UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS, DEL GÉNERO CORDYCEPS S.L. (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) EN LAS PROVINCIAS DE NAPO Y PASTAZA, ECUADOR.

AUTOR(ES):

Bryan David González Farinango

Nathaly Gissela Romero Ruiz

DOCENTE - TUTOR:

Ph. D. Marcos David Landívar Valverde

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	16/20	-Siguen existiendo ciertos errores ortográficos. Ej. Son con mayúscula sin haber un punto antes. - Sigue siendo confuso a cual de estas familias pertenece el género *Cordyceps*. Se habla de la división de la familia Clavicipitaceae, pero no se dice en qué familia recayó el género *Cordyceps*.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	13/15	No se menciona el tipo de investigación como se dice en la "Guía metodológica".

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	21/25	Ciertos errores de escritura científica. No se ha acogido la sugerencia de primera revisión, donde se mencionaba que no se debe usar dos verbos seguidos. Ej. logró identificar.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	Cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89

Atentamente,

MARIO ANDRES AVILA ANDRADE

Firmado digitalmente por MARIO ANDRES AVILA ANDRADE
Fecha: 2022.02.26 15:27:58 -05'00'

PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 25 días del mes de febrero de 2022.

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	/5	5
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	/5	5
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	/20	20
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	/15	14
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	/15	15

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	/25	25
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	/10	9
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	/5	5
VALORACIÓN TOTAL	100	98

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	x
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	98

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
CECIBEL MONSERRATE TENELEMA DELGADO

MSc. Cecibel Tenelema Delgado

Dado en la ciudad de Puyo, a los 25 días del mes de febrero de 2021.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE BIOLOGÍA

Puyo, 04 de febrero de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Bryan David González Farinango, con C.I. 1725458481, con el Tema: "Identificación de hongos entomopatógenos, del género Cordyceps sensu lato (Ascomycota: Hypocreales) en las provincias de Napo y Pastaza, Ecuador.", de la carrera de Biología, Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Marcos David Landívar Valverde, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 30 de enero de 2022 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARCOS DAVID LANDIVAR VALVERDE

Marcos David Landívar Valverde

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE BIOLOGÍA

Puyo, 04 de febrero de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Nathaly Gissela Romero Ruiz, con C.I. 1805486667, con el Tema: "Identificación de hongos entomopatógenos, del género Cordyceps sensu lato (Ascomycota: Hypocreales) en las provincias de Napo y Pastaza, Ecuador.", de la carrera de Biología, Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Marcos David Landívar Valverde, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 30 de enero de 2022 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARCOS DAVID
LANDIVAR
VALVERDE

Marcos David Landívar Valverde

Curiginal

Document Information

Analyzed document	Articulo final Cordyceps_RV-DL-300122.docx (D126571723)
Submitted	2022-01-30T21:53:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	blg2017024@uea.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	md.landivarv.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/7004 Fetched: 2022-01-30T21:53:27.4400000	1
W	URL: http://www.lillo.org.ar/revis/universo-tucumano/2019/2019-ut-v41-hongo-insectos.pdf Fetched: 2022-01-30T21:53:29.4900000	3
W	URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Metacordyceps Fetched: 2022-01-30T21:53:01.2200000	1
W	URL: https://docplayer.es/amp/82015007-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-ciencias-exactas-y-naturales-escuela-de-ciencias-biologicas.html Fetched: 2022-01-30T21:53:02.7800000	2
W	URL: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442001000300014 Fetched: 2021-11-06T01:17:49.3500000	2
W	URL: https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/28092/1/106975438.pdf Fetched: 2020-11-21T08:20:35.1400000	1

Identificación de hongos entomopatógenos, del género Cordyceps s.l. (Ascomycota: Hypocreales) en las provincias de Napo y Pastaza, Ecuador

González Farinango Bryan David [1]
blg2017024@uea.edu.ec
Romero Ruiz Nathaly Gissela [1]
blg2017065@uea.edu.ec
Landívar Valverde Marcos David, PhD[1]
md.landivarv@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Biología 1

Resumen

La información acerca de la diversidad de hongos entomopatógenos *Cordyceps s.l,* en las provincias de Napo y Pastaza es limitado. Se realizó una identificación de hongos entomopatógenos *Cordyceps s.l.* en seis localidades de las provincias de Napo y Pastaza, obteniéndose un total de 101 muestras identificadas positivamente dentro de las familias Cordycipitaceae, Ophiocordycipitaceae y Clavicipitaceae. Los géneros identificados fueron *Akanthomyces, Beauveria, Cordyceps s.s., Gilbellula, Nigelia, Ophiocordyceps, Paraisaria y Torrubiela.* Para la recolección de ejemplares se siguió una metodología basada en transectos de 50 metros de largo por un metro de ancho. Se inspeccionarón minuciosamente árboles y arbustos hasta una altura de 1,50 metros y 10 centímetros bajo el suelo. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Ecología Tropical Natural y Aplicada (LETNA) de la Universidad Estatal Amazónica para su preservación e identificación, la cual se realizó siguiendo parámetros morfológicos. La mayor cantidad de muestras identificadas corresponden a la familia Ophiocordycipitaceae con 65 ocurrencias de las 101 colectas. Los hospederos fueron identificados con el uso de claves taxonómicas. La mayor cantidad de hospederos encontrados corresponden al orden Hymenoptera, familia Formicidae.

