



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**“ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FÚNGICA ASOCIADA A
SUELOS AGRÍCOLAS EN CINCO LOCALIDADES DE SANTA
CRUZ- PROVINCIA DE GALÁPAGOS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: DANIELA NICOLE FREIRE HARO

DIRECTOR: Ing. FERNANDO JOSÉ RIVAS FIGUEROA Ph.D.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Daniela Nicole Freire Haro

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, DANIELA NICOLE FREIRE HARO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de mayo de 2022.


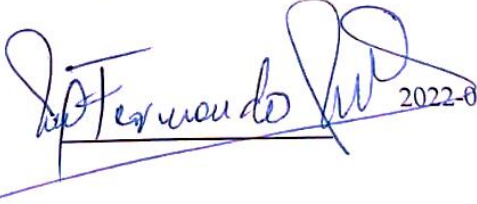



Daniela Nicole Freire Haro

060453889-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FÚNGICA ASOCIADA A SUELOS AGRÍCOLAS EN CINCO LOCALIDADES DE SANTA CRUZ- PROVINCIA DE GALÁPAGOS**”, realizado por la señorita: **DANIELA NICOLE FREIRE HARO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-05-11
Ing. Fernando José Rivas Figueroa Ph.D. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-05-11
Ing. Pablo Israel Álvarez Romero Ph.D. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-05-11

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo con mucho amor y cariño a mi madre Anita Haro, por darme la luz de vida, por apoyarme en todo momento, por ser la guía que ilumina mis pasos, por siempre estar ahí en los buenos y malos momentos que he pasado en el transcurso de mi vida. A mi hermana Nataly Freire y mis sobrinos Kerlly, Jefferson y Thaiz Herrera que siempre están ahí para apoyarme, y mantener a nuestra familia unida a pesar de los obstáculos que se han presentado, por darme su amor incondicional, la fuerza y voluntad para seguir adelante y ser partícipes de mis más grandes logros.

Daniela

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme el día a día y por ser mi fortaleza espiritual en la ejecución y culminación de la investigación.

A mi madre, mi hermana y sobrinos por su incondicional y relevante apoyo y por ser fuente inspiradora y motivación de mi desarrollo académico profesional.

A los Docentes de la Facultad de Recursos Naturales, de la carrera de Ingeniería Agronómica, gracias por ser la llave hacia el conocimiento, por brindarme excelentes conocimientos, experiencias, sabiduría, criterio, respetando siempre la profesión a la que nos encaminamos con vocación y amor.

Al Ingeniero Fernando Rivas Ph.D. por confiarme esta investigación y por todo el apoyo brindado en la orientación y corrección de la investigación en su calidad de Tutor.

Al Ingeniero Pablo Alvarez Ph.D. por su invaluable colaboración y asesoría en el desarrollo de este trabajo de investigación, por compartir sus conocimientos en su calidad de Asesor

Al Ingeniero Álvaro Rivera por su generoso apoyo brindado en esta investigación.

Al Ingeniero Juan Guerra por su apoyo generoso brindado en la presente investigación.

A mis amigos que he encontrado en esta travesía por brindarme su amistad y apoyarme en todos los momentos.

Daniela

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1.	Origen e importancia de las Islas Galápagos	4
1.1.1.	<i>Origen de las Islas Galápagos</i>	4
1.1.2.	<i>Condiciones climáticas de las Islas Galápagos</i>	4
1.1.3.	<i>Importancia agrícola de las Islas Galápagos</i>	5
1.1.4.	<i>Suelos agrícolas de las Islas Galápagos</i>	5
1.1.4.1.	<i>Isla Santa Cruz</i>	6
1.1.1.1.	<i>Isla San Cristóbal</i>	6
1.1.1.2.	<i>Isla Isabela</i>	6
1.1.1.3.	<i>Isla Floreana</i>	7
1.2.	Clasificación, importancia y diversidad de microorganismos en el suelo	7
1.2.1.	<i>Importancia de microorganismos fúngicos en suelos agrícolas</i>	7
1.2.2.	<i>Importancia ecológica de los hongos del suelo</i>	7
1.2.3.	<i>Estructuras de microorganismos fúngicos</i>	8
1.2.3.1.	<i>Estructuras Somáticas</i>	8
1.2.3.2.	<i>Estructuras reproductivas</i>	8
1.2.3.3.	<i>Estructuras anamórficas</i>	9
1.2.4.	<i>Método de reproducción de los organismos fúngicos</i>	10
1.2.4.1.	<i>Reproducción sexual</i>	10
1.2.4.2.	<i>Reproducción asexual</i>	13
1.2.5.	<i>Diversidad de hongos en las Islas Galápagos</i>	16
1.3.	Métodos de caracterización e identificación de microorganismos fúngicos	17
1.3.1.	<i>Caracterización cultural</i>	17

1.3.2.	<i>Caracterización morfológica</i>	18
1.3.2.1.	<i>Microscopia de Luz</i>	18
1.3.2.2.	<i>Caracterización microscópica</i>	18
1.3.2.3.	<i>Caracterización microscópica por microcultivos</i>	19
1.3.3.	<i>Caracterización molecular</i>	20

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
2.1.	Características de los lugares	21
2.1.1.	<i>Localización en campo</i>	21
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica del área de estudio</i>	21
2.1.3.	<i>Condiciones climáticas de las zonas de estudio</i>	22
2.1.4.	<i>Localización del laboratorio</i>	22
2.2.	Materiales y equipos	23
2.2.1.	<i>Materiales de Campo</i>	23
2.2.2.	<i>Equipos de campo</i>	23
2.2.3.	<i>Materiales de laboratorio</i>	23
2.2.4.	<i>Equipos de laboratorio</i>	23
2.2.5.	<i>Reactivos e insumos</i>	24
2.2.6.	<i>Materiales y Equipos de oficina</i>	24
2.2.7.	<i>Material biológico</i>	24
2.3.	Metodología	24
2.3.1.	<i>Obtención de las muestras de suelos agrícolas de cinco localidades de la Isla Santa Cruz - provincia de Galápagos</i>	24
2.3.2.	<i>Aislamiento e identificación de microorganismos fúngicos asociados a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz.</i>	25
2.3.2.1.	<i>Solución salina</i>	25
2.3.2.2.	<i>Blancos de dilución</i>	25
2.3.2.3.	<i>Siembra</i>	25
2.3.2.4.	<i>Cultivos puros</i>	26
2.3.2.5.	<i>Cultivos Monospóricos</i>	26
2.3.2.6.	<i>Preservación mediante el método de Catellani</i>	26
2.3.3.	Caracterización cultural	27
2.3.4.	Caracterización morfológica	27
2.3.4.1.	<i>Microcultivos</i>	27
2.3.4.2.	<i>Montaje de placas con cinta adhesiva</i>	27

2.3.5.	<i>Caracterización molecular de los morfotipos aislados mediante la PCR de la región ITS₁-ITS₄.</i>	28
2.3.5.1.	<i>Obtención de micelio para extracción de ADN genómico</i>	28
2.3.5.2.	<i>Extracción de ADN genómico</i>	28
2.3.5.3.	<i>PCR</i>	29
2.3.5.4.	<i>PCR específicas para el género Trichoderma</i>	30
2.3.5.5.	<i>Electroforesis</i>	30
2.3.5.6.	<i>Secuenciación</i>	31
2.3.5.7.	<i>Análisis de las secuencias</i>	31
2.4.	Método de evaluación y registro de datos	31
2.4.1.	<i>Número de muestras colectadas</i>	31
2.4.2.	<i>Localidades</i>	31
2.4.3.	<i>Análisis de la diversidad fúngica asociada a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz- Galápagos</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1.	Caracterización cultural, morfológica e identificación de los microorganismos fúngicos	33
3.2.	Caracterización molecular	74
3.2.1.	<i>Secuenciación de nucleótidos obtenidos de MACROGEN COREA</i>	74
3.2.2.	<i>Marcadores moleculares para género Trichoderma sp.</i>	78
3.2.3.	<i>Marcadores moleculares para la especie Trichoderma harzianum (TEF1)</i>	79
3.3.	Abundancia de los diferentes morfotipos encontrados en las diferentes localidades.	81
3.4.	Análisis de la diversidad fúngica asociada a los suelos agrícolas de Sana Cruz- Provincia de Galápagos	84
3.4.1.	Abundancia relativa a nivel de filo, clase, orden, familia y género en relación a las cinco localidades	85
3.4.2.	Diversidad de los microorganismos fúngicos asociados a suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.	94
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	104
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Sector, tipo de cultivo, coordenadas (x, y) y área de cultivo de las muestras estudiadas.....	21
Tabla 2-2:	Cantón, parroquia, sector y propietario de cada una de las muestras estudiadas..	22
Tabla 3-2:	Condiciones climáticas de la zona de estudio	22
Tabla 4-2:	Primes utilizados para la PCR	29
Tabla 5-2:	Conjuntos de primers utilizados en PCR para <i>Trichoderma</i>	30
Tabla 6-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Penicillium</i> sp..	33
Tabla 7-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Chaetomium</i> sp	39
Tabla 8-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Purpureocillium</i> sp.....	41
Tabla 9-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Neopestalotiopsis</i> sp.	49
Tabla 10-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Aspergillus</i> sp..	61
Tabla 11-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Trichoderma</i> sp.	65
Tabla 12-3:	Características culturales de los morfotipos aislados del género <i>Fusarium</i> sp.	71
Tabla 13-3:	Resultado del análisis BLAS	74
Tabla 14-3:	Resultado del análisis BLAS: Filo, Clase, Orden, Familia, Género y especie sugerida.	76
Tabla 15-3:	Muestras que amplificaron para género <i>Trichoderma</i> sp. (ITS).....	78
Tabla 16-3:	Muestras que amplificaron para la especie <i>Trichoderma harzianum</i> (TEF1).....	79
Tabla 17-3:	Porcentaje de microorganismos fúngicos aislados de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.....	85
Tabla 18-3:	Riqueza de especies de las diferentes localidades y cultivos.	94
Tabla 19-3:	Índice de Shannon de las diferentes localidades y cultivos.....	96
Tabla 20-3:	Índice de Simpson de las diferentes localidades y cultivos.	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Estructuras somáticas.	8
Figura 2-1:	Tipos de esporas.	9
Figura 3-1:	Estructuras con esporas externas.	10
Figura 4-1:	Copulación planogamética.	10
Figura 5-1:	Contacto gametangial.	11
Figura 6-1:	Copulación gametangial.	12
Figura 7-1:	Espermatización.	12
Figura 8-1:	Desarrollo Blástico: 1) Blastidio solitario, 2) Cadenas. A) Sincrónico, B) Base angosta, C) Base ancha, D) Poroconidia.	14
Figura 9-1:	Desarrollo Fialídico.	15
Figura 10-1:	Desarrollo Tálico. (A) En cadenas, (B) Solitario.	15
Figura 11-1:	Características de las colonias.	18
Figura 12-3:	Características culturales de <i>Penicillium</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.	34
Figura 13-3:	Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de aislados de <i>Penicillium</i> sp., crecidos en medio PDA. a) conidióforos en forma de pincel, b) conidios.	34
Figura 14-3:	Características culturales de <i>Smaragdiniseta</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	36
Figura 15-3:	Características culturales de <i>Smaragdiniseta</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) hifas hialinas.	36
Figura 16-3:	Características culturales de <i>Humicola</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.	37
Figura 17-3:	Características culturales de <i>Humicola</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) células conidiógenas fialídicas, b) clamidosporas.	38
Figura 18-3:	Características culturales de <i>Chaetomium</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	39
Figura 19-3:	Características culturales de <i>Chaetomium</i> sp. crecidos en medio PDA. a) ascosporas.	40
Figura 20-3:	Características culturales de <i>Purpureocillium</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	42
Figura 21-3:	Características culturales de <i>Purpureocillium</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) fialides, b) conidios en cadenas cortas divergentes.	42
Figura 22-3:	Características culturales de <i>Gibellulopsis</i> sp. crecidos en medio de cultivo	

	PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	44
Figura 23-3:	Características culturales de <i>Gibellulopsis</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) conidióforos, b) conidios.	44
Figura 24-3:	Características culturales del orden Chaetothyriales crecidos en medio PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.	45
Figura 25-3:	Características culturales del orden Chaetothyriales crecidos en medio de cultivo PDA. a) fiálides, b) conidios en cadenas.	46
Figura 26-3:	Características culturales de <i>Actinomortierella</i> sp. crecidos en medio de cultivo. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.	47
Figura 27-3:	Características culturales de <i>Actinomortierella</i> sp. crecidos en medio PDA. a) hifas hialinas.	48
Figura 28-3:	Características culturales de <i>Neopestalotiopsis</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	49
Figura 29-3:	Características morfológicas de <i>Neopestalotiopsis</i> sp. crecidos en medio PDA. a) conidias septadas.	50
Figura 30-3:	Características culturales de <i>Alternaria</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.	51
Figura 31-3:	Características culturales de <i>Alternaria</i> sp. crecidos.	52
Figura 32-3:	Características culturales de <i>Robillarda</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.	53
Figura 33-3:	Características culturales de <i>Robillarda</i> sp crecidos en medio PDA incubados a 28°C en condiciones de oscuridad, con 10 días de edad, a) hifas, b) conidios.	54
Figura 34-3:	Características culturales de <i>Galactomyces</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	55
Figura 35-3:	Características culturales de <i>Galactomyces</i> sp. a) conidias.	56
Figura 36-3:	Características culturales de <i>Paramyrothecium</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. .	57
Figura 37-3:	Características culturales de <i>Paramyrothecium</i> sp. crecidos en PDA. a) conidias esporoquiales.	58
Figura 38-3:	Características culturales de <i>Staphylotrichum</i> sp. crecidos en medio de cultivo PDA a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia. ..	59
Figura 39-3:	Características culturales de <i>Staphylotrichum</i> sp crecidos en medio de cultivo PDA. a) hifas, b) conidios.	60
Figura 40-3:	Características culturales de <i>Aspergillus</i> sp. crecidos en PDA. M_1 (a ¹ a ²), M_3 (b ¹ b ²), M_4 (c ¹ c ²), M_5 (d ¹ d ²), M_14 (e ¹ e ²), M2_8 (f ¹ f ²), M_38 (g ¹	

	g ²), M_39 (h ¹ h ²), M_40 (i ¹ i ²), M_42 (j ¹ j ²), M_43 (k ¹ kb ²), M_48 (l ¹ l ²), M_50 (m ¹ m ²), M_55 (n ¹ n ²), M_64 (o ¹ o ²), M_65 (p ¹ p ²)......	63
Figura 41-3:	Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de <i>Aspergillus</i> sp., crecidos en medio PDA. a) conidióforos hialinos, b) conidios.....	64
Figura 42-3:	Características culturales de <i>Trichoderma</i> sp. crecidos en medio PDA. a) M_6, b) M_11, c) M_12, d) M_17, e) M_18, f) M_23, g) M_27, h) M_44, i) M_45, j) M_46, k) M_52, l) M_53, m) M_56, n) M_57, o) M_58, p) M_59, q) M_60, r) M_61.....	68
Figura 43-3:	Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de <i>Trichoderma</i> sp., crecidos en medio de cultivo PDA. a) fiálides, b) clamidosporas, c) conidias.	69
Figura 44-3:	Características culturales de <i>Fusarium</i> sp. crecidos en medio PDA. M_7 (a ¹ a ²), M_8 (b ¹ b ²), M_10 (c ¹ c ²), M_24 (d ¹ d ²), M_29 (e ¹ e ²), M_33 (f ¹ f ²).	72
Figura 45-3:	Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de <i>Fusarium</i> sp., crecidos en medio de cultivo PDA. a) macroconidios, b) microconidios, c) clamidosporas.	73
Figura 46-3:	Gel de agarosa que muestra los productos amplificados para el género <i>Trichoderma</i> sp. (ITS).	78
Figura 47-3:	Gel de agarosa que muestra los productos amplificados para la especie <i>Trichoderma harzianum</i> (TEF1).....	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Abundancia de los morfotipos de la localidad Camino Viejo	81
Gráfico 2-3:	Abundancia de los morfotipos de la localidad El Cascajo	82
Gráfico 3-3:	Abundancia de los morfotipos de la localidad Media Luna	83
Gráfico 4-3:	Abundancia de los morfotipos de la localidad Media Luna (Bosque no intervenido)	83
Gráfico 5-3:	Abundancia de los morfotipos de la localidad La Fortuna	84
Gráfico 6-3:	Abundancia relativa a nivel de filo de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.	86
Gráfico 7-3:	Abundancia relativa a nivel de clase de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos	87
Gráfico 8-3:	Abundancia relativa a nivel de orden de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos	89
Gráfico 9-3:	Abundancia relativa a nivel de familia de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos	91
Gráfico 10-3:	Abundancia relativa a nivel de género de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos	93
Gráfico 11-3:	Riqueza de especies de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas y cultivos de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.....	95
Gráfico 12-3:	Índice de Shannon de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas y cultivos de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.....	96
Gráfico 13-3:	Índice de Simpson de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas y cultivos de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.....	98

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO SNA
- ANEXO B:** PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO AGAR AVENA
- ANEXO C:** SIEMBRA Y REPIQUE
- ANEXO D:** CULTIVOS MONOSPÓRICOS Y CONSERVACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE CASTELLANI.
- ANEXO E:** COSECHA Y MACERACIÓN DE MICELIO
- ANEXO F:** EXTRACCIÓN DE ADN
- ANEXO G:** PCR Y ELECTROFORESIS
- ANEXO H:** GEL DE AGAROSA REVELADO
- ANEXO I:** RIQUEZA DE ESPECIES, ÍNDICE DE SHANNON E ÍNDICE DE SIMPSON TOTALES DE LA DIVERSIDAD FÚNGICA ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUELOS AGRÍCOLAS DE SANTA CRUZ-PROVINCIA DE GALÁPAGOS
- ANEXO J:** MORFOTIPOS CARACTERIZADOS E IDENTIFICADOS OBTENIDOS DE SUELOS AGRÍCOLAS DE SANTA CRUZ-PROVINCIA DE GALÁPAGOS Y CLASIFICADOS POR JERARQUÍAS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA BIOINFORMÁTICA TAXONOMY DEL NCBI.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PDA	Papa Dextrose Agar
ITS	Internal Transcribed Spacer
NCIB	National Center for Biotechnology
SNA	Spezieller Nährstoffarmer Agar
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
PCR	Reacción en Cadena de la Polimerasa
AMF	Hongos Micorrízicos Arbusculares
VAM	Hongos Micorrízicos Arbusculares

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la diversidad fúngica asociada a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz-Provincia de Galápagos. Se recolectaron muestras de suelos de las localidades Camino Viejo, El Cascajo, Media Luna, Media Luna-Bosque no intervenido y La Fortuna. Se aislaron los microorganismos fúngicos mediante diluciones seriadas, se registraron las colonias fúngicas y se agruparon por morfotipos. Para la caracterización cultural se registró el color de la colonia, forma, elevación, borde y superficie, por otro lado la caracterización morfológica se realizó mediante la técnica de microcultivos mediante los cuales se registraron estructuras fúngicas, la caracterización molecular se realizó utilizando la técnica de la amplificación en cadena de la ADN (Ácido Desoxirribonucleico) con los iniciadores ITS₁ e ITS₄, los productos de PCR (Reacción de la cadena de la polimerasa) obtenidos fueron secuenciados en la empresa MACROGEN KOREA. Posteriormente los electroferogramas se visualizaron en el programa Chromas Technelysium Pty Ltd versión 2.6.6, luego mediante la herramienta Blast del NCBI (National Center for Biotechnology) se realizó la comparación de las secuencias obtenidas con la de los bancos de datos. Además se evaluó la diversidad fúngica, mediante abundancia relativa y usando el programa R 4.1 se determinó la riqueza de especies y los índices de diversidad de Shannon y Simpson. Entre los microorganismos fúngicos obtenidos fueron: *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Gibellulopsis* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Smaragdiniseta* sp., *Neopestalotiopsis* sp., *Chaetomium* sp., *Purpureocillium* sp., *Humicola* sp., *Alternaria* sp., *Galactomyces* sp., *Robillarda* sp., *Paramyrothecium* sp., *Staphylotrichum* sp., una género sin clasificar que pertenece al orden Chaetothyriales, y *Actinomortierella* sp. En conclusión se aislaron un total de 2273 microorganismos fúngicos. Se recomienda investigar las funciones que cumplen los hongos antagonistas como es el caso de *Trichoderma* sp., *Purpureocillium* sp. y *Chaetomium* sp.

Palabras clave: <CARACTERIZACIÓN>, <SUELOS AGRÍCOLAS>, <AISLAMIENTO>, <MICRORGANISMOS FÚNGICOS>, <DIVERSIDAD FÚNGICA>, <SANTA CRUZ (CANTÓN)>.



1084-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the fungal diversity associated with agricultural soils in five localities of Santa Cruz-Galapagos Province. Soil samples were collected from Camino Viejo, El Cascajo, Media Luna, Media Luna-Bosque no intervenido and La Fortuna. Fungal microorganisms were isolated by serial dilutions, fungal colonies were registered, and grouped by morphotypes. For cultural characterization, colony color, shape, elevation, edge, and surface were registered, while morphological characterization was carried out using the microculture technique through which fungal structures were registered, and molecular characterization was performed using the DNA (Deoxyribonucleic Acid) chain amplification technique with the primers ITS₁ and ITS₄, the PCR (Polymerase Chain Reaction) products obtained were sequenced at MACROGEN KOREA. Subsequently, the electropherograms were visualized in the program Chromas Technelysium Pty Ltd version 2.6.6, then using the Blast tool of the NCBI (National Center for Biotechnology), the comparison of the sequences obtained with those of the data banks was carried out. In addition, fungal diversity was evaluated using relative abundance, and using the R 4.1 program, species richness and Shannon and Simpson's diversity indexes were determined. Among the fungal microorganisms obtained were *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Gibellulopsis* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Smaragdiniseta* sp., *Neopestalotiopsis* sp., *Chaetomium* sp., *Purpureocillium* sp., *Humicola* sp., *Alternaria* sp., *Galactomyces* sp., *Robillarda* sp., *Paramyrothecium* sp., *Staphylotrichum* sp., an unclassified genus belonging to the order Chaetothyriales, and *Actinomortierella* sp. In conclusion, a total of 2273 fungal microorganisms were isolated. It is recommended to investigate the functions of the antagonistic fungi such as *Trichoderma* sp., *Purpureocillium* sp. y *Chaetomium* sp.

Keywords: <CHARACTERIZATION>, <AGRICULTURAL SOILS>, <ISOLATION>, <FUNGAL MICROORGANISMS>, <FUNGAL DIVERSITY>, <SANTA CRUZ (CANTON)>.



SILVANA PATRICIA CÉLLERI QUINDE

C.C. 0602669830

INTRODUCCIÓN

Importancia

Los hongos del suelo juegan un papel importante en los procesos de descomposición, mineralización y reciclaje de nutrientes de las plantas (Moreira et al., 2012: p.96), también producen metabolitos secundarios que pueden ser utilizados en la industria para la producción de antibióticos, alcoholes y ácidos orgánicos, además participan en la degradación de xenobióticos y contaminantes orgánicos introducidos en el suelo (Barrios y Sandoval, 2018: p.10). Los principales factores que afectan a los hongos en el suelo son: el nivel, el tipo de materia orgánica, el pH, la aplicación de algún tipo de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, el contenido de humedad, la aireación, variación de temperatura y la composición de la vegetación nativa o cultivada. Barrios & Sandoval (2018: p.11) manifiestan que los hongos constituyen el segundo grupo de microorganismos del suelo, además todos son eucariotas, heterótrofos, necesitan nitrógeno y tiene capacidad fijadora. Las especies edáficas presentan gran diversidad en cuanto a exigencias en sustratos carbonados, variando desde los que pueden utilizar hidratos de carbono, alcoholes y ácidos orgánicos sencillos hasta los que son capaces de descomponer compuestos polimerizados, como la celulosa y la lignina.

Uno de los hongos más significativos para las plantas son los Hongos Micorrízicos Arbusculares (AMF) los cuales contribuyen en la formación de agregados en el suelo y aporte de nutrientes como el fósforo, donde las hifas (filamentos ramificados que crecen hacia la superficie exterior) aprovechan el carbón orgánico como reservorio de nutrientes favoreciendo un mayor crecimiento de las plantas. Las proteínas producidas por los AMF contienen altas concentraciones de hierro el cual actúa como un estabilizador de los agregados edáficos, ya que une las partículas minerales con la materia orgánica (Hune, 2015, p.12).

Problema

Los microorganismos son los componentes más importantes del suelo, conforman uno de los grupos de organismos más diversos y abundantes que existen sobre la tierra, cumplen funciones determinantes en la transformación de los componentes orgánicos e inorgánicos, pero en los suelos agrícolas pertenecientes a la Isla Santa Cruz se desconoce todas las funciones que estos desempeñan. Además, en el suelo desempeñan un rol central, tanto en el mantenimiento de su estructura como en procesos ecológicos clave como el ciclado de nutrientes y la descomposición de materia orgánica. La composición de la comunidad fúngica del suelo puede variar de un lugar a otro en respuesta a diversos factores. En los suelos agrícolas, los agroquímicos y sus

residuos pueden producir cambios en las comunidades fúngicas (Vázquez, 2015, p.15).

Justificación

Teniendo en cuenta la importancia de los organismos fúngicos para los suelos en los procesos de descomposición, mineralización y reciclado de nutrientes de las plantas, estos benefician directamente en la agricultura sustentable mediante el suministro de nutrientes; además, contribuyen en la agregación y formación de una mejor estructura física del suelo y el control de los patógenos de las plantas en el suelo, también producen metabolitos secundarios que pueden ser utilizados en la industria para la producción de antibióticos, alcoholes y ácidos orgánicos y en la degradación de xenobióticos y contaminantes orgánicos introducidos en el suelo, por esta razón se lleva a cabo este estudio.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la diversidad fúngica asociada a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.

Objetivos Específicos

- Aislar microorganismos fúngicos de suelos agrícolas de cinco localidades la Isla Santa Cruz.
- Caracterizar cultural, morfológica y molecularmente los aislados de suelos agrícolas de cinco localidades Santa Cruz.
- Comparar la diversidad fúngica de los suelos agrícolas de las cinco localidades de Santa Cruz.

HIPÓTESIS

Hipótesis nula

La diversidad fúngica asociada a los suelos agrícolas no diverge en las cinco localidades pertenecientes a Santa Cruz.

Hipótesis alterna

La diversidad fúngica asociada a los suelos agrícolas diverge en las cinco localidades pertenecientes a Santa Cruz.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Origen e importancia de las Islas Galápagos

1.1.1. Origen de las Islas Galápagos

Las Islas Galápagos están ubicadas aproximadamente a 559 millas de la costa de Ecuador. Se formaron hace aproximadamente 4 o 5 millones de años a causa de las erupciones de las cimas de varios volcanes los cuales provocaron la ruptura de océano Pacífico. Los movimientos de las placas tectónicas fueron los responsables de la creación de las Islas Galápagos (Levay, 2009).

La mayoría de las islas tienen una forma cónica distintiva que a menudo se asocia con la acción volcánica. Las islas montañosas se han formado a través de una erupción continua, construyéndose capa sobre capa. Debido a esta formación volcánica, las islas se caracterizan por tener muchas pendientes pronunciadas, con alturas que van desde unos pocos metros sobre el nivel del mar hasta más de 5000 pies sobre el nivel del mar. Cada isla principal, con la excepción de la isla más grande, Isabela, consta de un solo gran volcán (Levay, 2009).

1.1.2. Condiciones climáticas de las Islas Galápagos

El clima de las Islas Galápagos está determinado principalmente por la presencia de corrientes oceánicas. De junio a diciembre, los flujos fríos de Humboldt ingresan desde el sur, creando una inversión de calor que atrapa una capa de niebla fría y húmeda llamada garúa cerca del océano, creando un clima frío y seco en esta época del año (GALÁPAGOS, 2019), donde las temperaturas oscilan entre 21 °C y 27 °C (70 °F y 80 °F) y la temperatura del agua entre 18 °C y 2 °C (65 °F y 75 °F) (Galápagos, 2018).

La temporada seca y fría conocida como temporada de Garúa se presenta en los meses de mayo y junio, la cual dura hasta diciembre, en esta temporada la temperatura del aire y del agua desciende (GALÁPAGOS, 2019) siendo el periodo más cálido del año, la temperatura del aire varía de 27 °C a 32 °C (80 °F a 90 °F) y la temperatura del agua varía de 21 °C a 26 °C (70 °F a 80 °F) (Galápagos, 2018). En julio y agosto aumentan los vientos, el oleaje es más activo, mientras que la temperatura promedio ronda los 22°C mientras que en agosto la temperatura del mar baja a 21°C y la temperatura del aire del mar a nivel 19°C (GALÁPAGOS, 2019).

1.1.3. Importancia agrícola de las Islas Galápagos

La agricultura ha sido una de las primeras actividades de producción implementadas en Galápagos con la aparición de los colonos en el siglo XIX. Las áreas utilizadas para llevar a cabo actividades agrícolas se colocan en la parte superior de las islas, las mismas que cuentan con sus propias condiciones de suelo, clima, disponibilidad de agua, tenencia y uso de la tierra, distribución de cultivos, mano de obra y presencia de las especies invasoras, entre otras especies (Ministerio de Agricultura, Ganadería, acuacultura y Pesca, 2012, p. 34).

Con el tiempo, las actividades agrícolas de las Islas Galápagos aún están en un estado primario, con la intención de proporcionar a la población local y el turismo, pero ha experimentado poco desarrollo social y productivo que ha dominado en las islas ya que para los productores, es más factible mantener amplias extensiones de pasto que dedicarse a otros cultivos ya que un trabajo que requiere más esfuerzo y recursos, además no hay mercados en los que la producción se puede comercializar en el mercado agrícola, por lo que es por eso que más conveniente dedicarlos al uso de árboles de madera, ganado o beneficiarse con los cultivos de café de herencia (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2012, p. 35).

Las Islas de Galápagos se distinguen por un café con denominación de Origen que es deseado en el mercado internacional debido a las condiciones climáticas en las que se desarrolla el cultivo, también tiene cultivos estratégicos como es el cultivo de yuca, plátanos, maíz, tomates, pimienta, Pepino, piña y diferentes verduras y frutas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020, p. 37).

1.1.4. Suelos agrícolas de las Islas Galápagos

El Archipiélago de Galápagos tiene una extensión de la tierra total de 7.970 km², de la cual el 96,7% (7.610 km²) constituye el Parque Nacional y el 3,3% restante (260 km²) corresponde a el sector colonizado formado por superficies urbanas y agrícolas de las islas. De las 23.426 has que conforman el área agropecuaria, el 60% está dedicada a pastos, el 27% a bosques y alrededor del 13% a cultivos permanentes y transitorios (MAGAP, 2014).

Se considera que en las Islas Galápagos existen 24.000 hectáreas para uso agropecuario, de las que en la actualidad se hallan en producción positiva 14.000 hectáreas, produciendo cerca de 600 toneladas por mes (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020, p. 38).

1.1.4.1. Isla Santa Cruz

El sector agropecuario tiene una longitud de 20 km de extenso de Este a Oeste y de 5 a 7 km de ancho de Norte a Sur. Se sitúa entre los 100 msnm en el límite Sur y 520 msnm hacia los Gemelos, con un gradiente altitudinal que abre modalidades a la diversificación de cultivos. No obstante, en las partes más bajas (hacia la parroquia Bellavista), casi no se cultiva pues los terrenos son dedicados al incremento urbano. La isla Santa Cruz tiene el área agrícola más enorme y desarrollada del Archipiélago. Tiene dos parroquias rurales como centros poblados, Bellavista y Santa Rosa, con los próximos recintos: Salasaca, El Carmen, Occidente, El Camote y El Cascajo (Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos, 2014, p. 45).

1.1.1.1. Isla San Cristóbal

La Isla San Cristóbal tiene vocación agrícola por tener suelos profundos y agua dulce para riego, sin embargo solamente el 11% del área agropecuaria está referida para cultivos (principalmente perennes). El desamparo y la invasión de las fincas por especies invasoras (fincas ganaderas) resultan muy fuertes al instante de competir por el suelo (Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos, 2014, p. 46).

1.1.1.2. Isla Isabela

La isla Isabela está situada en la parte oeste del archipiélago de Galápagos, cuya cabecera cantonal es Puerto Villamil, tiene una sola parroquia, Tomás de Berlanga, ubicada en la zona agropecuaria con los próximos recintos: El Cura, El Papal, Monte Verde, Esperanza, Monte Enorme, Los Ceibos y Los Lojanos. Es la isla más enorme, con 4.588 km² de área, lo cual representa el 58% del total terrestre de todo el archipiélago (Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos, 2014, p. 46). El área agropecuaria se localiza en el flanco este-sureste del volcán Sierra Negra, tiene una forma rectangular oblonga hacia el sureste de 20 kilómetros de largo por 10 a 13 kilómetros de ancho. La altitud cambia de 750 a 800 msnm en El Cura, alrededor de la caldera del volcán Sierra Negra, y 165 msnm en el límite perimetral sur (Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos, 2014, p. 46).

1.1.1.3. Isla Floreana

El área agropecuaria cambia de 276 a 280,5 ha. muestra la forma de un polígono irregular, con la diagonal más grande (3 km) dirigida de Noroeste a Sureste, y la menor (2,5 km) de Norte a Sur (Balon y Vera, 2018: p.4).

1.2. Clasificación, importancia y diversidad de microorganismos en el suelo

1.2.1. Importancia de microorganismos fúngicos en suelos agrícolas

El suelo es un medio bastante complejo, donde se otorgan incontables interrelaciones que están afectando las poblaciones de los organismos que la habitan. Las bacterias presentan fácil movilidad en películas de agua, sin embargo las hifas de hongos filamentosos y actinomicetos no requieren crecer en una película continua de agua, sino que tienen la posibilidad de atravesar espacios abiertos de aire presentando una gigantesca capacidad de degradar la materia orgánica compleja, además participan en la formación de humus desde restos orgánicos frescos degradando residuos vegetales y animales, así mismo contribuyen de manera significativa a la formación de agregados estables (Barrios y Sandoval, 2018: p.10)..

1.2.2. Importancia ecológica de los hongos del suelo

El suelo es un hábitat o ecosistema que representa una mezcla compleja de fracciones orgánicas e inorgánicas con agua y seres vivos. Las fracciones orgánicas se conforman de material de plantas en diferentes etapas de descomposición, raíces vivas, exudados, microorganismos, pequeños invertebrados y contenidos del intestino, por esta razón, el suelo hospeda una sección notable de la diversidad biológica total de hongos (Hawksworth, 1991; Hawksworth y Rossmann, 1997 citado en Hune, Michael 2015). En sistemas agrícolas, los patógenos de plantas y sus antagonistas son relevantes debido a que los patógenos trabajan en el suelo, específicamente en la rizósfera infectando tallos, ocasionando que las plántulas se marchiten y, por consiguiente, ocasionan grandes pérdidas económicas, estos organismos patogénicos tienen la posibilidad de ser específicos o de amplia gama de plantas hospederas (Pfenning, 1997; Rodrigues-Guzman, 2001).

