suelo, el positivo fue una muestra directa con 1 ml de la dilución madre del suelo sobre Agar TSA con la finalidad de constatar crecimiento bacteriano y otra negativa que contuvo solo Agar AN con la finalidad de constatar contaminación o no del protocolo empleado.

Los cultivos mixtos se sembraron en medios sólidos básicos de Agar TSA y AN con la finalidad de obtener colonias bacterianas que puedan ser aisladas. Se realizaron siembras con 2 repeticiones, partiendo desde la dilución $1:10^{-2}$ hasta la dilución $1:10^{-5}$. Para ello, se inoculó 0.01 ml de cada dilución sobre Agar TSA y AN, se sellaron con cinta Parafilm, se etiquetaron respectivamente y se incubaron por 48 horas a 28 °C (Galvis et al., 2009; Lu et al., 2013 & Castañeda, 2009).

A partir del cultivo mixto, se observaron las características macroscópicas y comunes (forma, borde, color, elevación, etc.) que mantuvieron las colonias bacterianas y por cada colonia diferente que se percibió, se la volvió a sembrar empleando la técnica de estriado sobre Agar TSA y se incubaron por 24 horas a 28°C con la finalidad de obtener un nuevo cultivo de bacterias en estado puro. Luego, por cada cultivo puro obtenido se tomó una cepa aislada y se lo congeló a -80 °C para mantener su conservación.

5.5. Identificación morfológica de las comunidades bacterianas presentes en el tracto digestivo de los escarabajos estercoleros y del suelo

Para la identificación de las colonias bacterianas obtenidas tanto de los escarabajos estercoleros como del suelo, se efectuó una caracterización morfológica que comprendió la morfología colonial y celular de las bacterias; y luego, se realizó una revisión bibliográfica y estudio de los datos obtenidos para asociar a éstas a un aproximado género bacteriano. El análisis de la morfología colonial, consistió en observar las características comunes que poseen las colonias bacterianas, en la Figura 7 se muestran las mismas como: forma, borde, elevación, textura, entre otras (Castañeda, 2009; Reynoso et al., 2015). Y, para el análisis de la morfología celular, se procedió a emplear el método de coloración más utilizado en bacteriología, la Tinción Gram que consistió en categorizar a las bacterias por la observación microscópica de frotis teñidos con objetivo de inmersión 100x, de acuerdo a su comportamiento frente a la coloración: Gram positivas: G (+), se tiñen de color azul a violeta; y, Gram negativas: G (-), se tiñen de color rosado a rojo o fucsia, como se muestra en la Figura 8 (Quesada, 2022). Y también, se observó y categorizó a las bacterias de acuerdo a su forma en: cocos, bacilos y espirilos (Vargas & Kuno, 2014), como se aprecia en la Figura 9.

Forma	Borde	Elevación	Superficie
Puntiforme	Entero	Plana	Lisa o rugosa
Circular	Ondulado	Elevada	Mate o brillante
Rizoide	Lobulado	Convexa	Seca o cremosa
Irregular		Crateriforme	Invasiva o superficial
Filamentosa	Filamentoso	Acuminada	

Figura 7. Aspectos más comunes de las diversas colonias microbianas aisladas sobre medio sólido tras la exposición de las placas a un ambiente particular.

Fuente: Tomado de (Reynoso et al., 2015).

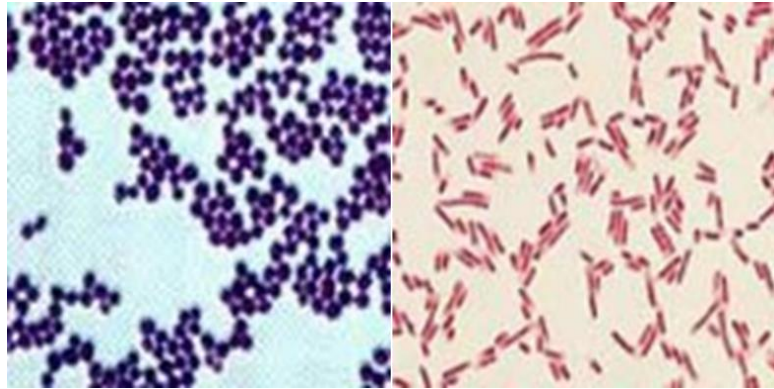


Figura 8. De izq. a der.: cocos Gram positivos, bacilos Gram negativos.

Fuente: Tomado de (Quesada, 2022).

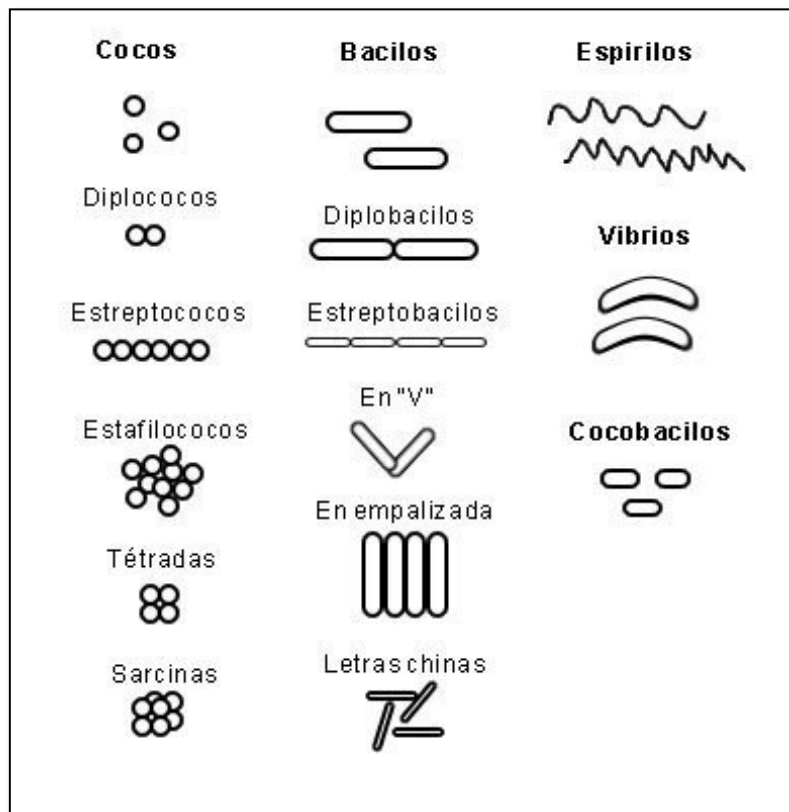


Figura 9. Morfología de bacterias.





Fuente: Tomado de (Quesada, 2022).

6. Resultados

6.1. Recolecta de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y muestras del suelo




En la tabla 1, se presentan los escarabajos seleccionados en la Reserva Madrigal del Podocarpus. Se registraron 6 individuos de la subfamilia Scarabaeinae, clasificados en 4 especies: *Canthidium aurifex* Bates (1 individuo) y *Uroxys rugatus* Boucomont (1 individuo), que se presentaron en el paisaje de bosque natural; *Dichotomius cotopaxi* (Guérin-Ménéville) (1 individuo) en el paisaje de incendio; y *Onthophagus curvicornis* Latreille, en el paisaje de incendio (1 individuo) y pastizal (2 individuos).

Tabla 1. Escarabajos recolectados en los tres paisajes de estudio (conservado, alterado por incendio forestal y pastizal) de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.

Género	Especie	Descripción Gráfica	Tipo de paisaje		
			Bosque Natural	Incendio Forestal	Pastizal
<i>Canthidium</i>	<i>aurifex</i>		X (MBN-P3-7535)		
<i>Uroxys</i>	<i>rugatus</i>		X (MBN-P3-7536)		
<i>Dichotomius</i>	<i>cotopaxi</i>			X (MIF-P3-7539)	
<i>Onthophagus</i>	<i>curvicornis</i>			X (MIF-P3-7540)	X (MP-P2-7537) X (MP-P3-7538)

En la tabla 2, se presentan los resultados del muestreo de suelo efectuado en la Reserva Madrigal del Podocarpus. Asimismo, se aprecian las características que presenta cada muestra de suelo de acuerdo con la altitud, humedad/ temperatura ambiental y pH.

Tabla 2. Características de las muestras suelo de los tres paisajes de estudio (conservado, incendio forestal y pastizal) de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja.

Código	Zona	Altitud	Humedad (ambiental)	Temperatura (ambiental)	pH (suelo)	Características (obtenido de la hoja de campo)	Descripción Gráfica
MBN	Conservada - Bosque Natural	2479 m	88.9	16.4	3.42 a 5	Paisaje con abundante y diversa vegetación, suelo húmedo, color café-chocolate con presencia de abundantes ramas, hojarasca y raíces.	
MIF	Incendio Forestal - Restaurada	2364 m	84.3	17.7	4.09 a 6	Paisaje con presencia de matorral o paja, diversidad de vegetación escasa, suelo húmedo, color negro-carbón con presencia de pocas raíces y piedras.	
MP	Pastizal	2287 m	79.1	21.0	5.65 a 6	Paisaje con abundante vegetación de pastizal, presencia de árboles y ganado vacuno, suelo húmedo, color negro pálido con presencia de bastantes piedras y pocas raíces.	

6.2. Aislamiento de comunidades bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros y del suelo

En cuanto al aislamiento bacteriano de las muestras del tracto digestivo de escarabajos colectados en los diferentes paisajes de estudio, se logró los siguientes resultados: del paisaje conservado/ bosque natural, se obtuvieron 4 colonias bacterianas puras, 1 aislada del espécimen 7535 que pertenece a la especie *Canthidium aurifex* y 3 aisladas del espécimen 7536 que corresponde a la especie *Uroxys rugatus*; del paisaje pastizal, se obtuvieron 10 colonias bacterianas puras, 3 aisladas del espécimen 7537 y 7 aisladas del espécimen 7538, ambos pertenecientes a la especie *Onthophagus curvicornis*; y, del paisaje de incendio forestal, se obtuvieron 11 colonias bacterianas puras, 8 aisladas del espécimen 7539 que pertenece a la especie *Dichotomius cotopaxi* y 3 aisladas del espécimen 7540 que corresponde a la especie *Onthophagus curvicornis*. Resultados que se pueden apreciar en las Tablas 3, 4 y 5 para una mejor comprensión.

Tabla 3. Aislamiento de cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros colectados en el paisaje conservado del bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.



Cepas Bacterianas Puras Aisladas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural			
Código de espécimen	Especie de escarabajo	Descripción gráfica	Cepas aisladas
7535	<i>Canthidium aurifex</i>		1
7536	<i>Uroxys rugatus</i>		3

Tabla 4. Aislamiento de cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.





Cepas Bacterianas Puras Aisladas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal			
Código de espécimen	Especie de escarabajo	Descripción gráfica	Cepas aisladas
7537	<i>Onthophagus curvicornis</i>		3
7538	<i>Onthophagus curvicornis</i>		7

Tabla 5. Aislamiento de cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

Cepas Bacterianas Puras Aisladas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado - Incendio Forestal			
Código de espécimen	Especie de escarabajo	Descripción gráfica	Cepas aisladas
7539	<i>Dichotomius cotopaxi</i>		8
7540	<i>Onthophagus curvicornis</i>		3

En total se aislaron 25 cepas puras, las mismas que se aprecian en las Figuras 10, 11 y 12.

Cepas Bacterianas Puras Aisladas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural			
			
<p>7535 <i>Cantidium aurifex</i></p>	<p>MBN-P3-7535/PURO/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MAY22</p>		
			
<p>7536 <i>Uroxys rugatus</i></p>	<p>MBN-P3-7536/DIRECTO/PURO/C3/NA/SCARAB/23FEB22</p>	<p>MBN-P3-7536/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MAY22</p>	<p>MBN-P3-7536/PURO/C2/NA/SCARAB/23FEB22</p>

Figura 10. Cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


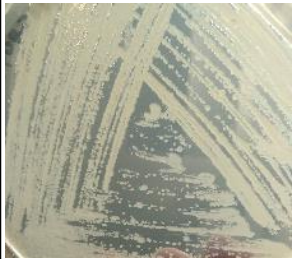

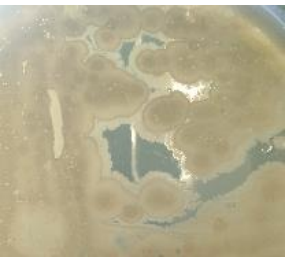








Cepas Bacterianas Puras Aisladas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal			
 7537 <i>Onthophagus curvicornis</i>			
	MP-P2- 7537/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co11/10MAY22	MP-P2- 7537/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co12/10MAY22	MP-P2- 7537/PURO/C2/NA/SCARAB/29F EB22
	 7538 <i>Onthophagus curvicornis</i>		
MP-P3- 7538/PURO/C1/NA/SCARAB/21F EB22		MP-P3- 7538/PURO/C2/NA/SCARAB/23F EB22	MP-P3- 7538/PURO/C3/NA/SCARAB/21F EB22
			
MP-P3- 7538/PURO/C5/NA/SCARAB/23F EB22		MP-P3- 7538/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co11/10MAY22	MP-P3- 7538/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co12/10MAY22
			
MP-P3-7538/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix:/TSA/Co13/10MAY22			

Figura 11. Cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.