Palabras Clave: Cordyceps, entomopatógenos, hospedero, identificación, diversidad

Abstract

Information about the diversity of entomopathogenic fungi Cordyceps *s.l,* in the of Napo and Pastaza provinces is limited. An identification of entomopathogenic *Cordyceps s.l*. fungi was carried out in six location of Napo and Pastaza provinces. A total of 101 samples were positively identified within the Cordycipitaceae, Ophiocordycipitaceae and Clavicipitaceae families. The identified genera were *Akanthomyces, Beauveria, Cordyceps s.s*., *Gilbellula, Nigelia, Ophiocordyceps, Paraisaria* and *Torrubiela.* The samples were collected within transects of 50 meters long and one meter wide. Trees and shrubs were thoroughly inspected up to a height of 1.50 meters and 10 centimeters whithin the soil. The samples were transferred to the Laboratory of Natural and Applied Tropical Ecology (LETNA) of Universidad Estatal Amazónica (Amazon State University) for preservation and identification, which was carried out by morphological parameters. The largest number of samples identified corresponded to the family Ophiocordycipitaceae with 65 occurrences out of 101 collections. Hosts were identified using taxonomic keys. The majority of hosts found corresponded to the order Hymenoptera, Formicidae family.

Keywords*: Cordyceps, entomopathogenics, host, identification, diversity*

1. Introducción

Los hongos entomopatógenos *Cordyceps s.l* (sensu lato, en sentido amplio) Son un claro ejemplo de que la realidad supera la ficción, puesto que son capaces de convertir en "zombis" a diferentes tipos de Artrópodos. Se encuentran distribuidos en tres familias de Hypocreales (Clavicipitaceae, Ophiocordycipitaceae y Cordycipitaceae) (Shrestha et al., 2017). Conforme a la última actualización elaborada por Sung et al. (2007) quienes propusieron dividir la familia monofilética Clavicipitaceae en tres familias monofiléticas y 4 géneros (*Cordyceps s.s., Ophiocordyceps, Metacordyceps y Elaphocordyceps*) por lo que su taxonomía se ha mantenido muy dinámica desde entonces.

El género fue descrito por Fries Elias Magnus (1794-1878) micólogo, pteridólogo, ficólogo y botánico sueco. El nombre Cordyceps proviene del griego *kordýle*, que significa clava, y el sufijo latín – *ceps*, derivado *caput, capitis*, que significa cabeza, por la forma de sus estructuras reproductivas (Del Valle & Robledo, 2016)

Las especies de *Cordyceps s.l.* constituyen un factor de control natural eficaz y de gran importancia, además de ser organismos de gran interés para futuros estudios aplicados a la farmacología, por ser altamente específicos como entomopatógenos y para la producción de metabolitos secundarios y antibióticos (Barrimi et al., 2013). Sus beneficios fueron descubiertos casualmente por un pastor tibetano hace aproximadamente 1500 años, al observar que su ganado se volvía más vigoroso al comer este peculiar hongo, como lo mencionó Illana (2007).

La Diversidad de hongos entomopatógenos *Cordyceps s.l.* en las provincias de Napo y Pastaza, no se conoce con exactitud, lo que evidencia la falta de estudios en la zona. El registro fotográfico de estos hongos representa una herramienta importante, desde el punto de vista social, científico e incluso biotecnológico, para su estudio, identificación, registro y el análisis de sus compuestos bioactivos.

La presente investigación tuvo como objetivo la identificación de hongos entomopatógenos del género *Cordyceps s.l.* en las provincias Amazónicas de Napo y Pastaza, a través del muestreo realizado en la investigación de campo e identificación de los caracteres morfológicos, con el propósito de elaborar una guía fotográfica que facilite su reconocimiento**.**

2. Materiales y métodos / Metodología

2.1. Ubicación

El estudio se centró en las provincias Amazónicas de Napo y Pastaza, con un total de 6 localidades muestreadas, 3 en la provincia de Napo (CEIPA, Isla Ecológica Mariana Miller, Finca los Nogales) y 3 en la provincia de Pastaza (Finca La Argentina, Zupay Selva Protegida, Camping Muyu). Se seleccionaron las localidades de muestreo con base en la disponibilidad de acceso. Las características de las localidades de muestreo se reportan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las localidades de muestreo.