Se demostró experimentalmente que la introducción de antagonistas específicos como *Trichoderma* spp. o *Coniothyrium minitans* tienen la posibilidad de minimizar la incidencia de una diversidad de patologías en el suelo (Whipps et al., 1993 citado en Hune, 2015). Los hongos son los causantes de la degradación de xenobióticos y contaminantes orgánicos introducidos en el suelo,

además conforman una gran parte de la mesofauna del suelo (Bonkowski et al., 2000 citado en Hune, 2015). Además el mantenimiento de la diversidad de hongos del suelo favorece de manera directa la agricultura sostenible, por medio del abastecimiento de nutrientes, una mejor composición física del suelo y el control de antagonistas de los patógenos de las plantas en el suelo (Pfenning y Magalhães, 2012: p. 243).

1.2.3. Estructuras de microorganismos fúngicos

1.2.3.1. Estructuras Somáticas

El tallo de los hongos filamentosos se compone por filamentos largos de células unidas que se llaman hifas. Las hifas de un hongo tienen la posibilidad de clasificarse en (vegetativas) que son continuamente sumergidas debido a que son las encargadas de absorber los nutrientes para el crecimiento, o hifas de tipo reproductor que crecen sobre el área del medio (aéreas) (Vera et al., 2004, p. 65). Las hifas tienen la posibilidad de presentar septos, entonces el micelio es tabicado, si los tabiques permanecen ausentes se habla de micelio constante, los mohos son micromicetos filamentosos, una vez que el hongo presenta una célula aislada se menciona que es unicelular o levadura (**Figura 1-1**). Los cortos filamentos conformados por las células que brotan de una levadura conforman el pseudomicelio (Ortiz, 2016, p. 23).

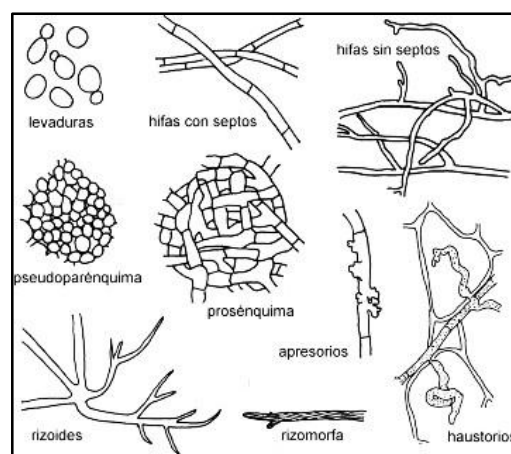


Figura 1-1. Estructuras somáticas.

Fuente: Carrillo et al., 2003.

1.2.3.2. Estructuras reproductivas

Carrillo et al. (2007 citado en Ortiz, 2016) manifiestan que anamorfo es la multiplicación asexual de un hongo y teleomorfo es la reproducción sexual. Los hongos anamórficos producen

esporas asexuales por mitosis, que poseen diversa forma tienen la posibilidad de ser mono o pluricelulares, además las estructuras que generan las esporas resultan muy variables. Las esporas permiten la perpetuación de la especie y pueden estar encerradas en un esporangio o ser externas (conidios). Los conidióforos producen esporas solitarias o en cadena, en ocasiones permanecen agrupados en un haz (coremio) o sobre un grupo de hifas entrelazadas (acérvula, esporodoquio) o en un conidioma (picnidio) (**Figura 2-1**).

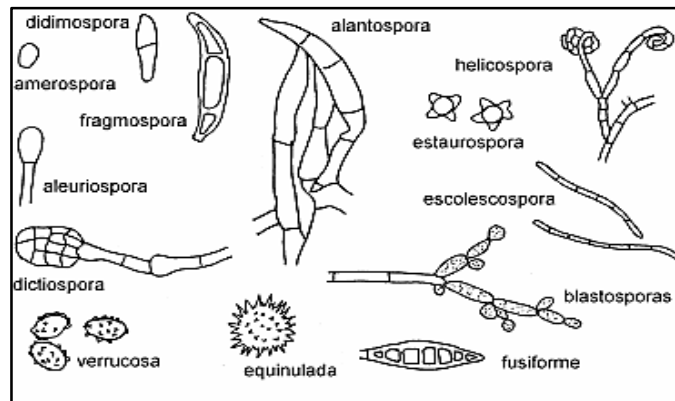


Figura 2-1. Tipos de esporas.

Fuente: Carrillo et al., 2003.

1.2.3.3. Estructuras anamórficas

Ortiz (2016, p.24), menciona que las artrosporas o artroconidios son esporas elaboradas en una hifa terminal que al madurar se parten, en ciertos hongos se forman artrosporas separadas por una región independiente de citoplasma (disyuntor) cuya pared se rompe liberando las entosporas o clamido-artrosporas. Los conidios o conidiosporas, son las esporas asexuadas externas que permanecen implantadas de manera directa sobre la hifa llamada sésiles. El fragmento del micelio que origina y sostiene a las esporas se llama esporóforo, si hablamos de conidios se llaman conidióforo, sin embargo la fiálide es la célula conidiógena que en un extremo origina brotación sin incrementar su longitud conformando fialoconidios o fialosporas, la pared de la fiálide suele extenderse en el ápice conformando un collarín. Además Carrillo et al., (2003: p. 25) sugiere que la anélide es una célula conidiógena con el ápice ancho y cicatrices en anillo, que se prolonga con la formación de cada espóra, los conidióforos tienen la posibilidad de ser simples o ramificados y algunas veces permanecen agrupados en un conidioma (**Figura 3-1**).

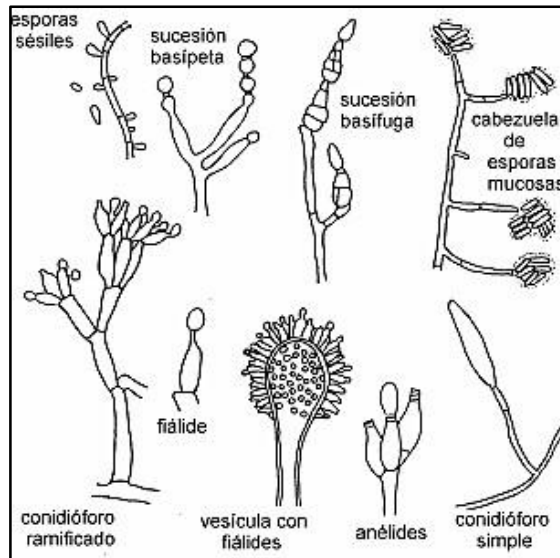


Figura 3-1. Estructuras con esporas externas

Fuente: Carrillo et al., 2003.

1.2.4. Método de reproducción de los organismos fúngicos

1.2.4.1. Reproducción sexual

- Copulación planogamética:

Ocurre entre dos gametas desnudas las cuales tienen la posibilidad de ser morfológicamente equivalentes y del mismo tamaño (Isogametas), o morfológicamente equivalentes sin embargo de distinto tamaño (Anisogametas), además pueden ser de tamaño y morfología distinto (Heterogametas) (**Figura 4-1**). Se muestra en ciertos *Quitridiomycetes*, de los géneros *Olpidium* y *Synchytrium* (Garces et al., 2003: p. 23).

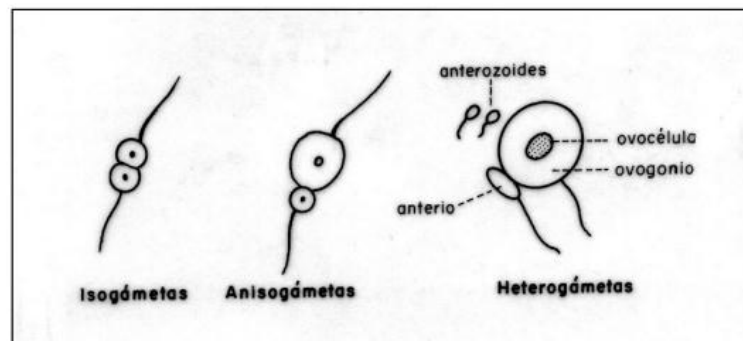


Figura 4-1. Copulación planogamética

Fuente: Samson et al., 1981 citado en Garces et al., 2003.

- Contacto gametangial:

En un enorme conjunto de hongos, las gametas de los dos sexos se ponen en contacto, se disuelve la pared por acción enzimática, formándose un puente de comunicación, de tal forma que los núcleos del anteridio pasan por medio de dicho puente para fecundar la ovocélula o núcleo del ovogonio, después de la fecundación se cierra la pared y el anteridio se degenera luego crece el cigoto que posteriormente dará sitio u origen a la oospora. Esta oospora germina para avanzar el ciclo del hongo (**Figura 5-1**). Ej. *Pythium* de la Clase Oomycetes (Garces et al., 2003: p. 24).

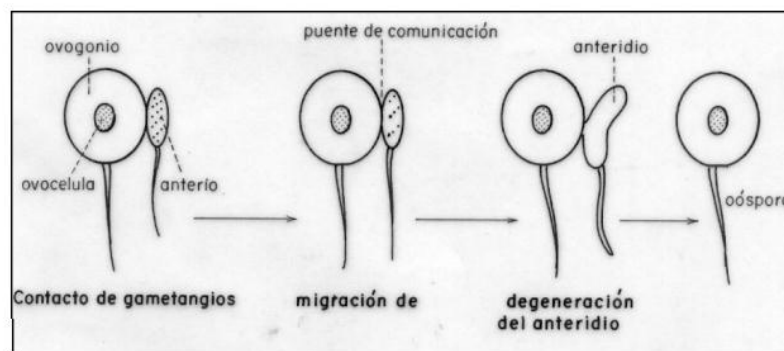


Figura 5-1. Contacto gametangial.

Fuente: Samson et al., 1981 citado en Garces et al., 2003.

- Copulación gametangial:

Garces et al. (2003: p. 24) menciona que la copulación gametangial se caracteriza por la fusión de todo el contenido de ambos gametangios (masculino y femenino) en contacto.

Tal fusión se produce de dos modos:

Paso del contenido de un gametangio a otro por un poro conformado en el puente de contacto: Característico de hongos holocárpicos (el término se aplica a un organismo cuyo talo se convierte por completo en una o más estructuras reproductoras), en los que todo el talo actúa como gametangio. Aquí el talo masculino se adhiere al femenino y vacía en él todo su contenido.

b) Fusión directa de dos células gametángicas en una: En este proceso hay ruptura de las paredes en contacto, resultando una célula común (**Figura 6-1**). Ej.: *Mucor*, *Rhizopus*.

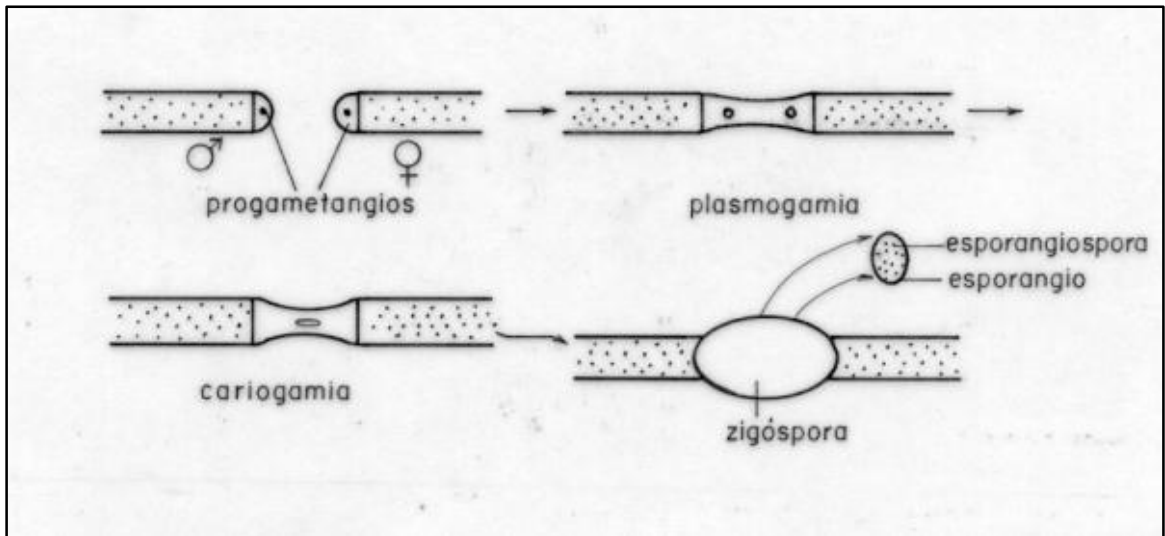


Figura 6-1. Copulación gametangial

Fuente: Elliot, 1994 citado en Garces et al., 2003.

- Espermatización:

Se manifiesta en hongos más evolucionados. En este caso una sección del talo crea estructuras morfológicamente parecidas a las esporas, que reciben el nombre de espermas. La hifa que crea dichas estructuras obtiene el nombre de espermatóforo. Puede formarse libremente o en un gametangio del cual salen hifas, llamadas hifas receptoras, hacia las cuales se dirigen los espermas, una vez salen del gametangio. Inmediatamente ocurre la plasmogamia. La cariogamia sucede después, y rápidamente la meiosis (Garces et al., 2003: pp. 25-26) (**Figura 7-1**).

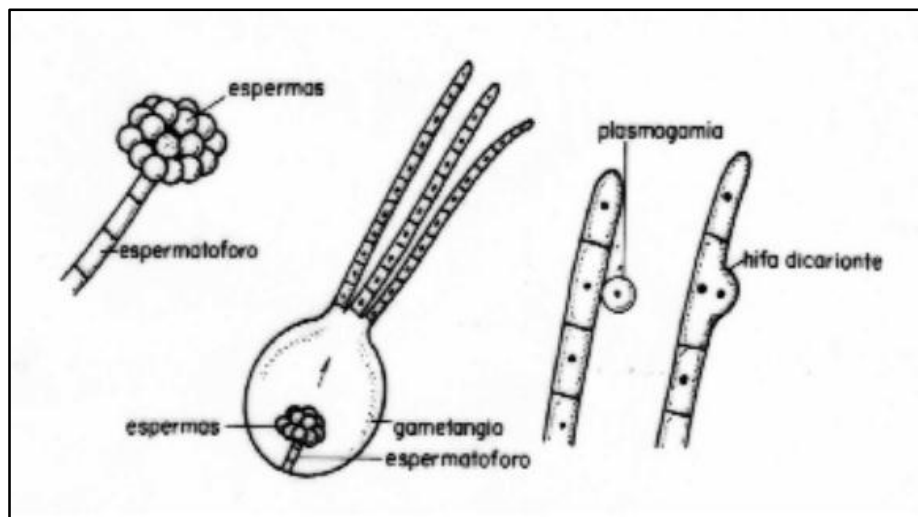


Figura 7-1. Espermatización.

Fuente: Elliot, 1994 citado en Garces et al., 2003.

- Somatogamia:

Este procedimiento es usado por ciertos Ascomycetes y Basidiomycetes macroscópicos. Las hifas somáticas en un momento dado entran en alianza sexual, puesto que no poseen estructuras con morfología distinta, para la reproducción (Garces et al., 2003: p. 26).

1.2.4.2. Reproducción asexual

Garces et al. (2003: p.26) menciona que la mayor parte de los hongos son eucárpicos, o sea, solo una porción de su cuerpo se transforma en aparato reproductor. En condiciones experimentales, y constantemente naturales, un fragmento cualquiera de micelio viable puede servir de propágulo. Pero generalmente lo típico es que se formen un enorme número células especializadas denominadas esporas.

Los hongos generan dos tipos de esporas asexuales: las esporangiosporas y las conidias, que poseen papeles bastante relevantes en la sobrevivencia y dispersión de los mismos. Además forman clamidosporas y esclerocios, las cuales permanecen formadas por micelio y son estructuras de apoyo y de resistencia muy importantes en la preservación de la especie (Garces et al., 2003: p. 26).

En los tipos de esporangiosporas se encuentran las zoosporas; estas se desarrollan principalmente en un esporangio y su maduración se efectúa por medio de un poro de la pared del esporangio, carecen de verdadera pared celular pero poseen uno o dos flagelos móviles. Respiran inmediatamente utilizando las reservas endógenas y desplazándose activamente en las películas de agua atraídas por quimiotaxis. Una vez que están en un sustrato adecuado se establecen y enquistan, los flagelos son removidos y se forma inmediatamente una pared alrededor de la spora. En este instante los organelos y compuestos químicos son liberados para dar lugar a la germinación y al crecimiento (Garces et al., 2003: p. 26).

Otro tipo de esporangiosporas son las Aplanosporas, las cuales no poseen motilidad, sin embargo se generan en un esporangio situado en la parte terminal de una hifa especializada llamada esporangióforo, esta clase de esporangiosporas permanecen sostenidas aéreamente, muchas veces por encima de la colonia. La maduración de las aplanosporas pasa por diversos mecanismos: por separación de la pared esporangial; por expulsión, debida a cambios en la forma de la columela y otras son dispersadas por el viento o por gotas de agua. Estas esporas son propiedades de los Mucorales (Zigomicotina), ejemplificando, *Rhizopus* y *Mucor* (Garces et

al., 2003). Otro tipo de esporas asexuales son las conidias, las cuales no se encuentran dentro de la composición en la cual se forman. Hay un enorme tipo de conidias: secas o viscosas, multicelulares, unicelulares o enormemente pigmentadas. En varias especies las conidias tienen la posibilidad de formarse dentro de las estructuras fructificantes como por ejemplo acérvulos o picnidios. Los hongos de Ascomycotina, Deuteromicotina y ciertos de Basidiomicotina generan conidias.

Garces et al., (2003: pp. 28-29) manifiesta que las conidias tienen dos tipos de desarrollo:

1. Desarrollo Blástico:

El mecanismo de formación de blastoconidias es similar al crecimiento apical de las hifas y al crecimiento de los brotes en las células de levadura. Una región de la pared es plástica y, a través de la actividad lítica-enzimática originando estructuras globosas como resultado de la presión de turgencia. Este proceso puede ocurrir en células somáticas o en células especializadas llamadas conidioforos (**Figura 8-1**). Los conidios pueden ser simples o en cadenas. Hongos como *Cladosporium* y *Aureobasidium* producen esporas de esta manera.

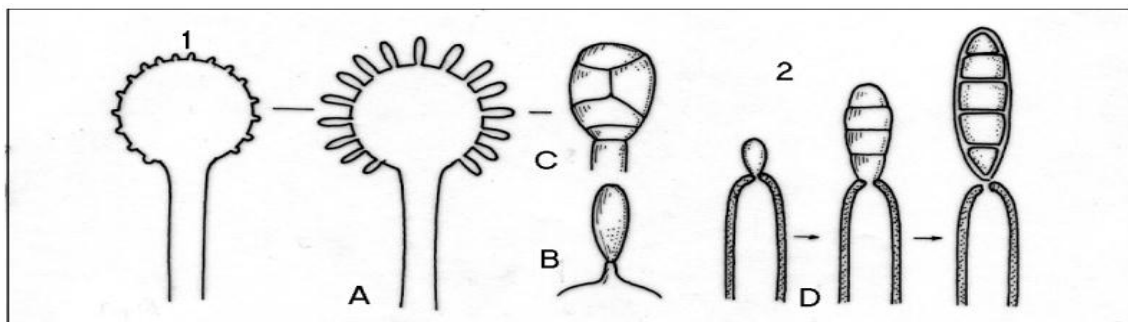


Figura 8-1. Desarrollo Blástico: 1) Blastidio solitario, 2) Cadenas. A) Sincrónico, B) Base angosta, C) Base ancha, D) Poroconidia.

Fuente: Elliot, 1994 citado en Garces et al., 2003.

2. Desarrollo Fialídico.

La fialoconidia se forma por un mecanismo similar a través de una célula especializada llamada fiálide, y cada fiálide produce conidias, cada una separada por un septo, formando una cadena que promueve la dispersión. Estas esporas son producidas por algunas especies de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* y *Fusarium*. (**Figura 9-1**).

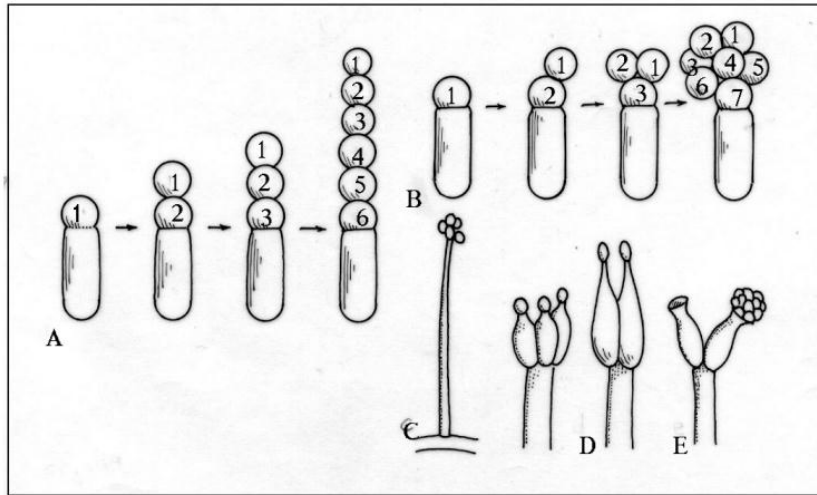


Figura 9-1. Desarrollo Fialídico

Fuente: Elliot, 1994 citado en Garces et al., 2003.

3. Desarrollo Táfico

Las conidias tálicas son formadas por fragmentación de hifas, carecen de aumento en la postura del septo (**Figura10-1**). Inicialmente el incremento apical cesa, la pared de la hifa se engrosa. La serie de esporas puede ser: Holotáticas u Holoartricas (articuladas). Cuando el borde de la pared del vástago se rompe para despojarse de porción de su interno, la espóra se denomina enteroártica.

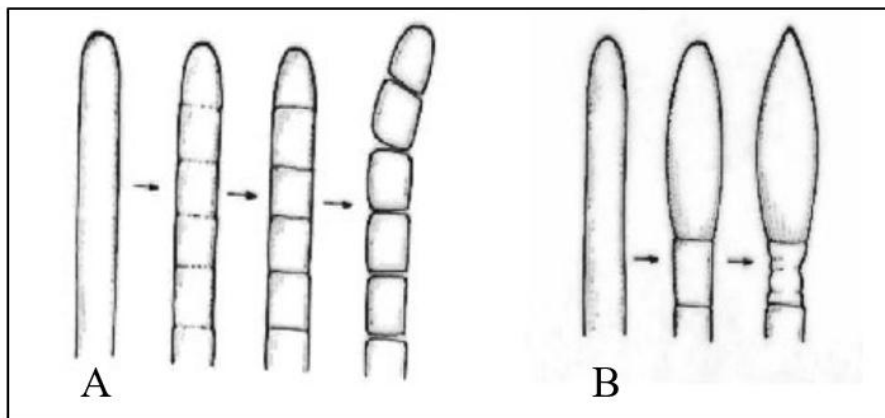


Figura 10-1. Desarrollo Táfico. (A) En cadenas, (B) Solitario.

Fuente: Fuente: Elliot, 1994 citado en Garces et al., 2003.

1.2.5. Diversidad de hongos en las Islas Galápagos

Una de las áreas naturales más representativas del mundo para estudiar la evolución y la biodiversidad son las Islas Galápagos, caracterizadas por alta endemidad, baja diversidad nativa y alta vulnerabilidad a invasiones.

Duchicela et al., (2020: p.15) mencionaron que uno de los simbiontes obligados de las raíces de las plantas son los hongos micorrízicos arbusculares (VAM), pertenecientes al filo Glomeromycota, los cuales se originaron a partir de una antigua relación simbiótica entre los hongos y las raíces de las plantas, lo que les permite a los hongos recibir carbono para la síntesis de las plantas, al tiempo que les proporciona a las plantas una mayor capacidad de búsqueda de nutrientes y agua.

Los hongos micorrízicos arbusculares (VAM) son simbióticos con miembros de casi todas las familias de plantas, incluida la mayoría de las familias de plantas tropicales. La dependencia de algunas plantas superiores de los hongos micorrízicos se ha atribuido a la mayor absorción de nutrientes de las plantas, especialmente fósforo, por parte de los hongos VAM, y la capacidad competitiva de algunas plantas se ve reforzada por la infección por hongos VAM (Schmidt y Scow, 2016: p. 18).

Además, Carvajal et al., (2014: p. 26) mencionaron que también se han observado más de 800 cepas de levadura en las Islas Galápagos, la mayoría de las cuales han sido identificadas mediante secuenciación del gen LSU o 26S rDNA. Las levaduras identificadas incluyen *Saccharomycopsis fodiens* y *Kodamaea transpacifica*, con aproximadamente el 31% de la biota de levaduras de las islas coincide con especies que se encuentran en el Ecuador continental.

En el Ecuador continental, alrededor del 50% de los aislamientos caracterizados pertenecen a cuatro especies: *Candida tropicalis*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Kodamaea ohmeri*, y *Pichia kudriavzevii*, por otro lado los aislamientos más representados de las Islas Galápagos corresponden a las especies: *Candida tropicalis*, *Hanseniaspora* sp., *Pichia norvegensis*, *Candida parazyza*, *Kodamaea transpacifica*, *Hanseniaspora uvarum*, *Barnettozyma californica*, *Candida intermedia*, y *Galactomyces geotrichum* (Carvajal et al., 2014: p. 26).

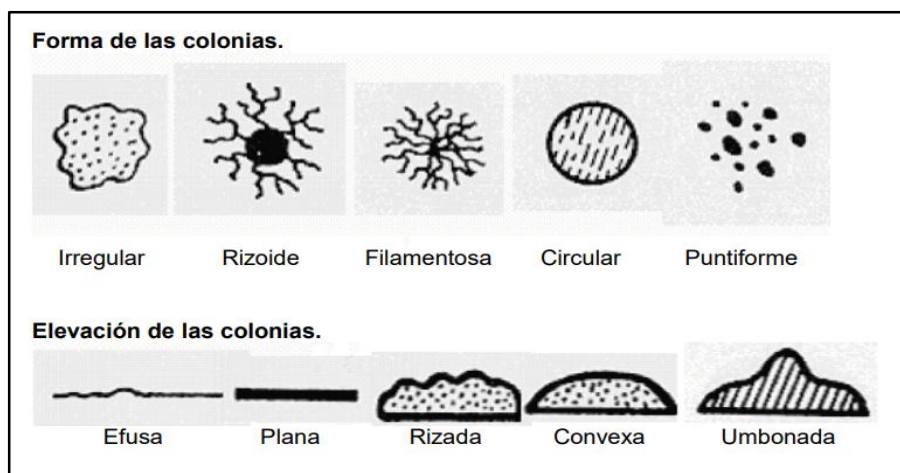
1.3. Métodos de caracterización e identificación de microorganismos fúngicos

A partir del suelo se pueden aislar microorganismos fúngicos mediante diluciones seriadas donde la muestra de suelo se suspende en agua destilada estéril, luego se realizan diluciones desde 10^{-1} a 10^{-10} veces, luego de cada dilución se siembra en medios de cultivo y se incuban (Mondino, 2012). Luego se realiza la purificación de los diferentes aislados de hongos para su posterior caracterización e identificación cultural, morfológica y molecular mediante los siguientes métodos:

1.3.1. Caracterización cultural

Lescano et al. (2015, p. 34) menciona que entre los aspectos culturales que se pueden apreciar se encuentran el color de la colonia tanto en el anverso como el reverso, la textura, el crecimiento lineal (cm/día), el crecimiento aéreo y la pigmentación del sustrato además el mismo autor manifiesta que también se pueden describir los siguientes aspectos:

- a. Forma de la colonia: la mayoría de los hongos filamentosos la colonia puede ser aterciopelada, pulverulenta, algodonosa, rugosa, plegada, cerebriforme, granulosa, etc. Por otro lado el aspecto de las colonias de los hongos levaduriformes es cremosa. **(Figura 11-1)**.
- b. Consistencia: dura, membranosa, blanda, suave, etc.
- c. Relieve: plana o elevada.
- d. Pigmentación: esta puede ser variable dependiendo del tipo de micelio y de la presencia de estructuras reproductivas. Además, el reverso de la colonia puede presentar un pigmento difusible.
- e. Tipo de micelio: vegetativo, reproductivo.



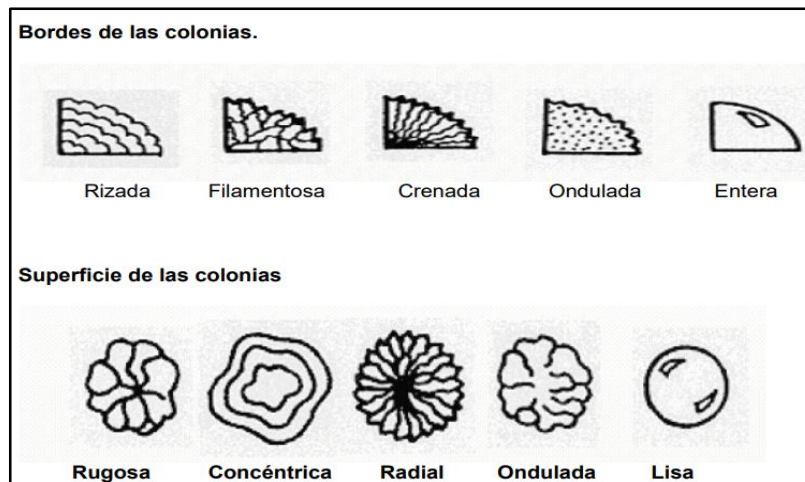


Figura 11-1. Características de las colonias

Fuente: Lescano et al., 2015.

1.3.2. Caracterización morfológica

Garces et al. (2003: p. 52) menciona que la gran mayoría de los hongos tienen estructuras vegetativas filamentosas llamadas hifas, las cuales crecen en forma de largos brazos en toda dirección; estas son generalmente uniformes y delgadas con diámetros de 1 a 2 μm , aunque en algunos hongos pueden alcanzar hasta 100 μm de grosor, el conjunto de hifas forma el micelio, además pueden ser unicelulares como las levaduras o multicelulares como los hongos filamentosos (mohos).

1.3.2.1. Microscopia de Luz

Según Garces et al. (2003, p. 53), manifiesta que para realizar la descripción morfológica de estructuras fúngicas se hace por medio del microscopio óptico efectuando visualizaciones en los lentes de 20x, 40x, 60x y 100x (Inmersión en aceite) mediante el examen del material usado para la tinción y montaje, donde se determina la forma de las hifas, tamaño de las esporas, forma y tamaño de estructuras fungosas.

1.3.2.2. Caracterización microscópica

Estrada y Ramírez (2019, p. 25) manifiestan que para caracterización morfológica de los aislados obtenidos es necesario realizar placas de crecimientos de hongos, para su posterior observación en el microscopio y determinar las características observadas; además, manifiestan que las placas se realizan de dos formas que son:

1) Placa realizada con estilete:

En condiciones estériles, se coloca sobre una lámina porta-objeto, una gota de lactoglicerol, se toma con un estilete una pequeña porción del hongo en crecimiento de la caja de Petri, y se procede a dispersarla levemente con la ayuda de otro estilete; se cubre con un cubre-objetos y se determinan las características morfológicas con el microscopio, primero con objetivo de menor aumento y después con objetivo de mayor aumento.

2) Placa realizada con cinta adhesiva:

En condiciones estériles, se toma una porción de cinta adhesiva transparente con los dedos pulgar y anular (la parte pegante de la cinta dirigida hacia el cultivo del hongo, de donde se toma la muestra), se acerca la cinta al cultivo por la parte pegante y suavemente con el dedo índice se hace una pequeña presión sobre el cultivo, se retira y con la ayuda de la otra mano se extiende la cinta, se pega bien sobre un porta-objeto que contiene una gota de lactoglicerol, se deja reposar por un minuto (mientras se tiñen las estructuras) y después se observa al microscopio, primero con el objetivo de menor aumento y posteriormente con objetivos de mayor aumento.

1.3.2.3. Caracterización microscópica por microcultivos

Cando y Cárdenas (2017: p. 47) mencionan los que los microcultivos son necesarios para la caracterización microscópica mediante la metodología descrita a continuación:

Para cada hongo aislado la realización de microcultivos se seleccionaron colonias en medio PDA. Se colocaron tres gotas de medio PDA en una lámina portaobjetos, para luego sembrar la colonia seleccionada y cubrirla con una lámina cubreobjetos. Este cultivo se colocó en una caja Petri, sobre papel humedecido, previamente tratado con luz UV. Se incubó a 25°C alrededor de ocho días, con revisión periódica.

Luego se registran datos como ausencia o presencia de septos, pigmentos, fíbulas, somatogamia, ausencia o presencia de fiálides, clamidosporas, ascas, basidios, esporangios, rizoides, microconidias, macroconidias, conidióforos y conidios de acuerdo a Barnett y Hunter (1972).

1.3.3. Caracterización molecular

Se puede realizar estudios moleculares mediante la metagenómica en donde se puede obtener desde perfiles metagenómicos de diferentes ambientes, sobre todo del suelo hasta secuenciación de ADN templados directamente del sustrato. De esta manera, se ha logrado identificar un gran número de especies no cultivables. Una de las técnicas que permite observar y comparar perfiles metagenómicos de las comunidades microbianas es la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con cebadores para regiones conservadas en electroforesis en gel con gradiente desnaturizante (DGGE). Esta metodología se utiliza para obtener perfiles de la estructura de la comunidad de hongos y otros microorganismos, y monitorear las modificaciones o impactos debidos a prácticas agrícolas o actividades industriales, entre otras (Moreno et al., 2019: p. 29).

El polimorfismo natural de la región ITS del rDNA entre especies de hongos puede utilizarse para la evaluación de comunidades de hongos de suelo. En el análisis automatizado del espaciador intergénico ribosomal (ARISA), el DNA fúngico es extraído del suelo y amplificado por PCR utilizando Primers específicos para la región ITS con uno de los Primers marcados con fluorescencia. Después de la amplificación, los diferentes fragmentos de ITS son separados en un gel y posteriormente detectados y cuantificados en un secuenciador automático. El ARISA de hongos es una técnica altamente sensible; sin embargo, el polimorfismo intra-específico del ITS puede presentar problemas en la separación de distintas especies filogenéticas (Pfenning y Magalhães, 2015: pp. 257-260).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Características de los lugares

2.1.1. Localización en campo

La presente investigación se realizó en cinco localidades de Santa Cruz provincia de Galápagos en la cuales se cultivan diferentes productos agrícolas como es el melón, tomate riñón, café, maíz amarillo, cultivo de Kale, etc.

2.1.2. Ubicación geográfica del área de estudio

En la **Tabla 1-2** y **Tabla 2-2** se encuentra el listado de sitios muestreados y tipos de cultivo en la provincia de Galápagos, cantón Santa Cruz, parroquia Bellavista además se especifica que las muestras de suelo fueron obtenidas a 30 cm de distancia de la planta.