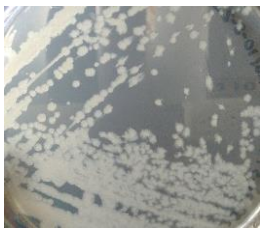



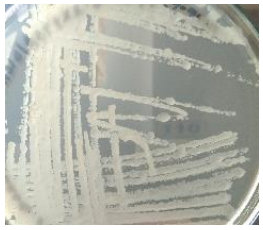
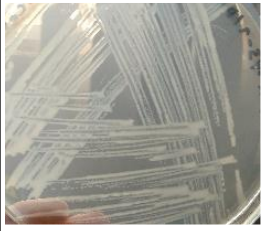
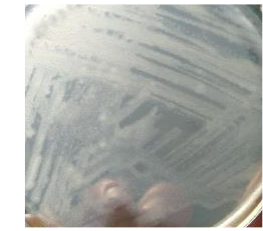


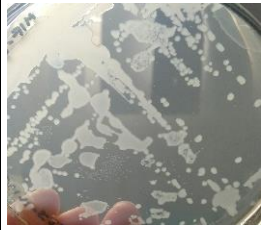

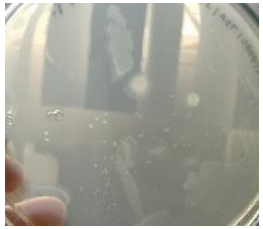
Cepas Bacterianas Puras Aisladas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje de Incendio Forestal			
 7539 <i>Dichotomius cotopaxi</i>			
	MIF-P3-7539/- 5R1/NA/SCARAB/23FEB22	MIF-P3-7539/- 5/NA/SCARAB/23FEB22	MIF-P3- 7539/C2/NA/SCARAB/23FEB22
			
	MIF-P3- 7539/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co11/10MAY22	MIF-P3- 7539/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co12/10MAY22	MIF-P3- 7539/DICHOT/C3/NA/SCARAB/ Mix:/TSA/Co11/10MAY22
			
MIF-P3- 7539/DICHOT/C1/NA/SCARAB/ Mix:/TSA/Co11/10MAY22	MIF-P3-7539/DICHOT/C1/NA/SCARAB/Mix:/TSA/Co12/10MAY22		
 7538 <i>Onthophagus curvicornis</i>			
	MIF-P3- 7540/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co11/10MAY22	MIF-P3- 7540/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix :/TSA/Co12/10MAY22	MIF-P3- 7540/PURO/C2/NA/SCARAB/23F EB22

Figura 12. Cepas bacterianas puras aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje de incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

En cuanto al aislamiento bacteriano de las muestras de suelo, se logró los siguientes resultados: del paisaje conservado/ bosque natural, se obtuvieron 24 colonias bacterianas puras; del paisaje pastizal, se obtuvieron 18 colonias; y, del paisaje de incendio forestal, se obtuvieron 19 colonias, todas las cepas bacterianas fueron etiquetadas para evitar confusiones a la hora de efectuar los procedimientos de identificación. En total se aislaron 61 cepas puras, sin embargo, después de tomar en cuenta la morfología colonial, observando las características más comunes

que poseen las colonias bacterianas (forma, borde, color, etc.) se comprobó que muchas cepas puras coincidían en todas sus características, por tanto se repetían, finalmente se aislaron e identificaron 47 cepas: 18 en el paisaje conservado/ bosque natural; 13 en el paisaje pastizal; y, 15 en el paisaje de incendio forestal, las mismas que se aprecian en las Figuras 13, 14 y 15.

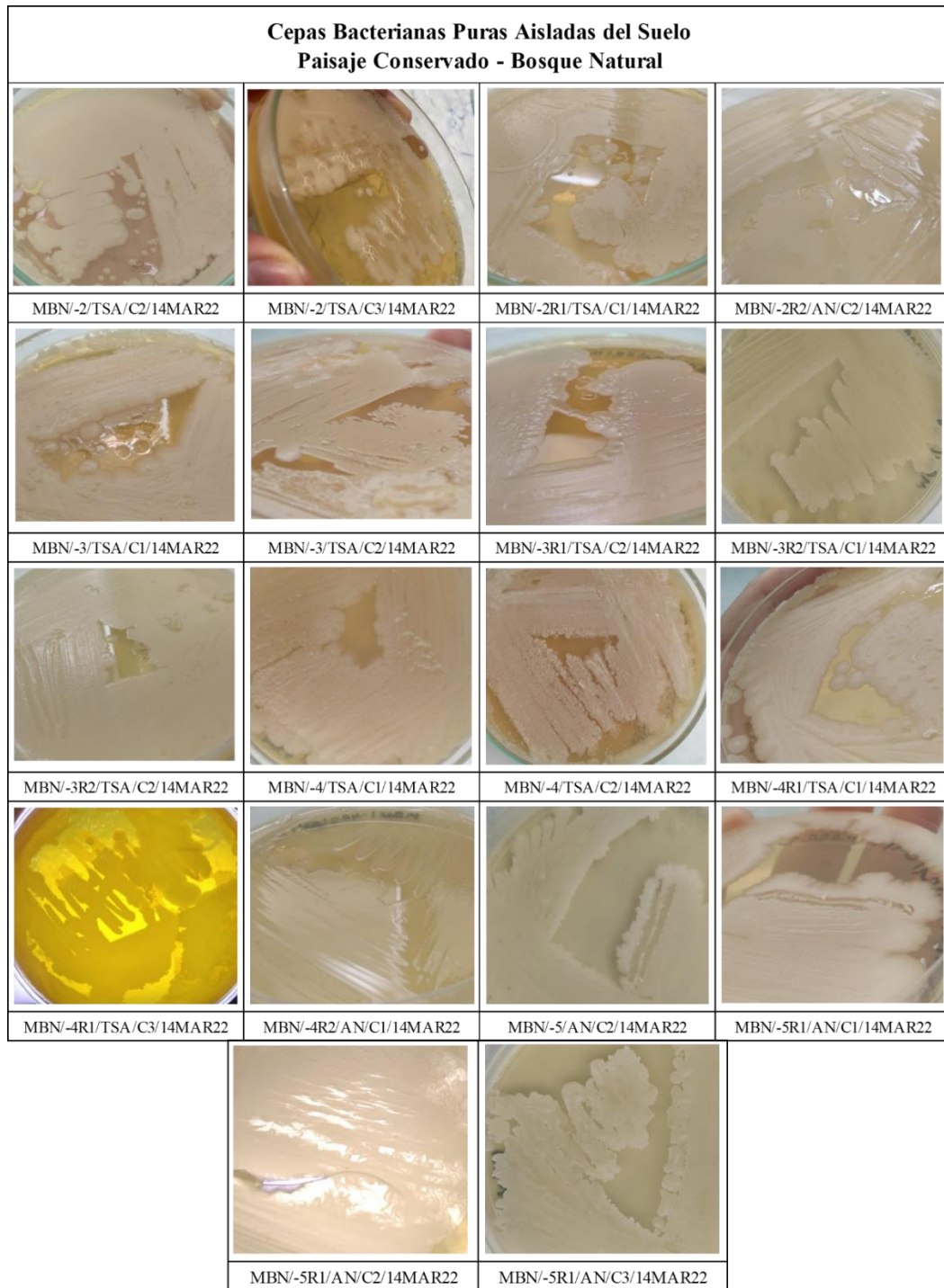


Figura 13. Cepas bacterianas puras aisladas del suelo conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

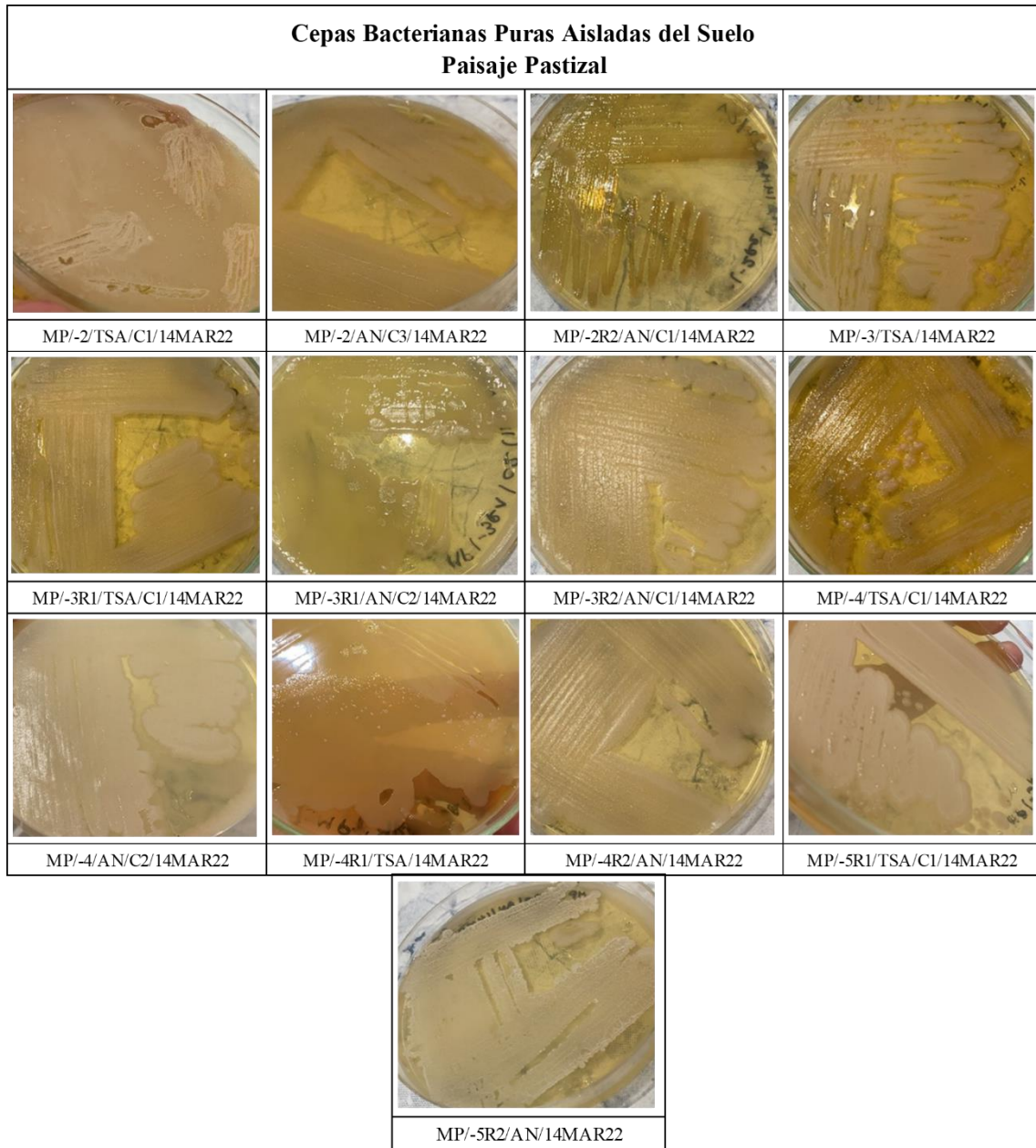


Figura 14. Cepas bacterianas puras aisladas del suelo pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

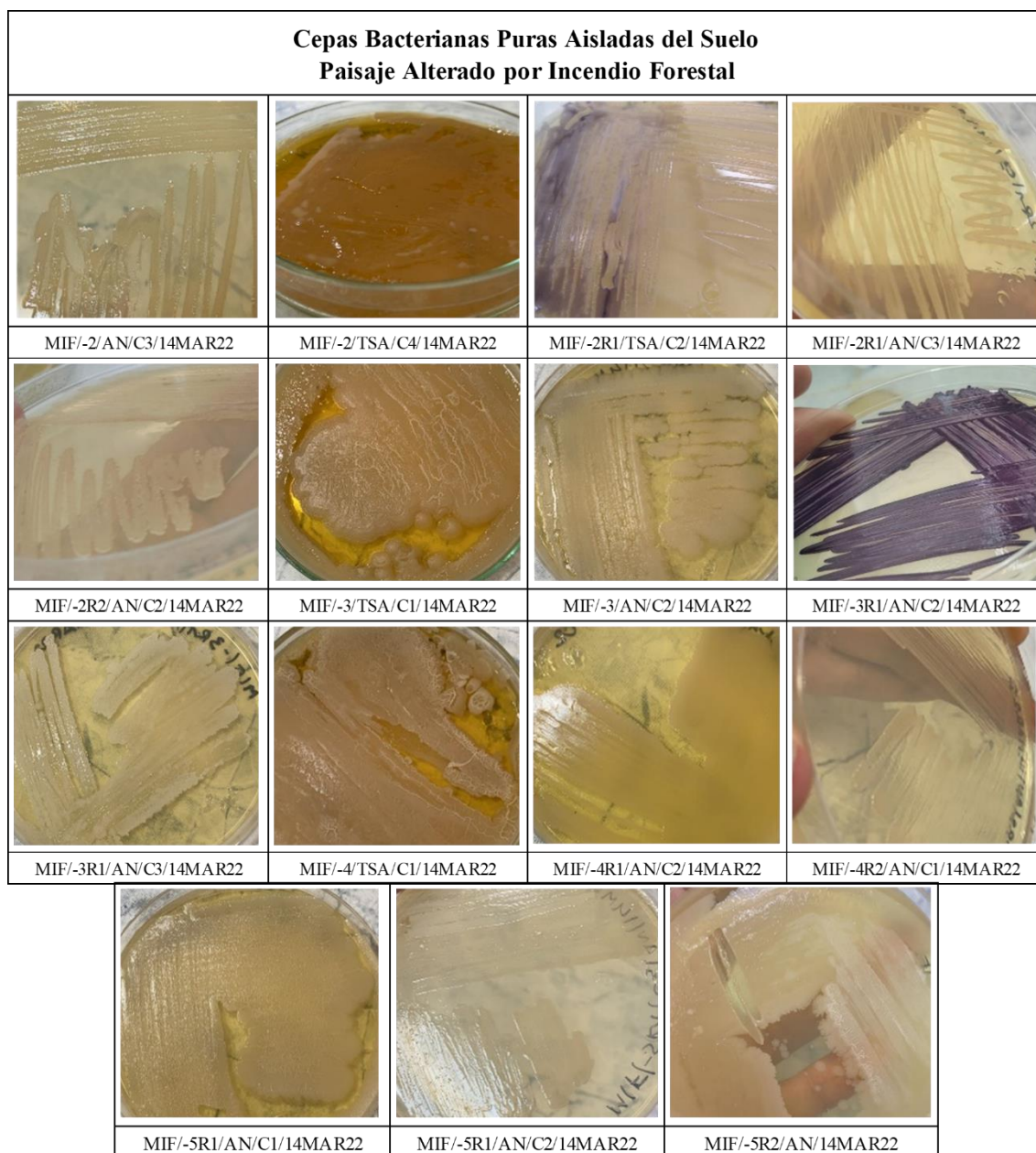


Figura 15. Cepas bacterianas puras aisladas del suelo alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