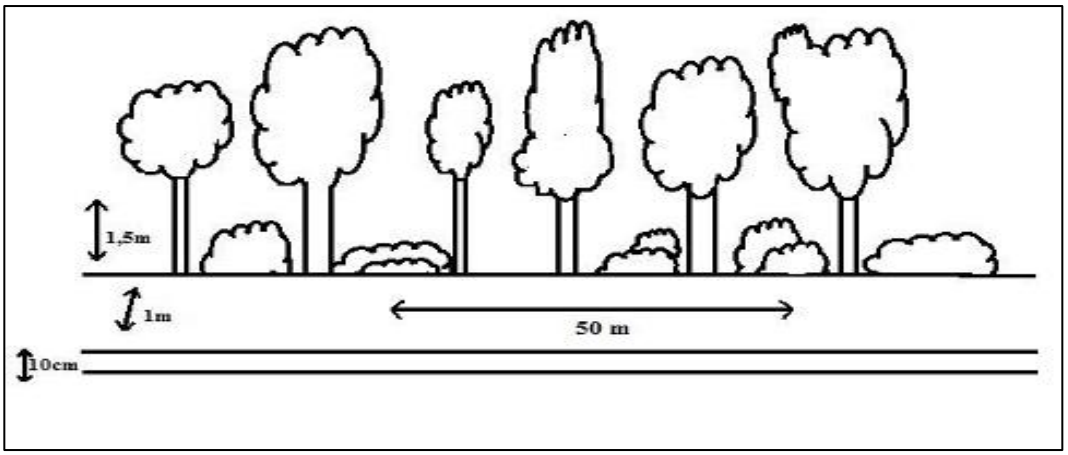
Localidad	Provincias	Coordenadas	Altitud	Tipo de bosque*
CEIPA	Napo	-1.224242, -77.924274	580 – 990	BsPn03
Finca los Nogales	Napo	-0.381875, -78.019563	2300	BsMn01
Isla ecológica Mariana Miller	Napo	-1.093970, -77.624147	350 – 420	BsPn03
Finca la Argentina	Pastaza	-1.462657, -77.986270	950	BsPn03
Zupay Selva Protegida	Pastaza	-1.374001, -77.978599	900 – 980	BsPn03
Camping Muyu	Pastaza	-1.369661, -78.017999	1150	BsPn03

*Clasificación según (MAE, 2013) Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.
Fuente: Elaboración propia

2.2. Colección de campo

Se realizaron un total de 36 colectas de campo. Por cada localidad se realizaron 6 transectos de 50 metros de largo por un metro de ancho. Se inspeccionaron minuciosamente árboles y arbustos hasta una altura de 1,50 m y 10 cm bajo el suelo (Ver Figura 1). El tiempo de muestreo fue de 2 horas por cada transecto establecido.

Figura 1. Diseño del plan de muestreo por transectos



Fuente: Elaboración propia

Una vez ubicados los puntos de muestreo en los sitios establecidos, se tomaron coordenadas y se colocó una cuerda para delimitar el transecto. Para la recolección, se utilizó el método de colecta directa. Se tomaron en cuenta los insectos momificados o que presentaban algún signo de infección. Una vez ubicado el hongo entomopatógeno, se tomaron las fotografías desde diferentes ángulos, utilizando una cámara marca Canon, modelo Powershot SX620 HS. La toma de datos se realizó siguiendo el formato establecido por Berlanga et al. (2016) (Ver anexo 2). Para la recolección del individuo se utilizaron guantes de látex y en caso de que el hongo esté adherido a la planta se cortó una porción de esta. Se ubicó a las muestras en tarrinas de plástico de medio litro. A cada individuo colectado se le asignó un código único (Ver figura 2). Una vez terminado el muestreo se procedió a llevar las muestras al Laboratorio de Ecología Tropical Natural y Aplicada de la Universidad Estatal Amazónica (LETNA) donde permanecen en refrigeración.

Figura 2. Codificación de las muestras

Localidad	Numero de muestreo	Numero de transecto	Numero de individuo	Ejemplo
Pa (CEIPA)	M1	T1	H1	Pam1t1h1
No (Finca los Nogales)	M1	T1	H1	Nom1t1h1
M (Isla Ecologica Mariana Miller	M1	T1n	H1	Mm1t1h1
Fa (Finca la Argentina	M1	T1	H1	Fam1t1h1
Mu (Camping Muyu)	M1	T1	H1	Mum1t1h1
Zupay Selva protegida	M1	T1	H1	Zum1t1h1

Fuente: Elaboración propia

2.3 Identificación

La identificación de los hongos entomopatógenos *Cordyceps s.l.* colectados se realizó a través de un análisis morfológico, tomando en cuenta factores como color, tamaño y forma del estroma, con base en dos guías de campo: Entomophatogenic Fungi of the Rio Napo Lowlands, Ecuadorian Amazon de Sourell et al. (2019)y Entomophatogenic Fungi of Tambopata National Reserve, Madre de Dios, Perú de Sourell et al. (2020).