Tabla 1-2: Sector, tipo de cultivo, coordenadas (x, y) y área de cultivo de las muestras estudiadas

Código	Sector	Tipo de cultivo	Coordenadas		Área de cultivo
			X	Y	
PTGM1A	Camino Viejo	Cultivo de hoja Kale (muestra 1)	798390	9922506	200 m ²
PTGM1B	Camino Viejo	Cultivo de hoja Kale (muestra 2)	798390	9922506	200 m ²
PTGM2A	El Cascajo	Melón (muestra 1)	884571	9985470	300 m ²
PTGM2B	El Cascajo	Melón (muestra 2)	884571	9985470	300 m ²
PTGM3	Media Luna	Café (var. Catimor)	797600	9924212	2500 m ²
PTGM4	La Fortuna	Café (var. Típica)	797600	9924212	2500 m ²
PTGM5	El Cascajo	Tomate	884571	9985470	500 m ²
PTGM6A	Media Luna	Maíz Amarillo (muestra 1)	797600	9924212	1500 m ²
PTGM6B	Media Luna	Maíz Amarillo (muestra 2)	797600	9924212	1500 m ²
PTGM7A	Media Luna	Bosque no intervenido (muestra 1)	797600	9924212	7 ha
PTGM7B	Media Luna	Bosque no intervenido (muestra 2)	797600	9924212	7 ha
PTGM8	El Cascajo	Pimiento	884571	9985470	500 m ²

Fuente: Islas Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

Tabla 2-2: Cantón, parroquia, sector y propietario de cada una de las muestras estudiadas

Código	Cantón	Parroquia	Sector	Propietario
PTGM1A	Santa Cruz	Bellavista	Camino Viejo	Henderson Palmer Scoot Joseph
PTGM1B	Santa Cruz	Bellavista	Camino Viejo	Henderson Palmer Scoot Joseph
PTGM2A	Santa Cruz	Bellavista	El Cascajo	José Ramiro Gaona Abad
PTGM2B	Santa Cruz	Bellavista	El Cascajo	José Ramiro Gaona Abad
PTGM3	Santa Cruz	Bellavista	Media Luna	Caimiñagua Carrión Hirlanda María
PTGM4	Santa Cruz	Bellavista	La Fortuna	Caimiñagua Carrión Hirlanda María
PTGM5	Santa Cruz	Bellavista	El Cascajo	José Ramiro Gaona Abad
PTGM6A	Santa Cruz	Bellavista	Media Luna	Caimiñagua Carrión Hirlanda María
PTGM6B	Santa Cruz	Bellavista	Media Luna	Caimiñagua Carrión Hirlanda María
PTGM7A	Santa Cruz	Bellavista	Media Luna	Caimiñagua Carrión Hirlanda María
PTGM7B	Santa Cruz	Bellavista	Media Luna	Caimiñagua Carrión Hirlanda María
PTGM8	Santa Cruz	Bellavista	El Cascajo	José Ramiro Gaona Abad

Fuente: Islas Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

2.1.3. Condiciones climáticas de las zonas de estudio

Tabla 3-2: Condiciones climáticas de la zona de estudio

Localidades	Temperatura promedio	Precipitación Anual
Camino Viejo	25 ° C a 22 ° C	1590 mm
El Cascajo	29 ° C a 21 ° C	1084 mm
Media Luna	25 ° C a 22 ° C	1098 mm
La Fortuna	24 ° C a 23 ° C	702 mm

Fuente: Google Earth

Realizado por: Freire D., 2022.

2.1.4. Localización del laboratorio

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicado en la Panamericana Sur km 1/2, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, Ecuador.

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. *Materiales de Campo*

Etiquetas adhesivas, barreno, pala, balde, bolsa plástica.

2.2.2. *Equipos de campo*

GPS, cámara fotográfica

2.2.3. *Materiales de laboratorio*

Envases plásticos (500 mL), cajas Petri (90 mm Ø), parafilm, juego de tamices, pipetas, probeta (100 mL y 1000 mL), tubos de ensayo (35mL), micropipeta (10 µL, 100 µL y 1000 µL), vasos de precipitación (50 mL y 100 mL), matraz Erlenmeyer (250 mL), porta y cubre objetos, cinta adhesiva, papel aluminio, cucharas desechables, palillos, vidrios fusibles, papel toalla, fundas plásticas transparentes de polietileno (20 x 30 cm), pinzas, puntas de micropipeta (10 µL, 100 µL y 1000 µL), microtubos (2 mL, 1,5 mL y 200 µL), morteros, pistilos, sobres de manila, sorbetes.

2.2.4. *Equipos de laboratorio*

Autoclave (BIOBASE BKQ-B100II), cámara de flujo laminar vertical (BIOBASE BSC-1500IIA2-X), microscopio óptico (LEICA DM 150), incubadora (MEMMERT UN 30), mechero de Bunsen, estereoscopio (COMECTA – IVYMEN 5313309), adaptador de cámara fotográfica a microscopio (CANON SLR/DSLR), cámara fotográfica (CANNON), cámara de esporulación, baño María (STABLE TEMP 14575-16), centrifuga (EPPENDORF 5424), ultracongelador (BIOBASE BDF-40V450), agitador orbital (COMENTA-IVYMEN 5312096), agitador magnético (STABLE TEMP 03407-00), balanza de precisión (RADWAG AS220.R2), vortex (QILINBEIER QL-901), bioespectrofotometro (EPPENDORF Basic), cuba electroforesis (FISHER SCIENTIFIC FB-SB-710), fuente de poder para electroforesis (FISHER SCIENTIFIC FB300), termociclador (EPPENDORF Vapo.protect), transiluminador UV (FISHER SCIENTIFIC 88A), destilador de agua (BOECO WS 8000), secador de vidrio (SELECTA 200038), microondas (Panasonic 900w), pH Portable (MILWAUKEE'S Mi.805), refrigeradora (Durex).

2.2.5. Reactivos e insumos

Agua destilada estéril, Papa Dextrose Agar al 3.9% (PDA Difco™), Bacto-Agar al 2.8% (Difco™), SNA (Spezieller Nährstoffarmer Agar), NaCl, Sulfato de estreptomicina, Chloramphenicol (BIO BASIC), nitrógeno líquido, Master Mix, 2X (Go Taq® Green), alcohol antiséptico, Lactoglicerol, avena, LE Agarosa (Cleaver Scientific CSL-AG 100), Primers (EXXTEND), Agua ultrapura, Kit de extracción de ADN (PROMEGA Wizard® Genomic DNA), cloroformo alcohol isoamílico (24:1), isopropanol frío, etanol, Nuclei Acid Staining Solution (UniSafe Dye), Tris-Borate-EDTA Buffer (SIGMA), 10X BlueJuice™ Gel Loading Buffer (Invitrogen), DNA Ladder Bench Top 100 pb (PROMEGA), Sulfato de potasio 99% (LOBAL Chemie), Nitrato de potasio 99% (LOBAL Chemie), Sulfato de magnesio heptahidratado 99,5% AR/ACS (LOBAL Chemie), KCl, Glucosa, Sucrosa D (+)-Saccharose, Sugar (LOBAL Chemie), ácido cítrico Monohydrate 99,5-102% (LOBAL Chemie).

2.2.6. Materiales y Equipos de oficina

Computadora, hojas, impresora, lápiz, esfero, libreta, marcador.

2.2.7. Material biológico

Muestras de suelo con microorganismos

2.3. Metodología

2.3.1. Obtención de las muestras de suelos agrícolas de cinco localidades de la Isla Santa Cruz - provincia de Galápagos.

Para la toma de muestra se utilizó el recorrido en X el cual es un método sencillo, y apropiado para sitios homogéneos el cual consiste en recolectar las muestras en forma de X.

Al momento de la toma de la muestra se ubicó en un extremo (esquina) de un lote determinado y se tomó una submuestra con la ayuda del barreno a una profundidad de 30 cm y se colocó en un balde. Luego se dirigió a otra esquina del terreno y se tomó otra submuestra, se realizó el mismo procedimiento para las otras dos esquinas restantes. A continuación, se tomó otra submuestra del centro del terreno formando una cruz. Inmediatamente se mezcló todas las submuestras para obtener una sola muestra homogénea, luego se tomó una muestra de

aproximadamente 1 Kg de suelo (Pulgar et al., 2014: p. 5). No se puede utilizar el muestreo en zigzag ya que es un procedimiento aplicado en tierras muy homogéneas y planas; típicas en cultivos anuales, pastos y semi perenes.

2.3.2. Aislamiento e identificación de microorganismos fúngicos asociados a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz.

El aislamiento se realizó mediante la técnica de diluciones seriadas y siembra en placa mediante esparcimiento de la muestra de suelo para lo cual se detalla los procedimientos y materiales a continuación:

2.3.2.1. Solución salina

La solución salina al 0,85 % fue preparada utilizando 2,13 g de cloruro de sodio en 250 mL de agua destilada esterilizando en autoclave (BIOBASE BKQ-B100II) a 120 °C durante 60 min aproximadamente, posteriormente se adicionaron cada uno de los suelos en una cantidad de 27,77 g en cada uno de los 250 mL de solución salina, posteriormente se llevaron a agitación en un agitador orbital (COMENTA-IVYMEN 5312096) a una temperatura de 25 °C, a 160 rpm por 24 h.

2.3.2.2. Blancos de dilución

Los blancos de dilución fueron preparados colocando 9 mL de agua destilada estéril en tubos de ensayo, posteriormente se añadió 1 mL de la solución madre para obtener una dilución de 10^{-1} .

2.3.2.3. Siembra

De la dilución 10^{-1} se sembraron cada una de las diluciones preparadas de los suelos de las diferentes localidades en medio de cultivo PDA + Chloramphenicol (5%) y Streptomina (1%), se sembraron 50 µL de la dilución y se expandió la misma con una espátula drigalsky, luego se sellaron las cajas con papel parafilm, se etiquetaron, posteriormente se incubaron a 28 °C en condiciones de oscuridad por 10 días. El crecimiento de los hongos se monitoreo cada 24 h.

2.3.2.4. Cultivos puros

Los cultivos puros fueron realizados en medio de cultivo PDA + Chloramphenicol (5%) y Streptomycin (1%), para lo cual se tomó una fracción de micelio de cada una de las colonias crecidas y se las pasó a medio PDA estéril, se selló con papel parafilm y se etiquetó, luego se las incubó a 28 °C en condiciones de oscuridad por aproximadamente 10 días.

2.3.2.5. Cultivos Monospóricos

Los cultivos monospóricos fueron realizados según la metodología de Branner et al. (2013: pp.49-50) con las siguientes modificaciones:

En tubos de ensayo se colocaron 10 mL de agua destilada estéril, luego se raspó con un palillo estéril los cultivos puros de 10 días de edad crecidos en medio PDA, luego se agitó en un vortex (QILINBEIER QL-901) por 10 s hasta obtener una suspensión de esporas, posteriormente se sembró la suspensión de esporas en medio de cultivo Agar + Chloramphenicol (5%) y Streptomycin (1%), se selló con papel parafilm y se incubó a 28 °C en condiciones de oscuridad por 24 h de forma lateral. Pasadas las 24 h se observó la germinación de las esporas y con un estereoscopio y con el palillo estéril se tomó la fracción de medio de cultivo en donde se encontraba una sola espora y se transfirió a una caja de Petri con medio PDA + Chloramphenicol (5%) y Streptomycin (1%), se selló con parafilm, se etiquetó y se incubó a 28 °C en condiciones de oscuridad por 10 días aproximadamente. El crecimiento de los aislados se monitoreó cada 24 h.

2.3.2.6. Preservación mediante el método de Castellani

Los cultivos obtenidos fueron preservados según la metodología de Castellani descrita por Fernández et al., (2014) con algunas modificaciones:

En microtubos de 2 mL se añadieron aproximadamente 1,5 mL de agua destilada estéril, luego se cortaron discos de aproximadamente 5 mm de diámetro de los cultivos monospóricos con sorbetes estériles y se coloraron aproximadamente de 5 a 6 discos en los microtubos con los palillos estériles, se tapó herméticamente el microtubo, se etiquetó y se almacenaron en una caja de plástico a temperatura ambiente.

2.3.3. Caracterización cultural

En la caracterización cultural se evaluaron los criterios expuestos por Ramos, Beatriz (2014) con algunas modificaciones. Se evaluó la forma (irregular, rizoide, filamentosa, circular, puntiforme), el borde (rizado, filamentoso, crenado, ondulado, entero), la elevación (efusa, plana, rizada, convexa, umbonada), la superficie (rugosa, concéntrica, radial, ondulada, lisa) y el color. El color se evaluó mediante la escala de Pantone (Pantone Coated Color Reference, 2012).

2.3.4. Caracterización morfológica

2.3.4.1. Microcultivos

Los microcultivos fueron realizados utilizando la metodología de Frey, Fran (2019) con algunas modificaciones: En una caja de Petri se colocó una toalla estéril, luego se ubicó un sorbete estéril en forma de “V”, inmediatamente se añadieron aproximadamente 2,5 mL de agua destilada estéril, se sumergió una placa portaobjetos en medio de cultivo SNA (Spezieller Nährstoffarmer Agar) + Chloramphenicol (5%) y Streptomycin (1%) (**ANEXO A**), luego se limpió un extremo de la placa portaobjeto con una toalla estéril. Con un palillo estéril se tomó una fracción de micelio del hongo crecido en medio PDA con 10 días de edad, luego se colocó el cubreobjetos sobre el medio inoculado, se etiquetó y se llevó a la cámara de esporulación con luz blanca y negra con 12 h de luz y 12 h de oscuridad, a una temperatura de 28 °C. Pasada las 24 h se observaron las estructuras fúngicas en el microscopio, se tomaron registros fotográficos para una posterior identificación de las mismas. La caracterización cultural y morfológica se realizó mediante la metodología propuesta por Barnett & Hunter (1972), Martínez (2003, p. 43), Astorga-Quirós et al. (2013: p. 67), Estrada y Ramírez (2019: p. 45), entre otros.

2.3.4.2. Montaje de placas con cinta adhesiva

Las placas con cinta adhesiva se realizaron siguiendo la metodología de Estrada & Ramírez (2019, p. 25) con algunas modificaciones:

En la placa cubreobjetos se añadió una gota de lactoglicerol, luego se tomó una porción de cinta adhesiva, después se acercó la cinta hacia el cultivo con la parte pegante dirigida hacia el hongo, luego con el dedo índice se presionó suavemente el cultivo, luego se retiró la cinta y se pegó en la placa portaobjetos. Posteriormente se observó en el microscopio.

2.3.5. Caracterización molecular de los morfotipos aislados mediante la PCR de la región ITS₁-ITS₄.

2.3.5.1. Obtención de micelio para extracción de ADN genómico

Se sembró una fracción de micelio de cada hongo purificado cultivado en PDA con 10 días de edad en medio de cultivo Agar Avena (40 g/L) + Chloramphenicol (5%) y Streptomycin (1%) (**ANEXO B**) luego se selló, etiquetó y se incubó en condiciones de oscuridad a 28 °C por 10 días. Luego se raspó el micelio de cada hongo con una cuchara estéril, se dejó secar en una hoja estéril, posteriormente se tapó con papel aluminio, se colocó dentro de un sobre de manila estéril, este se introdujo en una funda ziploc y se lo llevó al ultracongelador (BIOBASE BDF-40V450) a -40 °C para su posterior procesamiento.

Nota: El medio de cultivo Agar Avena debe tener un pH entre 6 a 6,5, si es mayor a este se puede acidificar con ácido cítrico.

2.3.5.2. Extracción de ADN genómico

1. Se colocó aproximadamente 1 g de micelio en un mortero estéril, se adicionó nitrógeno líquido, con el pistilo se maceró hasta obtener un polvo fino, luego con la cuchara estéril se colocó en un microtubo de 2 mL y se guardó a -40 °C.

2. Seguidamente con el micelio macerado se utilizó el kit de extracción PROMEGA Wizard® Genomic DNA con las siguientes modificaciones del protocolo propuesto por el fabricante.

3. Posteriormente se adicionaron 600 µL de solución de lisis nuclear agitándola en un vortex (QILINBEIER QL-901) por 3 s y después incubándola a 65 °C por 15 minutos, invirtiendo los tubos cada 5 min.

4. Consecutivamente se adicionaron 200 µL de solución de precipitado de proteínas, luego se llevó a un vortex por 20 s, posteriormente se centrifugó por 10 min a 14000 rpm. El precipitado de proteínas formó un pellet, seguidamente se transfirió el sobrenadante conteniendo ADN para un nuevo microtubo (2 mL), a continuación se añadieron 600 µL de cloroformo-alcohol-isoamílico (24:1), se agitó en un vortex (QILINBEIER QL-901) por 20 s, luego se centrifugó por 8 min a 14000 rpm y finalmente se transfirió el sobrenadante (\pm 600 µL) conteniendo el ADN para un nuevo microtubo (2 mL).

5. Luego se adicionaron 600 μL de isopropanol frío mezclando la solución invirtiendo los tubos, después se dejó la solución en el congelador por 10 min y finalmente se centrifugaron los tubos a 14000 rpm por 10 min.

6. Observando que ha existido la formación del pellet se descartó cuidadosamente el sobrenadante, finalmente se procedió a realizar dos lavados con etanol al 70% frío, en cada lavado se adicionaron 600 μL de etanol al 70% frío y se centrifugó a 14000 rpm por 5 minutos. Luego se descartó el etanol y se dejaron los tubos de forma horizontal con tapa abierta sobre papel toalla para el secado del pellet.

7. Finalmente después de aproximadamente 12 h, se resuspendieron los pellets con 50 μL solución Buffer (TE) y 2 μL de RNasa en cada tubo incubando a 37° C por 3 h, luego se almacenó el ADN en el ultracongelador (BIOBASE BDF-40V450) a -20 °C hasta su posterior uso.

2.3.5.3. PCR

Para la identificación molecular de los diferentes morfotipos obtenidos se empleó la técnica de la amplificación en cadena de la ADN con los iniciadores ITS₁ e ITS₄ (**Tabla 4-2**).

Tabla 4-2: Primes utilizados para la PCR

Código	Secuencia
ITS ₁ F (Forward)	5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA- 3'
ITS ₄ R (Reverse)	3'-TCCTCCGTTATTGATATGC- 5'

Fuente: White et al., 1990

Realizado por: Freire D., 2022.

- Para la reacción de PCR se utilizó los siguientes reactivos:

6,25 μL de Master Mix, 2X Go Taq® Green, 1 μL (1 pmol) primer Forward (ITS₁), 1 μL (1 pmol) primer Reverse (ITS₄), 2,25 μL de agua ultrapura estéril y 2 μL (ng / μL) de ADN de cada uno de los aislados dando un total de 12,5 μL por cada reacción de PCR.

- El programa de amplificación por PCR consistió de los siguientes pasos:

Desnaturalización inicial 95 °C durante 5 min, y 40 ciclos de las condiciones, 95 °C durante 60 s (desnaturalización), 55 °C durante 60 s (anelamiento), 72 °C durante 60 s (extensión) y finalmente se realizó una última extensión a 72 °C durante 5 min, en el termociclador.

2.3.5.4. PCR específicas para el género *Trichoderma*

Para la identificación molecular de los diferentes aislados de *Trichoderma* obtenidos se empleó la técnica de la amplificación en cadena de la ADN con iniciadores específicos para determinar la especie de los aislados de *Trichoderma*. (Tabla 5-2).

Tabla 5-2: Conjunto de primers utilizados en PCR para *Trichoderma*.

Código	Secuencia
<i>Trichoderma_spp.ITrichF</i>	5'-GAACCCCTCCGGGGGGHC- 3'
<i>Trichoderma_spp.ITrichR</i>	3'-TGTGCAAACACTACTGCGCAKGA- 5'
<i>T.harzianum_tef1.EHarF2</i>	5'-TCTGCTTCGCTCTTACTGC - 3'
<i>T.harzianum_tef1.EHarR2</i>	3'-TGTGTGAAGTTGATGGAAAG - 5'
<i>T.harzianum_rpb2_Th1F</i>	5'-TTGCATGGGTTTCGCTAAAGG - 3'
<i>T.harzianum_rpb2_Th1R</i>	3'-TCTTGTCAGCATCATGGCCGT - 5'
<i>T.longibrachiatum_tef1_T1F</i>	5'-CCGTGAGTACACACCGAGCTT - 3'
<i>T.longibrachiatum_tef1_T1R</i>	3'-CGGCTTCCTGTTGAGGGGA- 5'

Fuente: Zhou et al., 2021: p.5; Prabhakaran et al., 2014: p.4

Realizado por: Freire D., 2022.

2.3.5.5. Electroforesis

Para comprobar la amplificación de los productos de PCR se realizó una electroforesis en gel de agarosa a una concentración de 1% adicionando Nuclei Acid Staining Solution UniSafe Dye (agente intercalante de ADN) en un volumen de 3 µL/60 mL de gel, usando Tris borato EDTA Buffer (TBE) a una concentración del 10%.

Las muestras de los productos de PCR fueron cargadas en los geles en un volumen de 2 µL, con 3 µL buffer de carga (10X BlueJuice™ Gel Loading Buffer), en el primer posillo de los geles se carga 2 µL DNA Ladder Bench Top 100 pb (PROMEGA) con 3 µL buffer de carga (10X BlueJuice™ Gel Loading Buffer) para determinar el tamaño de la cadena de ADN, por 70 min,

con un voltaje de 80 voltios. Después de la electroforesis los productos de PCR fueron visualizados en un transiluminador UV (FISHER SCIENTIFIC 88A).

2.3.5.6. Secuenciación

Los productos de PCR obtenidos fueron secuenciados utilizando la tecnología SANGER en la empresa MACROGEN COREA.

2.3.5.7. Análisis de las secuencias

Los electroferogramas se visualizaron en el programa Chromas Technelysium Pty Ltd versión 2.6.6 y se editaron las partes de mala calidad, luego las secuencias fueron exportadas a formato fasta, además mediante la herramienta Blast del NCBI (National Center for Biotechnology Information) se realizó la comparación de las secuencias mediante el % de identidad, % de cobertura, e-value, obtenidas con la de los bancos de datos.

2.4. Método de evaluación y registro de datos

2.4.1. Número de muestras colectadas

Se elaboró una matriz que contempló lo siguiente: sector, tipo de cultivo, coordenadas, área de cultivo, cantón, parroquia, propietario.

2.4.2. Localidades

Los registros de las zonas dentro de las localidades se realizaron mediante el dispositivo GPS “Sistema de Posicionamiento Global”, donde se tomaron coordenadas geográficas (latitud y longitud) y la altitud.

2.4.3. Análisis de la diversidad fúngica asociada a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz- Galápagos

Los aislados caracterizados cultural, morfológica y molecularmente e identificados fueron utilizados para el análisis de diversidad fúngica asociada a suelos agrícolas de cinco localidades de Santa Cruz, utilizando una matriz de abundancia relativa de géneros, posteriormente fueron agrupados en OTUs (Unidades Taxonómicas Operacionales). Los gráficos con la composición taxonómica de los géneros fueron realizados utilizando el programa R 4.1 (R Development Core

Team) y las librerías ggplot2. Los análisis de diversidad de hongos fueron calculados utilizando los Índices de Diversidad (ID). La diversidad Alfa (la diversidad que existe dentro de cada muestra) fue calculada utilizando la serie de Hill, que lleva en consideración el número efectivo de OTUs para calcular la riqueza ($q=0$), diversidad de Shannon ($q=1$) y la diversidad de Simpson ($q=2$) usando la librería iNEXT en el programa R 3.6. La diversidad entre las diferentes localidades, fueron analizadas posteriormente utilizando: estadística descriptiva, donde se utilizará descriptores como: media y mediana; y estos datos se compararon mediante gráficos de barras o diagramas de boxplot (caja y bigote), y estadística no paramétrica.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización cultural, morfológica e identificación de los microorganismos fúngicos.

Morfotipo_2: *Penicillium* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_2** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron forma circular, elevación convexa, borde entero, irregular, superficie radial, elevación plana; el color observado en el anverso de la colonia fue un tono verdoso (553 C) y en el reverso de la colonia fue un café pálido (458 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). **Tabla 6-3. (Figura 12-3).** El tamaño aproximado de las esporas fue de 3,2 μm x 3,3 μm .

Tabla 6-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Penicillium* sp.

Morf.	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (μm)	
							L	A
M2	Circular	Convexa	Entero	Radial	Verde (553 C)	Café pálido (458 C)	3,2	3,3
M34	Irregular	Plana	Entero	Lisa	Verde oliva (330 C)	Amarillo pálido (1205 C)	4,8	4,8

Realizado por: Freire D., 2022.

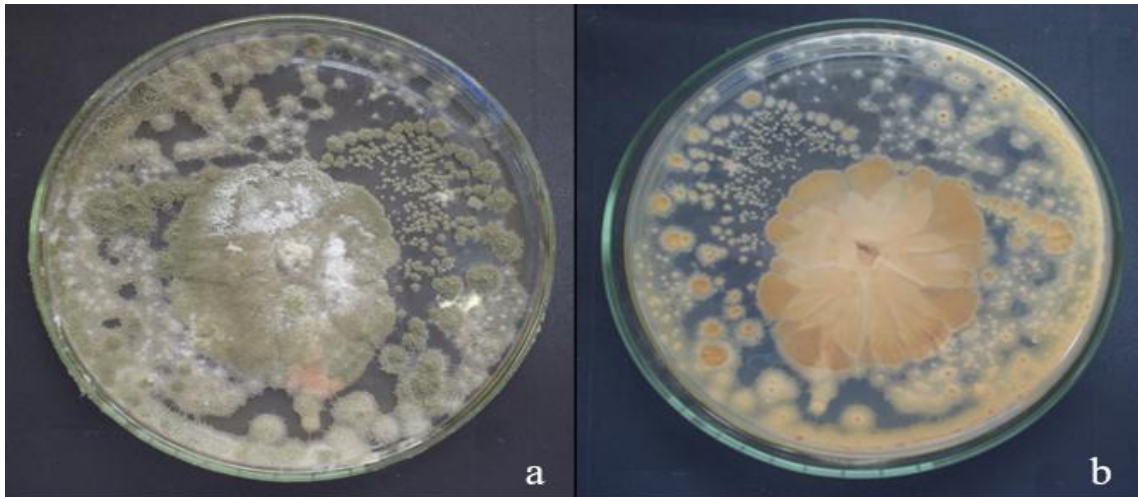


Figura 12-3. Características culturales de *Penicillium* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados de **Morfotipo_2** presentaron hifas hialinas septadas, conidióforos en forma de pincel. El conidióforo está unido a las hifas mediante la estipe, además el conidióforo es terverticulado característico de este género, de la estipe se formaron dos métulas de forma cilíndrica y paredes lisas, las métulas se sostienen a las fiálides, en el extremo apical de la fiálide se desarrollaron conidios ($3,2 \mu\text{m} \times 3,3 \mu\text{m}$) esféricos, hialinos, unicelulares, los cuales forman una cadena. Los conidios generados en fiálides suelen llamarse fialoconidios. (**Figura 13-3**).

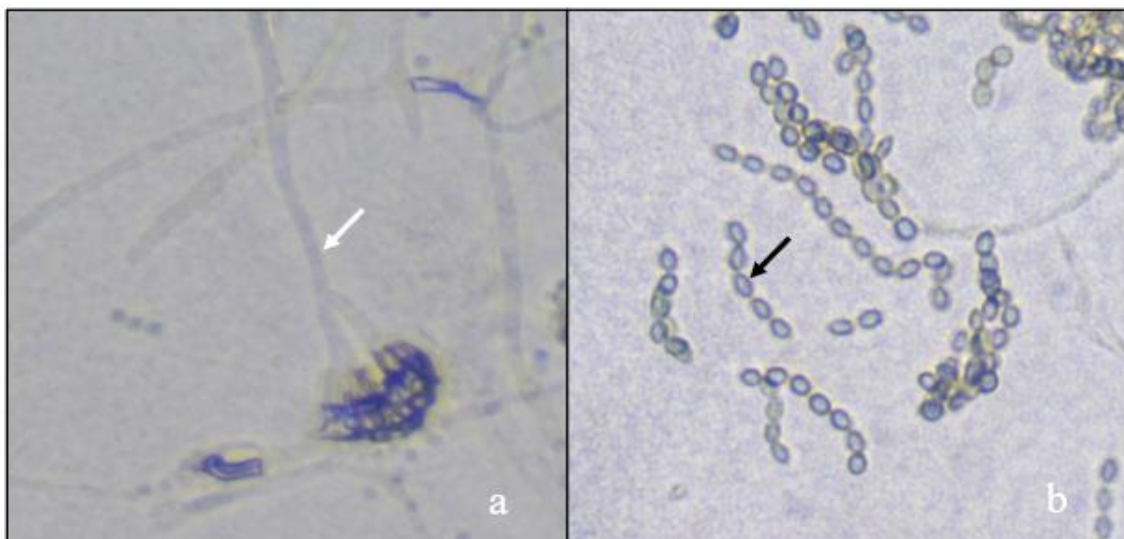


Figura 13-3. Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de aislados de *Penicillium* sp., crecidos en medio PDA. a) conidióforos en forma de pincel, b) conidios

Realizado por: Freire D., 2022.

Con base en las características culturales y morfológicas de los aislados **Morfotipo_2**, estos coinciden con el género *Penicillium* sp obtenidos en este estudio y fueron similares a los descritos por Webster et al., (1986), quien describe que las colonias son mayoritariamente verdes, verde azulado, verde oliva, verde o gris. La pared de la espora es lisa o rugosa según la especie. Además, Martínez (2003, p. 43), menciona que la ontogenia es holoblástica, por lo que todas las capas de la pared celular conidiógena están involucradas en la formación del conidio y la secesión conidial es esquizolítica, lo que implica que el conidio, cuando madura, se libera de la célula conidiógena por escisión del tabique divisorio creado entre ésta y el conidio, lo que permite la formación de cadenas. El género *Penicillium* sp. es un hongo de crecimiento relativamente rápido que está presente en todos los ambientes, como en los cultivos de ajo, invade tubérculos, aprovechando heridas o cualquier condición de estrés durante la germinación, brota y crece, esto provoca lesiones amarillas cubiertas de moho blanco que luego se pone verde (por fructificaciones), lo que impide que el tubérculo germine y si lo hace, tiene poco vigor hasta la muerte (Astorga-Quirós et al., 2013: p. 67).

Penicillium sp. es uno de los hongos más comunes en una amplia variedad de hábitats, tiene una distribución mundial y un gran impacto económico en la vida humana, este género es de gran importancia en campos diversos, como el deterioro de los alimentos, la biotecnología, las enfermedades de las plantas y medicina, actualmente hay 83 especies aceptadas. Algunas de estas especies, clasificadas como patógenos pre cosecha y pos cosecha, pueden conducir a una severa disminución de los cultivos alimentarios. *Penicillium* también puede producir una amplia gama de metabolitos secundarios, incluidas varias micotoxinas dañinas, compuestos antibacterianos y antifúngicos, inmunosupresores y agentes reductores del colesterol. El mejor ejemplo de un fármaco derivado de un hongo es la penicilina, el primer antibiótico de la historia. La biosíntesis de varios metabolitos secundarios, como las micotoxinas, depende de varios parámetros ambientales, incluidos los sustratos, el pH, la temperatura, la actividad del agua y las interacciones con otros microorganismos y las interacciones de estos diferentes factores en el entorno natural (Assaf et al., 2020: p.33).

Morfotipo_9: *Smaragdiniseta* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_9** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Smaragdiniseta* sp. presentado forma circular, elevación convexa, borde entero, superficie radial, además el color observado en el reverso de la colonia fue color crema (614 C), al igual que en el anverso de la colonia (Pantone Coated Color Reference, 2012) (**Figura 14-3**).

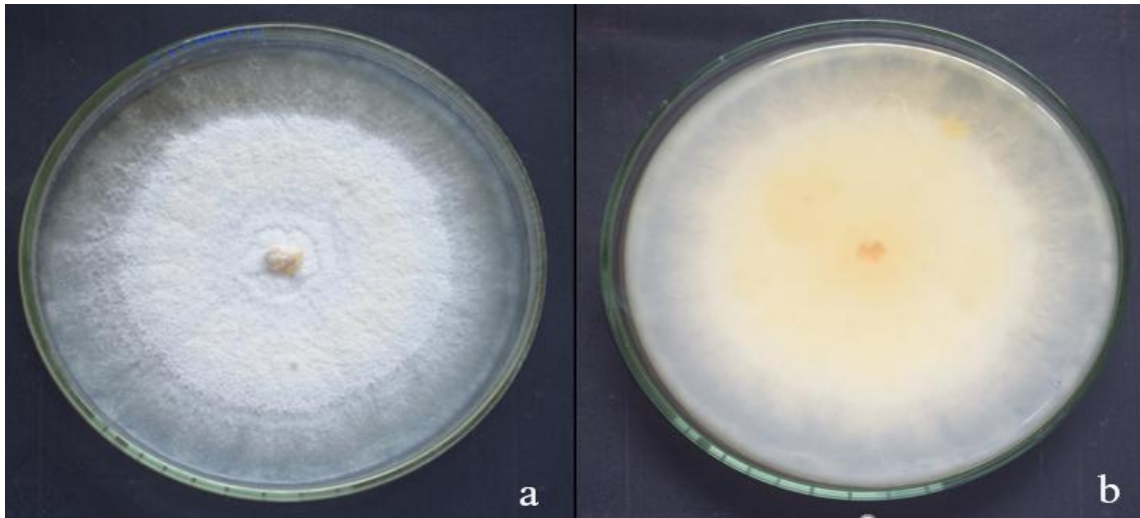


Figura 14-3. Características culturales de *Smaragdiniseta* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_9 (Figura 15-3)** presentaron hifas hialinas marginales que surgen del estroma, rectas o curvas, de paredes delgadas, ramificadas irregularmente, el resto de estructuras reproductivas como conidiomas ovalados a esféricos desarrollados en las colonias, además se observaron conidios y conidióforos, no se lograron observar en la investigación, pero mediante análisis de ADN se logró identificar a este morfotipo como *Smaragdiniseta* sp.

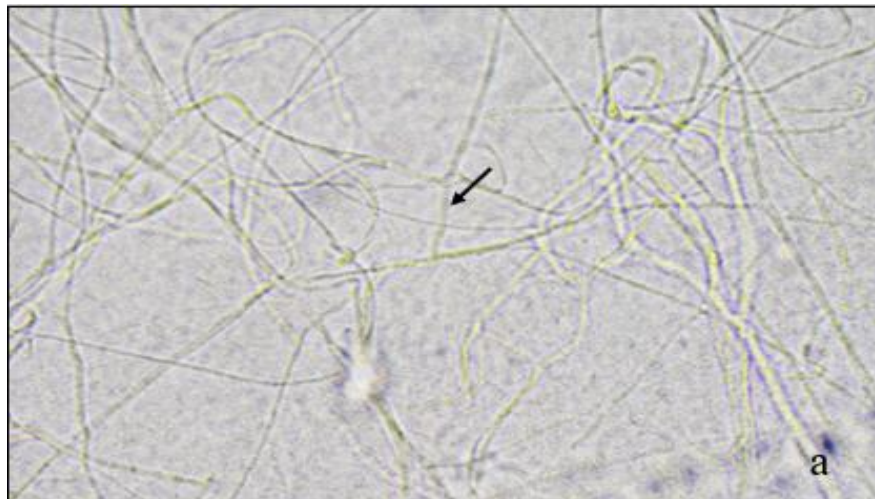


Figura 15-3. Características culturales de *Smaragdiniseta* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) hifas hialinas

Realizado por: Freire D., 2022.