6.3. Identificación morfológica de las comunidades bacterianas presentes en el tracto digestivo de los escarabajos estercoleros y del suelo

En cuanto a la identificación morfológica de las cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de escarabajos, se logró los siguientes resultados: de acuerdo con la forma de la célula y el resultado de la tinción, en el paisaje conservado/bosque natural, del aislamiento de 4 cepas bacterianas: 3 aislados tenían forma bacilar (bacilos) de distintos tamaños, y 1 aislado de forma cocabacilar, todos G +. Entre las características coloniales se destacan formas irregulares,

bordes ondulados, transparentes, brillantes, texturas lisas y rugosas, algunas con pigmentación, de elevación plana y consistencia suave/cremosa, las mismas que se observan en las Figuras 16 y 17.







Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural		
Especímen	Morfoloía/Características	
	Colonial	Celular
 7535 <i>Canthidium aurifex</i>	MBN-P3-7535/PURO/NA/SCARAB/Mix/TSA/Col1/10MAY22	
		
	Forma circular, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo
 7536 <i>Uroxys rugatus</i>	MBN-P3-7536/DIRECTO/PURO/C3/NA/SCARAB/23FEB22	
		
	Forma circular-irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-crema, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, alargados

Figura 16. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje conservado-bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


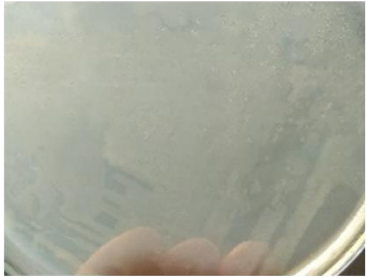
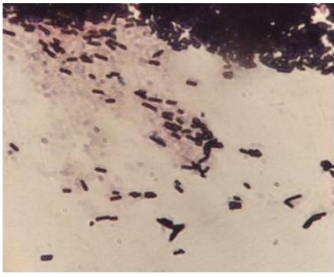

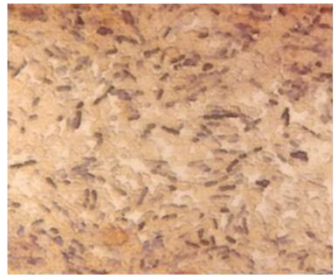
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural		
Especímen	Morfología/Características	
	Colonial	Celular
 <p>7536 <i>Uroxys rugatus</i></p>	MBN-P3-7536/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/CoII/10MAY22	
		
	Forma irregular extendida por toda la caja, borde ondulado, transparente, brillo, pigmentada-amarillo claro, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, alargados, agrupados
	MBN-P3-7536/PURO/C2/NA/SCARAB/23FEB22	
		
Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana, consistencia suave	Cocobacilo Gram Positivo, cortos	

Figura 17. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje conservado-bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

En el paisaje pastizal, del aislamiento de 10 cepas bacterianas: 7 aislados tenían forma bacilar de distintos tamaños, agrupados y una cepa ligeramente curva; 1 aislado de forma cocobacilar; y también 2 aislados de forma cocal (cocos); todos los aislados G +. Entre las características coloniales se destacan igualmente formas irregulares-circulares, bordes ondulados-lobulados-rizados, transparentes-opacas, brillantes, texturas lisas y rugosas, algunas con pigmentación, de elevación plana y consistencia suave/cremosa, las mismas que se observan en las Figuras 18, 19 y 20.



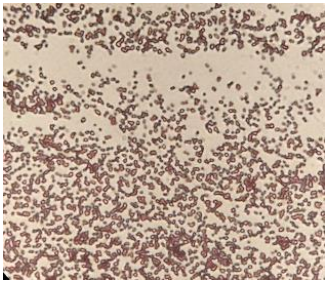

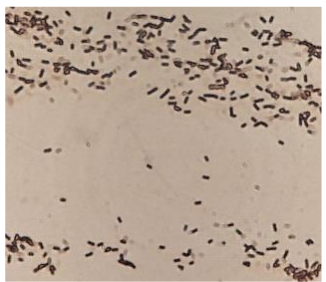


Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal		
Especímen	Morfología/Características	
	Colonial	Celular
 <p>7537 <i>Onthophagus curvicornis</i></p>	MP-P2-7537/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MAY22 	
	Forma redonda, borde ondulado, opaca, sin brillo, pigmentada-naranja pálido, textura rugosa, elevada, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados
	MP-P2-7537/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co12/10MAY22 	
	Forma irregular-extendida en toda la caja, borde lobulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura lisa, plana, consistencia mucoide	Bacilo Gram Positivo
	MP-P2-7537/PURO/C2/NA/SCARAB/29FEB22 	
	Forma irregular, borde lobulado a rizada, opaca, sin brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, algunos ligeramente curvos

Figura 18. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


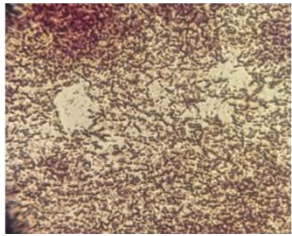

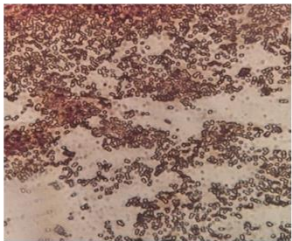

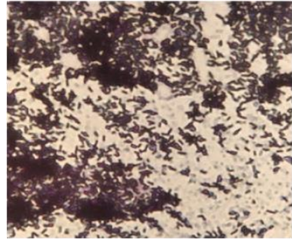

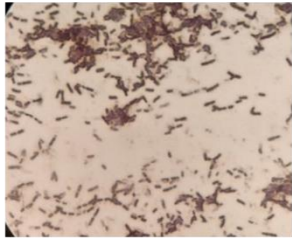
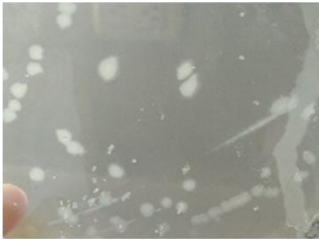
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal		
Especímen	Morfoloía/Características	
	Colonial	Celular
 <p>7538 <i>Onthophagus curvicornis</i></p>	MP-P3-7538/PURO/C1/NA/SCARAB/21FEB22	
		Cocobacilo Gram Positivo
	Forma irregular, borde lobulado, transparente, brillo, no pigmentada-crema traslúcido, textura lisa, plana, consistencia suave	
	MP-P3-7538/PURO/C2/NA/SCARAB/23FEB22	
		Coco Gram Positivo, algunos forman cadenas
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana-elevada, consistencia dura		
MP-P3-7538/PURO/C3/NA/SCARAB/21FEB22		
	Bacilo Gram Positivo, agrupados	
Forma irregular extendida en toda la caja, borde lobulado, transparente, brillo, no pigmentada-blanco, textura lisa, plana, consistencia suave		
MP-P3-7538/PURO/C5/NA/SCARAB/23FEB22		
	Bacilo Gram Positivo	
Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-crema, textura lisa, plana, consistencia suave		

Figura 19. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


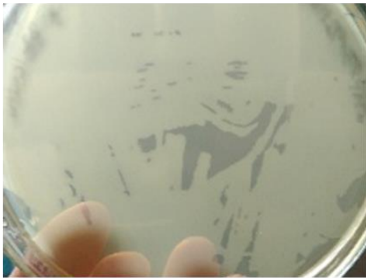
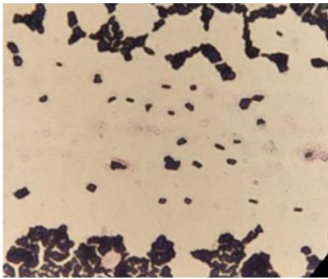



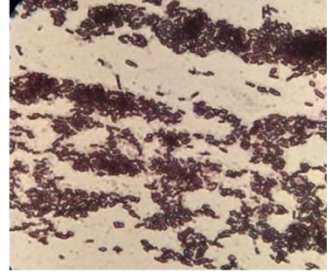
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal		
Especímen	Morfología/Características	
	Colonial	Celular
 7538 <i>Onthophagus curvicornis</i>	MP-P3-7538/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MA Y22	
		
	Forma irregular-extendida en toda la caja, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-amarillo pálido a naranja , textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, agrupados
	MP-P3-7538/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co12/10MA Y22	
		
	Forma irregular, borde ondulado (extendido en el medio), opaca, sin brillo, no pigmentada-semiblanca, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo
	MP-P3-7538/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co13/10MA Y22	
		
Forma irregular, borde filamentos abundante y extendido por toda la caja, transparente, brillo, pigmentada-blanca, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, agrupados	

Figura 20. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

Y, en el paisaje de incendio forestal, del aislamiento de 11 cepas bacterianas: 7 aislados tenían forma bacilar de distintos tamaños, agrupados, 6 G + y 1 G -; y también se presentaron 4 aislados de forma cocobacilar, 2 G + y 2 G -. Entre las características coloniales se destacan de igual manera formas irregulares-circulares, bordes ondulados-rizados, transparentes-opacas, brillantes, texturas lisas y rugosas, algunas con pigmentación, de elevación plana y consistencia suave/cremosa, las mismas que se observan en las Figuras 21, 22, 23 y 24.



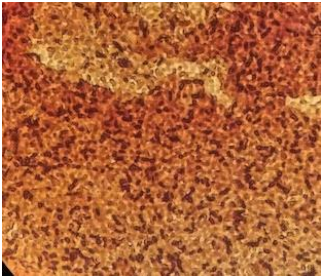

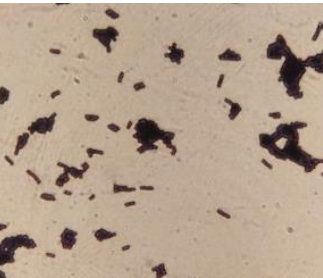
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado por Incendio Forestal		
Especímen	Morfoloía/Características	
	Colonial	Celular
 7539 <i>Dichotomius cotopaxi</i>	MIF-P3-7539/-5R1/NA/SCARAB/23FEB22	
		
	Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-blanquecino traslúcido, textura lisa, plana, consistencia suave	Cocobacilo Gram Negativo
	MIF-P3-7539/-5/NA/SCARAB/23FEB22	
		
Forma circular-irregular, borde rizado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia dura	Bacilo Gram Positivo, agrupados	

Figura 21. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.