El hospedero se identificó usando claves taxonómicas con base a dos autores McGavin (1999) "Arañas y otros artrópodos terrestres" y Gérard et al. (2002) "Los insectos de África y América tropical, claves para identificar las principales familias".

3. Resultados y discusión

Se obtuvieron 101 colecciones de hongos entomopatógenos. A partir del material recolectado, se logró identificar un total de 20 especies de hongos entomopatógenos. De estas, 11 colecciones (55%) pertenecen a la familia Cordycipitaceae, 8 colecciones (40%) a Ophiocordycipitaceae y 1 colección (5%) a Clavicipitaceae.

En la familia Cordycipitaceae se identificaron cuatro especies de *Beauveria*, tres de *Cordyceps s.s.*, dos de *Akhantomyces*, una de *Gilbellula y* una del género *Torrubiela.* En la familia Ophiocordycipitaceae, se identificaron siete especies dentro del género *Ophiocordyceps* y una de *Paraisaria.* Dentro de la familia Clavicipitaceae se encontró una sola especie del género *Nigelia* (Tabla 2).

Tabla 2. Especies de hongos identificadas, localidad y hospedero

Localidad	Familia	Especie	Hospedero
Finca la Argentina	Cordycipitaceae	*Akanthomyces cf. Pistillariiformis*	Lepidoptera
Finca la Argentina	Cordycipitaceae	*Akanthomyces tuberculatus*	Lepidoptera
Isla Ecológica Mariana Miller	Cordycipitaceae	*Beauveria diapheromeriphila*	Phasmatodea
Finca los Nogales	Cordycipitaceae	*Beauveria sp1*	Hemiptera
Finca los Nogales	Cordycipitaceae	*Beauveria sp2*	No id (larva)
Isla Ecológica Mariana Miller	Cordycipitaceae	*Beauveria sp3*	Phasmathodea
CEIPA*	Cordycipitaceae	*Cordyceps nidus*	Araneae – Lycosidae
Isla Ecológica Mariana Miller	Cordycipitaceae	*Cordyceps sp.*	Coleoptera (larva)
Camping Muyu; Isla Ecológica Mariana Miller	Cordycipitaceae	*Cordyceps tenuipes*	Lepidoptera
Isla Ecológica Mariana Miller	Cordycipitaceae	*Gilbellula sp*	Araneae
CEIPA; Finca los Nogales	Cordycipitaceae	*Torrubiela gonylepticida*	Opilionidae
CEIPA; Isla Ecológica Mariana Miller; Zupay Selva Protegida	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps amazónica*	Orthoptera-Acrididae

CEIPA; Isla Ecológica Mariana Miller; F. la Argentina; Camping Muyu; Zupay Selva Protegida	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps australis*	*Odontomachus* – Formicidae – Hymenoptera
CEIPA	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps blattae*	Blattodea
Isla Ecológica Mariana Miller; Finca la Argentina	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps camponoti*	Hymenoptera - Formicidae
Mariana Miller	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps lloydi*	Hymenoptera – Formicidae
Camping Muyu	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps melolonthae*	Coleoptera (larva)
Mariana Miller: Finca la Argentina	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps ponerinarum*	Formicidae
CEIPA; Isla Ecológica Mariana Miller; Finca la Argentina	Ophiordycipitaceae	*Ophiocordyceps unilateralis*	Formicidae
Finca la Argentina	Clavicipitaceae	*Nigelia martiale*	Coleoptera

***CEIPA = Centro Experimental de investigación y producción Amazónica**

Fuente: Elaboración propia

De los hospederos colectados, el 65% se encuentra dentro del orden Hymenoptera, de los cuales todos pertenecen a la familia Formicidae. Los géneros que se encontraron fueron: *Odontomachus, Camponotus* y *Pachycandyla.* El 10% de hospederos son del orden Orthoptera; familia Acrididae y dos colectas corresponden al género *Romaleidae.* El 8% de los hospederos identificados, forman parte del Orden Lepidóptera. Los tres órdenes de hospederos de *Cordyceps s.l.* colectados con más presencia, concuerda con lo reportado por Serrano, (2016), que identificó tres grandes hospederos para *Cordyceps s.l.* que fueron Hymenoptera, Orthoptera y Lepidoptera.

El orden Araneae constituye el 6% de los hospederos. En este caso, se encontraron los hongos en huevos de la familia Lycosidae. El orden Opiliones representa el 4% de los hospederos. Por otro lado, dentro del Orden Coleoptera, se realizaron tres colectas. Una pertenece a la familia Scarabaeidae. El 2% constituye el Orden Phasmatodea. Blattodea forma el 1%, al igual que el Orden Hemíptera. Una muestra solo pudo ser identificada hasta el subfilo Hexápoda. (Figura 3)