Smaragdiniseta sp presenta varias características morfológicas entre las cuales se encuentran forma sexual desconocida, conidiomas reducidos a conidióforos solitarios o esporodoquios, esporodoquios estromáticos o no estromáticos, superficiales, cupulados, dispersos o gregarios, de contorno ovalado o irregular, a veces con una franja blanca setosa que rodea una masa viscosa de conidios de color verde oliva a verde oscuro, estroma bien desarrollado, hialino, de textura globulosa y textura angularis, hifas marginales que surgen del estroma, rectas o curvas, de paredes delgadas, ramificadas irregularmente, conidiomas simples que consisten en una célula conidiógena, a veces portada en un estípite aseptado corto, que surge directamente de hifas vegetativas, monofialídicas o raramente polifialídicas, conidióforos macronematosos, subverticilados o penicillados ramificados, hialinos, lisos, células conidiógenas fialídicas, hialinas, lisas, cilíndricas a subcilíndricas, que se estrechan en la punta, con collaretes conspicuos y engrosamientos periclinales, conidios aseptados, elipsoidales a obovoides, hialinos, lisos, < 5 µm de longitud, sin un apéndice apical mucoide en forma de embudo (Lombard et al., 2016: p. 84).

Morfotipo_13: *Humicola* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_13** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Humicola* sp presentado forma circular, elevación plana, borde rizado, superficie concéntrica, además el color observado en el anverso de la colonia fue gris claro (417 C) al igual que en el reverso de la colonia (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 4,5 µm x 2,5 µm (**Figura 16-3**).

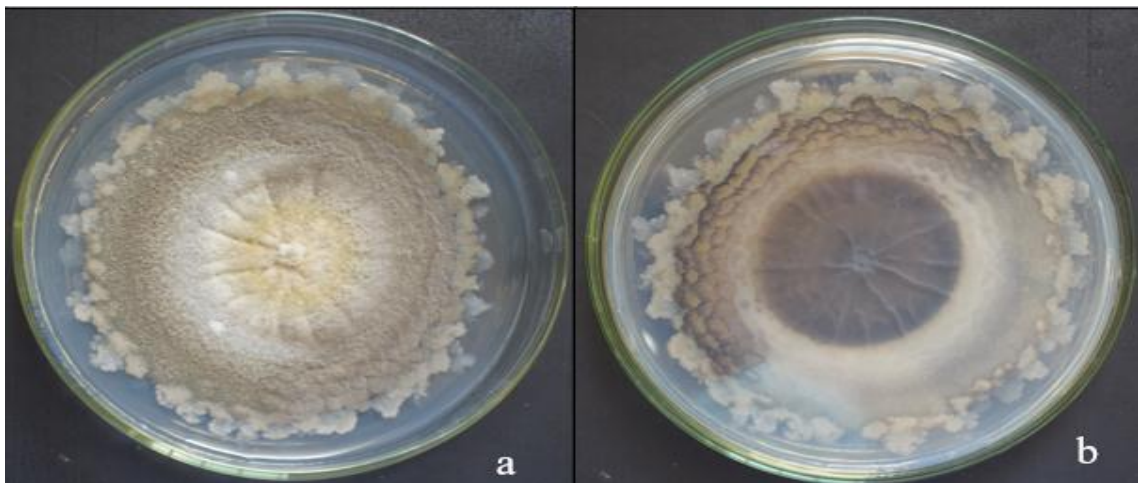


Figura 16-3. Características culturales de *Humicola* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Los aislados de **Morfotipo_13** presentaron hifas hialinas somáticas, subglobosas u achatadas, ocasionalmente piriformes a claviformes, presentaron células conidiógenas fialídicas, conidias en cadenas basipétalas, a veces en cabezas falsas, hialinas, aseptadas, lisas, obovoides, generalmente con base truncada y ápice redondeado (**Figura 17-3**).

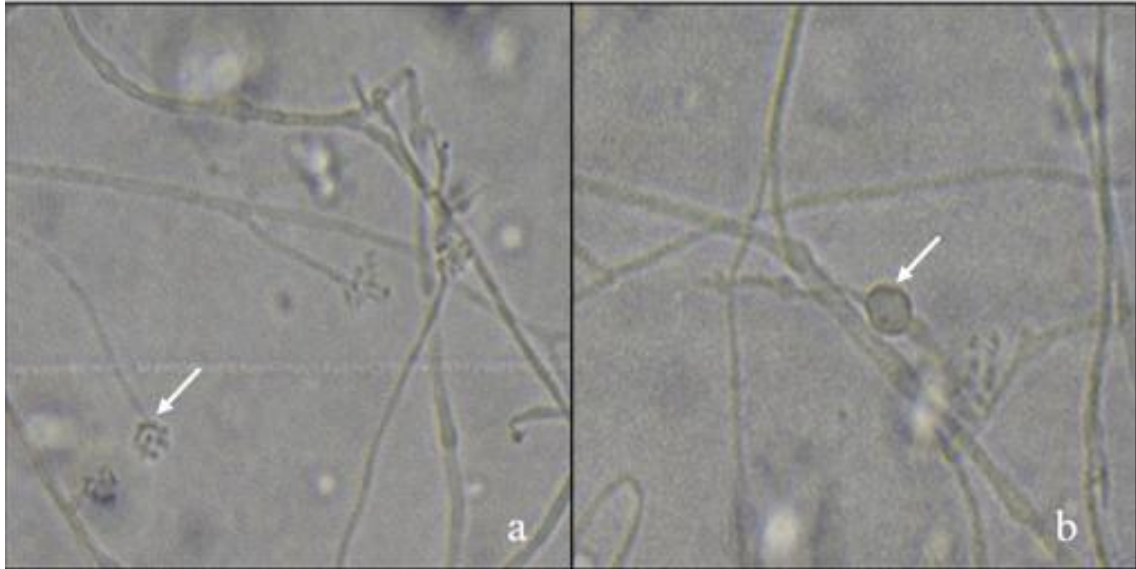


Figura 17-3. Características culturales de *Humicola* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) células conidiógenas fialídicas, b) clamidosporas.

Realizado por: Freire D., 2022.

Además el género *Humicola* sp. presenta características del cultivo donde se encuentran borde entero u ondulado; micelio aéreo espeso, blanco, ante, lúteo pálido u ocre; reverso tono oliváceo, ocre o negro, también entre las estructuras microscópicas se encuentran los conidios productores de morfos asexuales que surgen lateralmente, intercalar o terminalmente de hifas sin conidióforos diferenciados, a veces junto con conidióforos, ascoma ausente o presente, cuando está superficial, o cubierto por hifas aéreas, ostiolado, pelos terminales en forma de setas, flexuosos, ondulados, enrollados o arqueados con ápices curvados a enrollados, aplanado bilateralmente, con un poro germinativo apical, las ascosporas, si están presentes, son limoniformes a cuadrangulares y aplanadas bilateralmente con un poro germinativo apical lo cual concuerda con lo mencionado por Wang et al. (2019: p. 75).

Humicola sp es un género de hifomicetos relacionado con la familia Chaetomiaceae, que incluye hongos comúnmente aislados del suelo y restos de plantas. Estos incluyen la producción de dos tipos de conidios: blastoconidios grandes, oscuros, más o menos globosos, que nacen individualmente en hifas vegetativas y pequeños fialoconidios hialinos, aunque estos últimos se

asocian solo con algunas especies, además algunas especies son frecuentemente aisladas del ambiente; también se sabe que son hongos fuertemente celulolíticos (Wang et al., 2019: p. 76).

Morfotipo_16: *Chaetomium* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_16** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Chaetomium* sp. presentado la forma irregular, elevación rizada, plana, borde crenado, rizado, superficie rugosa, ondulada, además el color observado en el anverso de la colonia fue blanco, y en color en el reverso de la colonia fue anaranjado (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 11,8 µm x 8,3 µm) (**Figura 18-3**) (**Tabla 7-3**).

Tabla 7-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Chaetomium* sp

Morf.	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (µm)	
							L	A
M15	Irregular	Plana	Crenado	Rugosa	Blanco con coral (163 C)	Anaranjado (137 C)	-	-
M16	Irregular	Rizada	Rizado	Ondulada	Blanco	Anaranjado (137 C)	11,8	8,3

Realizado por: Freire D., 2022.

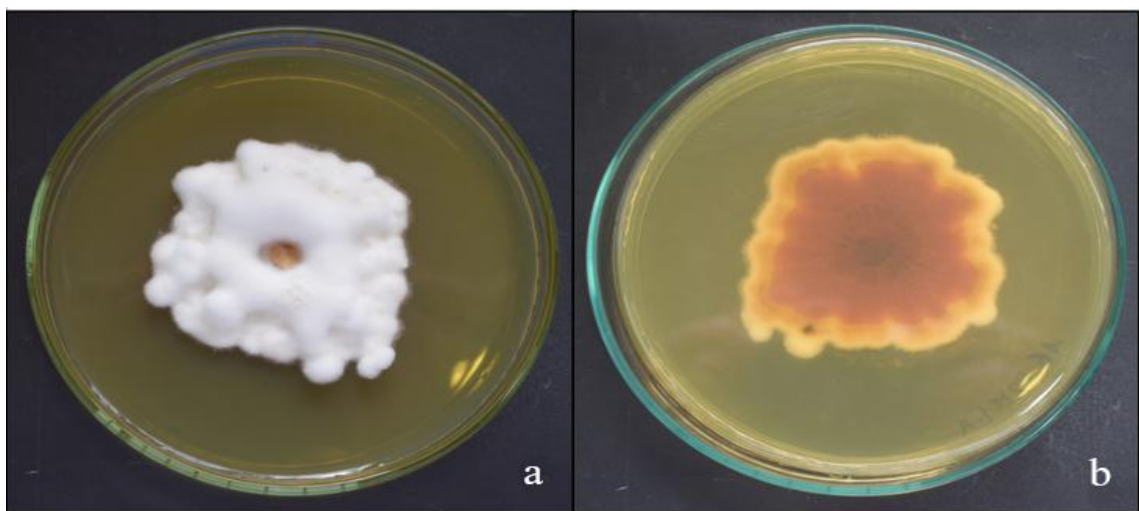


Figura 18-3. Características culturales de *Chaetomium* sp. crecidos en medio de cultivo PDA.

a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_16** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Chaetomium* sp. los cuales son las siguientes: ascomata superficial, ostiolate, verdoso oliváceo o beige oliváceo ligeramente oscuro a gris o verde opaco, subglobosas, ovadas u obovadas, pelos finamente verrugosos, marrones, erectos o flexuosos u ondulados o sueltos en espiral con la parte inferior erecta o flexuosa, estrechándose y desvaneciéndose hacia las puntas, pelos laterales marrones, flexibles, desvaneciéndose y estrechándose hacia las puntas, la mayoría de los aislamientos de interior, con 8 ascosporas dispuestas de manera irregular, evanescente lo cual concuerda con lo manifestado por Houbraken et al. (2016: p. 37), (**Figura 19-3**).

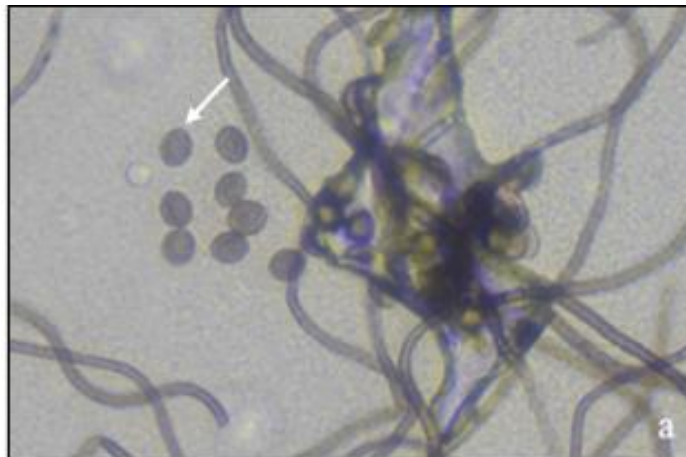


Figura 19-3. Características culturales de *Chaetomium* sp. crecidos en medio PDA. a) ascosporas

Realizado por: Freire D., 2022.

Además los aislados del género *Chaetomium* sp. presentan ascosporas marrones cuando son maduras, limoniformes, generalmente biapiculadas, bilateralmente aplanadas, con un poro germinativo apical, con hifas aéreas escasas de color blanco a beige oliváceo cuando son jóvenes, luego sin hifas aéreas y volviéndose verde citrino, amarillo, verdoso oliváceo a gris oliváceo o verde opaco, debido a la agregación de ascomata, con exudados fulvosos, albaricoque a siena, o exudados oliváceos a grises oliváceos o exudados ocráceos a oliváceos verdosos difusión en el medio; reverso albaricoque, naranja o siena, gris oliváceo a oliváceo o naranja a ladrillo oscuro (Phylogenetic reassessment of the *Chaetomium globosum* species complex, 2016), además las ascosporas unicelulares, lisas y pigmentadas se liberan de los ascos dentro del peritecio, luego se exprimen a través del ostiolo y quedan atrapadas por los pelos enrollados.

El género *Chaetomium* sp. ocupa diversos sustratos (aéreos, terrestres, acuáticos, marinos y patógenos), también a los pelos periteciales que corresponde la fase sexual de las especies de *Chaetomium* se les ha atribuido un valor defensivo como barreras físicas contra los insectos depredadores y funcionan como sacos llenos de mucílago que permiten el transporte de agua basado en la flotación durante la maduración de los peritecios, además produce una gran variedad de metabolitos secundarios, que incluyen quetoglobosinas, quetomugilinas, quetoviridinas y cocloidonas tóxicas, estos productos químicos también tienen potencial para aplicaciones en el control biológico de plagas y el tratamiento del cáncer debido a su alta citotoxicidad (Phylogenetic reassessment of the *Chaetomium globosum* species complex, 2016).

La especie *Chaetomium globosum*, está presente en en una amplia variedad de sustratos, en el aire y en ambientes marinos. Esta especie es reconocida por ser un hongo celulolítico y/o endófito, también es conocida como fuente de metabolitos secundarios con diversas actividades biológicas, teniendo un gran potencial en los campos agrícola, medicinal e industrial, por otro lado la parte negativa del *C. globosum* ha sido reportado como un contaminante del aire que causa efectos adversos para la salud y como agente causal de infecciones fúngicas en humanos (Singh et al., 2021: p. 76).

Morfotipo_20: *Purpureocillium* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_20** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Purpureocillium* sp. presentado la forma circular, elevación convexa, borde entero, superficie lisa, además el color observado tanto en el anverso como en el reverso es un tono violáceo (427 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 2,6 µm x 2,6 µm (**Figura 20-3**) (**Tabla 8-3**).

Tabla 8-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Purpureocillium* sp

Morf.	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (µm)	
							L	A
M20	Circular	Convexa	Entero	Lisa	Violáceo (427 C)	Violáceo (427 C)	2,7	2,7
M36	Circular	Convexa	Entero	Lisa	Violáceo (427 C)	Violáceo (427 C)	2,5	2,5

Realizado por: Freire D., 2022.

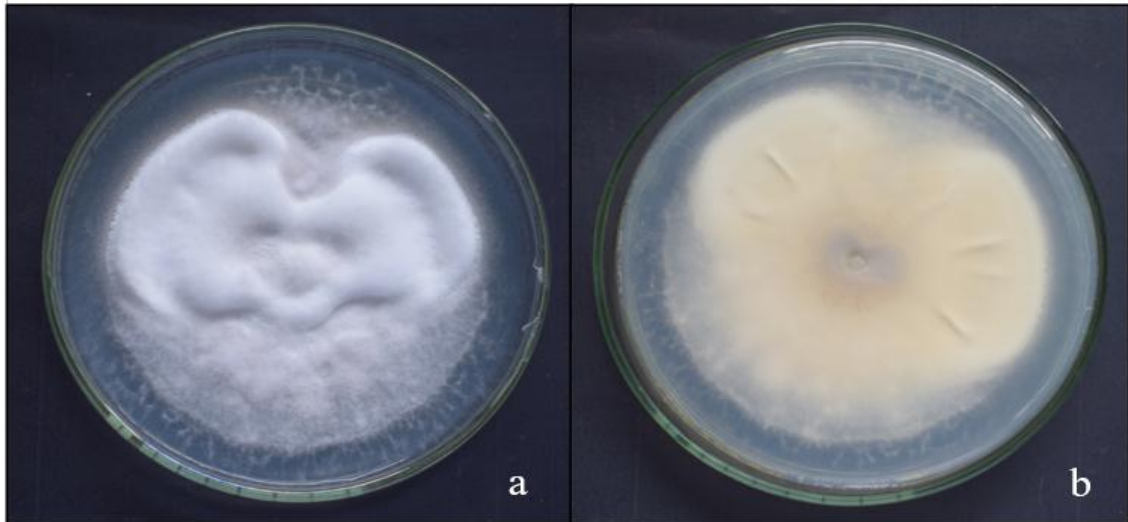


Figura 20-3. Características culturales de *Purpureocillium* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_20** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Purpureocillium* sp. donde los conidióforos estaban erectos, surgiendo principalmente de hifas, con formación ocasional de sinemas, los tallos eran lisos o rugosos, constituidos por ramas verticiladas con verticilos de dos a cuatro fiálides, las fiálides eran cilíndricas o elipsoidales en la parte inferior estrechándose abruptamente en un cuello corto, además los conidios se observaron en cadenas cortas divergentes, las cuales fueron elipsoidal a fusiforme, más o menos apiculada, hialina y de paredes lisas y medidas (**Figura 21-3**).

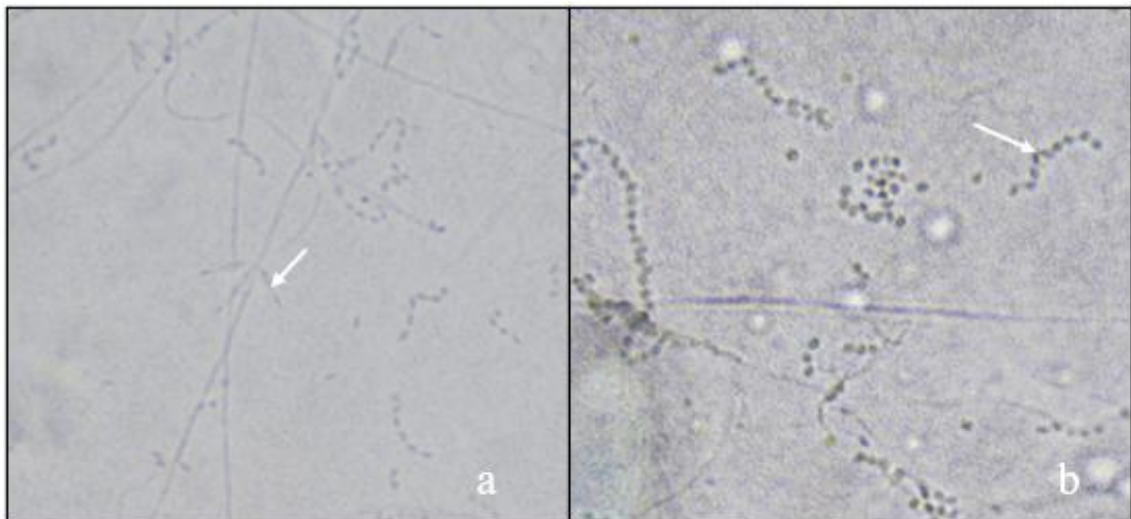


Figura 21-3. Características culturales de *Purpureocillium* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) fialides, b) conidios en cadenas cortas divergentes

Realizado por: Freire D., 2022.

Además se observó la formación de estructuras conidiales típicas como fiálidas solitarias o 2 ~ 4 verticilos, que variaban en longitud, las fiálides tenían la forma típica de *Purpureocillium lilacinum*, los conidios, que eran principalmente cilíndricos y ocasionalmente ligeramente curvado o elipsoidal formado en "cabezas viscosas", clamidosporas ausentes. La especie es comúnmente una especie saprobia aislada del suelo, vegetación en descomposición, insectos y larvas de insectos, nematodos, humanos, animales y aire (interior) en muchos los países. La colonización de esta especie puede ocurrir en materiales como catéteres e implantes de plástico. También puede servir como agente de control biológico para control de nematodos (Narayan et al., 2018: p. 20).

Purpureocillium lilacinum, es un hifomiceto hialino que se encuentra frecuentemente en el suelo, la vegetación en descomposición y el aire, además se encuentra en una amplia variedad de ambientes terrestres y marinos. Se aíslan comúnmente de insectos, nematodos y la rizosfera de muchos cultivos, pueden crecer en un amplio rango de temperatura de 8 a 38 °C con temperaturas óptimas de 26 a 30 °C, también tienen una amplia tolerancia al pH y pueden crecer en una amplia variedad de sustratos. Este hongo tiene potencial como agente de control biológico para controlar los nemátodos de la raíz en las plantas. El parasitismo de nemátodos se da cuando las hifas penetran directamente en la superficie de los huevos de nematodos y luego produce apresorios en la superficie, que infectan los huevos de nematodos después de la adsorción. Durante la infección, secreta varias enzimas, como serina proteasa y quitinasa, que pueden conducir a la descomposición de los componentes de proteína y quitina de la epidermis del nemátodo, lo que lleva a la invasión y destrucción de hongos. Se ha demostrado que el filtrado de fermentación de *P. lilacinum* puede inhibir el crecimiento del micelio patógeno *Helminthosporium maydis* y *Fusarium graminearum*, y tiene un efecto inhibitorio significativo sobre la germinación de las esporas de *Fusarium oxysporum* (Zhan et al., 2021: p. 54; Sprute et al., 2021: p. 32).

Morfotipo_21: *Gibellulopsis* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_21** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Gibellulopsis* sp. presentado la forma circular, elevación umbonada, borde entero, superficie lisa, además el color observado en el anverso es gris claro (Warm Gray 5C) y en el reverso es de color café (422 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 2,7 µm x 2,7 µm (**Figura 22-3**).

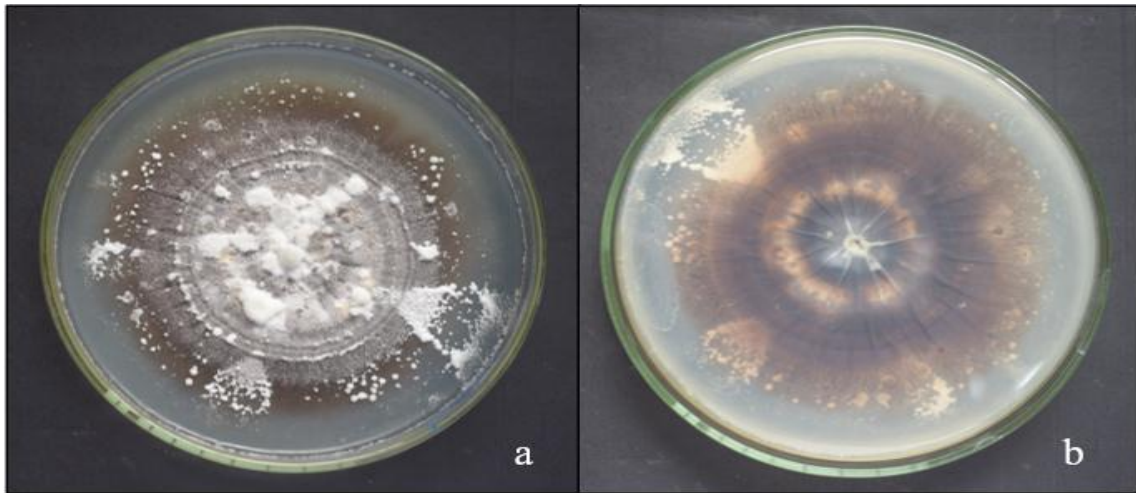


Figura 22-3. Características culturales de *Gibellulopsis* sp. crecidos en medio de cultivo PDA.
a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_21** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Gibellulopsis* sp. donde las colonias presentaron crecimiento medio rápido, anteniéndose hialinas u oscureciéndose debido a la formación de clamidosporas pigmentadas, intercalares o terminales, además presentaron hifas hialinas, conidióforos que surgen de sumergidos o hifas superficiales, generalmente en posición terminal, sin un punto definido de origen; conidióforos más o menos erectos, generalmente 1-2 veces ramificados, teniendo una o dos ramas verticiladas en un nudo con collarete discreto, conidias hialinas, de paredes lisas, elipsoidales alargadas a cilíndricas producidas en cabezas viscosas, clamidosporas laterales, terminales o intercaladas, solas o en cadenas, de color marrón claro a oscuro, de paredes lisas y gruesas (Estrada y Ramirez, 2019: p. 45) (**Figura 23-3**).

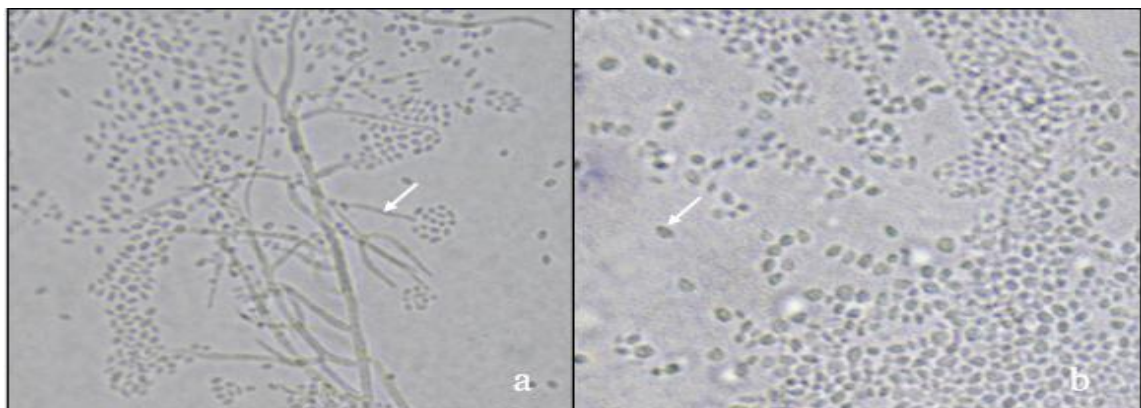


Figura 23-3. Características culturales de *Gibellulopsis* sp. crecidos en medio de cultivo PDA.
a) conidióforos, b) conidios.

Realizado por: Freire D., 2022.

Gibellulopsis nigrescens presenta micelio constituido por hifas ramificadas, septadas, lisas, hialinas y de paredes delgadas, conidióforos que surgen de hifas sumergidas o superficiales, (sub) erectos, en su mayoría ramificados irregularmente, con 1 a 4 niveles con 1 a 3 fialides por nudo, hialina, de paredes lisas, con paredes celulares generalmente más gruesas que las de las hifas vegetativas, fialides terminal, lateral, aculeada, hialina, de paredes gruesas y lisas, con collarete conspicuo y un engrosamiento de pared periclinal distintivo en el lugar conidiógeno, los conidios cilíndricos con extremos redondeados, a veces con un extremo basal ligeramente protuberante, unicelulares, hialinos, que se vuelven de color marrón pálido con la edad, de paredes delgadas y lisas, dispuestos en cabezas viscosas, clamidosporas terminales, laterales o intercalares, en su mayoría únicas, globosas a subglobosas, de color marrón oliváceo, de paredes lisas y gruesas, no se observa morfo sexual (Giraldo y Crous, 2018: p. 23). Entre las características que presenta el cultivo se encuentran que el aislado presenta una forma, plana, finamente flocosa, de color negro oliváceo con un micelio gris humo en el centro y blanco hacia la periferia, gris oliváceo inverso a negro (Giraldo y Crous, 2018: p. 24).

Morfotipo_22: Orden Chaetothyriales

Las colonias de hongos del **Morfotipo_22** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del orden Chaetothyriales presentado la forma circular, elevación umbonada, borde entero, superficie lisa, además el color observado en el anverso verde oliva (386 C) y en el reverso es de color amarillo brillante (115 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 4,4 µm x 4,3 µm (**Figura 24-3**).

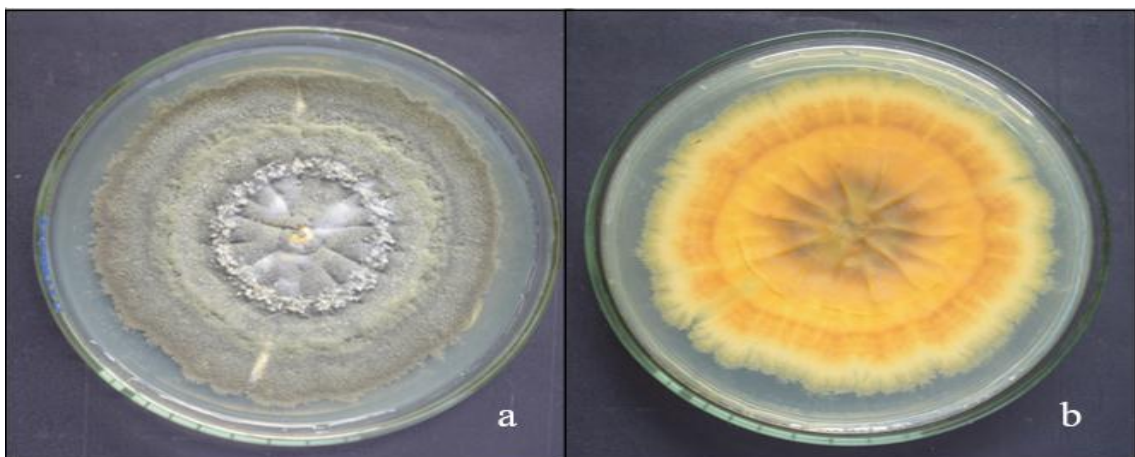


Figura 24-3. Características culturales del orden Chaetothyriales crecidos en medio PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_22** presentaron hifas, conidióforos, células conidiógenas y conidios mediante los cuales no se lograron identificar mediante la investigación, pero mediante análisis de ADN se logró identificar a este morfotipo en el orden Chaetothyriales pero en este orden no se logró identificar un género ya que no existe información al respecto, posiblemente sea un hongo muy nuevo por tal motivo no existe información suficiente en la base de datos para poder lograr identificar a este morfotipo en una familia y género. (**Figura 25-3**).

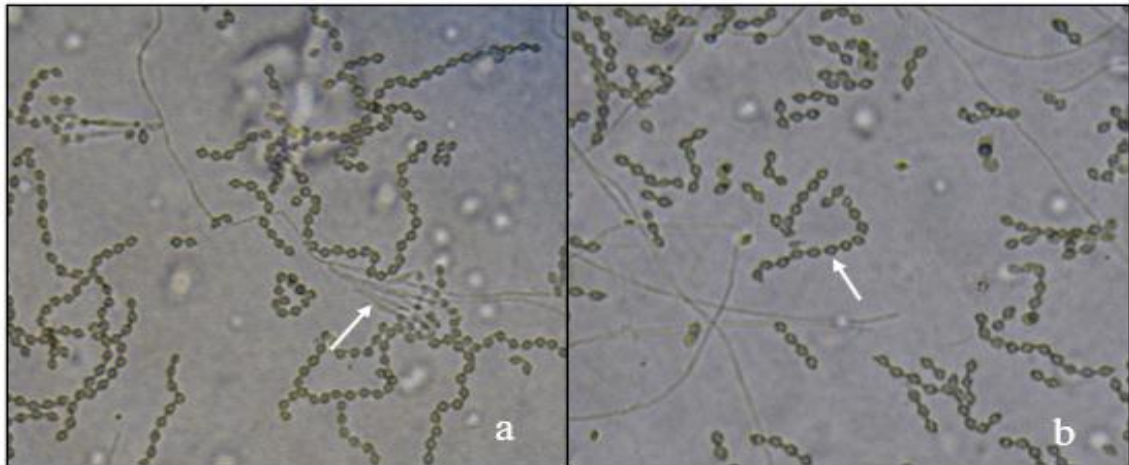


Figura 25-3. Características culturales del orden Chaetothyriales crecidos en medio de cultivo PDA. a) fiálides, b) conidios en cadenas.

Realizado por: Freire D., 2022.

Réblova (2013, p. 37) menciona que el orden Chaetothyriales alberga hongos obligatoriamente melanizados e incluye numerosos agentes etiológicos de cromoblastomicosis, feohifomicosis y otras enfermedades de huéspedes vertebrados, además las levaduras negras y hongos similares, además son conocidos por su plasticidad morfológica, diversidad asexual y elección de hábitat divergente, recientemente se han detectado dos grupos ecológicos altamente especiosos afiliados a Chaetothyriales, pero aún no han sido nombrados formalmente: especies asexuales con ecología asociada a hormigas y aquellas que parasitan líquenes. Algunos de los líquenes-patógenos producen morfos sexuales bien reconocibles con cleistotecios setosos únicos y pequeños con ascosporas tabicadas de color marrón pálido, asimismo los morfos sexuales en el orden contrastan con los morfos asexuales, muestran poca variación.

Las especies de Chaetothyriales se pueden encontrar en la hojarasca de fanerógamas y restos de plantas, pero a diferencia de los hongos comunes de la hojarasca se prefiere principalmente el material descompuesto rico en taninos (Teixeira et al., 2017: p. 37).

Morfotipo_25: *Actinomortierella* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_25** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del orden *Actinomortierella* sp. presentado la forma circular, elevación plana, borde ondulado, superficie ondulada, además el color observado en el anverso blanco y en el reverso es de beige (4535 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012) (**Figura 26-3**).