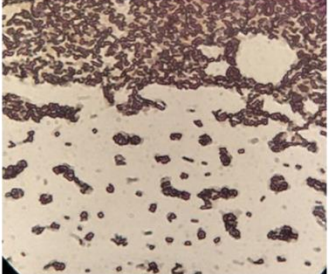

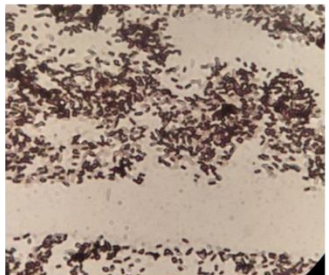

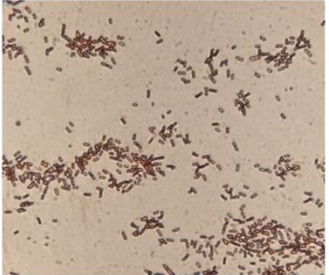
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado por Incendio Forestal		
Especímen	Morfología/Características	
	Colonial	Celular
 <p>7539 <i>Dichotomius cotopaxi</i></p>	MIF-P3-7539/C2/NA/SCARAB/23FEB22	
		
	Forma irregular, borde ondulado, transparente, sin brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, agrupados
	MIF-P3-7539/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MAY22	
		
	Forma irregular-alargado, borde ondulado, transparente, brillo, pigmentada-rosa-piel, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo
MIF-P3-7539/PURO/C4/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co12/10MAY22		
		
Forma irregular, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura lisa, plana, consistencia suave	Cocobacilo Gram Positivo	

Figura 22. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


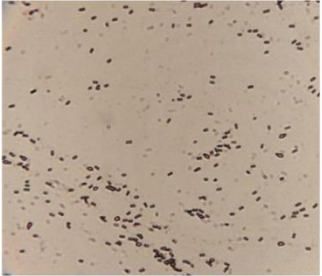

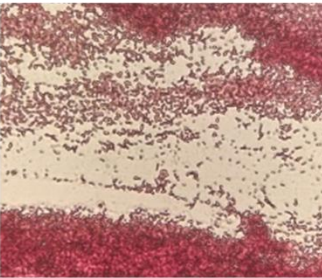
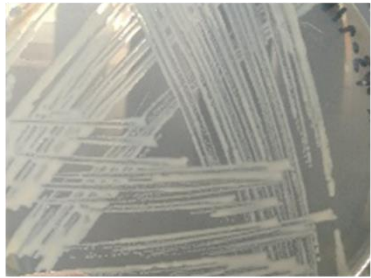
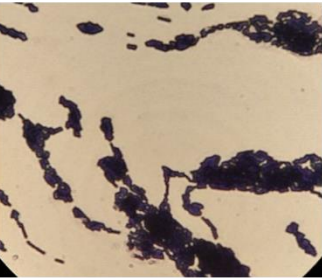

Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado por Incendio Forestal			
Especímen	Morfología/Características		
	Colonial	Celular	
 7539 Dichotomius cotopaxi	MIF-P3-7539/DICHOT/C3/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MA Y22		
		Forma irregular, borde rizado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia mucóide	Cocobacilo Gram Positivo
	MIF-P3-7539/DICHOT/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co11/10MA Y22		
		Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, pigmentada de color rosado-piel a crema, textura lisa-rugosa, plana, consistencia suave	Cocobacilo Gram Negativo
	MIF-P3-7539/DICHOT/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/Co12/10MA Y22		
		Forma irregular, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo

Figura 23. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


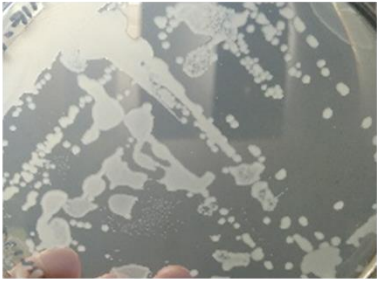
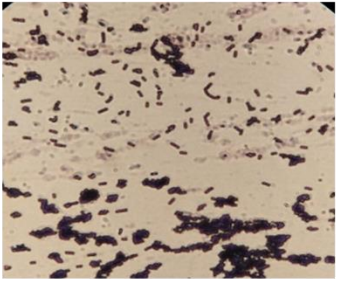
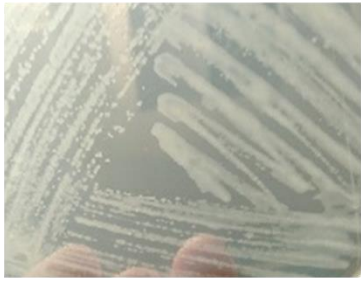
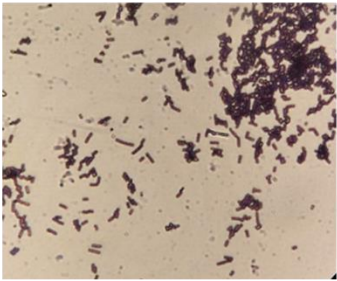
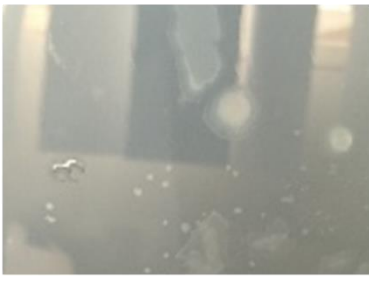
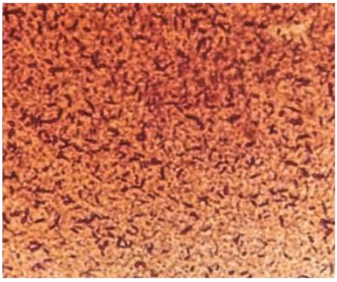
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado por Incendio Forestal		
Especímen	Morfología/Características	
	Colonial	Celular
 <p>7538 <i>Onthophagus curvicornis</i></p>	MIF-P3-7540/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/CoII/10MAY22	
		
	Forma circular-irregular, borde rizado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura lisa, plana, consistencia dura	Bacilo Gram Positivo
	MIF-P3-7540/PURO/C1/NA/SCARAB/Mix/TSA/CoI2/10MAY22	
		
	Forma circular-irregular, borde rizado-ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo
MIF-P3-7540/PURO/C2/NA/SCARAB/23FEB22		
		
Forma circular a irregular, borde redondeados, transparente, brillo, no pigmentada- blanquecino, textura lisa, plana, consistencia suave, existe levemente presencia de swarming	Bacilo Gram Negativo	

Figura 24. Identificación morfológica de cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

En cuanto a la identificación morfológica de las cepas bacterianas aisladas del suelo, se logró los siguientes resultados: de acuerdo a su morfología celular y el resultado de la tinción Gram, en el paisaje conservado/bosque natural, del aislamiento de 18 cepas bacterianas: 8 aislados tenían forma bacilar (bacilos) de distintos tamaños, algunos curvos y agrupados; 3 aislados tenían forma cocobacilar, algunos agrupados en cadena; y, 7 aislados de forma cocal (cocos), algunos agrupados en pares, cadenas y sarcinas (agrupación de muchos cocos); todos los aislados fueron G +. Entre las características coloniales se destacan formas irregulares-circulares-rizoides, bordes ondulados-lobulados-rizados-filamentosos, transparentes-opacos, brillantes, texturas lisas-rugosas, algunas con pigmentación, planas-elevadas, y consistencia suave-cremosa-dura-mucoide, las mismas que se observan en las Figuras 25, 26 y 27.

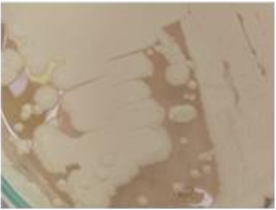
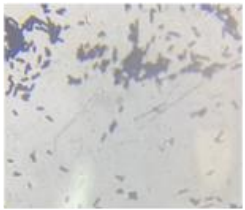

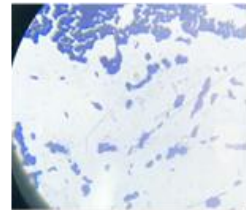

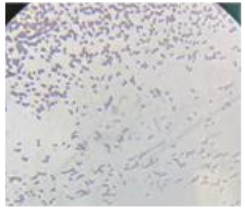

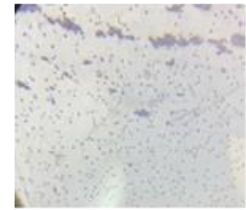
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MBN/-2/TSA/C2/14MAR22		MBN/-2/TSA/C3/14MAR22	
			
Forma irregular extendida por toda la caja, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada- blanco porcelana a crema, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, agrupados	Forma irregular extendida por toda la caja, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia suave, seca	Bacilo Gram Positivo, agrupados
MBN/-2R1/TSA/C1/14MAR22		MBN/-2R2/AN/C2/14MAR22	
			
Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada- blanco a crema, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados en pares	Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada- blanquecino, textura lisa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo

Figura 25. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


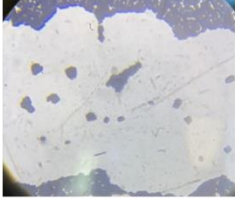

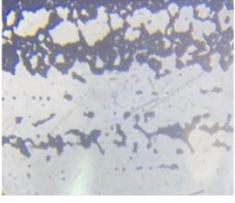
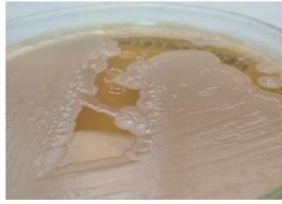
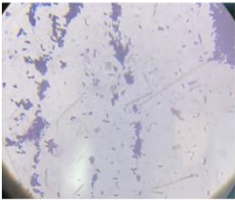

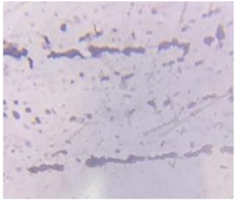

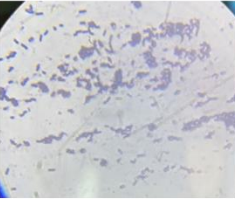

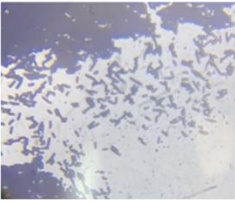

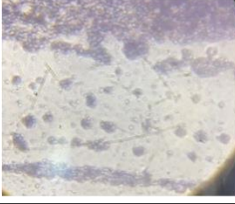

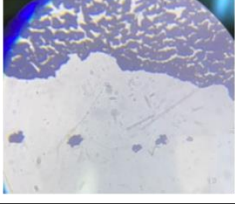
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MBN/-3/TSA/C1/14MAR22		MBN/-3/TSA/C2/14MAR22	
			
Forma irregular, borde ondulado, opaca, no brillo, no pigmentada-blanco porcelana a crema, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia	Coco Gram Positivo, agrupadas en sarcinas	Forma irregular, borde lobulado a ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-blanca a crema, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia	Coco Gram Positivo, agrupadas en cadena
MBN/-3R1/TSA/C2/14MAR22		MBN/-3R2/AN/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-blanca a crema, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia suave	Cocobacilo Gram Positivo	Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-blanca a crema, textura rugosa, plana, consistencia suave, seca	Cocobacilo Gram Positivo, agrupados en cadena
MBN/-3R2/AN/C2/14MAR22		MBN/-4/TSA/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada-blanca a crema, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, pocos en forma de coma o curvos	Forma irregular, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo
MBN/-4/TSA/C2/14MAR22		MBN/-4R1/TSA/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde lobulado, opaca, sin brillo, no pigmentada, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia dura, seca	Bacilo Gram Positivo, agrupados	Forma irregular, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada, textura lisa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados en sarcinas

Figura 26. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

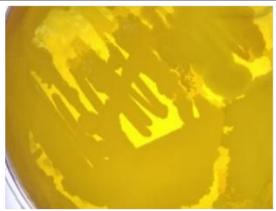
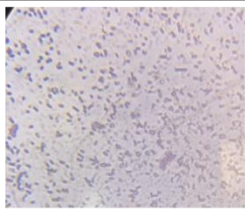
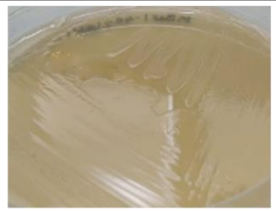
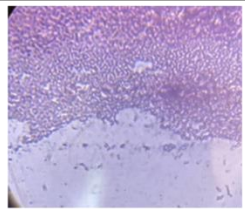

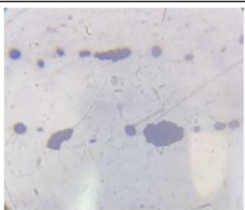

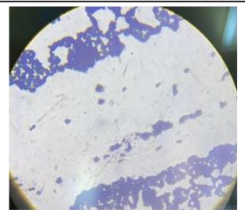

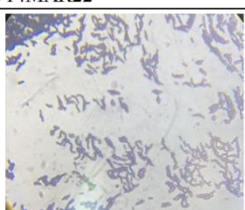

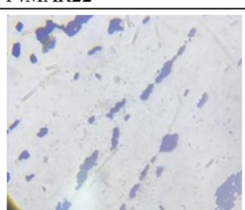
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Conservado - Bosque Natural			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MBN/-4R1/TSA/C3/14MAR22		MBN/-4R2/AN/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, pigmentada-amarillo a crema, textura rugosa, plana, consistencia dura	Bacilo Gram Positivo	Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-blanquecina, textura lisa, plana, consistencia suave	Cocobacilo Gram Positivo
MBN/-5/AN/C2/14MAR22		MBN/-5R1/AN/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde lobulado, opaca, no brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia dura, ligeramente seca	Coco Gram Positivo, agrupados	Forma irregular, borde ondulado, opaca, no brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados en cadena
MBN/-5R1/AN/C2/14MAR22		MBN/-5R1/AN/C3/14MAR22	
			
Forma rizoide, borde filamentososo, opaca, no brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, algunos en forma de curva	Forma irregular, borde lobulado, opaca, brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia mucóide, seca	Bacilo Gram Positivo, agrupados

Figura 27. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje conservado/bosque natural de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

En el paisaje pastizal, del aislamiento de 13 cepas bacterianas: 5 aislados tenían forma bacilar (bacilos) de distintos tamaños, algunos agrupados, 2 G - y 3 G +; 1 aislado tenía forma cocobacilar G -; y, 7 aislados tenían forma cocal (cocos), algunos agrupados en cadenas y G +. Entre las características coloniales se destacan formas irregulares, bordes ondulados-lobulados-rizados, transparentes-opacos, brillantes, texturas lisas-rugosas, algunas con pigmentación, planas-elevadas, consistencia suave y algunas ligeramente secas, las mismas que se observan en las Figuras 28 y 29.