Figura 3. Diversidad de órdenes de Hospederos de *Cordyceps s.l.*

	Hymenoptera	Lepidoptera	Araneae	Blattodea	Orthoptera	Opiliones	Phasmido	Coleoptera	Hemiptera	Hexápoda
CEIPA*	7	-	2	1	1	5	1	-	-	-
Finca los Nogales	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
Finca la Argentina	32	3	-	-	1	-	-	1	-	-
Isla Ecologica Mariana Miller	24	4	3	-	5	-	1	1	-	-
Camping Muyu	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-
Zupay Selva Protegida	2	-	-	-	3	-	-	-	-	-
Total	65	8	6	1	10	4	2	3	3	1

***CEIPA = Centro Experimental de investigación y producción Amazónica**
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las localidades, en Finca la Argentina se encontró la mayor cantidad de ejemplares de *Cordyceps* s.l. con 38 muestras identificadas positivamente, cuyos hospederos corresponden a insectos de los órdenes Hymenoptera, Orthoptera y Coleoptera. Al respecto, cabe indicar que esta finca presenta condiciones de bosque secundario de regeneración, lo cual coincide con lo reportado por Sanjuan et al. (2001) quien encontró un alto número de ejemplares de Cordyceps s.l. en condiciones similares.

En la Isla Ecológica Mariana Miller se recolectaron 37 muestras identificadas positivamente como Cordyceps s.l., cuyos hospederos corresponden a seis órdenes Hymenoptera, Araneae, Orthoptera Phasmatodea, Lepidoptera y Coleoptera. Por otro lado, las colectas realizadas en la Isla Ecológica Mariana Miller y CEIPA mostraron la mayor diversidad de órdenes hospederos de *Cordyceps* s.l. con 6 órdenes de hospederos cada sitio muestreado.

En cuanto a las muestras tomadas en el CEIPA se recolectaron 15 muestras identificadas positivamente como *Cordyceps s.l.*, cuyos hospederos corresponden a seis órdenes (Hymenoptera, Araneae, Blattodea, Orthoptera, Opiliones y Phasmatodea. En el Camping Muyu se identificaron cuatro muestras como *Cordyceps s.l.*, cuyos hospederos corresponden a cuatro órdenes Coleoptera, Araneae, Hymenoptera y Lepidoptera.

En la reserva Zupay Selva Protegida se encontraron cuatro muestras de *Cordyceps s.l.* con hospederos de los órdenes Hymenoptera y Orthoptera, mientras que, en finca los Nogales se colectaron dos muestras; en hospederos de los órdenes Hemiptera y Opiliones y una muestra en un orden no precisado. En lo que respecta a la diversidad de *Cordyceps s.l.*, la especie con mayor número de colectas fue *Ophiocordyceps australis*, con 26 muestras identificadas positivamente. Además, esta especie se la identificó en todas las localidades de muestreo, con excepción de la Finca Los Nogales.

Ophicordyceps ponerinarum fue la segunda especie más abundante, con 18 muestras positivas, encontradas en la Isla Ecológica Mariana Miller y en la Finca La Argentina. En lo concerniente a *Ophicordyceps lloydi*, se lo registró una sola vez en la Isla Ecológica Mariana Miller. Es preciso indicar que esta especie está siendo considerada como una alternativa de biocontrolador de *Camponotus* spp., causantes de dañar la corteza en su búsqueda de alimento y forrajeo en *Teobroma cacao*, según lo reportado por Sánchez et al. (2002). En lo que respecta a la guía fotográfica, se seleccionaron un total de 29 fotografías, correspondientes a las 19 especies identificadas de *Cordyceps s.l.*, indicando el orden taxonómico del hospedero y la localidad donde fueron colectadas (ver Anexo 3).

4. Conclusiones

Se realizó una identificación de hongos entomopatógenos *Cordyceps s.l.* en seis localidades de las provincias de Napo y Pastaza, obteniéndose un total de 101 muestras identificadas positivamente dentro de las familias Cordycipitaceae, Ophiocordycipitaceae y Clavicipitaceae.

En cuanto a la diversidad de *Cordyceps s.l.*, la mayor cantidad de muestras identificadas corresponde a la familia Ophiocordycipitaceae, con un total de 65 ocurrencias, mientras que la familia Clavicipitaceae fue la menos registrada, con solo una ocurrencia.

En lo que respecta a la diversidad de hospederos, la mayor cantidad de especímenes de Cordyceps *s.l.* fueron encontrados en insectos del orden Himenoptera (65 ejemplares), mientras que en los órdenes Blattodea y Hemiptera solamente se encontró un ejemplar en cada caso.

En lo concerniente a las localidades de muestreo, la mayor cantidad de ejemplares de *Cordyceps s.l.* fueron identificados en la Finca “La Argentina”, mientras que la finca Los Nogales registró la menor cantidad de ejemplares identificados.

Se elaboró una guía fotográfica de identificación para hongos entomopatógenos del género *Cordyceps s.l.* Esta guía puede resultar muy útil para futuras investigaciones que apunten a mejorar la comprensión sobre la diversidad de estos hongos en la Amazonia ecuatoriana.