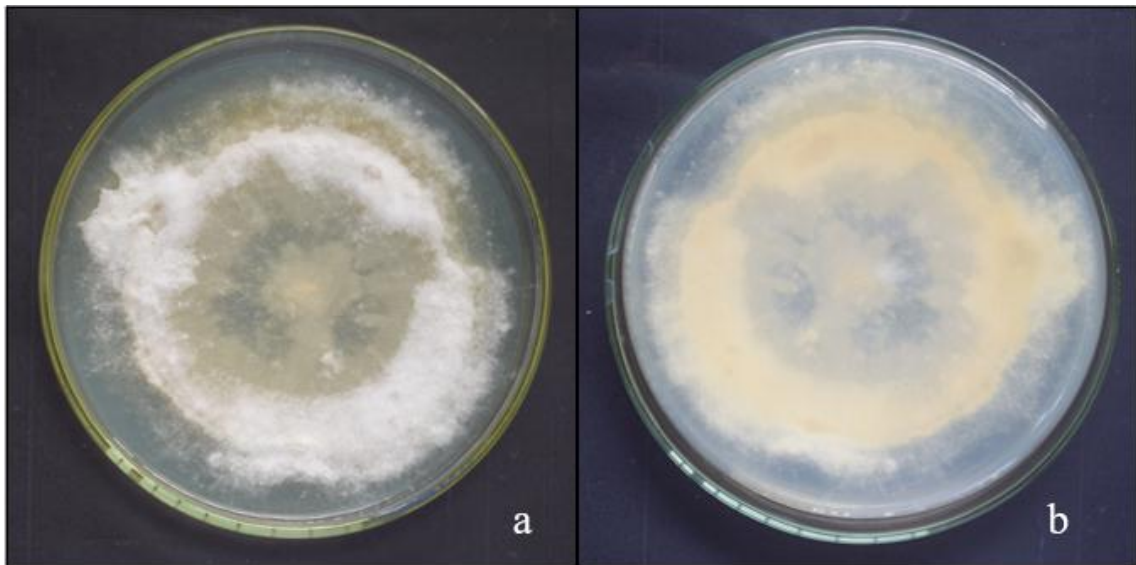


Figura 26-3. Características culturales de *Actinomortierella* sp. crecidas en medio de cultivo.
a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los asilados del **Morfotipo_ 25** presentaron hifas hialinas, el resto de estructuras reproductivas como esporangióforos, clamidospora, sporangiosporas, y estilospores las cuales no se lograron observar en la investigación, pero mediante análisis de ADN se logró identificar a este morfotipo como *Actinomortierella* sp. (**Figura 27-3**).

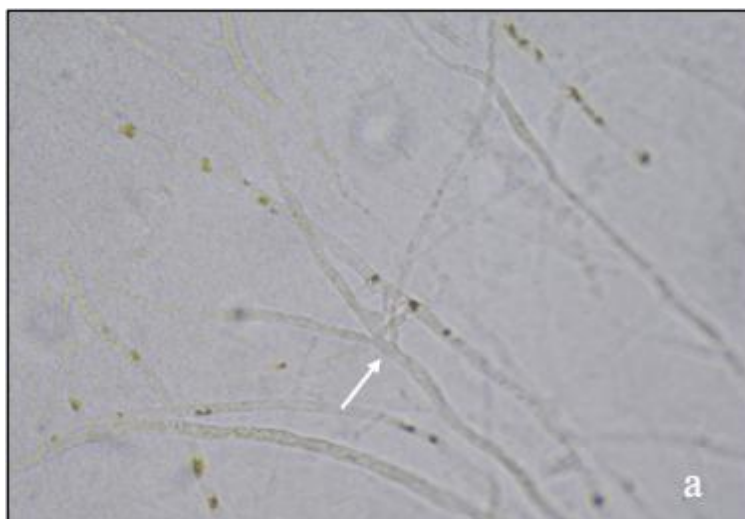


Figura 27-3. Características culturales de *Actinomortierella* sp. crecidos en medio PDA. a) hifas hialinas

Realizado por: Freire D., 2022.

El género *Actinomortierella* sp. presenta micelio ramificado septado con complejo cenocítico y la esporulación fue abundante, clamidosporas globosas de paredes gruesas, los esporangióforos surgieron de la ramificación del micelio, hialino y erecto, estrechándose desde el máximo ancho en la parte inferior, terminal simple con esporangio, esporas globosas a subglobosas (Nasir et al., 2021: p. 38).

Takashima et al. (2018: p. 17) menciona que el género *Actinomortierella* sp. habita diferentes nichos ecológicos como diversos tipos de suelo y sustratos específicos, integrados los cuerpos de artrópodos y estiércol animal, además tienen la posibilidad de existir como saprofitos en cualquier sustrato, rizósfera de agua dulce y suelo. Diversos hongos que habitan en el suelo pertenecientes al género fueron ubicados como productores de ácidos grasos poliinsaturados y otro ácido araquidónico (Rijksherbarium, 2017), asimismo varias especies de hongos del género *Actinomortierella* sp. poseen presencia en diferentes ambientes, ejemplificando, piedras, cavernas, minas, fibras de asbesto, ríos, lagos, tejidos vegetales, suelos y rizosferas (incluidas las zonas agrícolas), asimismo actuales averiguaciones revelaron que son los hongos filamentosos que más abundan en los suelos de todo el planeta, además de *Aspergillus* y *Penicillium*, también las varias especies del género *Actinomortierella* sp. conforman colonias constantemente descritas como blanco pálido, blanco o blanquecino (a veces un poco blanquecino oscuro en el centro) zonadas, conformando un patrón típico de roseta, con el tiempo, el reverso de las colonias puede volverse amarillento (Ozimek y Agniezka ,2020: p. 22).

Morfotipo_26: *Neopestalotiopsis* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_26** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Neopestalotiopsis* sp. presentaron la forma irregular, elevación convexa, borde rizado, superficie lisa, además el color observado en el anverso coral (162 C) con blanco y en el reverso es de color amarillo pálido (459 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 14,1 μm x 8,3 μm (**Figura 28-3**), (**Tabla 9-3**).

Tabla 9-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Neopestalotiopsis* sp.

Morf.	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (μm)	
							L	A
M26	Irregular	Convexa	Rizado	Lisa	Coral (162 C) con blanco	Amarillo pálido (459 C)	14,1	8,3
M31	Circular	Plana	Rizado	Lisa	Blanco	Beige (135 C)	14,2	6,9

Realizado por: Freire D., 2022.

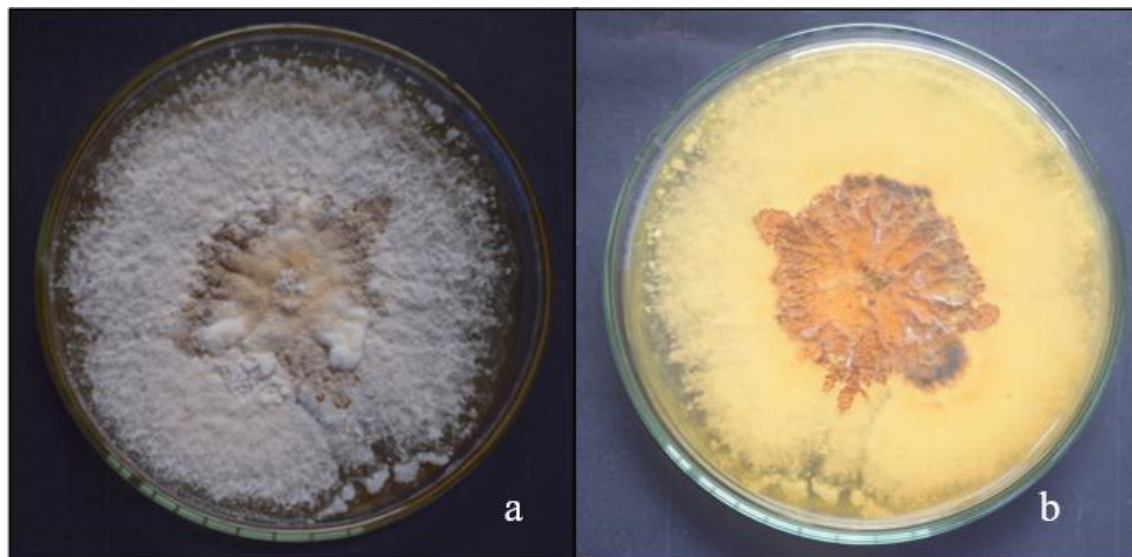


Figura 28-3. Características culturales de *Neopestalotiopsis* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_26** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Neopestalotiopsis* sp. donde las colonias presentaron micelio aéreo denso en la superficie con conidiomas concéntricos negros; reverso de color similar, hifas que cambian de rosa claro a blanquecino, colonias filamentosas a circulares, ligeramente onduladas en el borde, con cuerpos fructíferos negros agrupados, margen filiforme, rosa claro por arriba y amarillo claro por el reverso, forma sexual indeterminada (**Figura 29-3**).



Figura 29-3. Características morfológicas de *Neopestalotiopsis* sp. crecidos en medio PDA. a) conidias septadas.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados pertenecientes al género *Neopestalotiopsis* sp. presentaron una forma asexual con conidiomas, picnidios, globosos, solitarios, negros, conidióforos ramificados o no ramificados, hialinos, de paredes delgadas, células conidiógenas discretas, ampuliformes a lageniformes, hialinas, de paredes delgadas, lisas, conidias, fusiformes a claviformes, rectas a ligeramente curvas, 4 septadas; células basales obcónicas, hialinas o, a veces, de color marrón pálido, de paredes delgadas, lisas, lo cual concuerda con lo mencionado por Xiang-Yu et al. (2021: p. 39).

El género *Neopestalotiopsis* sp. es fitopatógeno en las zonas tropicales y subtropicales, ocasionando manchas en las hojas, flores secas, pudrición de la fruta, sarna de la fruta y patologías del tronco en un sin número de cultivos, además causa varias patologías de flores y hojas en macadamia las cuales se han registrado en Australia, Brasil y China (Kandeparoopan et al., 2021: p. 20), también infectan una extensa variedad de huéspedes y en la actualidad ocasionan inconvenientes en todo el mundo, los indicios síntomas más frecuentes de dichos patógenos integran la pudrición de la fruta, el tizón de la hoja, la mancha de la hoja, la pudrición del tallo,

el tizón gris, el cancro costroso y la pudrición poscosecha, asimismo los hongos fitopatógenos de estos géneros se consideran principalmente como patógenos secundarios; no obstante, las patologías causadas por los hongos se han vuelto más severas, asimismo los extractos crudos de plantas tienen la posibilidad de ser una alternativa para el control de enfermedades y tienen la posibilidad de minimizar la necesidad de utilizar fungicidas, muchas plantas, como las plantas medicinales, generan compuestos antimicrobianos e inhiben el crecimiento de patógenos vegetales (Angwara et al., 2019: p. 19).

Morfotipo_30: *Alternaria* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_30** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Alternaria* sp. presentando la forma circular, elevación rizada, borde entero, superficie lisa, además el color observado en el anverso gris claro (409 C) y en el reverso es de color gris claro con negro (Black C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 15,1 μm x 9,3 μm (**Figura 30-3**).

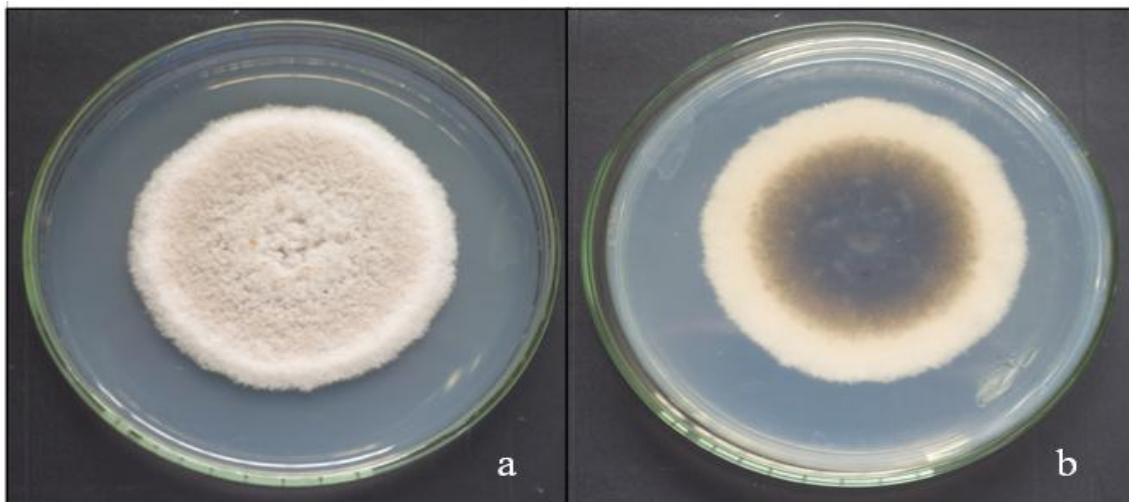


Figura 30-3. Características culturales de *Alternaria* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_30** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Alternaria* sp. donde las colonias presentaron micelio parcialmente superficial o sumergido, las hifas son de color marrón oliváceas u oliváceas, los conidióforos son macronematosos, mononematosos, simples o irregulares y ligeramente ramificados, son de color marrón pálido y se presentan solitarios o en fascículos, las células conidiógenas son integradas,

terminales, politréticas, simpodiales o a veces monotréticas y cicatrizadas, los conidios pueden presentar una distribución formando cadenas o ser solitarios, son típicamente ovoides u obclavados, a menudo rostrados, con coloración pálida o marrón oliváceo o marrón, lisos o verrugosos, con septas transversales y frecuentemente también oblicuas o longitudinales (**Figura 31-3**).

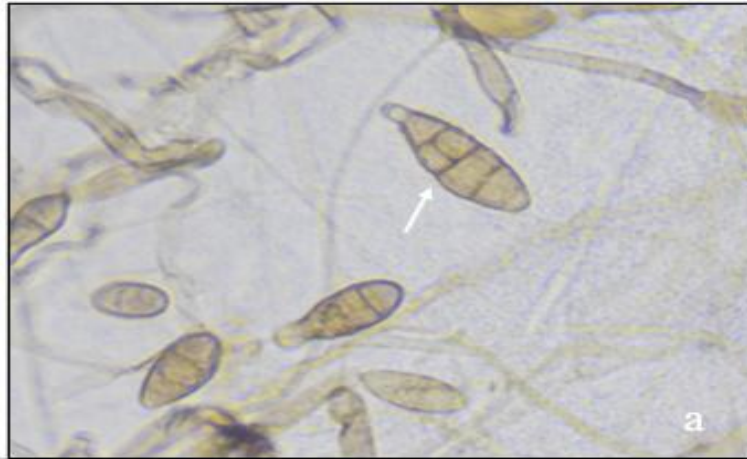


Figura 31-3. Características culturales de *Alternaria* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) conidias septadas

Realizado por: Freire D., 2022.

El género *Alternaria* sp se caracteriza por la morfología de las conidias, los patrones de esporulación y las diferencias en sus plantas hospedantes (principalmente en el rango de género) o sustratos, entre la morfología de los conidios se encuentran las siguientes características: los conidios tienen septos transversales y longitudinales y se los conoce como dictiosporas, además son pardos y picudos, nacen por la brotación apical de una célula conidiógena o de la espora anterior, dando lugar en este último caso a una cadena que suele ramificarse si una espora produce más de un brote (Carrillo, 2015, p. 12).

Además *Alternaria* sp. contiene especies cosmopolitas que se encuentran en un extenso rango de materiales y productos, como especies saprobias tienen la posibilidad de deteriorar alimentos y forrajes, produciendo compuestos biológicamente activos como las micotoxinas, además como patógenas disminuyen el rendimiento de las cosechas o afectan a los vegetales almacenados, asimismo pertenece a los géneros fúngicos más presentes, que vive en casi todos los sustratos del medio ambiente (atmósfera, suelo, basura y plantas), ocasionan algunas patologías como son manchas foliares, especialmente en vegetales y flores ornamentales, también varias de las especies de *Aternaria* sp. son responsables de la enfermedad de la punta negra del trigo en todo el mundo (Carrillo, 2015, p. 15).

Los granos de trigo infectados por especies de *Alternaria* se caracterizan por una pigmentación negra en la zona embrionaria subyacente, lo cual produce una reducción en la calidad de la harina por la liberación de puntos negros en la harina y en el pan horneado resultante, y la pérdida de valor nutricional con una reducción de almidón y carbohidratos solubles, e incremento del contenido de fenoles, prolamina y gluten, además, el consumo alimentario de trigo contaminado con *Alternaria* podría ser un peligro fundamental para la salud humana, debido a que muchas especies de *Alternaria* generan diversos metabolitos que son tóxicos para humanos y animales (Ramires et al., 2018: p. 27).

Morfotipo_35: *Robillarda* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_35** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Robillarda* sp. presentado la forma circular, elevación umbonada, borde entero, superficie concéntrica, además el color observado en el anverso blanco con centro gris oscuro (417 C) y en el reverso es de color gris oscuro en el centro con color coral (728 C) en el extremo (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 11,3 µm x 2,5 µm (**Figura 32-3**).

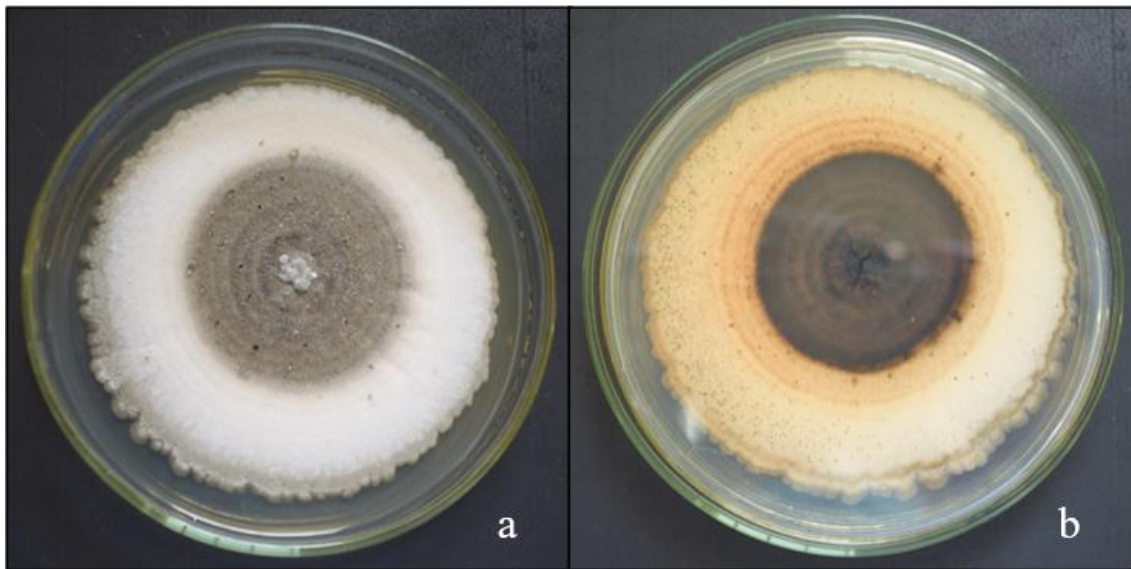


Figura 32-3. Características culturales de *Robillarda* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_35** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Robillarda* sp. las cuales son las siguientes: conidióforos reducidos a células conidiógenas con 2 células de soporte que recubren la cavidad del lóculo, revestidos de moco. Células conidiógenas discretas, ampuliformes a lageniformes, hialinas, lisas; proliferando simpodial o percurrentemente cerca del ápice conidios compuestos por un cuerpo de conidio y una célula apical (**Figura 33-3**).

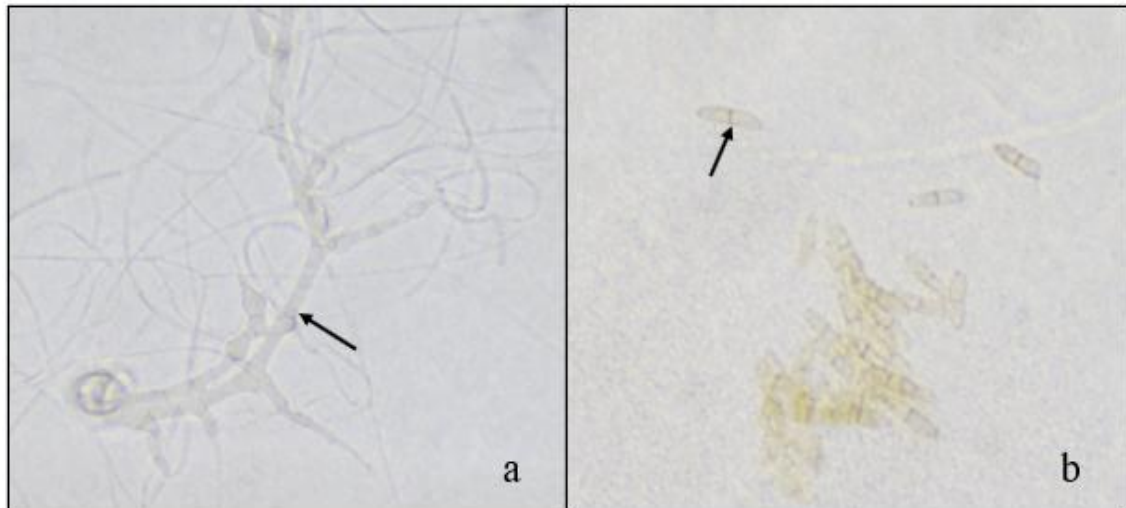


Figura 33-3. Características culturales de *Robillarda* sp crecidos en medio PDA incubados a 28°C en condiciones de oscuridad, con 10 días de edad, a) hifas, b) conidios.

Realizado por: Freire D., 2022.

El género *Robillarda* sp. presenta conidioma estromático, picnial a picnidioide o indeterminado, sumergido a parcialmente erumpente, unilocular a variablemente loculado con el lóculo a menudo enrevesado, glabro, dehiscente por un ostiolo o por una hendidura irregular en la pared apical y el tejido huésped que lo recubre; espesor de pared de textura angularis a textura prismática, conidióforos reducidos a células conidiógenas o con 1 o 2 células de soporte que recubren la cavidad del lóculo, revestidos de moco, células conidiógenas discretas, ampuliformes a lageniformes, hialinas, lisas; proliferando simpodial o percurrentemente cerca del ápice, conidios compuestos por un cuerpo de conidio y una célula apical separada modificada en un apéndice ramificado; cuerpo del conidio elipsoide o fusiforme, 1-euseptado, pared lisa y ocasionalmente contraído en el tabique, hialino a marrón pálido, a menudo gutulado; célula apical cilíndrica corta en la base, luego se divide en 2 a 5 ramas, ramas de paredes delgadas, tubulares, extremos puntiagudos o hinchados, flexuosos, divergentes, lisos, hialinos, desprovistos de contenido lo cual concuerda con lo manifestado por Crous et al. (2015: p. 65).

Morfotipo_41: *Galactomyces* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_41** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Galactomyces* sp. presentado forma irregular, elevación plana, borde filamentososo, superficie lisa, además el color observado tanto en el anverso como en el reverso fue blanco (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 4,9 µm x 2,5 µm (**Figura 34-3**).

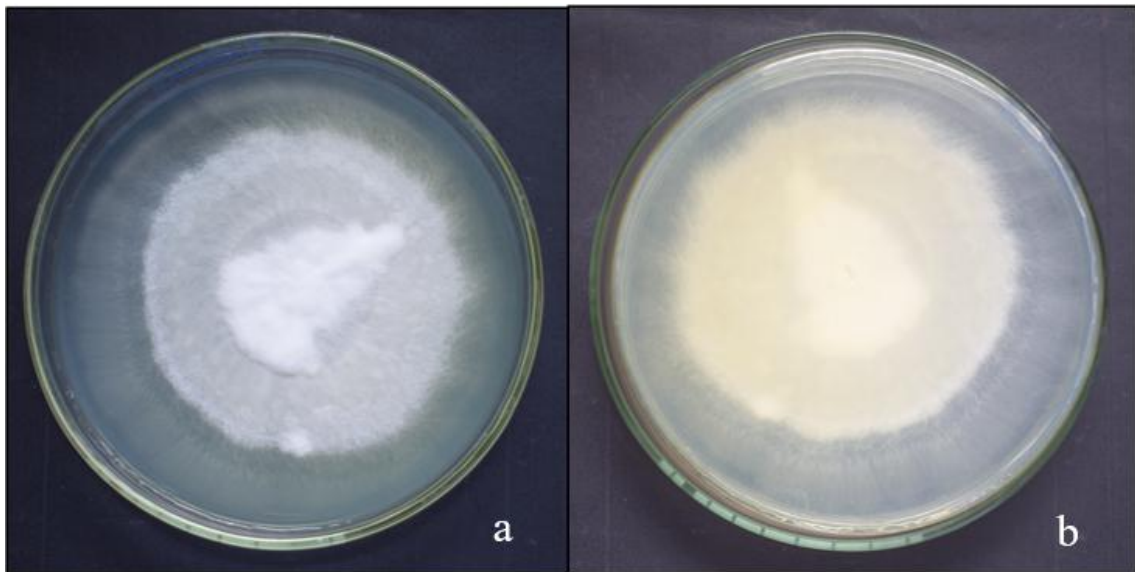


Figura 34-3. Características culturales de *Galactomyces* sp. crecidos en medio de cultivo PDA.

a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_41** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Galactomyces* sp. las cuales son las siguientes: hifas verdaderas gruesas y artroconidios hialinos, unicelulares o en cadenas, tienen forma rectangular y corresponden al resultado de la fragmentación de las hifas mediante dobles septos, además las colonias son de rápido crecimiento, de color blanco, secas y pulvulentas (**Figura 35-3**).

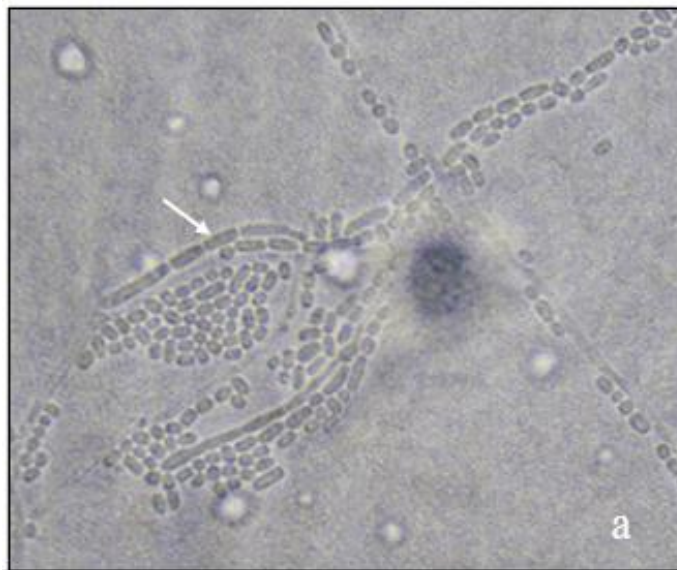


Figura 35-3. Características culturales de *Galactomyces* sp.

a) conidias

Realizado por: Freire D., 2022.

El género *Galactomyces* sp. es un hongo parecido a una levadura generalmente aislado del agua, suelo, aire, leche, planta tejidos, queso, ensilaje, tracto digestivo en humanos y otros mamíferos. La temperatura óptima de crecimiento es 25°C y la mayoría de las cepas no crecen a 37°C, se observan hifas verdaderas gruesas y artroconidios los cuales son hialinos, unicelulares o en cadenas, tienen forma rectangular o de barril, y corresponden al resultado de la fragmentación de las hifas mediante dobles septos, también se caracterizaron por colonias con aspecto de moho, blancas, filamentosas, resistentes al tacto y no grasas, con predominio de hifas vegetativas y con abundante producción de artrosporas (Klewicka et al., 2016: p. 28).

El género de hongos *Galactomyces* sp. se ha considerado durante largo tiempo un agente de control biológico potencial gracias a su capacidad para inhibir el crecimiento de otros hongos fitopatógenos por medio de la utilización de compuestos antimicrobianos no volátiles. La inhibición del crecimiento del micelio actúa no solo sobre los cultivos plantados vivos, sino también sobre los frutos cosechados, lo cual los hace potencialmente importantes para el control de enfermedades antes y luego de la cosecha, también se ha observado actividad antipatogénica de amplio espectro en varias cepas bacterianas. En las bacterias, la actividad antipatogénica de amplio espectro puede lograrse liberando enzimas líticas, ocasionando cambios de permeabilidad en la membrana, produciendo cianuro de hidrógeno y secretando sideróforos (Perkins et al., 2020: p. 21).

Dichos mecanismos trabajan sobre estructuras compartidas por diversos organismos celulares, por consiguiente, pese a que dichos estudios se centran primordialmente en hongos fitopatógenos, las actividades antipatogénicas también tienen la posibilidad de ocurrir en otros fitopatógenos (Perkins et al., 2020: p. 21).

Morfotipo_47: *Paramyrothecium* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_47** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Paramyrothecium* sp. presentaron la forma circular, elevación efusa, borde entero, superficie lisa, además el color observado tanto en el anverso como en el reverso es coral (163 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 4,8 µm x 2,5 µm (**Figura 36-3**).

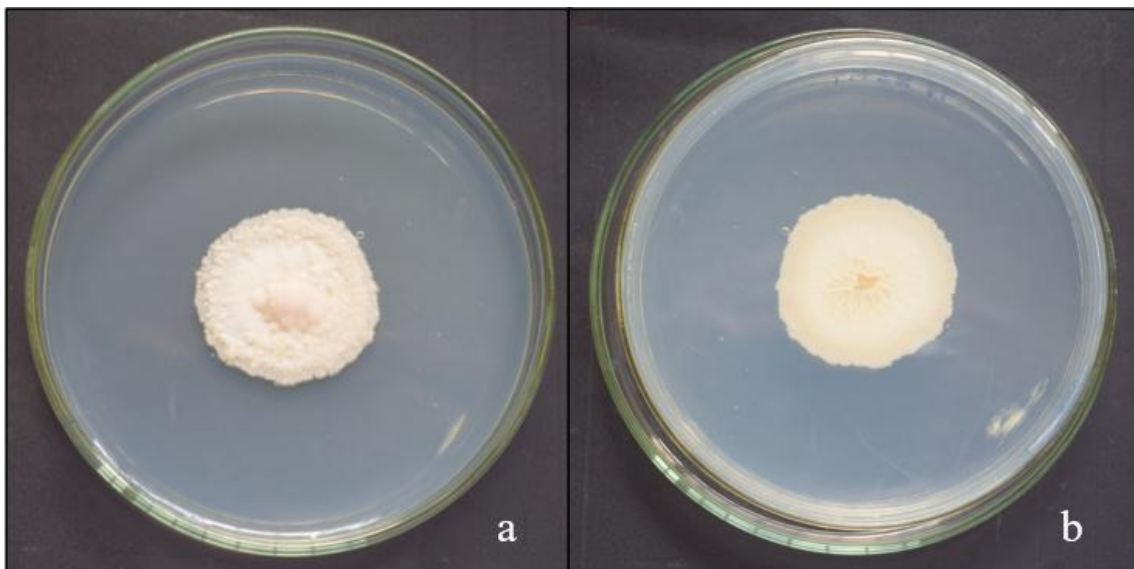


Figura 36-3. Características culturales de *Paramyrothecium* sp. crecidos en medio de cultivo PDA. a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del **Morfotipo_47** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Paramyrothecium* sp. las cuales son las siguientes: conidiomas esporoquiales, estromáticos, superficiales, cupulados, de contorno ovalado, estroma poco desarrollado, hialino, setas que surgen del estroma de paredes delgadas, hialinas, septadas, lisas, conidióforos que surgen del estroma basal, que consisten en un estípite y un aparato conidiógeno penicilladamente ramificado, terminando en un verticilo, células conidiógenas fialídicas, cilíndricas a subcilíndricas, conidios aceptados (**Figura 37-3**).

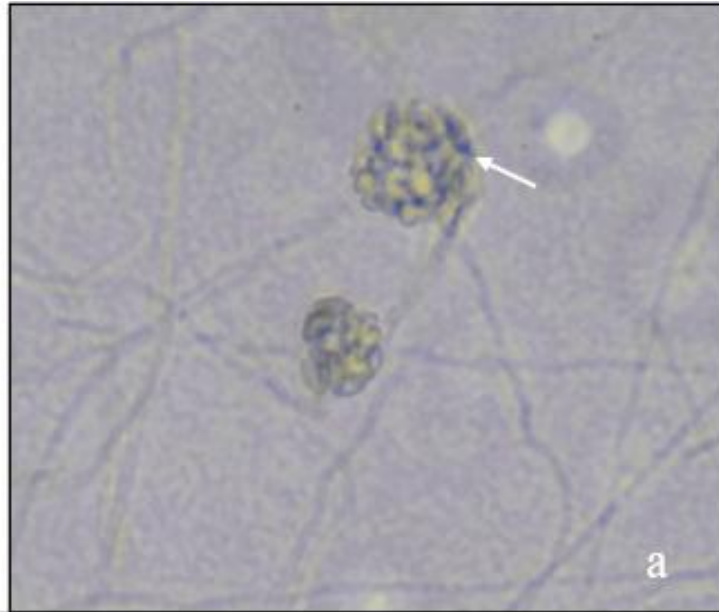


Figura 37-3. Características culturales de *Paramyrothecium* sp. crecidos en PDA. a) conidias esporodoquiales.

Realizado por: Freire D., 2022.

El género *Paramyrothecium* sp. presenta abundante micelio aéreo de color blanco a lúteo pálido con formación de esporodoquios en la superficie del medio, cubiertas por masas conidiales viscosas, además, presenta conidiomas esporodoquiales, estromáticos, superficiales, cupulados, dispersos o rara vez gregarios, de contorno ovalado, con una franja blanca de cetosa que rodea una masa viscosa aglutinada de conidios de color verde oliváceo, estroma poco desarrollado, hialino, de textura angularis, setas que surgen del estroma de paredes delgadas, hialinas, 1– 3(– 4) septadas, lisas, rectas a flexuosas que se vuelven sinuosas por encima del tabique apical, disminuyendo hasta convertirse en una forma agudamente redondeada apéndice, conidióforos que surgen del estroma basal, que consisten en un estípite y un aparato conidiógeno peniciladamente ramificado; estípites no ramificados, hialinos, septados, lisos, ramas primarias aseptadas, sin ramificar, lisas; ramas secundarias aseptadas, no ramificadas, lisas, terminando en un verticilo de 3 a 6 células conidiógenas; células conidiógenas fialídicas, cilíndricas a subcilíndricas, hialina que se vuelve oscuramente pigmentada en los collares, lisa, recta a ligeramente curvada, con collares conspicuos y engrosamientos periclinales, conidios aseptados, hialinos, lisos, cilíndricos a elipsoidales, redondeados en ambos extremos lo cual menciona Lombard et al. (2016: p. 88).

La mayor parte de estos hongos son saprobios o patógenos para plantas y animales, y ciertos representan un grave peligro para la salud humana, se caracterizan por morfos asexuales con

conidiomas mononematosos a esporoquiales a sinnematosos, principalmente con células fialídicas conidiógenas que generan conidios septados en masas viscosas o secas de color verde oscuro a negro. Ciertos están ligados a morfos sexuales con ascomas peritheciales que permanecen semi o totalmente sumergidos en el tejido del huésped, de color amarillo brillante a oscuro a naranja o negro que no cambian de color en KOH (Hidróxido de potasio) (Lombard et al., 2016: p. 89).

El género *Paramyrothecium* sp. es un patógeno causal de varias enfermedades en plantas de fresa las cuales manifestaban síntomas de manchas en las hojas y heridas en el pecíolo, los síntomas iniciaron como pequeñas superficies necróticas que se expandieron velozmente hasta macerar folíolos y pecíolos completos. En fases avanzadas de la infección, se distinguieron evidentemente esporoquios de color verde oliva oscuro en los tejidos infectados (Haudenshield et al., 2018: p. 16).