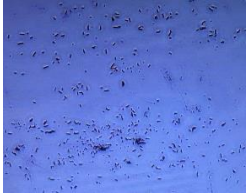

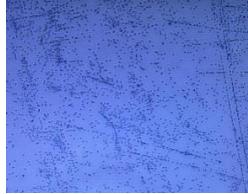

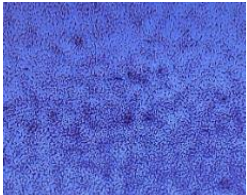

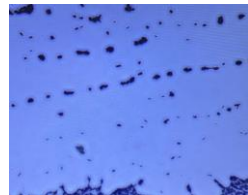

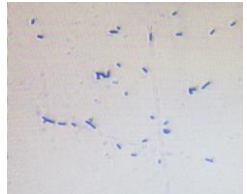

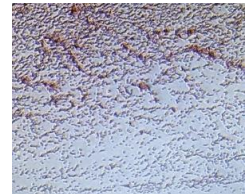



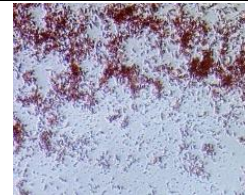
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MP/-2/TSA/C1/14MAR22		MP/-2/AN/C3/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, transparente, brillo, no pigmentada-crema, textura lisa, plana, consistencia suave, seca	Coco Gram Positivo, agrupados en cadenas	Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-blanco grisáceo, textura rugosa, elevada, consistencia suave	Coco Gram Positivo
MP/-2R2/AN/C1/14MAR22		MP/-3/TSA/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, transparente, brillo, pigmentada-verde amarillento, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Negativo	Forma irregular, borde rizado/ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana, consistencia suave, seca	Coco Gram Positivo, agrupados
MP/-3R1/TSA/C1/14MAR22		MP/-3R1/AN/C2/14MAR22	
			
Forma irregular-circular, rizado, transparente, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana y convexa, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo	Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-entre crema y amarillo pálido, textura lisa, elevada, consistencia suave	Cocobacilo Gram Negativo
MP/-3R2/AN/C1/14MAR22		MP/-4/TSA/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde lobulado, opaca, no brillo, no pigmentada, rugosa, ligeramente elevada, consistencia suave, ligeramente seca	Coco Gram Positivo	Forma irregular, borde rizado, transparente, brillo, pigmentada-amarillenta, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Negativo

Figura 28. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.


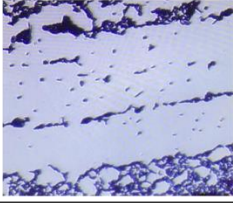

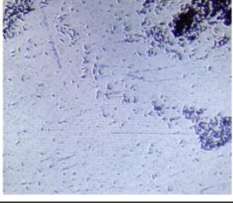

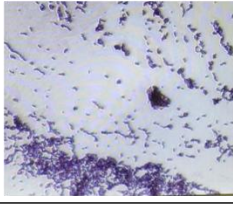

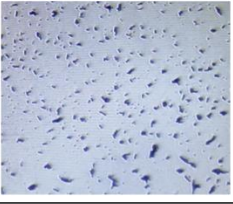

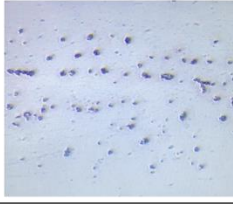
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Pastizal			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MP/-4/AN/C2/14MAR22		MP/-4R1/TSA/14MAR22	
			
Forma irregular, borde lobulado, opaca, no brillo, no pigmentada-blanca, textura lisa, elevada, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo, agrupados	Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-crema, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Positivo
MP/-4R2/AN/14MAR22		MP/-5R1/TSA/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde ondulado, opaca, no brillo, no pigmentada-blanca, textura lisa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados	Forma irregular, borde rizado, transparente, brillo, no pigmentada-blanco grisáceo, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo
MP/-5R2/AN/14MAR22			
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, no brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados		

Figura 29. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje pastizal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

Y, en el paisaje de incendio forestal, del aislamiento de 15 cepas bacterianas: 3 aislados tenían forma bacilar (bacilos) muy pequeños y fueron G -; 5 aislados tenían forma cocobacilar y todos fueron G -; y, 7 aislados tenían forma cocal (cocos), algunos agrupados en cadenas y todos fueron G +. Entre las características coloniales se destacan formas irregulares, bordes ondulados-lobulados-rizados, transparentes-opacos, brillantes, texturas lisas-rugosas, algunas con pigmentación, planas-elevadas, consistencia suave y algunas ligeramente secas, las mismas que se observan en las Figuras 30 y 31.


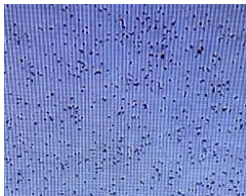





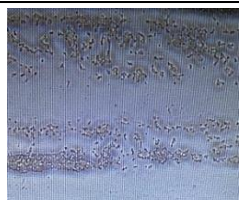




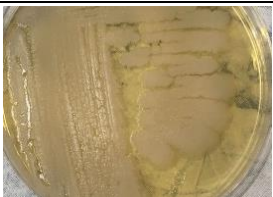



Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado por Incendio Forestal			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MIF/-2/AN/C3/14MAR22		MIF/-2/TSA/C4/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada-blanquecino a crema, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo	Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada, textura lisa a rugosa, elevada, consistencia suave	Cocobacilo Gram Negativo
MIF/-2R1/TSA/C2/14MAR22		MIF/-2R1/AN/C3/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, pigmentada-morada y blanquecina, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Negativo, pequeños	Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-crema/blanquecino, rugosa, plana, consistencia suave	Cocobacilo Gram Negativo
MIF/-2R2/AN/C2/14MAR22		MIF/-3/TSA/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, plana, consistencia mucóide	Cocobacilo Gram Negativo	Forma irregular, borde ondulado, opaca, brillo, no pigmentada-crema oscuro, textura rugosa, levemente elevada, consistencia suave, seca	Coco Gram Positivo
MIF/-3/AN/C2/14MAR22		MIF/-3R1/AN/C2/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, sin brillo, no pigmentada-blanca, textura rugosa, plana, consistencia suave, ligeramente seca	Coco Gram Positivo	Forma irregular, borde entero a rizada, opaca, brillo, pigmentada-morado, textura lisa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Negativo, muy pequeños

Figura 30. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

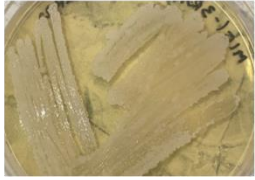
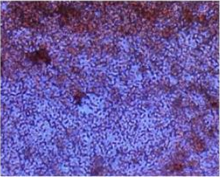
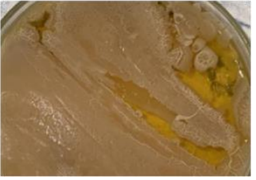
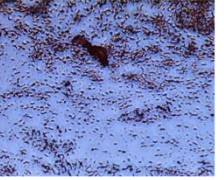
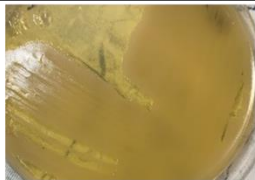
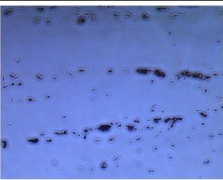

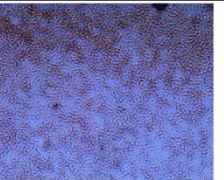

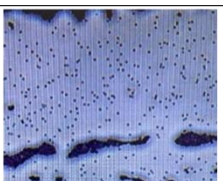

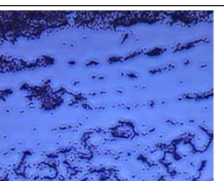

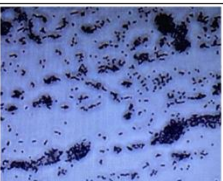
Identificación Morfológica de Cepas Bacterianas del Tracto Digestivo de Escarabajos Paisaje Alterado por Incendio Forestal			
Morfología/Características			
Colonial	Celular	Colonial	Celular
MIF/-3R1/AN/C3/14MAR22		MIF/-4/TSA/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada, textura rugosa, plana, consistencia suave, seca	Cocobacilo Gram Negativo, formados en pares	Forma irregular, borde ondulado, opaca, sin brillo, no pigmentada, textura rugosa, plana/ algunas partes umbilicada, consistencia dura, seca	Cocobacilo Gram Negativo
MIF/-4R1/AN/C2/14MAR22		MIF/-4R2/AN/C1/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, formados en cadenas	Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada-blanquecina, textura rugosa, plana, consistencia suave	Bacilo Gram Negativo, muy pequeños
MIF/-5R1/AN/C1/14MAR22		MIF/-5R1/AN/C2/14MAR22	
			
Forma irregular, borde rizado, opaca, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia suave	Coco Gram Positivo	Forma irregular, borde ondulado, transparente, brillo, no pigmentada-blanquecina, textura rugosa, plana, consistencia suave	Coco Gram Positivo, agrupados
MIF/-5R2/AN/14MAR22			
			
Forma rizoide, borde rizoide, opaca, brillo, no pigmentada-crema, textura rugosa, ligeramente elevada, consistencia suave, algunas zonas secas	Coco Gram Positivo		

Figura 31. Identificación morfológica de cepas aisladas de la muestra de suelo colectada en el paisaje alterado por incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

Finalmente, una vez identificadas las características coloniales y celulares de las cepas bacterianas, se logró identificar algunos géneros bacterianos con ayuda de material bibliográfico de las siguientes fuentes: Holt et al., (1994); Bergey, (1984); Calvo & Zúñiga, (2010); Guevara et al., (2007); Ahmad et al., (2012); Lopardo et al., (2011); Cantón et al., (2006); Realpe et al., (2002); Mirón et al., (2014); Todar, (2020); Batra, (17 de mayo de 2018);

Dibico S.A, (2022); Sanjuan, (2019); Oddó & Díaz, (2019) & Gómez et al., (2017). De esta manera se obtuvo como resultado la identificación total de 12 géneros bacterianos distribuidos tanto en el aislamiento bacteriano del tracto digestivo de escarabajos como en las del suelo, las mismas que se observan en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6. Géneros bacterianos asociados de las cepas aisladas del tracto digestivo de escarabajos colectados en los paisajes conservados, pastizal e incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.







Muestras del Tracto Digestivo de Escarabajos Colectados en Diferentes Paisajes de la Reserva El Madrigal Podocarpus						
Género Bacteriano Asociado	Conservado/Bosque natural		Pastizal		Incendio Forestal	
						
	7535 <i>Canthidium aurifex</i>	7536 <i>Uroxys rugatus</i>	7537 <i>Onthophagus curvicornis</i>	7538 <i>Onthophagus curvicornis</i>	7539 <i>Dichotomius cotopaxi</i>	7540 <i>Onthophagus curvicornis</i>
<i>Bacillus</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Enterococcus</i>				x		
<i>Staphylococcus</i>			x			
<i>Proteus</i>						x
<i>Escherichia</i>					x	

Tabla 7. Géneros bacterianos asociados de las cepas aisladas del suelo colectadas en los paisajes conservados, pastizal e incendio forestal de la Reserva El Madrigal Podocarpus.

Muestras de Suelo Colectadas en Diferentes Paisajes de la Reserva El Madrigal Podocarpus			
Género Bacteriano Asociado	Conservado/Bosque natural	Pastizal	Incendio Forestal
<i>Bacillus</i>	x	x	
<i>Enterococcus</i>	x	x	
<i>Staphylococcus</i>	x	x	x
<i>Sarcina</i>	x		
<i>Escherichia</i>		x	
<i>Chromobacterium</i>			x
<i>Amphibacillus</i>	x		
<i>Acinetobacter</i>			x
<i>Sporosarcina</i>		x	
<i>Corynebacterium</i>	x	x	
<i>Pseudomona</i>		x	

7. Discusión

La caracterización de comunidades bacterianas a través de las características micro y macromorfológicas muestran a los bacilos como la morfología más frecuente en todas las muestras estudiadas (suelo y escarabajos). Asimismo, los bacilos Gram + fueron la agrupación morfotintorial más representativa en las muestras del tracto digestivo de escarabajos, y los cocos + los más representativos en las muestras del suelo. En cuanto al número de aislados, se ha obtenido un total de 72 cepas bacterianas: 47 cepas bacterianas de las muestras de suelo y 25 cepas bacterianas del tracto digestivo de escarabajos, pertenecientes a los géneros: *Canthidium*, *Uroxys*, *Dichotomius* y *Onthopagus*.