5. Referencias

Barrimi, M., Aalouane, R., Aarab, C., Hafidi, H., Baybay, H., Soughi, M., Tachfouti, N., Nejjari, C., Mernissi, F. Z., Rammouz, I., & McKenzie, R. B. (2013). RIQUEZA Y ABUNDANCIA DEL HONGO PARÁSITO DE ARTRÓPODOS CORDYCEPS S.L. (ASCOMYCOTA: HYPOCREALES) EN TRES ECORREGIONES DE ARGENTINA. *Encephale*, *53*(1), 59–65. http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001

Berlanga, A., Ayala, M., Montesinos, R., & Rodríguez, J. (2016). *Manual de exploración para la colecta de Hongos Entomopatógenos*. 45.

Del Valle, M., & Robledo, G. L. (2016). Hongos patógenos de insectos Cordyceps pseudomilitaris Cordyceps takaomontana. *Journal of Modern African Studies*, *35*(17), 2104.

Evans, H. C., & Samson, R. A. (1982). Cordyceps species and their anamorphs pathogenic on ants (Formicidae) in tropical forest ecosystems I. The Cephalotes (Myrmicinae) complex. *Transactions of the British Mycological Society*, *79*(3), 431–453. https://doi.org/10.1016/s0007-1536(82)80037-5

Gérard, H. ;, Aberlenc, B. ;, & Figueroa, A. (2002). *Los Insectos de Africa Y De América Tropical*.

Kuhar, J., Castiglia, V., & Papinutti, V. (2013). *Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos*.

MAE. (2013). Sistema de clasificación de los ecosistemas de Ecuador Continental. *Igarss 2013*, 1–5.

McGavin, G. (1999). Manual de identificación; Insectos, Arañas y otros artrópodos terrestres. In *Ediciones Omega* (p. 129). https://bioraimondo.files.wordpress.com/2018/03/manual-de-identificacion-de-insectos-arac3b1as-y-otros-artropodos-terrestres-1.pdf

Raffino, M. E. (2020). Reino Fungi. *Biologia*, 1. http://www.biologia.edu.ar/fungi/fungi.htm#Esporas

Saldarriaga, R. (2000). *Colección de hongos entomopatógenos: conocimiento de la biodiversidad y recurso biológico para el manejo de plagas. November*.

Sánchez, P., Morillo, F., Caetano, F., Iturriaga, T., & Guerra, J. (2002). *Detección de hongos entomopatógenos del género Cordyceps ((Fr .) Link), 1833 (Ascomycotina : Pyrenomycetes) sobre hormigas del género Camponotus Mayr , 1861 (Hymenoptera : Formicidae) en plantaciones de cacao de Barlovento , estado Miranda , Venezue*. *17*(2), 191–195.

Sanjuan, T., Henao, L. G., & Amat, G. (2001). Revista de Biología Tropical. *Revista de Biología Tropical*, *49*, 10–12.

Serrano, Y. D. L. (2016). Diversidad de hongos entomopatogenos del genero Cordyceps s.l. (Hypocreales: Clavicipitaceae) en el Ecuador. In *Resma* (Vol. 3, Issue 2). Pontificia Universidad Catolica del Ecuador.

Shrestha, B., Sung, G. H., & Sung, J. M. (2017). Current nomenclatural changes in Cordyceps sensu lato and its multidisciplinary impacts. *Mycology*, *8*(4), 293–302. https://doi.org/10.1080/21501203.2017.1386242

Sourell, S., Araújo, J. P. M., Sanjuan, T., Chaverri, P., Cardoso, J. S., Sourell, S., Araújo, J. P. M., Sanjuan, T., Chaverri, P., & Cardoso, J. S. (2019). *Entomopathogenic FUNGI of the Rio Napo Lowlands (Ecuadorian Amazon) Entomopathogenic FUNGI of the Rio Napo Lowlands (Ecuadorian Amazon)*. 1–4.

Sourell, S., Araújo, J. P. M., Sanjuan, T., Chaverri, P., & Hoyer, R. C. (2020). *Entomopathogenic FUNGI of Tambopata National Reserve , Madre de Dios , Peru*. 1–5.

Sung, G. H., Hywel-Jones, N. L., Sung, J. M., Luangsa-ard, J. J., Shrestha, B., & Spatafora, J. W. (2007). Phylogenetic classification of Cordyceps and the clavicipitaceous fungi. *Studies in Mycology*, *57*, 5–59. https://doi.org/10.3114/sim.2007.57.01

6. Anexos

6.1. Marco Teórico

6.1.1. Hongos

El Reino Fungí, comprende a las setas, levaduras y mohos, antiguamente se los clasificaba como un tipo de planta, hasta que en el siglo XIX se los clasificó en su propio reino, la característica principal que los separa del reino Plantae es que son heterótrofos y del Reino Animalia,la presencia de paredes celulares, cabe mencionar que filogenéticamente están más emparentados con los animales que con las plantas. (Raffino, 2020) .