Morfotipo_54: *Staphylotrichum* sp.

Las colonias de hongos del **Morfotipo_54** crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentaron características similares a los aislados del género *Staphylotrichum* sp. presentado la forma irregular, elevación plana, borde filamentososo, superficie rugosa, además el color observado en el anverso es gris claro (433 C) con los bordes blancos, el color en el reverso es gris claro con gris oscuro (445 C) (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño aproximado de las esporas fue de 12 µm x 12 µm (**Figura 38-3**).

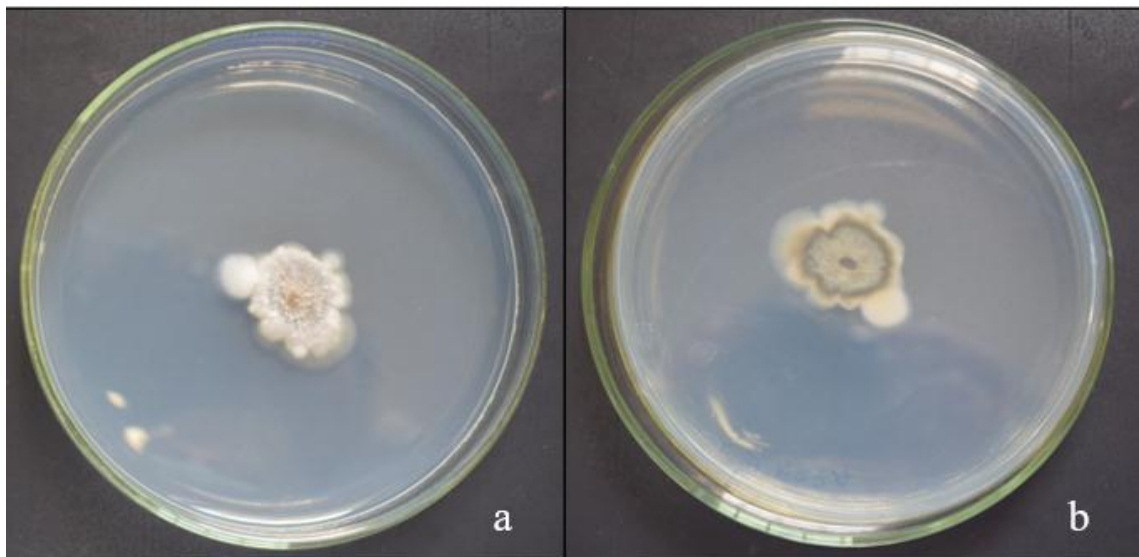


Figura 38-3. Características culturales de *Staphylotrichum* sp. crecidos en medio de cultivo PDA a) Color del anverso de la colonia, b) color del reverso de la colonia.

Los aislados del **Morfotipo_54** presentaron características similares a aislados pertenecientes al género *Staphylotrichum* sp. las cuales son las siguientes: hifas somáticas hialinas, produciendo conidias, conidióforos, conidios oliváceos pálidos, lisos, unicelulares, globosos, subglobosos u obovoides (**Figura 39-3**).

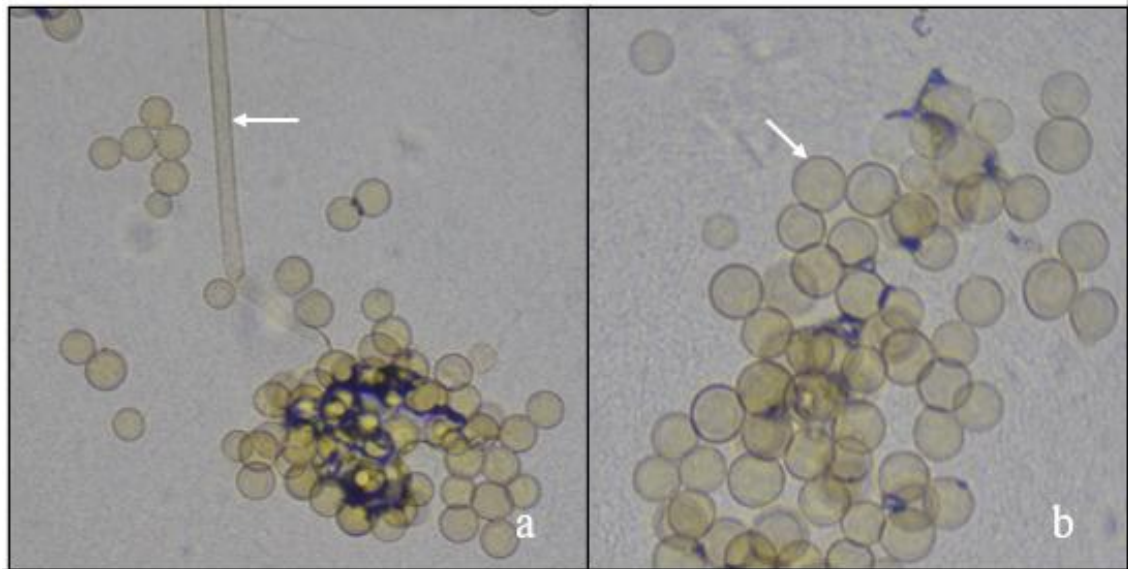


Figura 39-3. Características culturales de *Staphylotrichum* sp crecidos en medio de cultivo PDA. a) hifas, b) conidios.

Realizado por: Freire D., 2022.

El género *Staphylotrichum* sp. presenta hifas somáticas hialinas o subhialinas, produciendo conidias macronematosas mezcladas con micronematosas, conidióforos macronematosos que surgen de una célula del pie de paredes gruesas en forma de L o cilíndrica, de color marrón a marrón oscuro, marrón a marrón oscuro y de paredes gruesas en la parte inferior, que se estrecha y se desvanece hacia las puntas, apicalmente ramificado, células conidiógenas hialinas, denticulares a cilíndricas, conidios oliváceos pálidos, lisos, unicelulares, globosos, subglobosos u obovoides. No se observa morfo sexual (Wang et al., 2019: p. 88).

Entre las características del cultivo se encuentran colonias con borde entero; anverso gris oliva pálido o ámbar con hifas aéreas escasas a densas, reverso incoloro a beis, u ocre. También la especie *Staphylotrichum acaciicola* está estrechamente relacionado filogenéticamente con *S. coccsporum*, la especie *Staphylotrichum acaciicola* se puede distinguir por la producción de numerosos conidios a partir de células conidiógenas micronematosas en las hifas, además produce conidióforos relativamente de 4,5–9 μm frente a 3–6,5 μm cerca de la base asimismo, la morfología de la colonia varía entre los diferentes aislamientos (Wang et al., 2019: p. 89).

Morfotipo_A: *Aspergillus* sp.

Las colonias de los hongos aislados como *Aspergillus* sp. pertenecientes al **Morfotipo_A**, (**Tabla 10-3**) crecidos en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad, con micelio aéreo, presentaron diferentes formas entre las cuales están la filamentosa, circular, irregular, radial, además las colonias presentaron elevación efusa, plana, umbonada, convexa rizada y efusa, también presentaron borde filamentoso, crenado, rizado, entero, ondulado, asimismo presentaron una superficie radial, lisa, ondulada, radial, rugosa, el color en el anverso fue variable entre los que se encuentran el café pardo, blanco, blanco con oliva, blanco con negro, gris claro, verde azulado, salmón, blanco con amarillo mostaza, de igual manera se observó variabilidad de colores en el reverso de las colonias entre los cuales se encuentran blanco amarillento, blanco cremoso, amarillo verdoso, siena, gris claro, blanco, crema, anaranjado pálido (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño de las esporas va desde 7,3 x 7,6 μm a 2,5 x 2,5 μm (**Figura 40-3**).

Tabla 10-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Aspergillus* sp.

Morf	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (μm)	
							L	A
M1	Filamentosa	Efusa	Filamentoso	Radial	Café pardo (468 C)	Siena (1535 C)	5,9	59
M3	Circular	Plana	Crenado	Lisa	Blanco	Blanco amarillento (134 C)	2,5	2,5
M4	Circular	Umbonada	Crenado	Ondulada	Blanco con el centro verde oliva (140 C)	Amarillo verdoso (127 C)	7,3	7,6
M5	Circular	Umbonada	Crenado	Umbonada	Blanco con el centro negro	Blanco cremoso (1205 C)	4,8	4,8
M14	Irregular	Plana	Crenado	Ondulada	Café pardo (468 C)	Siena (470 C)	6,8	5,10
M28	Irregular	Convexa	Rizado	Ondulada	Gris claro	Gris claro	5,40	2,5

M38	Irregular	Efusa	Rizado	Radial	Blanco	Blanco	5	5
M39	Circular	Umbonada	Filamentoso	Radial	Blanco con el centro negro	Crema (1205 C)	4,80	4,8
M40	Radial	Efusa	Entero	Radial	Verde azulado (560 C)	Café pálido (405 C)	3,3	3,3
M42	Circular	Rizada	Rizado	Lisa	Blanco	Blanco cremoso (1205 C)	2,50	2,5
M43	Irregular	Rizada	Ondulado	Lisa	Blanco con el centro verde oliva (140 C)	Blanco cremoso (1205 C)	5,9	5,9
M48	Circular	Efusa	Rizado	Radial	Blanco	Anaranjado pálido (1215 C)	7,20	5,5
M50	Circular	Efusa	Entero	Lisa	Salmon (1205 C)	Anaranjado brillante (1215 C)	2,5	2,5
M55	Irregular	Plana	Filamentoso	Rugosa	Blanco	Anaranjado pálido (1215 C)	2,50	2,5
M64	Filamentosa	Efusa	Filamentoso	Radial	Café pardo (4685 C)	Siena (4645 C)	2,8	2,8
M65	Circular	Umbonada	Entero	Radial	Blanco con el centro amarillo mostaza (100 C)	Amarillo cremoso (1205 C)	3,70	3,7

Realizado por: Freire D., 2022.



Figura 40-3. Características culturales de *Aspergillus* sp. crecidos en PDA. M_1 (a¹ a²), M_3 (b¹ b²), M_4 (c¹ c²), M_5 (d¹ d²), M_14 (e¹ e²), M2_8 (f¹ f²), M_38 (g¹ g²), M_39 (h¹ h²), M_40 (i¹ i²), M_42 (j¹ j²), M_43 (k¹ k²), M_48 (l¹ l²), M_50 (m¹ m²), M_55 (n¹ n²), M_64 (o¹ o²), M_65 (p¹ p²).

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del Morfoftipo_A presentan similares características con el género *Aspergillus* sp. los cuales se encuentran formados por hifas hialinas septadas, de las hifas se producen los conidióforos y estos forman células conidiógenas de las cuales se forman los conidios, el conidióforo se divide en tres partes bien diferenciadas : vesícula (extremo apical hinchado), estipe (sección cilíndrica situada debajo de la vesícula) y célula pie (sección final, a veces separada por un septo, que une el conidióforo con el micelio), sobre la vesícula se disponen las fiálides, además las cabezas conidiales presenta cuatro formas básicas: globosa, radiada, columnar o claviforme como se presenta en la (Figura 41-3).

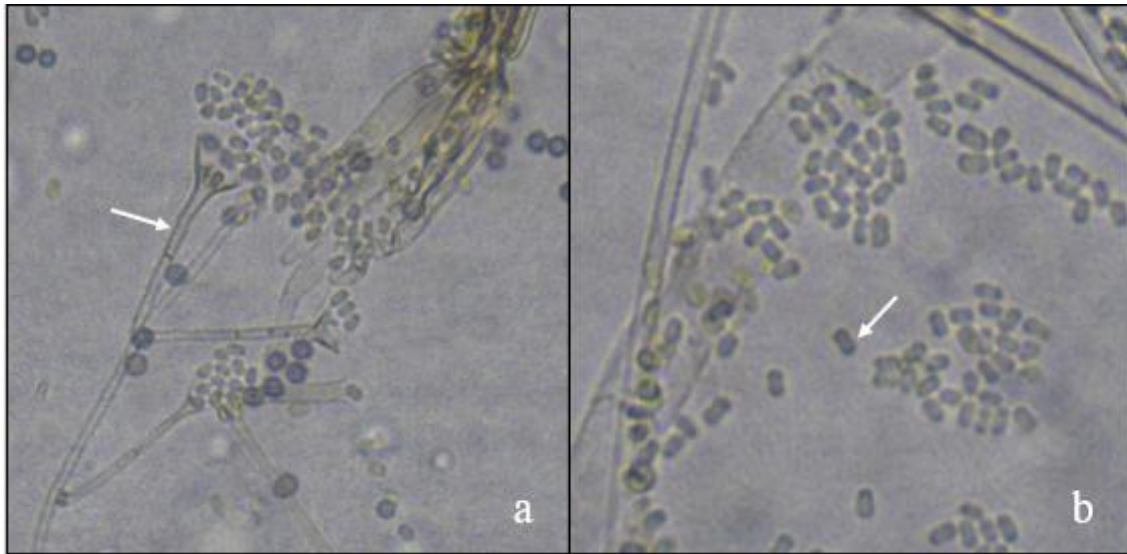


Figura 41-3. Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de *Aspergillus* sp., crecidos en medio PDA. a) conidióforos hialinos, b) conidios

Realizado por: Freire D., 2022.

Cabezas conidiales de color verde amarillento, no compactas y típicamente radiadas, las cuales se dividieron en varias columnas escasamente definidas, conidióforos hialinos y en ocasiones con tonalidades amarillo claro, de paredes gruesas, rugosos, localizados justo debajo de la vesícula; vesículas alargadas cuando eran jóvenes y subglobosas a globosas o esféricas con la edad, métulas, fiálides que nacen sobre las vesículas; conidios equinulados, globosos, verdoso-amarillentos. Las cabezas conidiales que sólo presentan fiálides se denominan uniseriadas, y las que presentan fiálides y métulas, biseriadas los cuales coincide con lo mencionado con Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo (2022), además *Aspergillus* sp. es un género mitospórico que se caracteriza por la producción de hifas especializadas, denominadas conidióforos, sobre los que se encuentran las células conidiógenas que originarán las esporas asexuales o conidios. Las cabezas conidiales que sólo presentan fiálides se denominan uniseriadas, y las que presentan fiálides y métulas, biseriadas concordando con lo descrito por

Carrillo (2019, p. 89), así también las cabezas conidiales presentan bajo el microscopio cuatro formas básicas: globosa, radiada, columnar o claviforme y a simple vista las más grandes suelen parecer diminutos alfileres sobre el sustrato.

El color de la colonia varía dependiendo de la especie, verde-amarillento (*A. flavus*), negro (*A. niger*), marrón (*A. terreus*) las cuales coinciden con lo mencionado por Lescano et al. (2015, p. 34), además la coloración aparece casi siempre en todas las estructuras aéreas, tanto en el micelio como en las cabezas conidiales, además *Aspergillus* sp. es uno de los principales hongos productores de micotoxinas. Las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos y secretados por el hongo durante el proceso de degradación de la materia orgánica, como mecanismo de defensa frente a otros microorganismos.

Morfotipo_T: *Trichoderma* sp.

Las colonias de los aislados del **Morfotipo_T** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentan características culturales similares (**Tabla 11-3**) a los del género *Trichoderma* sp, los cuales presentan micelio aéreo, con diferentes formas entre las cuales irregular, filamentosa, además presentaron una elevación rizada, plana y efusa, también mostraron borde filamentoso, crenado, rizado, entero, ondulado, asimismo presentaron una superficie radial, lisa, ondulada, radial y filamentosa, el color en el anverso no fue muy variable ya que la mayoría de aislados presentaron el color blanco, pero también se presentaron aislados de color amarillo y amarillo verdoso, de igual manera no se observó mucha variabilidad de colores en el anverso de los aislados predominando el color blanco aunque también algunas colonias presentaron el color café pálido, café rojizo, crema, amarillo pálido, blanco amarillento y amarillo brillante (Pantone Coated Color Reference, 2012). El tamaño de las esporas varía desde 4,8 x 2,5 µm a 2,5 x 2,5µm, (**Figura 42-3**).

Tabla 11-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Trichoderma* sp.

Morf.	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (µm)	
							L	A
M6	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco con verde oliva (5743 C)	Blanco	2,7	2,7
M11	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco	Blanco	3,5	3,5

M12	Filamentosa	Rizada	Filamentosa	Radial	Blanco con verde oliva (3308 C)	Blanco	4,3	4,3
M17	Filamentosa	Rizada	Filamentosa	Radial	Blanco	Blanco	3,7	3,3
M18	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco con verde oliva (5747 C)	Blanco amarillento (716 C)	2,9	2,9
M23	Irregular	Rizada	Ondulada	Ondulada	Blanco con verde oliva (5747 C)	Crema (135 C)	4,70	4,70
M27	Filamentosa	Plana	Crenada	Radial	Blanco con amarillo (116 C)	Amarillo brillante (116 C)	3,7	2,6
M44	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco con verde oliva (105 C)	Blanco	2,5	2,5
M45	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco	Blanco	2,5	2,5
M46	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco con verde oliva (357 C)	Blanco	2,5	2,5
M52	Irregular	Plana	Filamentosa	Filamentosa	Amarillo pálido con verde oliva (459 C)	Café rojizo (4995 C)	2,5	2,5
M53	Irregular	Efusa	Rizada	Lisa	Amarillo con verde azulado (5743 C)	Amarillo pálido (133 C)	4,2	2,5
M56	Irregular	Efusa	Rizada	Lisa	Blanco	Blanco	2,5	2,5
M57	Irregular	Rizada	Rizada	Lisa	Blanco con	Café pálido	2,5	2,5

					verde oliva (607 C)	(601 C)		
M58	Irregular	Plana	Filamentosa	Filamentosa	Amarillo verdoso (698 C)	Café rojizo (492 C)	2,5	2,5
M59	Irregular	Rizada	Rizada	Radial	Blanco	Blanco	4,8	2,5
M60	Irregular	Plana	Filamentosa	Filamentosa	Blanco	Blanco	2,5	2,5
M61	Irregular	Plana	Filamentosa	Filamentosa	Blanco	Blanco	2,5	2,5

Realizado por: Freire D., 2022.

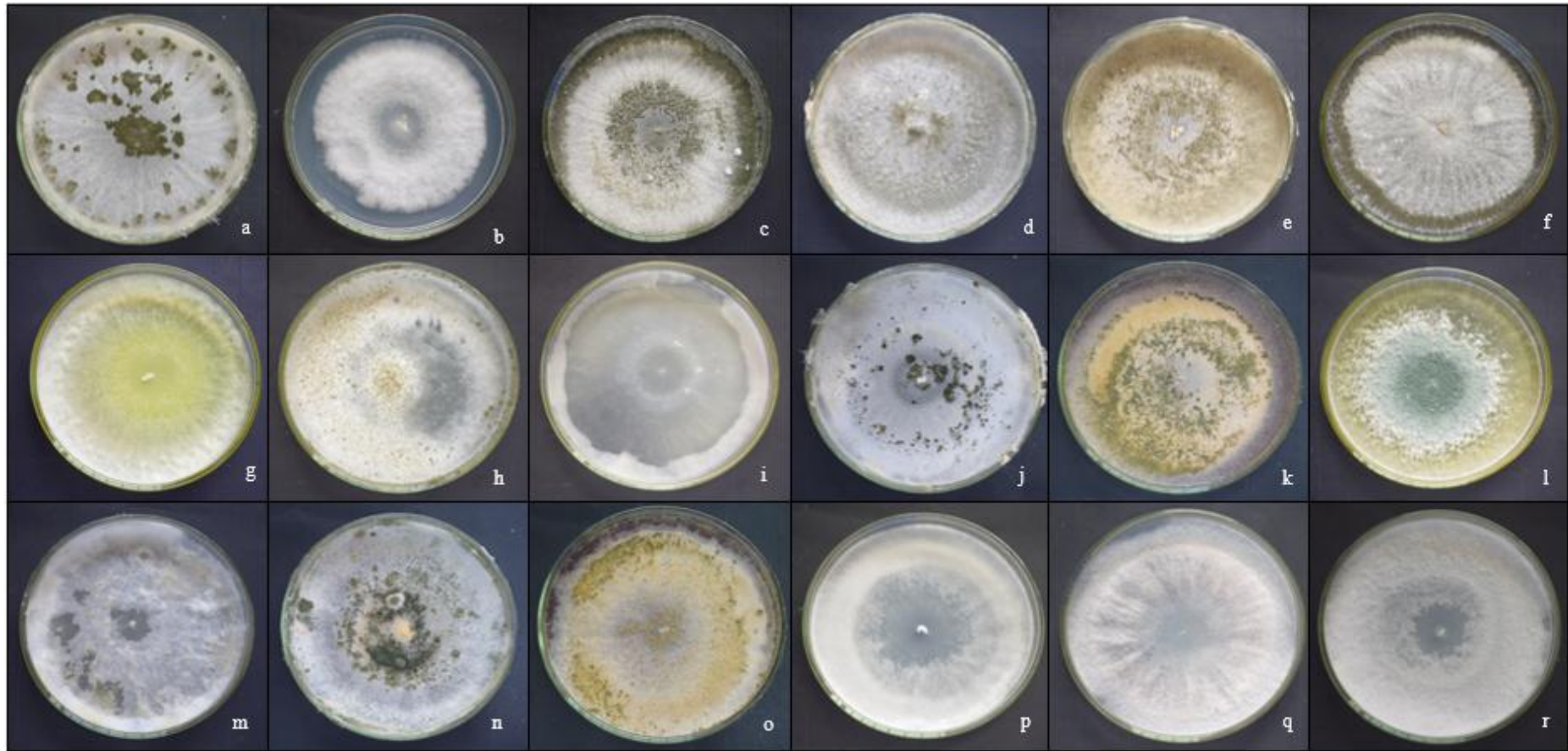


Figura 42-3. Características culturales de *Trichoderma* sp. crecidos en medio PDA. a) M_6, b) M_11, c) M_12, d) M_17, e) M_18, f) M_23, g) M_27, h) M_44, i) M_45, j) M_46, k) M_52, l) M_53, m) M_56, n) M_57, o) M_58, p) M_59, q) M_60, r) M_61.

Realizado por: Freire D., 2022.

El **Morfotipo_T** presenta abundante micelio, rápido crecimiento micelial blanquecino generalmente, y en otros casos amarillo, a café rojizo, asimismo se evidencio la presencia de anillos concéntricos, la mayoría de los aislados registro esporas de color verde oliva a verde amarillento y en alguno casos esporas blanquecinas, estas características concuerdan con el género *Trichoderma* sp. por otro lado también se registró la presencia de hifas hialinas septadas, conidias generalmente ovaladas, conidióforo hialino no verticilado, fiálides singulares o en grupos, conidias unicelulares coloreadas que va desde color verde amarillento a verde oliva, algunas conidios también son de color blanco, además se evidencio la presencia de clamidosporas,(**Figura 43-3**).

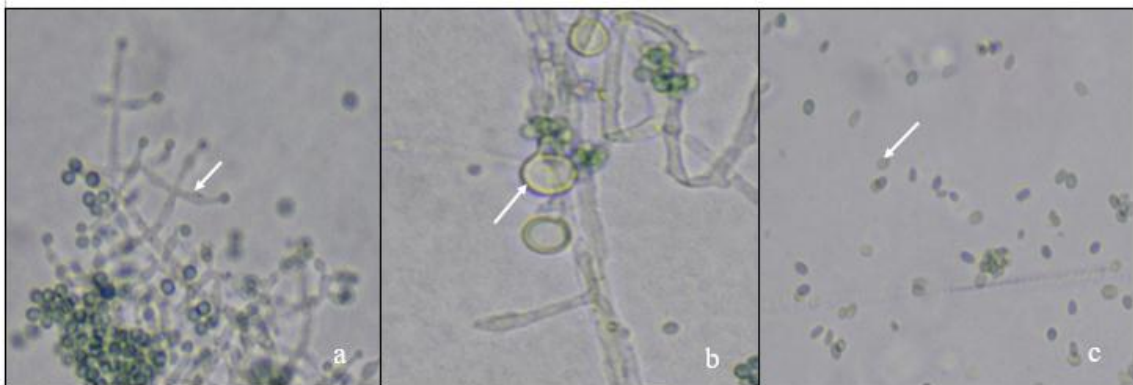


Figura 43-3. Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de *Trichoderma* sp., crecidos en medio de cultivo PDA. a) fiálides, b) clamidosporas, c) conidias.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados del género *Trichoderma* sp. son filamentoso anamórfico, heterótrofo, aerobio, con una pared celular compuesto por quitina, de rápido crecimiento que puede utilizar una gran variedad de sustratos complejos como celulosa, quitina, pectina y almidón como fuente de carbono, además presentan micelio septado, conidias generalmente ovaladas, conidióforo hialino no verticilado, fiálides singulares o en grupos, conidias unicelulares coloreadas, la colonia muestra un color blanquecino en los primero días para luego tornarse de color verde, amarillo y verde amarillento con abundante esporulación, también es un hongo es saprofitico, lo cual concuerda con lo mencionado por Tránsito (2014, p. 39), además la mayoría de cepas de *Trichoderma* sp. no poseen etapa sexual, por lo que producen únicamente esporas asexuales, sin embargo, se conoce la etapa sexual de unas pocas cepas, pero no han sido consideradas para propósitos de biocontrol. Algunos aislamientos tienen olor típico a coco.

Durante su desarrollo y crecimiento producen hifas de 5 -10 μm de ancho que conforman el micelio septado, los conidióforos tienen aspecto cónico, además producen cantidad de conidios asexuales unicelulares de color verde o hialinos, lisos o con paredes muy poco ásperas, subglobosos, cilíndricos, oblongos, con diámetro promedio de 3 a 5 μm , los cuales se forman a partir de células conidiógenas y fiálides (singulares o en grupos), que se ubican en los extremos de los conidióforos, los cuales son hialinos muy ramificados y no verticilados. Además, este hongo puede producir clamidosporas (unicelulares), globosas en sustratos naturales, las que pueden ser intercalares y, en ocasiones, terminales en los extremos de las hifas, de tono verde y menores de 15 μm de diámetro. Estas esporas pueden perdurar a través del tiempo, por ello son consideradas estructuras de sobrevivencia (Taxonomía polifásica y variabilidad en el género *Trichoderma*, 2015).

El género *Trichoderma* sp. muestra una enorme capacidad de colonizar la rizosfera de plantas y varios sustratos con diferentes propiedades, además varias cepas viven en climas templados y suelos ácidos; no obstante, tienen la posibilidad de crear estructuras de resistencia como clamidosporas y microesclerocios, por lo tanto, son capaces de sobrevivir en condiciones bastante adversas, además poseen enorme potencial de biocontrol de fitopatógenos que crecen en altas temperaturas, suelos salinos o alcalino y en condiciones de baja humedad. Dichos hongos se alimentan absorbiendo nutrientes por medio de sus hifas, para atravesar la pared celular y utilizar los componentes como nutrientes, los sustratos de elevado peso molecular se hidrolizan a moléculas más pequeñas lo que quiere decir que los hongos liberan enzimas extracelulares que, cuanto más distintas y numerosas, proporcionará más grandes ventajas para vivir en ambientes con diferentes condiciones (Conrado et al., 2019: p.57).

Una de las propiedades más importantes del género *Trichoderma* es su capacidad para parasitar hongos, ejemplificando *Trichoderma virens* tiene la capacidad de enrollar, penetrar y eliminar el contenido citoplasmático de *Rhizoctonia solani*, esto se debe a la función de generar metabolitos que son capaces de inhibir el crecimiento de *Rhizoctonia. solani* y *Monilinia fructicola*. Estudios ecofisiológicos han manifestado que, en mayor o menor medida, cada una de las especies de *Trichoderma* son parásitos efectivos de hongos fitopatógenos y oomicetos (Druzhinina et al., 2018), como estrategia de nutrición biotrófica, además tienen la posibilidad de alimentarse de biomasa fúngica y oomicetos muertos, por lo cual es más conveniente usar el concepto micotrofia para conceptualizar este estilo de vida común en especies de *Trichoderma* (Conrado et al., 2019: p. 58).

Sin embargo *Trichoderma harzianum* es un hongo filamentoso mycoparasítico usado como agente de control biológico contra fitopatógenos que afectan la producción de numerosas especies de plantas relevantes agrícolas, su primordial mecanismo de acción es por el incremento de las hifas y la liberación de las enzimas hidrolíticas que degradan la pared celular del hongo objetivo. Estas enzimas integran quitinasas, N-acetil-β-D-glucosaminidasas y proteasas, que son primordiales en el proceso de micoparasitismo, la secreción de estas enzimas se optimiza en presencia de hongos fitopatógenos. Gracias a las propiedades favorables de *T. harzianum* para controlar fitopatógenos, por su fácil manejo este hongo fue explorado extensamente en los campos de la biotecnología y la nanotecnología, abriendo las vías para el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones (Tuğcan et al., 2021: p.25).

Morfotipo_F: *Fusarium* sp.

Las colonias de los aislados del **Morfotipo_F** crecidas en medio de cultivo PDA crecido a 28 °C en condiciones de oscuridad presentan características culturales similares (**Tabla 12-3**) a los del género *Fusarium* sp, los cuales presentan micelio aéreo, con diferentes formas entre las cuales irregular, filamentosa y circular, además presentaron una elevación rizada, plana, convexa y efusa, , también mostraron borde filamentoso, crenado, rizado, ondulado, asimismo presentaron una superficie lisa, ondulada, concéntrica, radial y filamentosa, el color en el anverso no fue muy variable ya que la mayoría de aislados presentaron el color blanco, pero también se presentaron aislados de rosa y blanco con café pálido, los colores que presento en el anverso de los aislados fueron rosa, morado, rosa con café, blanco y café pálido. El tamaño que presentaron las conidias varía desde 12 x 5 μm a 7,5 x 2,5μm, (**Figura 44-3**).

Tabla 12-3: Características culturales de los morfotipos aislados del género *Fusarium* sp.

Morf.	Forma	Elevación	Borde	Superficie	Color Anverso	Color Reverso	Tamaño esporas (μm)	
							L	A
M7	Filamentosa	Efusa	Filamentosa	Filamentosa	Blanco	Rosa (170 C)	6,9	2,5
M8	Filamentosa	Efusa	Filamentosa	Filamentosa	Rosa (176 C)	Morado (1625 C)	6,8	2,8
M10	Irregular	Rizada	Ondulada	Lisa	Blanco con café	Rosa con café (463)	12	4

					pálido (456 C)	C)		
M24	Filamentosa	Plana	Crenada	Radial	Blanco	Blanco	8	3, 2
M29	Irregular	Convexa	Rizada	Concéntrica	Blanco	Blanco	12	5
M33	Circular	Efusa	Crenada	Ondulada	Blanco	Café pálido (4685 C)	7,5	2, 5

Realizado por: Freire D., 2022.

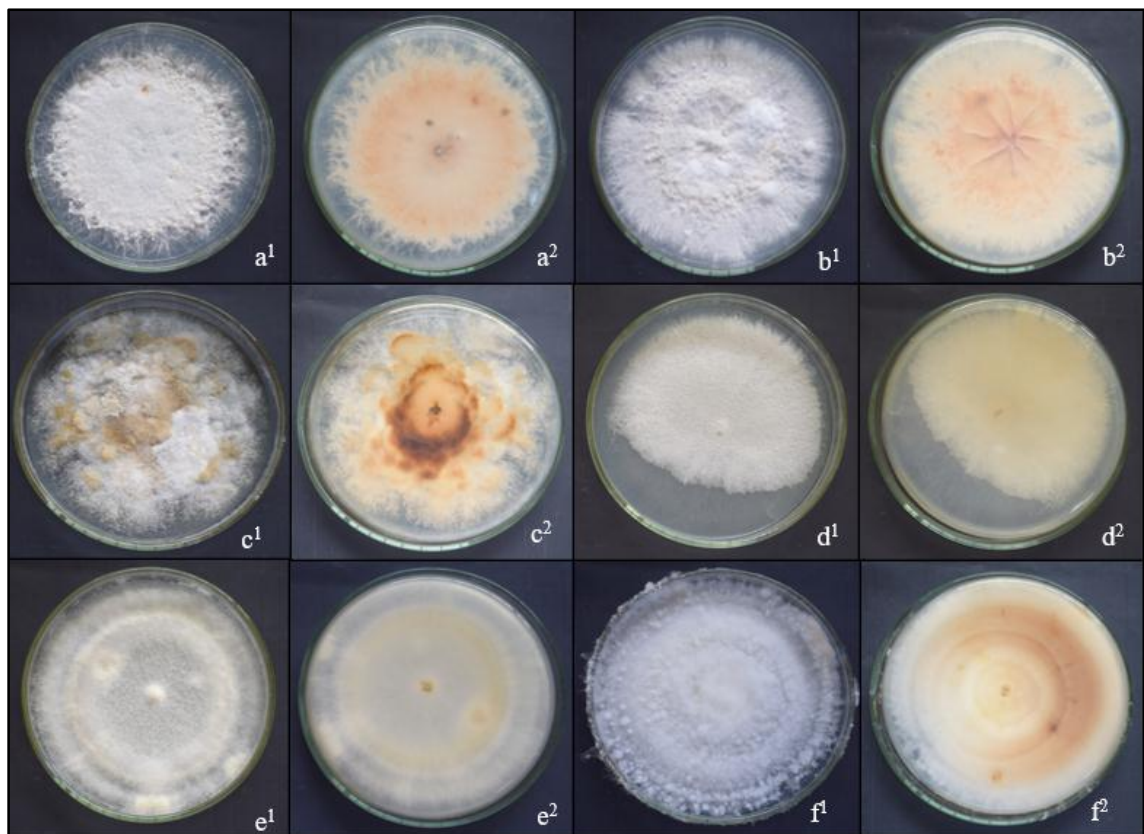


Figura 44-3. Características culturales de *Fusarium* sp. crecidos en medio PDA. M_7 (a¹ a²), M_8 (b¹ b²), M_10 (c¹ c²), M_24 (d¹ d²), M_29 (e¹ e²), M_33 (f¹ f²).

Realizado por: Freire D., 2022.

El **Morfotipo F** presenta características propias del género *Fusarium* sp. entre las que se encontraron macroconidios de variadas formas (fusiformes, ovales, clavadas, entre otras), agrupaciones (estructuras mucoides llamadas “falsas cabezas”) en cadenas largas o cortas, de igual forma, pueden observarse las clamidosporas características con doble pared gruesa, lisa o rugosa; de manera aislada, en pareja o en grupo, además las colonias presentaron un crecimiento vigoroso, además produce clamidosporas, resistentes al secado y a las condiciones adversas,

permiten que el hongo sobreviva períodos prolongados en el suelo, mientras que los conidios, se producen en un esporoquio, que es una masa de conidióforos (tallos que contienen conidios) colocados firmemente juntos. Hay dos tipos de conidios: macroconidios (esporas grandes y multicelulares) y microconidios (esporas pequeñas y unicelulares). Los conidios generalmente no se transmiten por el aire, pero el hongo puede transmitirse por el aire en trozos de restos de plantas infectadas, en polvo o en salpicaduras de agua lo cual concuerda con lo mencionado por Watt (2015, p. 63), (**Figura 45-3**).