En cuanto al muestreo del suelo, en relación al pH de las muestras, en los tres paisajes se obtuvo un pH ácido, en el paisaje de bosque natural con un valor de 5; mientras que, en pastizal e incendio forestal con un valor de 6, esto se corrobora con los estudios de Reyes et al., (2010) y Jiménez et al., (2007), exponiendo que el suelo de un bosque nublado generalmente es ácido, lo que explica estos resultados, al estar compuesta la zona de estudio por este tipo de bosque.

Con respecto al aislamiento e identificación de las comunidades bacterianas obtenidas en el tracto digestivo de escarabajos estercoleros, pese a que no existe mucha información en cuanto a este tipo de estudio por ser un área de investigación casi descuidada, en el presente trabajo se ha logrado aislar satisfactoriamente en los especímenes colectados de los tres paisajes de estudio, obteniendo en base a la morfología y tinción Gram, una clasificación de bacilos, cocobacilos y cocos, con predominio de bacterias G + en cada paisaje, con características coloniales color blancas-cremas de consistencia cremosa, circulares e irregulares, con crecimiento plano y ligeramente elevado, con bordes ondulados, y texturas lisas-rugosas. Sin embargo, también se contó con la presencia de bacterias (bacilos y cocobacilos) G -, presentes solo en el paisaje de incendio, resultados que se corroboran con el estudio de Galvis et al., (2009), en donde solamente se aislaron morfologías G - y ninguna G + , esta diferencia se podría explicar por qué en el estudio mencionado se trabajó con escarabajos en estado larvario y en la presente investigación con escarabajos en estado adulto, por ende, el grupo de bacterias presentes en el tracto digestivo podría variar de acuerdo al tipo de alimentación o dieta del huésped (escarabajo), y a la especie, como lo constata Pinto-Tomás et al., (2007), Galvis et al., (2009), Arias-Cordero et al., (2012) y Lemus & Pedraza, (2019).

En cuanto al aislamiento e identificación de las comunidades bacterianas obtenidas en las muestras de suelo, en base a la morfología y tinción Gram, se obtuvo una clasificación igualmente de bacilos, cocobacilos y cocos, con predominio de bacterias G +. También, cabe mencionar que en el bosque natural se encontraron más aislados con morfologías de bacilos G +, a diferencia de los paisajes de pastizal e incendio forestal; aunque, se mantiene la presencia de estos 3 grupos de morfotipos (bacilos, cocobacilos, cocos) en la muestra de suelo. lo cual tiene sentido a la luz de lo descrito en los estudios de Mantilla-Paredes et al., (2009), Lladó et al., (2017) y Reed et al., (2011), que mencionan que generalmente las bacterias de estos morfotipos, en especial los bacilos, suelen ser abundantes en el suelo de bosque que en otros tipos de suelo, desempeñando así importantes funciones para mantener un equilibrio ecológico. Por otro lado, también se obtuvo bacterias (bacilos y cocobacilos) G -, presentes solo en el paisaje de incendio y pastizal, la razón por la cual estas no estuvieron presentes en el paisaje conservado puede estar ligado a la composición química o estado del suelo, ya que cada uno de los paisajes de estudio es diferente, en especial el de pastizal e incendio que por sus condiciones de afectación es distinto al paisaje de bosque, así como lo corroboran Bolívar Torres et al., (2021) en su estudio, en donde manifiestan que además, esto podría privilegiar la supervivencia de un tipo de microorganismo sobre otro, o incluso, por otros organismos vivos que están presentes en cada uno de los paisajes, pues, la relación ecológica de cada uno de ellos con su entorno puede desempeñar un papel importante.

En el paisaje de incendio forestal, se encontró un aislado totalmente diferente tanto en características coloniales como celulares, únicamente presentándose en este paisaje, lo más característico de este aislado fue su color morado-oscuro intenso, dado que, en medios básicos no siempre se presentan bacterias con pigmentación. Generalmente estas colonias bacterianas pertenecen a un grupo de bacterias que producen violaceína, clasificadas en especies patógenas y no patógenas, que se encuentran en el suelo y en algunos animales como anfibios (Ahmad et al., 2012; Bergey, 1984; Holt et al., 1994), es por ello, que por medio de la revisión bibliográfica y comparando las características morfológicas coloniales y celulares con otros estudios que corroboran estos resultados (Guevara et al., 2007; Gómez et al., 2017; Karthik et al., 2012), se ha llegado a asociar a este aislado con el género bacteriano *Chromobacterium*, este se encuentra presente en suelos contaminados o alterados por actividades antropogénicas, tal es el caso del paisaje de incendio, en donde fue encontrado.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se responde a la hipótesis en dónde se manifiesta que, en cuanto a la morfología celular de los aislados bacterianos obtenidos del tracto digestivo de escarabajos comparten cierta similitud con los aislados del suelo, es decir, de las comunidades bacterianas aisladas (a excepción del paisaje de incendio de la muestra de suelo) los morfotipos bacilos (16 aislados en escarabajos / 11 aislados en suelo), cocobacilos (4 aislados en escarabajos / 3 aislados en suelo) y cocos (2 aislados en escarabajos / 21 aislados en suelo) todos G +, se encuentran presentes tanto en el tracto digestivo de los escarabajos como en el suelo, esto se corrobora con el estudio de Arias-Cordero et al., (2012), donde expone, que algunas bacterias presentes en el intestino de ciertos escarabajos también se encuentran presentes en el suelo, eso explica la similitud existente entre ellas. Aun así, las comunidades bacterianas de la muestra de suelo son distintas entre paisajes (conservado, pastizal, incendio forestal), encontrando morfologías entre G + y G -, y morfotipos entre bacilos, cocos y cocobacilos, con características coloniales diferentes.

Por lo anterior, se requieren investigaciones más detalladas en cuanto a la identificación de género bacteriano, que brinden respuestas relacionadas al uso potencial de estos microorganismos encontrados y sus futuras aplicaciones.

8. Conclusiones

Se aislaron satisfactoriamente un total de 72 cepas bacterianas puras tanto del muestreo del tracto digestivo de escarabajos estercoleros como del muestreo del suelo, obteniendo así, un mayor número de aislados en las muestras de suelo (47 cepas puras), mientras que en las muestras del tracto digestivo de escarabajos se obtuvieron 25 cepas.

Conociendo las características morfológicas coloniales y celulares de las bacterias y con ayuda de revisión bibliográfica como los manuales de Bergey y otros, se puede llegar a asociar a algún género bacteriano, es decir, en base a las características comunes que presentan en las colonias como la forma, color, consistencia, borde, brillo, etc., y a sus características microscópicas como la forma celular, tamaño y tipo de Gram para una mejor comprensión del estudio. En este caso se logró asociar a los géneros *Bacillus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus*, *Proteus*, *Escherichia*, *Sarcina*, *Chromobacterium*, *Amphibacillus*, *Acinetobacter*, *Sporosarcina*, *Corynebacterium* y *Pseudomona*.

La información obtenida de esta investigación es imprescindible y forma parte de los estudios de biodiversidad, orientado a la conservación de los ecosistemas. Por ello, es importante este tipo de estudios de biodiversidad, no solo a nivel superficial, si no también, a nivel microscópico, porque con ello se puede identificar el potencial de las comunidades bacterianas, conocer su función en el ecosistema y determinar si estos llevan a cabo procesos que sean de interés biotecnológico, encaminado principalmente en la restauración del suelo y la agricultura.

9. Recomendaciones

Para efectuar un correcto muestreo sin comprometer la colecta de escarabajos se debe elaborar adecuadamente las trampas, asegurando que el cebo no caiga sobre la trampa o escarabajos, y transportar enseguida los escarabajos al laboratorio para evitar la alteración de su microbiota.

Se recomienda seguir correctamente el protocolo establecido para el aislamiento bacteriano, cuidando siempre las condiciones estériles tanto en el laboratorio como en los instrumentos a utilizar, con la finalidad de no contaminar el área de trabajo y las muestras de estudio. Además, tomar en cuenta la temperatura de incubación, cuidando que ésta se mantenga y no varíe para asegurar un crecimiento óptimo de las bacterias.

Para complementar con la identificación de los aislados bacterianos se recomienda aumentar pruebas bioquímicas, efectuar pruebas moleculares para conocer la taxonomía de las bacterias obtenidas, utilizar medios de cultivo selectivos para el crecimiento de colonias bacterianas más exigentes y tener en cuenta ciertos factores como temperatura, pH y luz para asegurar el crecimiento de aquellas bacterias sensibles a estos.

10. Bibliografía

- Ahmad, W., Yusof, N., Nordin, N., Zakaria, Z., & Rezali, M. (2012). Production and characterization of violacein by locally isolated chromobacterium violaceum grown in agricultural wastes. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 167(5), 1220–1234. <https://doi.org/10.1007/s12010-012-9553-7>
- Álvarez, M., Blandón, L., Ceballos, V., Mejía, M., & Buriticá, H. (2017). Aislamiento de microorganismos en diferentes ambientes. *Universidad Libre Pereira*, 1–11. [https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/202403/mod_resource/content/1/2020 TP2 BIOQ Y LCTA.pdf#:~:text=B\) Práctica de Siembra y,o los microorganismos de interés.](https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/202403/mod_resource/content/1/2020_TP2_BIOQ_Y_LCTA.pdf#:~:text=B) Práctica de Siembra y,o los microorganismos de interés.)
- Arias-Cordero, E., Ping, L., Reichwald, K., Delb, H., Platzer, M., & Boland, W. (2012). Comparative Evaluation of the Gut Microbiota Associated with the Below- and Above-Ground Life Stages (Larvae and Beetles) of the Forest Cockchafer, *Melolontha hippocastani*. *PLoS ONE*, 7(12), e51557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051557>
- Armijos, C., Paucar, A., & Mendoza, C. (2022). Riqueza y abundancia de escarabajos peloteros en un área de conservación periurbana de Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i1.1191>
- Baker, S. (2017). Investigation of natural regeneration of vascular plants in the Madrigal Reserve of the Podocarpus. *Independent Study Project (ISP)*, 2557, 22. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2557
- Basto-Estrella, G., Rodríguez-Vivas, R., Delfín-González, H., & Reyes-Novelo, E. (2012). Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 380–386. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.943>
- Batra, S. (n.d.). *Características de Morfología y Cultivo de Escherichia Coli (E.Coli)*. Paramedics World. <https://paramedicsworld.com/escherichia-coli/morphology-culture-characteristics-of-escherichia-coli/medical-paramedical-studynotes>
- Beltrán Pineda, M., & Lizarazo-Forero, L. (2013). Grupos Funcionales de Microorganismos en Suelos de Páramo Perturbados por Incendios Forestales. *Revista de Ciencias*, 17(2), 121–136. <https://doi.org/10.25100/rc.v17i2.490>
- Bergey, D. (1984). Bergey's Manual Of Systematic Bacteriology. In M. Goodfellow, P.

- Kampfer, H. Busse, M. Trujillo, K. Susuki, W. Ludwig, & W. Whitman (Eds.), *Practical Handbook of Microbiology, Third Edition* (Segunda). <https://doi.org/10.1201/b17871>
- Bernal, G. (2015). *LA MICROBIOLOGIA DE SUELOS EN EL ECUADOR : Situación actual de la investigación*. Sociedad Ecuatoriana de La Ciencia Del Suelo SECS. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-La-Microbiologia-de-Suelos.pdf>
- Bolívar Torres, H., Méndez, Y., Sánchez Nieves, J., Leal, M., & Ruiz, E. (2021). Microorganismos xerófilos cultivables de la zona semiárida de la Tatacoa (Colombia). *Nova*, 19(36), 19–30. <https://doi.org/10.22490/24629448.5282>
- Calvo, P., & Zúñiga, D. (2010). Caracterización Fisiológica de Cepas de *Bacillus* spp. Aisladas de la Rizósfera de Papa (*Solanum tuberosum*). *Ecología Aplicada*, 9(1–2), 31. <https://doi.org/10.21704/rea.v9i1-2.393>
- Calvo Vélez, P., Reymundo Meneses, L., & Zúñiga Dávila, D. (2008). ESTUDIO DE LAS POBLACIONES MICROBIANAS DE LA RIZÓSFERA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN ZONAS ALTOANDINAS. *Ecología Aplicada*, 7(1–2), 141. <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.369>
- Cantón, R., Sánchez, & M. Paz. (2006). *Proteus penneri*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 24(SUPPL.1), 8–13. <https://doi.org/10.1157/13094272>
- Carvajal, V., Villamarin, S., & Ortega, A. (2011). Escarabajos del Ecuador: Principales géneros. In *Instituto de Ciencias Biológicas Escuela Politécnica Nacional: Vol. Serie Ento* (Issue 1, p. 350). https://www.researchgate.net/profile/Santiago-Villamarin-Cortez/publication/294581162_Escarabajos_del_Ecuador_Principales_Generos/links/5b5a8057a6fdccf0b2f90d2e/Escarabajos-del-Ecuador-Principales-Generos.pdf
- Castañeda, M. (2009). *Microbiología Aplicada: Manual de Laboratorio*. Universidad Autónoma Metropolitana, 2, 223.
- Castillo, A. (2011). *Senderización y señaletica de la Reserva Privada “El Marigal” de la Parroquia San Sebastián del Cantón y Provincia de Loja*.
- Chakraborty, A., Modlinger, R., Ashraf, M. Z., Synek, J., Schlyter, F., & Roy, A. (2020). Core Mycobiome and Their Ecological Relevance in the Gut of Five Ips Bark Beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Frontiers in Microbiology*, 11(September), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.568853>
- Chamorro, W., Gallo, F., Delgado, S., Enríquez, S., Guasumba, V., & López-Iborra, G. (2019).