Cabe destacar que el verdadero cuerpo del hongo, conocido como micelio, está compuesto por largos filamentos denominados hifas. Si miramos al microscopio el sustrato sobre el que crecen (como la tierra o la madera), encontraremos que está invadido por las hifas. Lo que comúnmente se llama “hongo”, son los cuerpos fructíferos de los mismos, encargados de producir las esporas cuya función es la reproducción sexual (Kuhar et al., 2013).

6.1.2. *Cordyceps* sensu lato

Cordyceps s.l. o *Cordyceps* en sentido amplio, es un nombre genérico que abarca a todas las especies de hongos entomopatógenos de las familias Cordyciptaceae, Ophiocordycipitaceae y Claviciptaceae.

6.1.3. Ciclo de vida y biología de *Cordyceps s.l.*

Cordyceps en hormigas tiene un ciclo de vida que se prolonga entre seis y 20 días, iniciándose con la adherencia de la espora a la cutícula. Una vez establecido el parásito, el individuo infectado presenta una considerable reducción de su actividad con desplazamientos asincrónicos y erráticos. En las siguientes 24 a 48 horas la hormiga muere y el hongo forma una estructura de resistencia, el esclerocio, en el celoma del insecto. Hacia la etapa final de la patogénesis, dependiendo de las condiciones ambientales, emerge el sinema del anamorfo o el estroma maduro de Cordyceps a través de las uniones del tórax con las extremidades y el pronoto (Evans & Samson, 1982; Sanjuan et al., 2001). De este modo los sinemas producen esporas asexuales y estas esporas sexuales o asexuales se liberan al aire y completan el ciclo al infectar a un nuevo huésped (Pérez, 2017).

6.1.4. Diversidad en el género *Cordyceps*

La información acerca de la diversidad de hongos entomopatógenos en las provincias de Napo y Pastaza es limitada. Serrano (2016) menciona en sus resultados, que se obtuvieron 18 especímenes de las familias Ophiocordycipitaceae, Cordycipitaceae, Clavicipitaceae entre ambas provincias.

En la actualidad se han realizado estudios sobre la diversidad de *Cordyceps s. l.* y se ha encontrado que varias especies poseen asociaciones con un rango específico de hospederos que las hacen únicas, siendo potencialmente útiles en la medicina y control biológico. Su alta especificidad de hospedero los convierte en excelentes controladores de plagas, de la misma forma se reproducen solos y no necesitan alta tecnología para su control, los insectos aun no desarrollan resistencia adquirida para poder sobrevivir a estos particulares hongos y un punto muy importante es que no dejan residuos tóxicos que puedan alterar el equilibrio. Su cuerpo servirá como abono al culminar su ciclo biológico, pero cabe mencionar que también cuenta con desventajas, ya que se encuentra influenciado por el medio ambiente, así mismo al momento de la adhesión y penetración, la espora está totalmente expuesta (Saldarriaga, 2000).

6.1.5. Utilidad del control biológico

El interés por los hongos entomopatógenos ha ganado importancia por todo el mundo como una alternativa para manejar insectos y plagas en los cultivos. Esto ha sido propiciado por los problemas de resistencia de los insectos a los insecticidas, ganando interés al producir alimentos libres de residuos de productos químicos, de conservar el medio ambiente libre de contaminantes y de preservar la diversidad de especies que sufren el impacto negativo de los insecticidas. Estos hongos se han valorado como enemigos naturales de los insectos y algunas especies se manifiestan causando mortalidades naturales en el campo hasta alcanzar el nivel de epizootia con lo que se consigue el control biológico natural (Caruso, 2008).

En China se lleva utilizando hongos *Cordycep s.l* desde hace muchos siglos, con lo cual las diferentes investigaciones científicas realizadas, a lo largo de los años se ha podido comprobar que estas poseen componentes bioactivos los cuales son benéficos para la salud humana, tales es el caso de la cordicepina, un metabolito secundario con propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y antioxidantes (Rivera, 2019).

6.2. Formato para la toma de datos en Campo

'TITULO DEL PROYECTO'