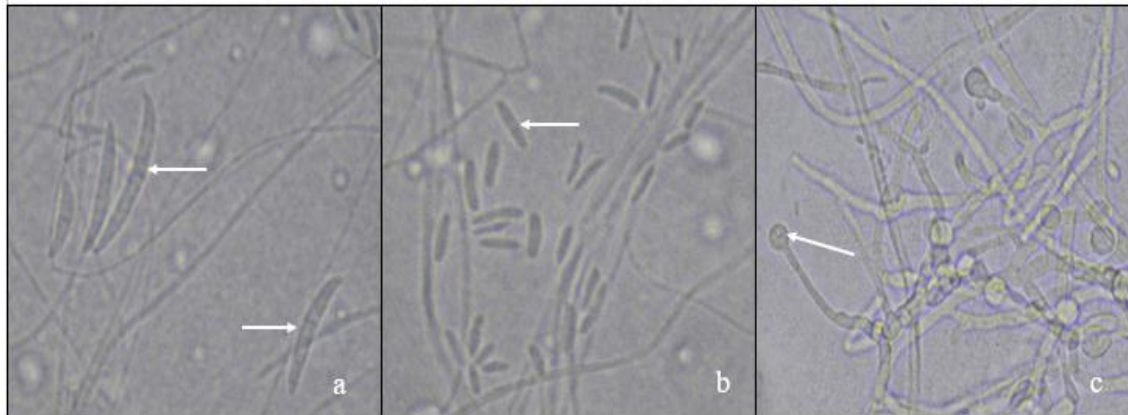


Figura 45-3. Caracteres morfológicos utilizados en la identificación de *Fusarium* sp., crecidos en medio de cultivo PDA. a) macroconidios, b) microconidios, c) clamidosporas.

Realizado por: Freire D., 2022.

Los aislados de *Fusarium* sp. presentaron un micelio aéreo abundante y algodonoso, a veces afelpado, de color blanquecino, con tonalidades rosa violáceo y púrpura, fundamentalmente en el centro de la colonia y una pigmentación variable, por otro lado entre las características morfológicas se encuentran; el color de la colonia, la tasa de crecimiento; la forma, el tamaño de macroconidios, microconidios, clamidosporas y la formación de células conidiógenas, la fiálide es generalmente fina, en forma de botella; simple o ramificada; cortas o largas; monofialídica (que emergen esporas de un poro de la fiálide) o polifialídica (de varios poros), también existen otro tipo de conidios que son los mesoconidios, los cuales son similares pero de menor tamaño que los macroconidios y nunca forman estructuras mucoides.

Las especies de *Fusarium* sp. son saprófitas, anamórficas que incluye cepas patogénicas y no patogénicas, comprende varios miembros patógenos de plantas que ocasionan la marchitez vascular en varias de sus etapas de crecimiento y tienen la posibilidad de desarrollar o no una etapa de reproducción sexual de acuerdo con la especie, en campo se puede identificar ya que forma heridas hundidas de color negro o marrón en la base de los tallos, además, puede manifestarse como manchas rojizas en los pecíolos cercanos a la copa de la planta y, en

ocasiones se presentan masas de micelios rosadas o blancas que crecen en la base de los esquejes o en la copa de una planta (Buechel, 2018), además tiene una distribución cosmopolita es decir que se puede encontrar en una extensa variedad de suelos como habitante natural, también se registra como patógeno en una vasta y diversa gama de plantas hospedantes con base en propiedades morfológicas (Berruezo, 2018, p. 36).

Las colonias de *Fusarium* sp. infectan la planta hospedera mediante la germinación de las clamidosporas que son estructuras de resistencia que puede permanecer en el suelo por casi diez años, además la infección en la planta hospedera se origina como repuesta a exudados de raíces primarias y secundarias, luego de la germinación, las hifas se adhieren y penetran de manera directa en la epidermis, asimismo tienen la posibilidad de penetrar mediante heridas autogénicas, antrópicas o por nemátodos, una vez en la planta se mueve hacia el tejido vascular por colonización intercelular de los vasos del xilema y los invade una vez que están maduros y se sitúa en ellos, coloniza los vasos del xilema por crecimiento del micelio o por medio del transporte pasivo de los microconidios producidos en estos vasos, lo que ocasiona una colonización inmediata y discontinua, al cortarse la base del cuello y durante la raíz principal, se observa que el tejido leñoso muestra una coloración marrón, gracias a dichos ataques se obstruye el paso libre de sustancias nutritivas hacia las raíces y la planta muere (Lucas, 1975; Mondia, 2015).

3.2. Caracterización molecular

3.2.1. Secuenciación de nucleótidos obtenidos de MACROGEN COREA.

Tabla 13-3: Resultado del análisis BLAS

Código Morfotipo	Código	Localidad	Cultivo	Max score	Query cover	% identidad	e-value
M2	2_120	El Cascajo	Melón	917	100	99,41	0
M3	3_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	1035	100	99,65	0
M5	4_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	1024	100	100	0
M7	5_120	El Cascajo	Melón	915	100	100	0
M8	6_120	El Cascajo	Melón	911	100	99,8	0
M9	7_120	El Cascajo	Melón	950	100	98,17	0
M10	8_120	El Cascajo	Melón	926	100	100	0
M13	9_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	959	100	100	0
M14	10_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	904	100	100	0
M15	11_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	957	100	100	0

M16	12_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	976	100	100	0
M19	13_120	El Cascajo	Melón	819	100	99,55	0
M20	14_120	El Cascajo	Melón	1013	100	100	0
M21	15_120	El Cascajo	Melón	953	100	100	0
M22	16_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	918	100	96	0
M24	17_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	782	100	100	0
M25	18_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	662	100	97,67	0
M26	19_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	726	100	100	0
M28	20_120	La Fortuna	Café (Var. Típica)	928	100	100	0
M29	21_120	Media Luna	Café (Var Catimor)	957	100	99,81	0
M30	22_120	La Fortuna	Café (Var. Típica)	983	100	100	0
M31	23_120	Camino Viejo	Cultivo de Hoja (Kale)	944	100	100	0
M33	24_120	Cascajo	Tomate	316	84	79,83	1E-81
M34	25_120	Media Luna	Café (Var Catimor)	965	100	98,54	0
M35	26_120	Media Luna	Café (Var Catimor)	994	100	99,82	0
M36	27_120	La Fortuna	Café (Var. Típica)	878	100	98,98	0
M39	28_120	Media Luna	Maíz Amarillo	725	100	99,75	0
M40	29_120	Media Luna	Café (Var Catimor)	974	100	100	0
M41	30_120	Media Luna	Maíz Amarillo	617	100	100	2E-172
M42	31_120	Cascajo	Tomate	1035	100	99,65	0
M47	32_120	La Fortuna	Café (Var. Típica)	1026	100	100	0
M48	33_120	Media Luna	Bosque no intervenido	741	100	99,27	0
M50	34_120	Media Luna	Maíz Amarillo	1035	100	100	0
M54	35_120	Media Luna	Bosque no intervenido	686	100	99,21	0
M55	36_120	Media Luna	Maíz Amarillo	970	100	99,81	0
M64	37_120	Media Luna	Bosque no intervenido	974	100	100	0
M65	38_120	Media Luna	Bosque no intervenido	926	100	99,8	0

Realizado por: Freire D., 2022.

Tabla 14-3: Resultado del análisis BLAS: Filo, Clase, Orden, Familia, Género y especie sugerida.

Código Morfotipo	Phylum	Clase	Orden	Familia	Género	Especie sugerida
M2	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium</i> sp.
M3	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus subramanianii</i>
M5	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus niger</i>
M7	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
M8	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
M9	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Stachybotryaceae</i>	<i>Smaragdiniseta</i>	<i>Smaragdiniseta bisetosa</i>
M10	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium equiseti</i>
M13	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Humicola</i>	<i>Humicola pulvericola</i>
M14	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus quadrilineatus</i>
M15	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Chaetomium</i>	<i>Chaetomium</i> sp.
M16	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Chaetomium</i>	<i>Chaetomium globosum</i>
M20	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Ophiocordycipitaceae</i>	<i>Purpureocillium</i>	<i>Purpureocillium lilacinum</i>
M21	Ascomycota	Sordariomycetes	Glomerellales	<i>Plectosphaerellaceae</i>	<i>Gibellulopsis</i>	<i>Gibellulopsis nigrescens</i>
M22	Ascomycota	Eurotiomycetes	Chaetothyriales	<i>Sin clasificar</i>	<i>Sin clasificar</i>	<i>Sin clasificar</i>
M24	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium</i> sp.
M25	Mucoromycota	Mortierellomycetes	Mortierellales	<i>Mortierellaceae</i>	<i>Actinomortierella</i>	<i>Mortierella capitata</i>
M26	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	<i>Sporocadaceae</i>	<i>Neopestalotiopsis</i>	<i>Neopestalotiopsis saprophytica</i>
M28	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i> sp
M29	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium falciforme</i>
M30	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	<i>Pleosporaceae</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Alternaria alternata</i>
M31	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	<i>Sporocadaceae</i>	<i>Neopestalotiopsis</i>	<i>Neopestalotiopsis saprophytica</i>

M33	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Fusarium solani</i>
M34	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium oxalicum</i>
M35	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	<i>Sporocadaceae</i>	<i>Robillarda</i>	<i>Robillarda</i> sp.
M36	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Ophiocordycipitaceae</i>	<i>Purpureocillium</i>	<i>Purpureocillium</i> sp.
M39	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus</i> sp
M40	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus sydowii</i>
M41	Ascomycota	Saccharomycetes	Saccharomycetales	<i>Dipodascaceae</i>	<i>Galactomyces</i>	<i>Galactomyces pseudocandidus</i>
M42	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus pulvericola</i>
M47	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Stachybotryaceae</i>	<i>Paramyrothecium</i>	<i>Paramyrothecium roridum</i>
M48	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus rugulosus</i>
M50	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus terreus</i>
M54	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Staphylotrichum</i>	<i>Staphylotrichum acaciicola</i>
M55	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus terreus</i>
M64	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus quadrilineatus</i>
M65	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus europaeus</i>

Realizado por: Freire D., 2022.

3.2.2. Marcadores moleculares para género *Trichoderma* sp.

Se obtuvieron 18 aislados de identificados como *Trichoderma* sp. de los cuales, solo de 13 aislados se logró extraer ADN siendo los siguientes: M6, M11, M17, M18, M27, M44, M46, M52, M56, M57, M59, M60, M61.

Luego de realizar el debido proceso para mostrar el primer ITrichF/ITrichR (*Trichoderma_spp*) basado en la región ITS en la identificación del género *Trichoderma* sp. de las 13 muestras utilizadas se obtuvo los siguientes resultados: (Tabla 15-3).

Tabla 15-3: Muestras que amplificaron para género *Trichoderma* sp. (ITS).

Región	Código		N.º de aislados amplificados
ITS	M6	M11	11
	M18	M27	
	M44	M46	
	M56	M57	
	M59	M60	
	M61		

Realizado por: Freire D., 2022.

Para la región ITS se logró identificar 11 aislados de un total de 13 aislados, es decir un 84,61% del total de aislados los cuales pertenecen al género *Trichoderma* sp. mediante el primer ITrichF/ITrichR.

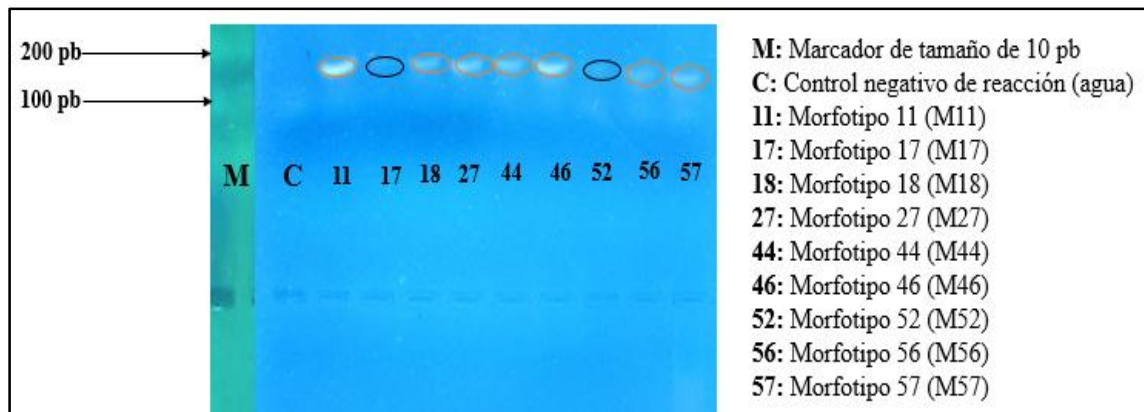


Figura 46-3. Gel de agarosa que muestra los productos amplificados para el género *Trichoderma* sp. (ITS).

Realizado por: Freire D., 2022.

En la **Figura 46-3** se observa uno de los geles donde se validó el cebador ITrichF/ITrichR para identificar *Trichoderma* sp. en la región amplificada ITS fue capaz de definir patrones donde se mostraron fragmentos de ADN por patrón electroforético en los pocillos M6, M11, M18, M27, M44, M46, M52, M56, M57, M59, M60, M61, mismos que en su mayoría se encuentran amplificados dentro de los 103 a 113 pares de bases de acuerdo con el marcador de tamaño.

3.2.3. Marcadores moleculares para la especie *Trichoderma harzianum* (TEF1)

En cuanto a la capacidad de primers específicos basados en los genes TEF1 para las diferentes especies de *Trichoderma* se realizó pruebas con los primers Th1F/Th1R (*Trichoderma harzianum* Rpb2), EHarF2/EHarR2 (*Trichoderma harzianum* TEF1), T1F/T1R (*Trichoderma longibrachiatum* TEF1) en los aislados que amplificaron dentro del género *Trichoderma*. A continuación, se muestran los resultados obtenidos dentro de la especie de *Trichoderma harzianum* tanto para la región ITS como para Rpb2 (**Tabla 16-3**).

Tabla 16-3: Muestras que amplificaron para la especie *Trichoderma harzianum* (TEF1).

Región	Código		N.º de aislados amplificados
TEF1	M57	M60	2
Rpb2	M6	M11	7
	M18	M27	
	M46	M57	
	M59		

Realizado por: Freire D., 2022.

Dentro de las 11 muestras que amplificaron para género *Trichoderma* en la región ITS solo 2 muestras fueron identificadas para el gen TEF1 según la amplificación como especie *Trichoderma harzianum*, en cambio de las 11 muestras reconocidas dentro del género *Trichoderma*, solo 7 cepas fueron identificadas dentro del gen Rpb2 según su amplificación dentro de la especie *Trichoderma harzianum*.

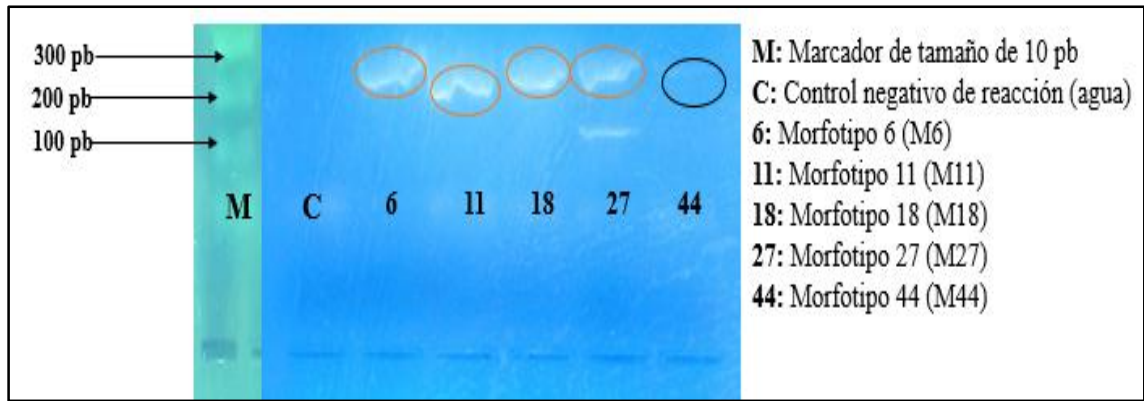


Figura 47-3. Gel de agarosa que muestra los productos amplificados para la especie *Trichoderma harzianum* (TEF1).

Realizado por: Freire D., 2022.

En cuanto a la validación del cebador EHarF2/EHarR2 para la especie de *Trichoderma harzianum* en el gen amplificado Tef1 fue capaz de definir patrones donde mostraron fragmentos de ADN por patrón electroforético en los pocillos M57 y M60, las muestras amplificadas se encuentran dentro de rango 200 a 250 pares de bases según el marcador de tamaño, por otro lado para la validación del cebador Th1F/Th1R para la especie de *Trichoderma harzianum* en el gen amplificado Rpb2 fue capaz de definir patrones donde mostraron fragmentos de ADN por patrón electroforético en los pocillos M6, M11, M18, M27, M59, M46 y M57, (**Figura 47-3**). En cuanto a la capacidad de primers específicos basados en los genes T1F/T1R (*Trichoderma longibrachiatum* TEF1) donde ningún aislado amplificó dentro de la especie *Trichoderma longibrachiatum*.

3.3. Abundancia de los diferentes morfotipos encontrados en las diferentes localidades.

El número total de aislados obtenidos es de 2273 entre los que se encontraron 62 morfotipos diferentes distribuidos en las diferentes localidades de los suelos agrícolas de Sana Cruz-Provincia de Galápagos.

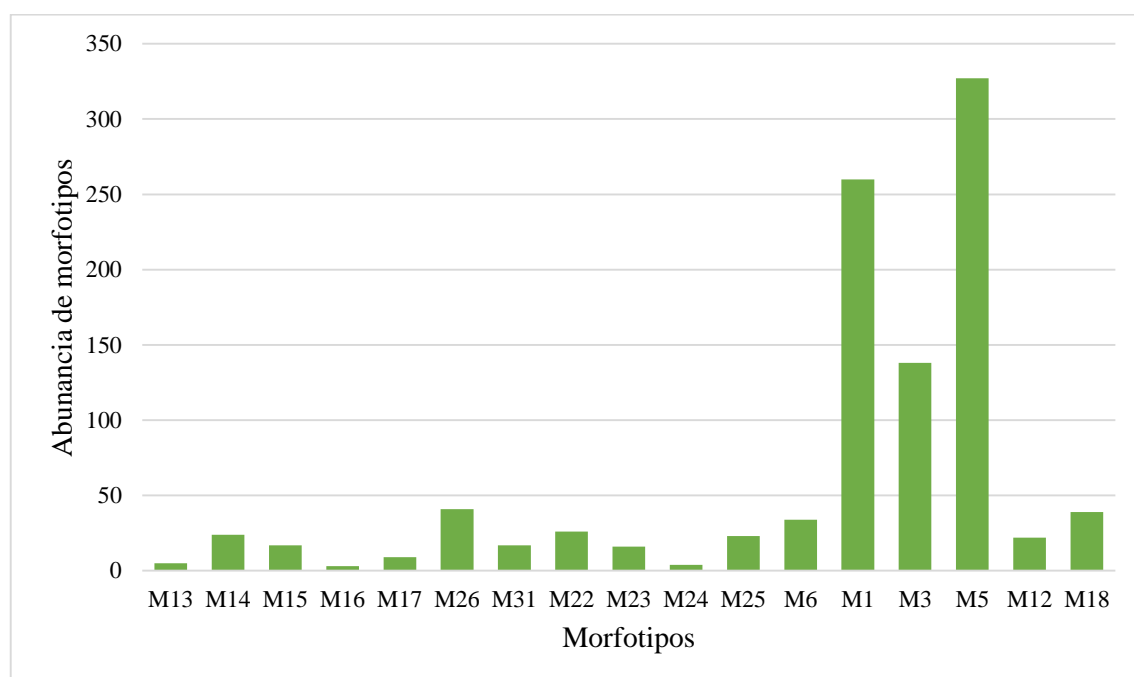


Gráfico 1-3. Abundancia de los morfotipos de la localidad Camino Viejo

Realizado por: Freire D., 2022.

En la localidad de Camino Viejo se encontraron 17 morfotipos diferentes de los cuales el morfotipo más abundante fue el M5 con una abundancia de 327 que representa el 14,39% del total de los aislados totales, por otro lado el morfotipo menos abundante que se encontró fue el M16 con una abundancia de 3 que representa el 0,13% del total de los aislados totales (**Gráfico 1-3**).

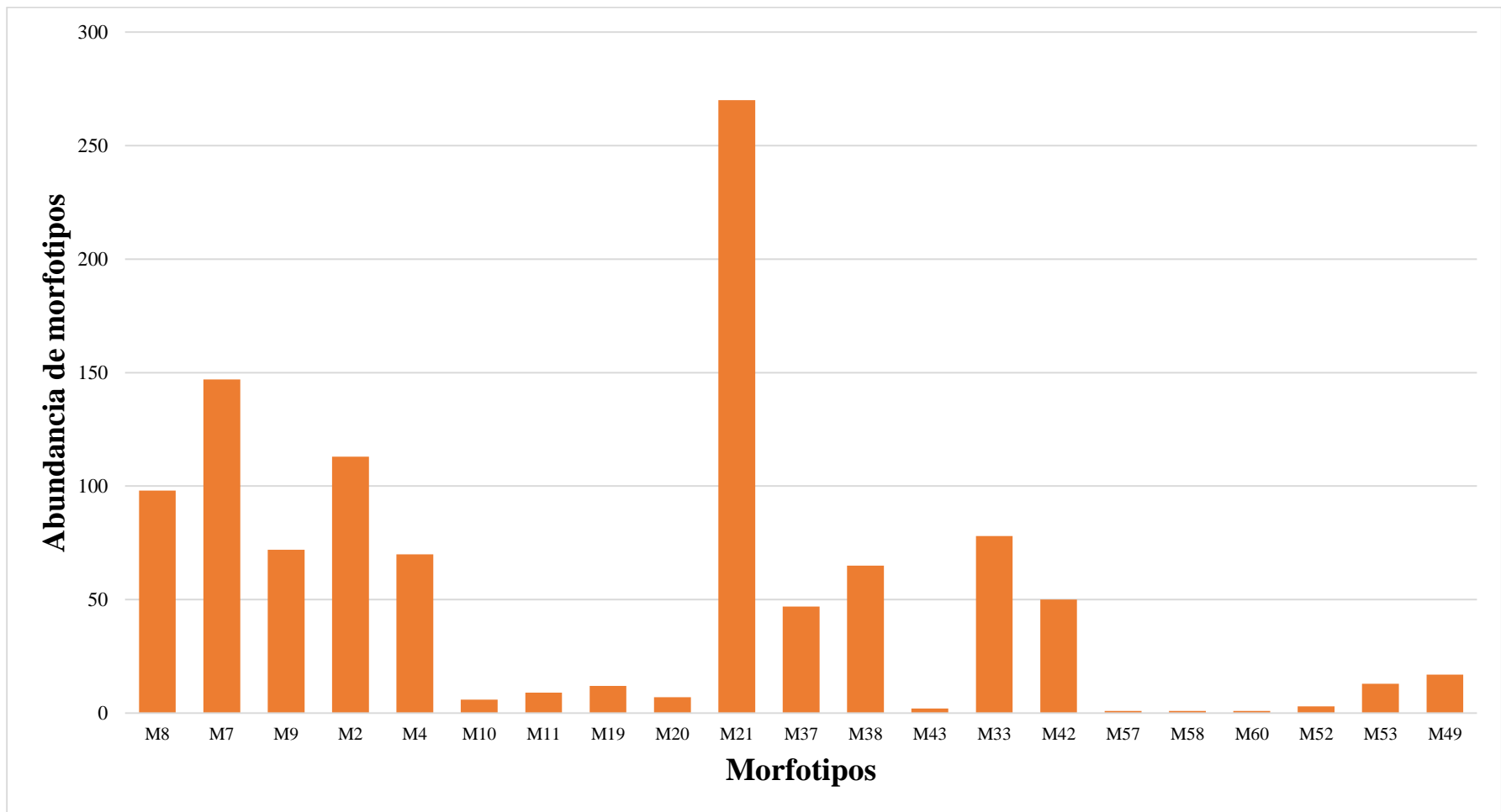


Gráfico 2-3. Abundancia de los morfotipos de la localidad El Cascajo

Realizado por: Freire D., 2022.

En la localidad de el Cascajo se encontraron 21 morfotipos diferentes de los cuales el morfotipo que presento mayo abundancia es el M21 con una abundancia de 270 (**Grafico 2-3**) que representa el 11,88% del total de los morfotipos estudiados, asimismo los morfotipos que presentaron la menor abundancia son M57, M58 y M60 con una abundancia de 1 cada uno lo cual representa el 0,04% respectivamente del total de aislados encontrados.

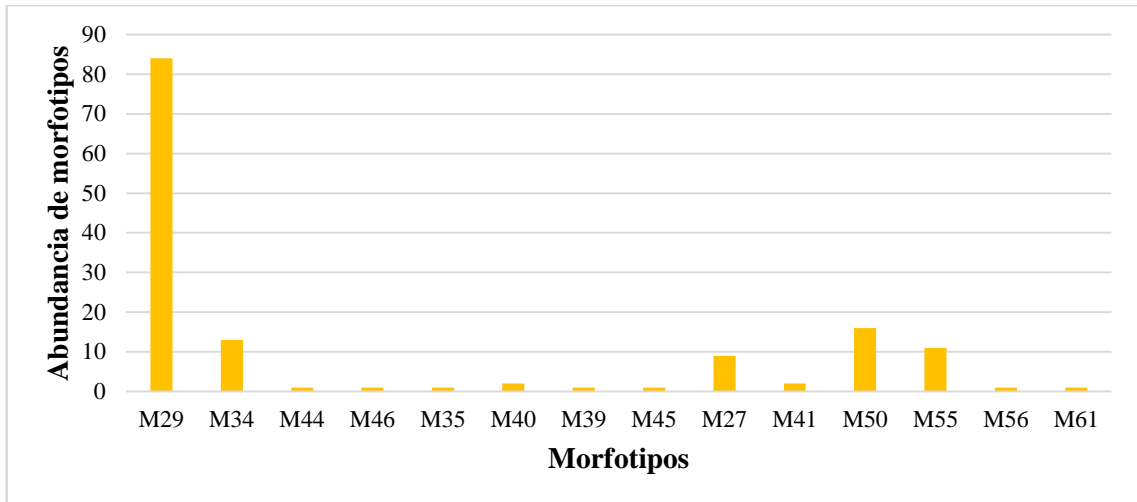


Gráfico 3-3. Abundancia de los morfotipos de la localidad Media Luna

Realizado por: Freire D., 2022.

La localidad Media Luna presentó 14 morfotipos diferentes de los cuales el morfotipo M29 fue el que mayor abundancia presentó con una abundancia de 84 que representa el 3,70% del total de aislados encontrados, por otro lado los morfotipos que menor abundancia presentaron fueron los M44, M46, M35, M39, M45, M56 y M61 con una abundancia de 1 cada uno lo que representa el 0,04% respectivamente del total de los aislados encontrados (**Gráfico 3-3**).

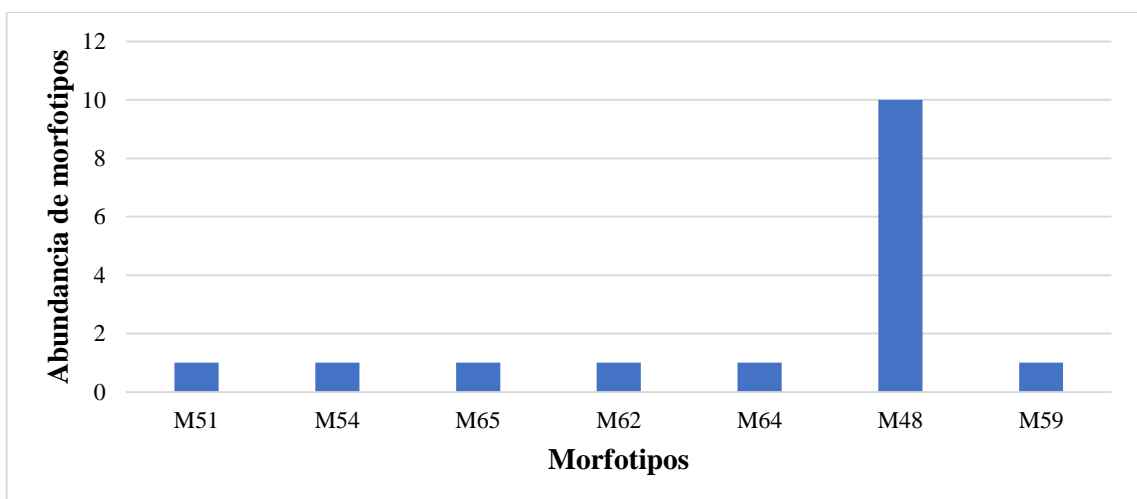


Gráfico 4-3. Abundancia de los morfotipos de la localidad Media Luna (Bosque no intervenido)

Realizado por: Freire D., 2022.

La Localidad Media Luna donde se encuentra el Bosque no intervenido se encontraron 7 morfotipos diferentes de los cuales el morfotipo que presentó la mayor abundancia es el M48 con una abundancia de 10 lo que representa el 0,44% del total de aislados encontrados, por otro lado los morfotipos con la menor abundancia se encontraron M51, M54, M62, M64 y M59 con una abundancia de 1 que representa el 0,04% del total de aislados encontrados (**Gráfico 4-3**).

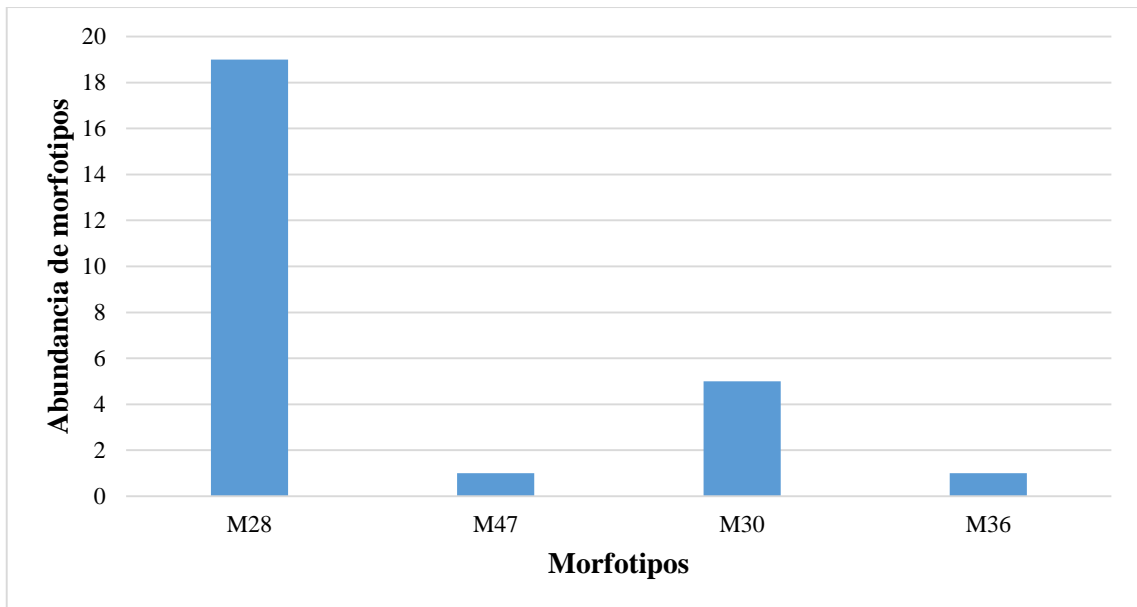


Gráfico 5-3. Abundancia de los morfotipos de la localidad La Fortuna

Realizado por: Freire D., 2022.

En la localidad de La Fortuna se encontró 4 morfotipos diferentes entre los cuales el morfotipo M28 es el de mayor abundancia con 19 lo que representa el 0,84% del total de los aislados encontrados, asimismo los morfotipos con menor abundancia son M47 y M36 con una abundancia de 1 cada uno lo que representa el 0,04% del total de los aislados encontrados (**Gráfico 5-3**).

3.4. Análisis de la diversidad fúngica asociada a los suelos agrícolas de Sana Cruz- Provincia de Galápagos.

El 43,86% de los aislados obtenidos en el presente estudio corresponden al género *Aspergillus* sp. el cual fue el aislado con mayor frecuencia, posteriormente le siguieron los géneros *Fusarium* sp. con 18,35%, *Gibellulopsis* sp. con 11,88%, *Trichoderma* sp. con 7,17%. Entre los géneros con menor frecuencia se encuentran *Robillarda* sp., *Paramyrothecium* sp. y *Staphylotrichum* sp. con 0,04% respectivamente y los géneros no identificados representaron el 3,43% (**Tabla 17-3**).

Tabla 17-3: Porcentaje de microorganismos fúngicos aislados de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.

Microorganismos aislados	Numero de aislados	Porcentaje
<i>Penicillium</i>	126	5,54
<i>Aspergillus</i>	997	43,86
<i>Fusarium</i>	417	18,35
<i>Chaetomium</i>	20	0,88
<i>Purpureocillium</i>	8	0,35
<i>Neopestalotiopsis</i>	58	2,55
<i>Smaragdiniseta</i>	72	3,17
<i>Humicola</i>	5	0,22
<i>Gibellulopsis</i>	270	11,88
<i>Sin clasificar Chaetothyriales</i>	26	1,14
<i>Actinomortierella</i>	23	1,01
<i>Alternaria</i>	5	0,22
<i>Robillarda</i>	1	0,04
<i>Galactomyces</i>	2	0,09
<i>Paramyrothecium</i>	1	0,04
<i>Staphylotrichum</i>	1	0,04
<i>Trichoderma</i>	163	7,17
<i>Desconocidos</i>	78	3,43

Realizado por: Freire D., 2022.

3.4.1. Abundancia relativa a nivel de filo, clase, orden, familia y género en relación a las cinco localidades

El filo fúngico más común entre las cinco localidades fue el Ascomycota que represento el 95,56%, asimismo se observó en menor cantidad el filo Mucoromycota con el 1,01% (**Gráfico 6-3**). Después de realizar el análisis el 3,43% de los aislados no se clasificaron a nivel de filo. Basandose en los filios mencionados anteriormente en donde los taxones se evaluaron por clase, orden, familia y género. Las abundancias a nivel de filo Ascomycota y filo Mucoromycota fue diferente entre las localidades de los suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.

El filo Ascomycota fue el más abundante en la localidad El Cascajo con un 44,26% el total de aislados obtenidos, por otro lado la localidad donde existió una menor abundancia del filo Ascomycota es en la localidad Media Luna-Bosque no intervenido con un 0,62% del total de aislados obtenidos.