- Los escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Bosque Protector Oglán Alto, Pastaza, Ecuador. *Biota Colombiana*, 20(1), 34–49. <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a03>
- Chamorro, W., Marín, D., Granda, V., & Fernando, V.-D.-M. (2018). Checklist with a key to genera and subgenera of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) present and supposed for Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72–100. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- Criado, M. Á. (2018). *Una reducida aristocracia de bacterias domina los suelos de la Tierra*. El País. https://elpais.com/elpais/2018/01/18/ciencia/1516289742_174723.html
- Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Reich, P. B., Jeffries, T. C., Gaitan, J. J., Encinar, D., Berdugo, M., Campbell, C. D., & Singh, B. K. (2016). Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature Communications*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.1038/ncomms10541>
- Dibico S.A. (2022). Agar nutritivo- catalogo. *Medio de Cultivo Bacteriología General*, Catálogo 1022.
- Ejiro, A., Rumbold, K., Boekhout, T., & Zhou, N. (2021). Bioethanolic yeasts from dung beetles: tapping the potential of extremophilic yeasts for improvement of lignocellulolytic feedstock fermentation. *Biotechnology for Biofuels*, 14(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01940-y>
- Fernández, G. F., Silva, B., Gawlik, J., Thies, B., & Bendix, J. (2013). Bracken fern frond status classification in the Andes of southern Ecuador: Combining multispectral satellite data and field spectroscopy. *International Journal of Remote Sensing*, 34(20), 7020–7037. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.813091>
- Figueroa, L., & Alvarado, M. (2011). Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabeinae) de la Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 209–212. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.230>
- Galvis, J., Quiñonez, R., & Jiménez, P. (2009). Aislamiento de microorganismos del Tracto Digestivo de Larvas de Coleópteros y Lepidópteros. *Facultad de Ciencias Básicas Universidad Militar Nueva Granada*, 5(1), 106–113.
- Gómez, M., Santos, A., Guevara, A., & Rodríguez, C. (2017). Reporte de Dos Casos de Inusual Infección no Letal por *Chromobacterium Violaceum*. Revisión Literaria. *Infectio. Asociación Colombiana de Infectología*, 21(2).

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22354/in.v21i2.657>

- González-Chang, M. (2015). Escarabajos estercoleros nativos en Chile. Una revisión con énfasis en su ecología. *Agro Sur*, 43(3), 51–61. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2015.v43n3-06>
- Guevara, A., Salomón, M., Oliveros, M., Guevara, E., Guevara, M., & Medina, Z. (2007). Sepsis por *Chromobacterium violaceum* pigmentado y no pigmentado. *Revista Chilena de Infectología*, 24(5), 402–406. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182007000500010>
- Heijden, M., Bardgett, R., & Straalen, N. (2008). The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(3), 296–310. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x>
- Holt, J., Krieg, N., Sneath, P., Staley, J., & Stanley, W. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Lippincott Williams & Wilkins (ed.); Novena). https://books.google.com.ec/books?id=jtMLZaa5ONcC&dq=bergey&hl=es&source=gb_s_navlinks_s
- Jiménez, L. S., Mezquida, E. T., Benito, M., Rubio, A., Sarmiento, G., & Vera, M. (2007). Transformación De Áreas Boscosas En Pastizales En Zamora-Chinchi (Ecuador). *Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 136(January), 65–70.
- Kaiser, K., Wemheuer, B., Korolkow, V., Wemheuer, F., Nacke, H., Schöning, I., Schruppf, M., & Daniel, R. (2016). Driving forces of soil bacterial community structure, diversity, and function in temperate grasslands and forests. *Scientific Reports*, 6(August), 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep33696>
- Karthik, R., Pancharatnam, P., & Balaji, V. (2012). Fatal *Chromobacterium violaceum* septicemia in a South Indian adult. *Journal of Infection in Developing Countries*, 6(10), 751–755. <https://doi.org/10.3855/jidc.1866>
- Lemus, A., & Pedraza, L. (2019). Aislamiento de microorganismos del tracto digestivo de larvas y adultos de coleópteros y su uso potencial en biorrefinería. *XVIII Congreso Nacional de La Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, November, 8–9. <https://www.researchgate.net/publication/337113732%0AAISLAMIENTO>
- Lladó, S., López-Mondéjar, R., & Baldrian, P. (2017). Bacterias del suelo forestal: diversidad, participación en los procesos del ecosistema y respuesta al cambio global. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 81(2), 1–27. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5485800/pdf/e00063-16.pdf>

- Lopardo, H., Predari, S., & Vay, C. (2011). Manual de microbiología clínica de la Asociación Argentina de Microbiología. In *Asociación Argentina de Microbiología*.
- Lu, F., Kang, X., Jiang, C., Lou, B., Jiang, M., & Way, M. O. (2013). Isolation and characterization of bacteria from midgut of the rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Environmental Entomology*, 42(5), 874–881. <https://doi.org/10.1603/EN13111>
- Luna, J. (2012). *Manual de Prácticas de Laboratorio: Microbiología General y Aplicada* (Unimagdalena (ed.); Primera). https://books.google.es/books?id=MdBBDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Mabhegedhe, M. (2017). Cellulolytic Activities of the Dung Beetle, *Euoniticellus Intermedius*, Larva Gut Micro-Flora. *The Open Biotechnology Journal*, 11(1), 105–113. <https://doi.org/10.2174/1874070701711010105>
- Mantilla-Paredes, A., Cardona, G., Peña-Venegas, C., Murcia, U., Rodríguez, M., & Zambrano, M. (2009). Distribución de bacterias potencialmente fijadoras de nitrógeno y su relación con parámetros fisicoquímicos en suelos con tres coberturas vegetales en el sur de la Amazonia colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 57(4), 915–927. I.4.3.1.2.4.
- Martínez, A., Ortega, I., & Moreno, C. (2016). ¿Quién hace el trabajo sucio en los potreros ganaderos? *ResearchGate*, 12. <https://doi.org/DOI: 10.13140/RG.2.1.4630.6963>
- Mau, S., Vega, K., & Araya, M. (2011). Aislamiento de bacterias del suelo y su potencial utilización en sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 42(2), 45. <https://doi.org/10.15359/rca.42-2.4>
- Mirón, A., Culver, M., Lagoma, L., & Asensio, L. (2014). Fichas de agentes biológicos. In I. N. de S. e H. en el Trabajo (Ed.), *DataBio*. <http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas de agentes biologicos/Fichas/Parasitos/Toxoplasma gondii.pdf>
- Mushia, N. (2019). Directrices generales sobre muestreo y análisis de suelos. *Mzansi Agriculture Talk*. <https://www.mzansiagritalk.com/archives/2261>
- Navas, M. (2017). *Capítulo xx Bases técnicas para evaluar la calidad del suelo. January 2010*.
- Nichols, E., Gardner, T., Peres, C., & Spector, S. (2009). Co-declining mammals and dung beetles: an impending ecological cascade. *Oikos*, 118, 481–487. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17268.x>

- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcuita, S., & Favila, M. E. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Oddó, D., & Díaz, Y. (2019). *Sarcina ventriculi*. *Revista Chilena de Infectología*, 36(1), 41–42. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182019000100041>
- Orduz, S., Machado, L., & Rodríguez, L. (2020). IMPORTANCIA DE LA BIOTA EDÁFICA PARA LA PRODUCTIVIDAD EN AGROECOSISTEMAS. *Nova Revista*, 6, 27–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/issn.2500-4476 / p.?-?>
- Otavo, S. E., Parrado-Rosselli, A., & Noriega, J. A. (2013). [Scarabaeoidea superfamily (Insecta: Coleoptera) as a bioindicator element of anthropogenic disturbance in an amazon national park]. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 735–752. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23885586>
- Pérez, A. (2021). Diversidad de la comunidad bacteriana edáfica y sus funciones ecológicas en diferentes usos de suelo en un paisaje andino del norte del Ecuador. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Pérez, I. (2018). *Un hábitat de bacterias productoras de hormonas y antibióticos*. Dirección General de Divulgación de La Ciencia (DGDC). <http://ciencia.unam.mx/leer/817/hoy-es-el-dia-mundial-del-suelo-un-habitat-de-bacterias-productoras-de-hormonas-y-antibioticos>
- Pinto-Tomás, A., Uribe-Lorío, L., Blanco, J., Fontecha, G., Rodríguez, C., Mora, M., Janzen, D., Chavarría, F., Díaz, J., & Sittenfeld, A. (2007). Actividades enzimáticas en aislamientos bacterianos de tractos digestivos de larvas y del contenido de pupas de *Automeris zugana* y *Rothschildia lebeau* (Lepidoptera: Saturniidae). *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 401–415. <https://doi.org/10.15517/rbt.v55i2.6020>
- Poveda Arias, J. (2019). The microorganisms associated with insects and their application in agriculture. *Revista Digital Universitaria*, 20(1), 1–15. <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a2>
- Quesada, M. (2022). *Microbiología, Bacterias, Forma y Tamaño*. Saber de Ciencias. <https://www.saberdeciencias.com/apuntes-de-microbiologia/141-microbiologia-bacterias-forma-y-tamano>
- Rangel-Acosta, J. L., Blanco-Rodríguez, O. R., & Martínez-Hernández, N. J. (2016). Copro-

- necro phagous beetles (scarabaeidae: Scarabaeinae) in differentland use at la reserva campesina la montaña (RCM) in the deparment of atlántico, Colombia [Escarabajos copronecrófagos (scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes usos del suelo en la re. *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 20(1), 78–97. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85000948392&doi=10.17151%2Fbccm.2016.20.1.7&partnerID=40&md5=ad0ca9825305ecf38cada5f0c2b2b04c>
- Rangel-Acosta, J. L., & Martínez-Hernández, N. J. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 389–401. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>
- Rangel, J., Martínez, N., & Zapata, R. (2020). Revista Mexicana de Biodiversidad Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91, 1–16. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2879>
- Realpe, M. E., Hernández, C. A., & Agudelo, C. I. (2002). Species of the Bacillus strain: macroscopic and microscopic morphology. *Biomédica : Revista Del Instituto Nacional de Salud*, 22(2), 106–109. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v22i2.1148>
- Reed, S., Cleveland, C., & Townsend, A. (2011). Functional biology of heterotrophic nitrogen-fixing bacteria. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 489–512. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145034>
- Reyes, O., Vadel, E., & Fornaris, E. (2010). Características Fisonómicas y Funcionales de los Bosques de Cuba Oriental. II. Matorral Costero y Precostero de la Costa Sur Oriental. *Foresta Veracruzana*, 12(2), 7–14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49719770002%0ACómo>
- Reynoso, M., Magnoli, C., Barros, G., & Demo, M. (2015). Manual De Microbiología General. In UniRío (Ed.), Manual De Microbiología (Primera). <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb56f>
- Rojas, Y., Jordán, M., Yegres, F., & Araujo, J. (2013). Caracterización microbiológica del suelo, agua y aire en el humedal Quebrada de Guaranao, Paraguaná, estado Falcón. *REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA 3ª Época*, 9(July 2015), 11–33.
- Rosero, J., & Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo: Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 5(2), 59–67. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/130/115>

- Sanjuan, N. (2019). Estafilococos y Estreptococos. In Universidad de Buenos Aires. Facultad de Medicina. II Cátedra de Microbiología-Parasitología e Inmunología (Ed.), *Microbiología y Parasitología I* (p. 50). <https://es.slideshare.net/jsantossantana/estafilococos-y-estreptococos>
- Sansupa, C., Purahong, W., Wubet, T., Tiansawat, P., Pathom-Aree, W., Teaumroong, N., Chantawannakul, P., Buscot, F., Elliott, S., & Disayathanoowat, T. (2021). Soil bacterial communities and their associated functions for forest restoration on a limestone mine in northern Thailand. *PLoS ONE*, 16(4 April), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248806>
- Sanz, S. (2011). *Prácticas de Microbiología* (Universidad de la Rioja (ed.); 2da edición).
- Sarango, J., Muñoz, J., Muñoz, L., & Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Boisques Latitud Cero*, 9(2), 101–114.
- Schweizer Lassaga, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia En Tecnología Agropecuaria (INTA) Costa Rica*, 18. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Shan, Y., Shu, C., Crickmore, N., Liu, C., Xiang, W., Song, F., & Zhang, J. (2014). Cultivable gut bacteria of scarabs (Coleoptera: Scarabaeidae) inhibit bacillus thuringiensis multiplication. *Environmental Entomology*, 43(3), 612–616. <https://doi.org/10.1603/EN14028>
- Sucre, E. B., Harrison, R. B., Turnblom, E. C., & Briggs, D. G. (2008). The use of various soil and site variables for estimating growth response of Douglas-fir to multiple applications of urea and determining potential long-term effects on soil properties. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(6), 1458–1469. <https://doi.org/10.1139/X08-007>
- Todar, K. (2020). *Libro de Texto de Bacteriología en Línea de Todar* (Kenneth Todar PhD Departamento de Nacterología de la Universidad de Wisconsin (ed.)). <https://textbookofbacteriology.net/e.coli.html>
- Torres, M., & Lizarazo, L. (2006). Evaluacion de grupos funcionales (ciclos del C, N, P) y actividad de la fosfatasa acida en dos suelos agricolas del departameento de boyaca (colombia). *Agronomia Colombiana*, 24, 317–325.
- Vargas, T., & Kuno, A. (2014). Morfología bacteriana. *Revista de Actualización Clínica*, 49(2), 2594–2598.