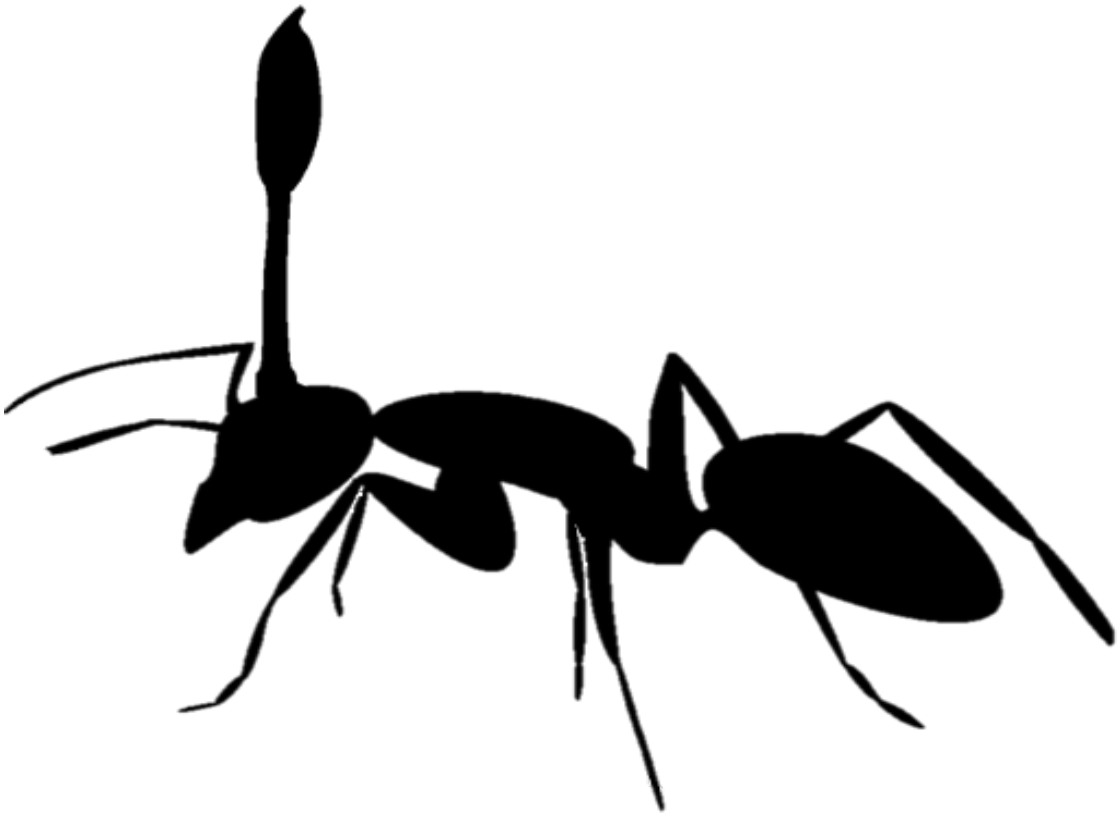
Registro de Colecta de Espécimen

Nº DE REGISTRO_____

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
FECHA:			
PAIS.			
CANTON:			
UBICACIÓN:			
COORDENADAS:			
CODIGO UNICO:			
TIPO DE ECOSISTEMA O USO DE SUELO:			
NOMBRE DEL COLECTOR:			
LUMINOSIDAD DEL AMBIENTE (lux):			
INSECTO (de ser posible orden, familia y/o genero)			
SIGNOS Y SINTOMAS DEL INSECTO (descripción general):			
ESTADO DEL INSECTO VIVO/MOMIFICADO:			
CULTIVO HOSPEDERO O SUSTRATO:			
TEMPERATURA:			
HUMEDAD:			
OBSERVACIONES:			
DIBUJO REFERENCIAL:			

6.3. Guía fotográfica “Hongos entomopatógenos de las provincias de Napo y Pastaza

HONGOS ENTOMOPATOGENOS DE LAS PROVINCIAS DE NAPO Y PASTAZA, ECUADOR



GUIA FOTOGRAFICA

DAVID GONZALEZ
NATHALY ROMERO

HYMENOPTERA / FORMICIDAE



Ophiocordyceps australis
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps australis
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps camponotus
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps camponotus
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps unilateralis
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps lloydi
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps lloydi
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps ponerinarum
Ophiocordycipitaceae



Ophiocordyceps ponerinarum
Ophiocordycipitaceae

LEPIDOPTERA



Akanthomyces cf. Pistillariiformis
Cordycipitaceae



Akanthomyces tuberculatus
Cordycipitaceae



Akanthomyces tuberculatus
Cordycipitaceae



Cordyceps tenuipes
Cordycipitaceae



Cordyceps tenuipes
Cordycipitaceae

COLEOPTERA



Cordyceps sp.
Cordycipitaceae



Nigelia martiale
Clavicipitaceae



Ophiocordyceps melolonthae
Ophiocordycipitaceae

PHASMATODEA



Beauveria diapheromeriphila
Cordycipitaceae



Beauveria diapheromeriphila
Cordycipitaceae



Beauveria sp3.
Cordycipitaceae

ARANAE



Cordyceps nidus
Cordycipitaceae



Cordyceps nidus
Cordycipitaceae



Gilbellula
Cordycipitaceae

HEMIPTERA



Beauveria sp1.
Cordycipitaceae

ORTHOPTERA



Paraisaria amazonica
Ophiocordycipitaceae



Paraisaria amazonica
Ophiocordycipitaceae

BLATTODEA

OPILIONIDAE



Ophiocordyceps blattae
Ophiocordycipitaceae



Torrubiela gonylepticida
Cordycipitaceae



Torrubiela gonylepticida
Cordycipitaceae