http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1466/280_2.pdf?sequence=1

- Vasanthakumar, A., Delalibera, I., Handelsman, J., Klepzig, K. D., Schloss, P. D., & Raffa, K. F. (2006). Characterization of Gut-Associated Bacteria in Larvae and Adults of the Southern Pine Beetle, *Dendroctonus frontalis* Zimmermann. *Environmental Entomology*, 35(6), 1710–1717. [https://doi.org/10.1603/0046-225x\(2006\)35\[1710:cogbil\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0046-225x(2006)35[1710:cogbil]2.0.co;2)
- Vasanthakumar, A., Handelsman, J. O., Schloss, P. D., Bauer, L. S., & Raffa, K. F. (2008). Gut microbiota of an invasive Subcortical Beetle, *Agrilus planipennis* fairmaire, across various life stages. *Environmental Entomology*, 37(5), 1344–1353. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2008\)37\[1344:GMOAIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2008)37[1344:GMOAIS]2.0.CO;2)
- Villamarín-Cortez, S. (2010). Escarabajos Estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) de El Goaltal, provincia de Carchi, Ecuador: lista anotada de especies y ecología. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 2(3). <https://doi.org/10.18272/aci.v2i3.52>

11. Anexos

Anexo 1. Permiso de investigación científica



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 1785

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAAE-ARSFC-2021-1785

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021-12-12	2022-12-12

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal
Bacteria

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
1712734829	PAUCAR CABRERA AURA DEL CARMEN	Ecuatoriana	7241143118	Docente Investigadora	Insecta
1950008407	CORDERO JIMENEZ MARIA BELEN	Ecuatoriana	S/N	Estudiante	Insecta
1150216396	JIMENEZ BARBA JOSSELYN PRISCILA	Ecuatoriana	S/N	Estudiante	Insecta

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: Diversidad de comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros

Dirección: Calle Madrid 159 y Andalucía Código postal: 170525 / Guito-Ecuador
Teléfono: 593-2-396-7600 - www.ambiente.gob.ec



1 / 5

Anexo 2: Esquema general de muestreo en tres paisajes de la Reserva Madrigal del Podocarpus, Loja

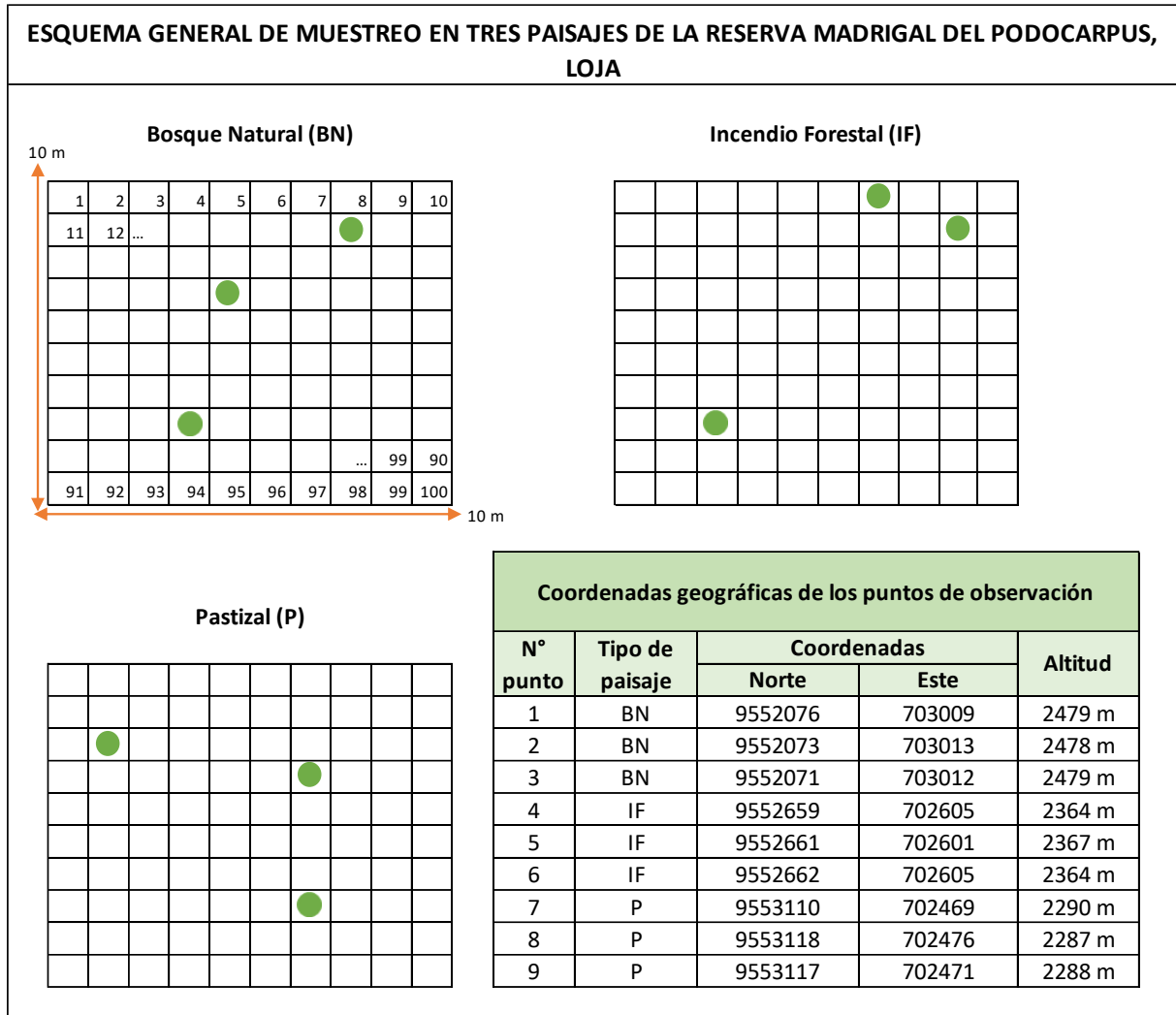


Figura 32. Esquema general de muestreo en tres paisajes de la Reserva Magridal del Podocarpus, Loja.

Anexo 3: Etiqueta de la colecta de escarabajos y de las muestras de suelo

Descripción	Código
Lugar de muestreo	Madrigal
Zona/paisaje de estudio	I1 (Incendio)
Número de trampa	002
Fecha	9Feb2022
Nombre del colector	Josselyn Jiménez

Figura 33. Etiqueta de la colecta de escarabajos.



Figura 34. Colecta de escarabajos en el segundo paisaje de estudio (Incendio, previamente etiquetado y sellado).

Anexo 4: Registro de datos de muestreo de escarabajos en la aplicación epicollect 5

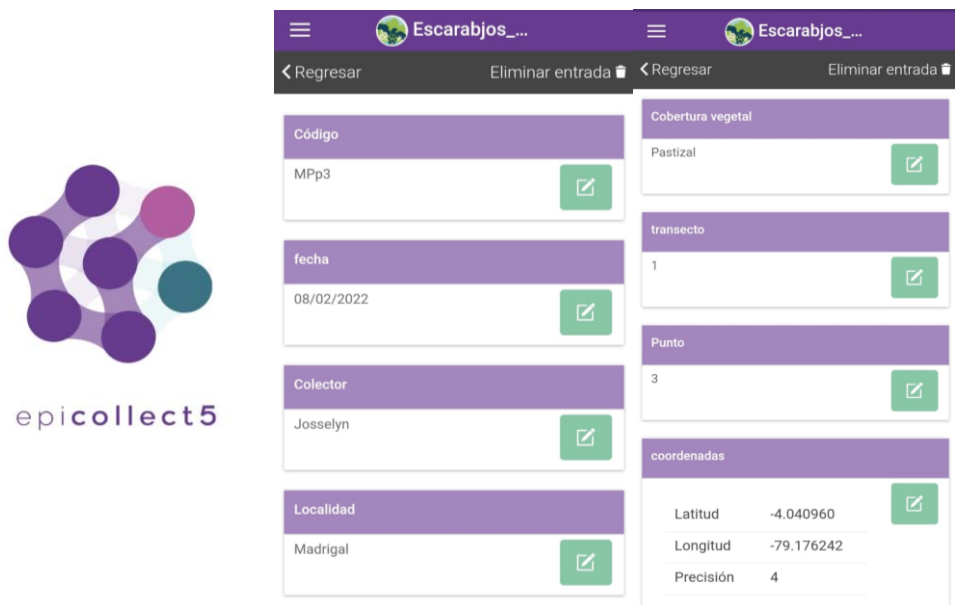


Figura 35. Registro de datos de muestreo de escarabajos en la aplicación Epicollect 5.

Anexo 5: Registro de datos de campo de la colecta de escarabajos


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA 								
Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables								
Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente								
Fecha:	Miércoles, 09 de febrero del 2022				Hora:	08:00 am a 12:00 pm		
Paisaje	Número de la trampa	Estado de la trampa			Clima			Observaciones
		Bueno	Malo	Regular	Soleado	Lluvioso	Nublado	
Conservado /Natural	1	x				x	x	Llovizna
Conservado /Natural	2	x				x	x	Llovizna
Conservado /Natural	3	x				x	x	Llovizna
Incendio	1	x				x	x	Levemente llovizna
Incendio	2	x				x	x	Levemente llovizna
Incendio	3	x				x	x	Levemente llovizna
Pastizal	1	x				x	x	Levemente llovizna
Pastizal	2	x				x	x	Levemente llovizna
Pastizal	3	x				x	x	Levemente llovizna

Anexo 6: Etiqueta de las muestras de suelo

Descripción	Código
Lugar de muestreo	Madrigal
Zona/paisaje de estudio	I (Incendio)
Fecha	18Feb2022
Nombre del colector	Josselyn Jiménez

Figura 36. Etiqueta de las muestras de suelo.

Anexo 7: Registro de datos de campo del muestreo de suelo

 						
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA						
Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables						
Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente						
Fecha:	Viernes, 18 de febrero del 2022					
Hora:	08:00 am a 12:00 pm					
Paisaje	Humedad	Temperatura	Clima			Observaciones
			Soleado	Lluvioso	Nublado	
Conservado /Natural	88.9	16.4		x	x	Paisaje con abundante y diversa vegetación, suelo húmedo, color café-chocolate con presencia de abundantes ramas, hojarasca y raíces.
Incendio	84.3	17.7		x	x	Paisaje con presencia de matorral o paja, diversidad de vegetación escasa, suelo húmedo, color negro-carbón con presencia de pocas raíces y piedras.
Pastizal	79.1	21.0		x	x	Paisaje con abundante vegetación de pastizal, presencia de árboles y ganado vacuno, suelo húmedo, color negro pálido con presencia de bastantes piedras y pocas raíces.

Anexo 8: Registro fotográfico



Figura 37. Fase de campo: Muestreo de los escarabajos estercoleros en los tres paisajes de la reserva El Madrigal del Podocarpus.



Figura 38. Fase de campo: Muestreo del suelo en los tres paisajes de la reserva El Madrigal del Podocarpus.



Figura 39. Fase de laboratorio: Proceso de aislamiento de cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de escarabajos estercoleros.



Figura 40. Fase de laboratorio: Proceso de aislamiento de cepas bacterianas aisladas del suelo.



Figura 41. Controles: Izquierda-negativo, control de calidad que contuvo solo Agar con la finalidad de constatar contaminación o no del protocolo empleado, y derecha-positivo, control que contuvo una muestra directa para constatar el crecimiento bacteriano.

Anexo 9: Certificación de traducción de Resumen (Abstract)

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DEL RESUMEN (ABSTRACT)

Lic. Mirna Carola Romero Coloma,
MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO
DOCTORA EN EDUCACIÓN

Certifico:

Que he traducido minuciosamente el Resumen del Trabajo de Titulación titulado:

“Caracterización por medios dependientes de cultivo de comunidades bacterianas de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeinae) y de suelos conservados y alterados por incendios de la Reserva El Madrigal del Podocarpus, Loja.” de autoría de **Josselyn Priscila Jiménez Barba**, egresada de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando a la interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Durán, 6 de marzo del 2023



Firmado electrónicamente por:
MIRNA CAROLA
ROMERO COLOMA

Lic. Mirna Carola Romero Coloma
MAGISTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO IDIOMA EXTRANJERO
DOCTORA EN EDUCACIÓN
CI: 0919164426
Celular: 0997366437