El filo Mucoromycota se presentó únicamente en la localidad de Camino Viejo con un 1,01% del total de aislados obtenidos. Entre los aislados con filo desconocido se encuentra la localidad El Cascajo y Media Luna en donde se sitúa el bosque no intervenido. Siendo el más abundante en la localidad de el Cascajo con un 3,34% del total de aislados obtenidos y en menor abundancia la localidad Media Luna-Bosque no intervenido con 0,09% del total de aislados obtenidos.

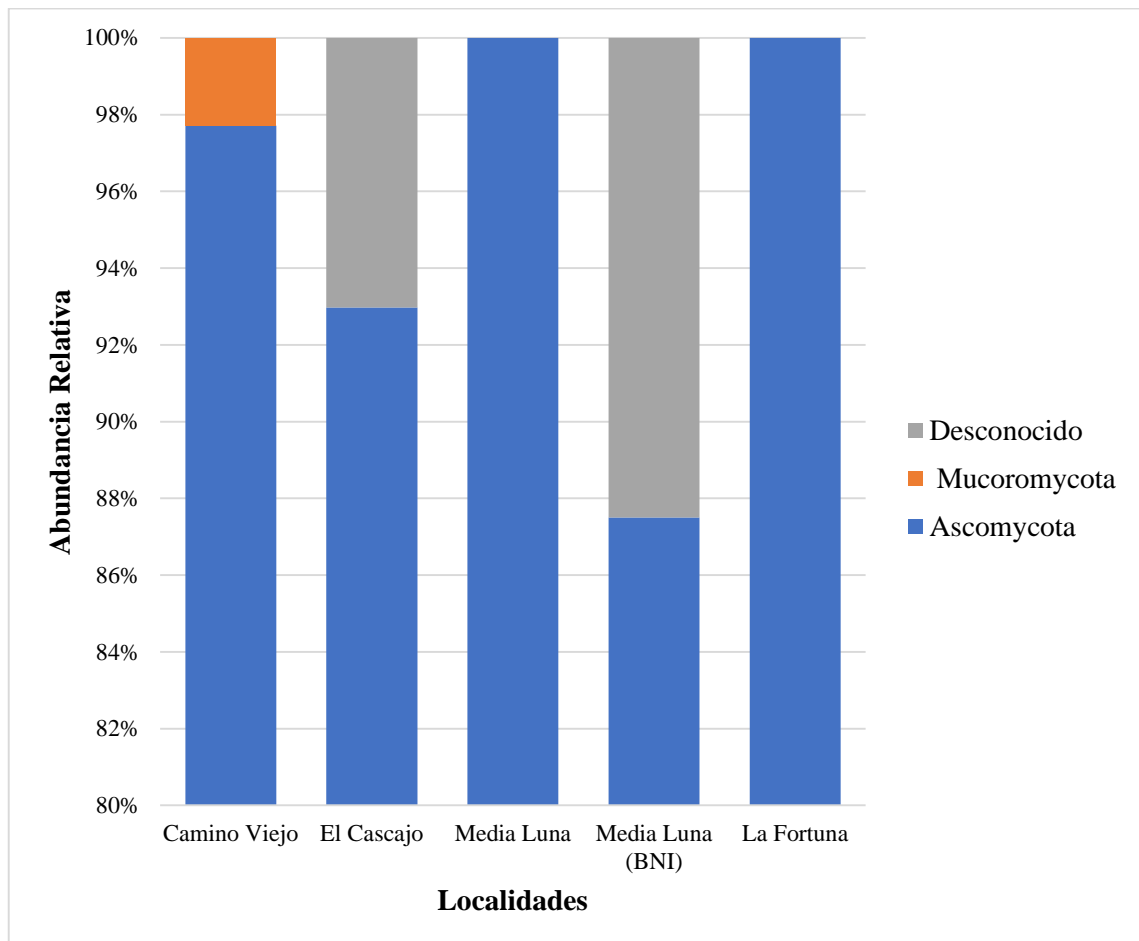


Gráfico 6-3. Abundancia relativa a nivel de filo de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.

Realizado por: Freire D., 2022.

A nivel de clase, cuatro clases estuvieron representadas en el filo Ascomycota siendo estos Eurotiomycetes (50,55%), Sordariomycetes (44,70%), Dothideomycetes (0,22%), Saccharomycetes (0,09%) y una clase representada en el filo Mucoromycota siendo esta Mortierellomycetes (1,01%); y el 3,43% de los aislados no se consiguieron clasificar a nivel de clase (**Gráfico 7-3**).

La clase que presenta mayor abundancia es Eurotiomycetes (50,55%) siendo la de mayor presencia en el presente estudio donde el valor más alto se encontró en la Localidad de Camino Viejo (34,10%), por otro lado el valor más bajo de abundancia se encontró en la localidad de Media Luna-Bosque no intervenido (0,53%). Los valores de abundancia para la clase Sordariomycetes (44,70%) fueron los siguientes: el valor mas alto se registró en la localidad El Cascajo (31,06%), además los valores de abundancia más bajos se registraron en las localidades Media Luna-Bosque no intervenido (0,09%) y la Fortuna (0,09%).

La clase Dothideomycetes (0.22%) se encontró únicamente en la localidad La Fortuna, por otro lado la clase Saccharomycetes (0,09%) se registró solamente en la localidad Media Luna. Por otro lado la clase Mortierellomycetes (1,01%) se encontró en la localidad Camino Viejo. Los microorganismos fúngicos se registraron en las localidades de El Cascajo (3,34%) y Media Luna-Bosque no identificado (0,09%).

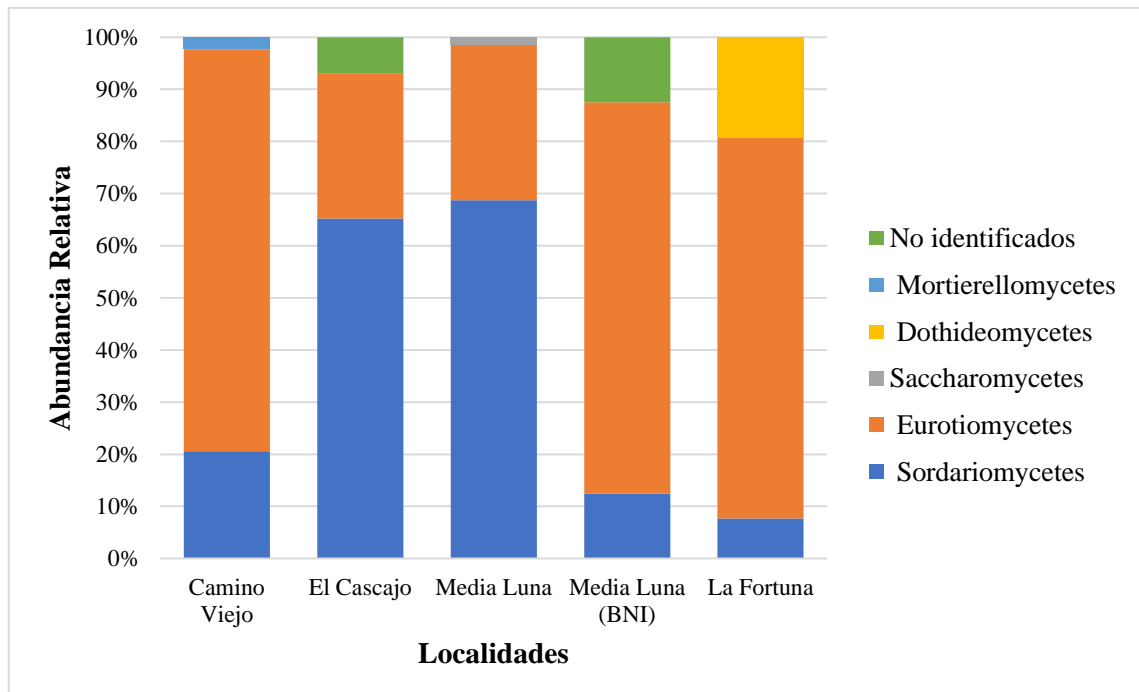


Gráfico 7-3. Abundancia relativa a nivel de clase de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

La composición microbiana fúngica a nivel de orden se observa en el **Gráfico 8-3** de abundancia relativa, nos mostró que existen diversos perfiles de composición fúngica en las cinco localidades de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos. Se encontraron ocho tipos de ordenes en el filo Ascomycota siendo estos los siguientes: Eurotiales (49,41%), Hypocreales (29,08%), Glomerellales (11,88%), Xylariales (2,60%), Chaetothyriales (1,14%), Sordariales (1,14%), Pleosporales (0,22%), Saccharomycetales (0,09%) y un orden en el filo Mucoromycota siendo el orden Mortierellales (1,01%) y el 3,43% de los aislados no se pudieron clasificar a nivel de orden.

El orden con mayor abundancia presente en esta investigación fue el Eurotiales (49,41%) donde el valor más alto se presentó en la localidad Camino Viejo (32,95%) y el valor más bajo se presentó en la localidad Media Luna- Bosque no intervenido (0,53%), por otro lado el orden Hypocreales (29,08%) presentó mayor abundancia en la localidad El Cascajo (19,18%) y la menor abundancia presentó la localidad Media Luna-Bosque no intervenido (0,04%), el orden Glomerellales (11,88%) se presentó únicamente en la localidad El Cascajo (11,88%), asimismo el orden Mortierellales (1,01%) se presentó únicamente en la localidad Camino Viejo, además el orden Xylariales (2,60%) se registró en localidad de Camino Viejo (2,55%) y en la localidad de Media Luna (0,04%), el orden Chaetothyriales (1,14%) se presentó solamente en la localidad Camino Viejo (1,14%), por otra parte el orden Sordariales (1,14%) se registraron en las localidades Camino Viejo (1,10%) y Media Luna-bosque no intervenido (0,04%), por otro lado el orden Pleosporales (0,22%) se presentó únicamente en la localidad La Fortuna (0,22%), el orden Saccharomycetales (0,09%) se presentó solamente en la localidad Media Luna (0,09%), además en las localidades de El Cascajo (3,34%) y Media Luna-Bosque no intervenido (0,09%) se presentaron los microorganismos que no se pudieron clasificar a nivel de orden representando el 3,43%.

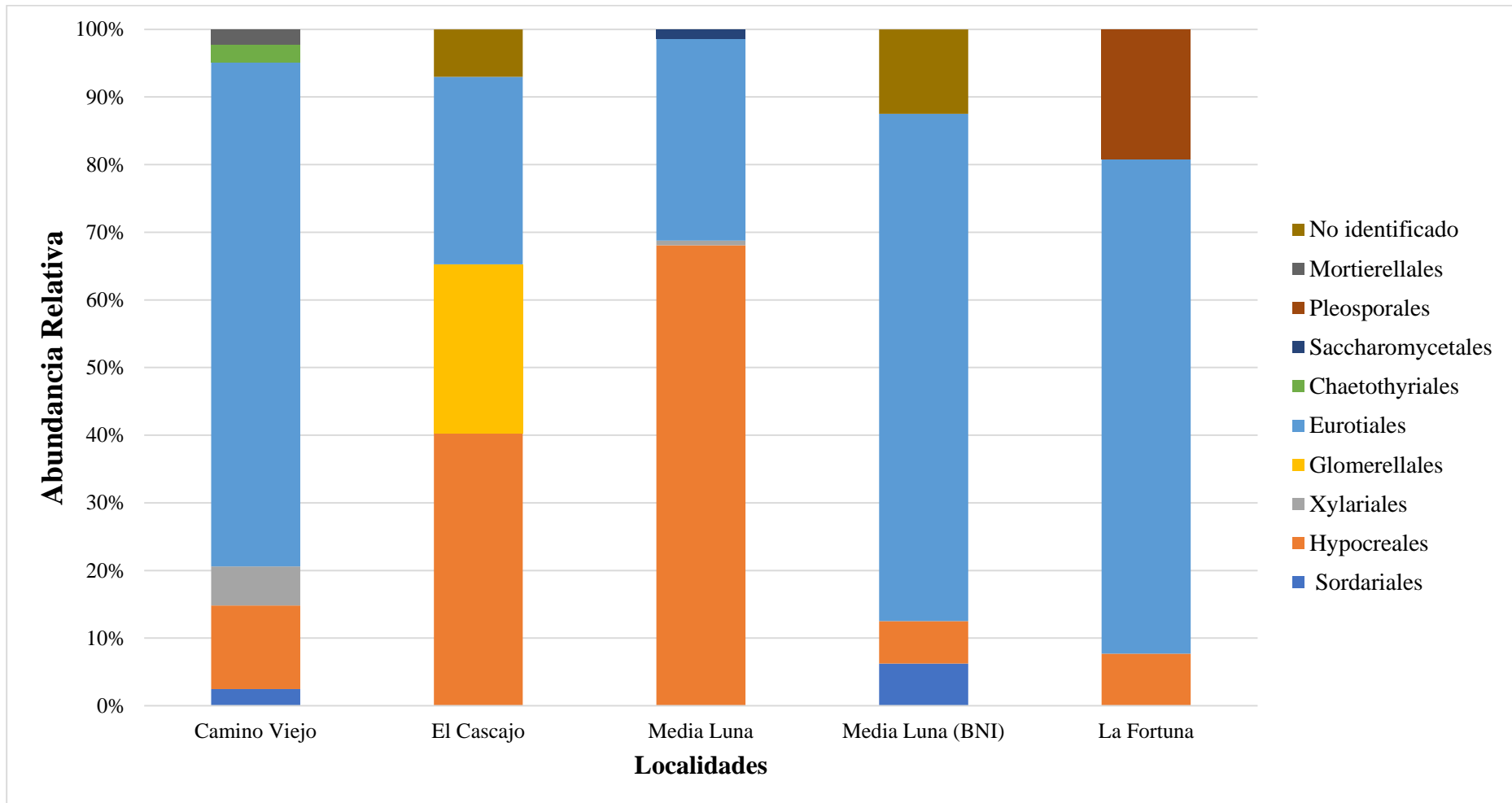


Gráfico 8-3. Abundancia relativa a nivel de orden de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

La composición microbiana a nivel de familia que se observa en el **Gráfico 9-3** de abundancia relativa, registró que existen diversos perfiles de composición fúngica de las cinco localidades de Santa Cruz-Provincia de Galápagos. Se encontraron diez familias en el filo Ascomycota siendo las siguientes: Aspergillaceae (49,41%), Nectriaceae (18,35%), Plectosphaerellaceae (11,88%), Hypocreaceae (7,17%), Stachybotryaceae (3,21%), Sporocadaceae (2,60%), Chaetomiaceae (1,14%), Ophiocordycipitaceae (0,35%), Pleosporaceae (0,22%), Dipodascaceae (0,09%) y una familia en el filo Mucoromycota siendo la familia Mortierellaceae (1,01%), el 1,14% pertenece a la familia sin identificar del orden Chaetothyriales (1,14%) y el 3,43% de los aislados no se lograron identificar a nivel de familia.

Los valores de abundancia para la familia Aspergillaceae (49,41%) siendo el de mayor presencia en el presente estudio, fueron los siguientes: el valor más alto se registró en la localidad Camino Viejo (32,95%) y el valor más bajo se registró en la localidad de Media Luna-Bosque no intervenido (0,53%). Por otra parte la mayor abundancia que presentó la familia Nectriaceae (18,35%) se encontró en la localidad El Cascajo (14,47%) y la menor abundancia se encontró en la localidad de Camino Viejo (0,18%), por otro lado las localidades Media Luna-Bosque no intervenido y la Fortuna no registró la presencia de esta familia. La familia Plectosphaerellaceae (11,88%) se presentó únicamente en la localidad de El Cascajo (11,88%). Los valores de abundancia para la familia Hypocreaceae (7,17%) presentó los siguientes valores: el valor más alto se registró en la localidad Camino Viejo (5,28%) y el valor más bajo se registró en la localidad Media Luna (0,04%), además en la localidad La Fortuna no existió la presencia de esta familia. La familia Stachybotryaceae (3,21%) se presentó en las localidades El Cascajo (3,17%) y La Fortuna (0,04%), además la familia Sporocadaceae (2,60%) registró la presencia en las localidades Camino Viejo (2,55%) y Media Luna (0,04%). Los valores de abundancia para la familia Chaetomiaceae (1,14%) se registraron solo en las localidades de Camino Viejo (1,10%) y Media Luna-Bosque no intervenido (0,04%), asimismo la familia Mortierellales (1,01%) se registró únicamente en localidad Camino Viejo (1,01%). La presencia de la familia Ophiocordycipitaceae (0,35%) se evidenció en las localidades El Cascajo (0,31%) y La Fortuna (0,04%). La familia Pleosporaceae (0,22%) se registró únicamente en la localidad La Fortuna (0,22%) y por último la familia Dipodascaceae (0,09%) se presentó solamente en la localidad Media Luna (0,09%). En la localidad Camino Viejo (1,14%), El Cascajo (3,34%) y Media Luna-Bosque no intervenido (0,09%) no se logró identificar los aislados nivel de familia (4,43%). Además el 1,14% presentó una familia que no se logró identificar que pertenece al orden Chaetothyriales (1,14%).

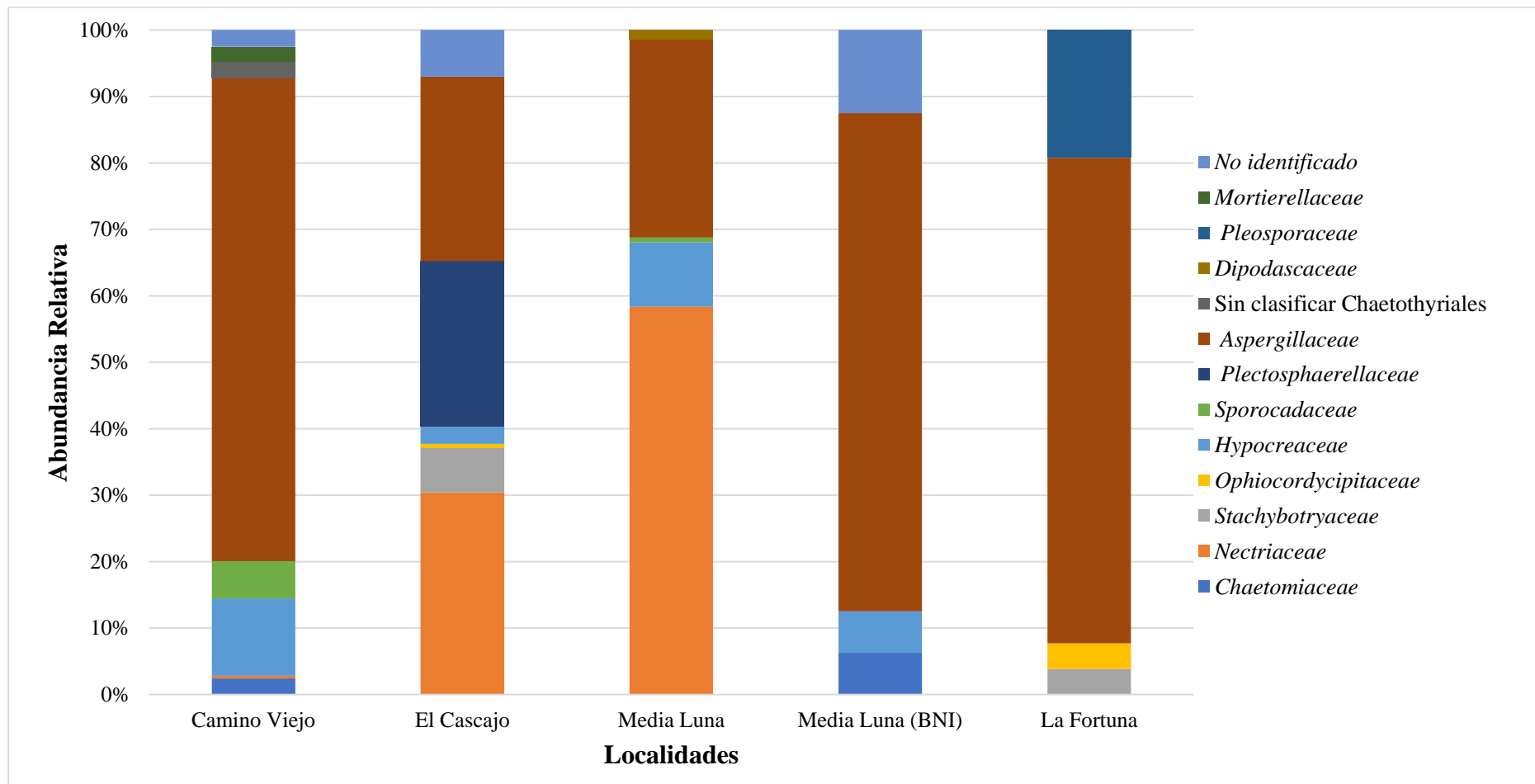


Gráfico 9-3. Abundancia relativa a nivel de familia de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

La composición microbiana fúngica a nivel de género que se observa en el **Gráfico 10-3** el cual muestra que existen abundantes perfiles de composición fúngica de las cinco localidades de Santa Cruz-Provincia de Galápagos. En la presente investigación se encontraron 16 géneros en el filo Ascomycota siendo los siguientes: *Aspergillus* sp. (43,86%), *Fusarium* sp. (18,35%), *Gibellulopsis* sp. (11,88%), *Trichoderma* sp. (7,17%), *Penicillium* sp. (5,54%), *Smaragdiniseta* sp. (3,17%), *Neopestalotiopsis* sp. (2,55%), *Chaetomium* sp. (0,88%), *Purpureocillium* sp. (0,35%), *Humicola* sp. (0,22%), *Alternaria* sp. (0,22%), *Galactomyces* sp. (0,09%), *Robillarda* sp. (0,04%), *Paramyrothecium* sp. (0,04%), *Staphylotrichum* sp. (0,04%), género sin clasificar en el orden Chaetothyriales (1,14%),. Por otro lado en el filo Mucoromycota se encontró solamente al género *Actinomortierella* sp. (1,01%), y el 3,43% se registró como aislados no identificados. Los valores de abundancia para el género *Aspergillus* sp. (43,86%) siendo el de mayor presencia en el presente estudio fueron los siguientes: el valor más alto se registró en la localidad Camino Viejo (32,95%) y el valor más bajo se registró en la localidad Media Luna-Bosque no intervenido (0,53%), por otro lado la mayor abundancia con respecto al género *Fusarium* sp. (18,35%) fue la localidad de El Cascajo (14,47%), y la menor abundancia lo presentaron las localidades de Media Luna (3,70%) y Camino Viejo (0,18%). El género *Gibellulopsis* sp. (11,88%) se registró únicamente en la localidad El Cascajo (11,88%). Por otro lado el género *Trichoderma* sp. (7,17%), registró mayor abundancia en la localidad de Camino Viejo (5,28%), y con menor abundancia en la localidad Media Luna-Bosque no intervenido (0,04%). El género *Penicillium* sp. (5,54%) se registró en las localidades de El Cascajo (4,97%) y Media Luna (0,57%). Además el género *Smaragdiniseta* sp. (3,17%) se registró únicamente en la localidad Camino Viejo (3,17%), igualmente el género *Neopestalotiopsis* sp. (2,55%) se presentó únicamente en la localidad Camino Viejo (2,55%), también el género *Chaetomium* sp. (0,88%) se registró solamente en la localidad Camino Viejo (0,88%). Además el género *Actinomortierella* sp. (1,01%) se registró únicamente en la localidad Camino Viejo (1,01%). Por otro lado el género *Purpureocillium* sp. (0,35%) se registró en las localidades de El Cascajo (0,31%) y La Fortuna (0,04%), así también el género *Humicola* sp. (0,22%) se presentó en la localidad Camino Viejo, asimismo el género *Alternaria* sp. (0,22%) se registró únicamente en la localidad La Fortuna (0,22%), además el género *Galactomyces* sp. (0,09%) se presentó solo en la localidad Media Luna (0,09%), también el género *Robillarda* sp. (0,04%) se presentó en la localidad Media Luna (0,04%), por otra parte el género *Paramyrothecium* sp. (0,04%) se presentó solamente en la localidad La Fortuna (0,04%), además el género *Staphylotrichum* sp. (0,04%) se registró solo en la localidad Media Luna-Bosque no intervenido (0,04%). Por otra parte el género sin clasificar en el orden Chaetothyriales (1,14%) se registró en la localidad Camino Viejo (1,14%). Los aislados no identificados que representan el 3,43% se registraron en las localidades de El Cascajo (3,34%) y Media Luna-Bosque no intervenido (0,53%).

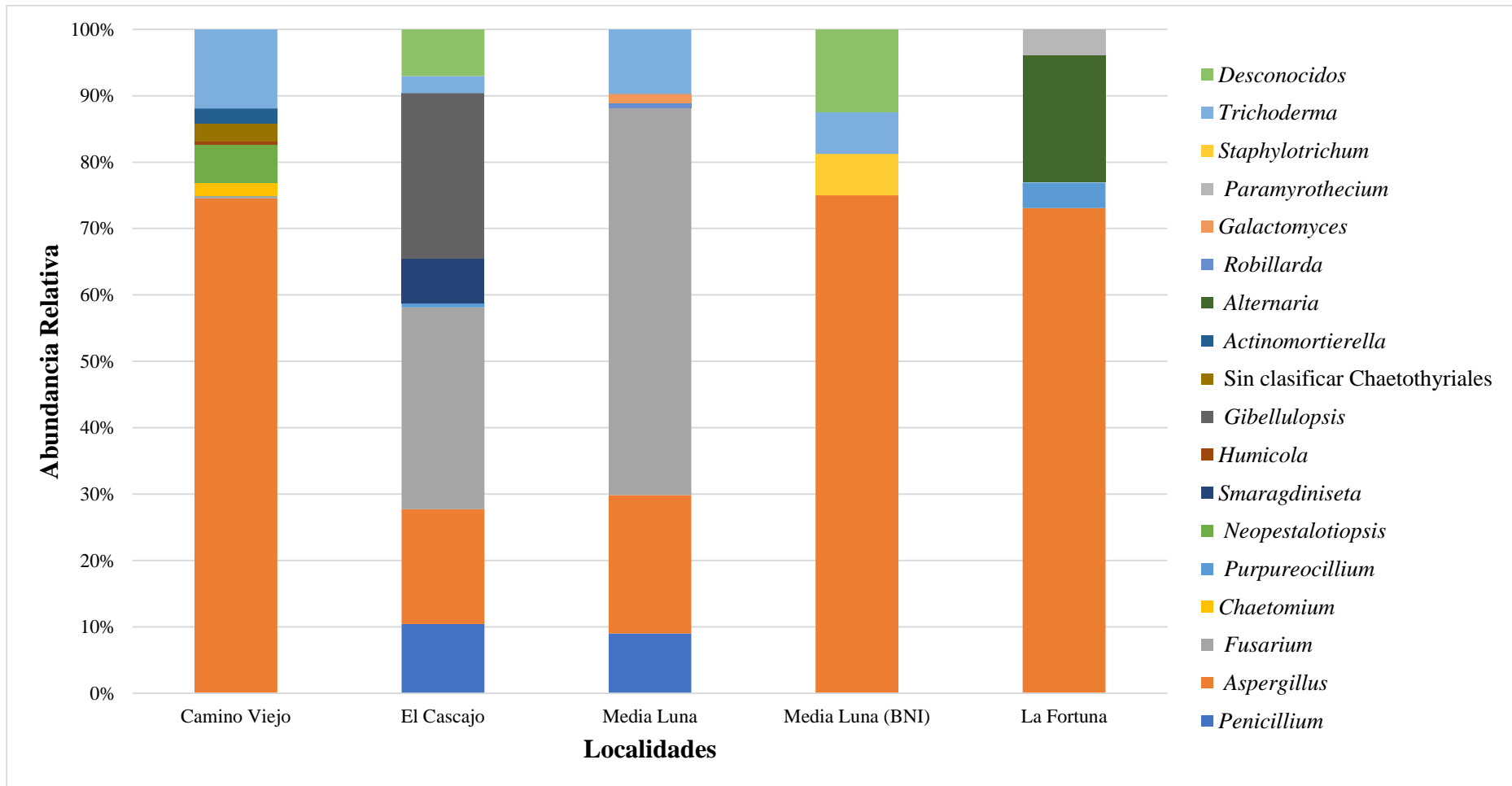


Gráfico 10-3. Abundancia relativa a nivel de género de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

3.4.2. *Diversidad de los microorganismos fúngicos asociados a suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.*

La diversidad microbiana fúngica asociada a suelos agrícolas de Santa Cruz- Provincia de Galápagos fue calculada mediante los Índices de Diversidad (ID). La α -diversidad se calculó por localidad utilizando la riqueza de especies, la diversidad de Shannon y la diversidad de Simpson con base en el número de Hill.

Índice Riqueza de especies:

La riqueza de especies para los microorganismos fúngicos asociados a suelos agrícolas de Santa Cruz- Provincia de Galápagos mostró que la localidad Media Luna perteneciente al Bosque no Intervenido registró la mayor riqueza de especies (RS) con un valor de 21,062, la localidades Camino Viejo con el cultivo de hoja (Kale) presentó una RS de 17, la localidad El Cascajo tiene una RS de 10 para el cultivo de melón, una RS de 8,917 para el cultivo de pimiento y una RS del 5 para el cultivo de tomate, por otra parte la localidad Media Luna registró una RS de 10,456 para el cultivo de Café (Var Catimor), y una RS de 15,81 para el cultivo de maíz amarillo, finalmente la localidad de La Fortuna con el cultivo de Café (Var Típica) presentó un RS de 4 siendo el valor más bajo de RS registrado (**Tabla 18-3**) (**Gráfico 11-3**).

Tabla 18-3: Riqueza de especies de las diferentes localidades y cultivos.

Localidades	Cultivos	Observado	Estimado	s.e	LCL	UCL
Camino Viejo	Cultivo hoja Kale (CHK)	17	17	0,268	17	17,604
El Cascajo	Cultivo Melón (CM)	10	10	0,059	10	10,12
	Tomate (T)	5	5	0,342	5	5,827
	Pimiento (P)	6	8,917	4,3	6,355	29,97
Media Luna	Café (Var Catimor) (CVC)	6	10,456	7,126	6,49	46,538
	Maíz Amarillo (MA)	8	15,81	11,39	8,963	71,332
Media Luna	Bosque no intervenido (BNI)	7	21,062	12,65	10,11	70,613
La Fortuna	Café (Var Típica) (CVT)	4	4,962	2,092	4,072	16,818

Realizado por: Freire D., 2022.

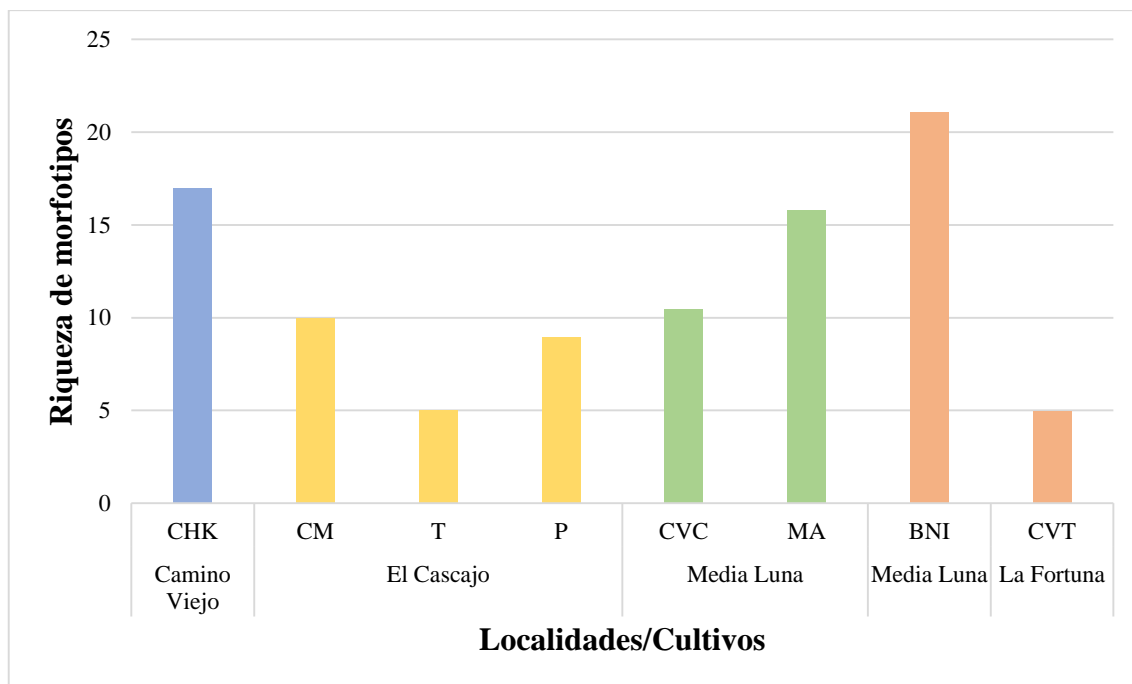


Gráfico 11-3. Riqueza de especies de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas y cultivos de Santa Cruz-Provincia de Galápagos

Realizado por: Freire D., 2022.

Índice de Shannon:

La diversidad de Shannon (H') calculada por localidad, mostró que la Localidad Camino Viejo con el Cultivo de hoja (Kale) obtuvo la mayor diversidad (H') microbiana fúngica con un valor de 7,635. El valor de diversidad (H') para las demás localidades son las siguientes: La localidad El Cascajo presentó una diversidad (H') de 6,263 para el cultivo de Melón, para el cultivo de tomate registró un valor de 4,097, y para el cultivo de pimiento se registró un valor de diversidad (H') de 3,872. Por otro lado la localidad de Media Luna con el cultivo de Maíz amarillo presentó una diversidad (H') de 5,634. El valor de diversidad (H') que registró la localidad Media Luna en donde se encuentra el Bosque no intervenido fue de 6,915. La localidad la Fortuna con el cultivo e Café (var, Típica) presento una diversidad (H') de 2,431. La localidad que presento el valor de diversidad (H') más bajo fue Media Luna con el cultivo de Café (var. Catimor) con 1,985 de diversidad (H') (Tabla 19-3) (Gráfico 12-3).

Tabla 19-3: Índice de Shannon de las diferentes localidades y cultivos

Localidades	Cultivos	Observado	Estimado	s.e	LCL	UCL
Camino Viejo	Cultivo hoja Kale (CHK)	7,573	7,635	0,259	7,573	8,141
El Cascajo	Cultivo Melón (CM)	6,227	6,263	0,164	6,227	6,584
	Tomate (T)	4,062	4,097	0,102	4,062	4,297
	Pimiento (P)	3,414	3,872	0,71	3,414	5,262
Media Luna	Café (Var Catimor) (CVC)	1,888	1,985	0,241	1,888	2,458
	Maíz Amarillo (MA)	4,71	5,634	1,064	4,71	7,72
Media Luna	Bosque no intervenido (BNI)	3,794	6,915	3,67	3,794	14,108
La Fortuna	Café (Var Típica) (CVT)	2,219	2,431	0,409	2,219	3,232

Realizado por: Freire D., 2022.

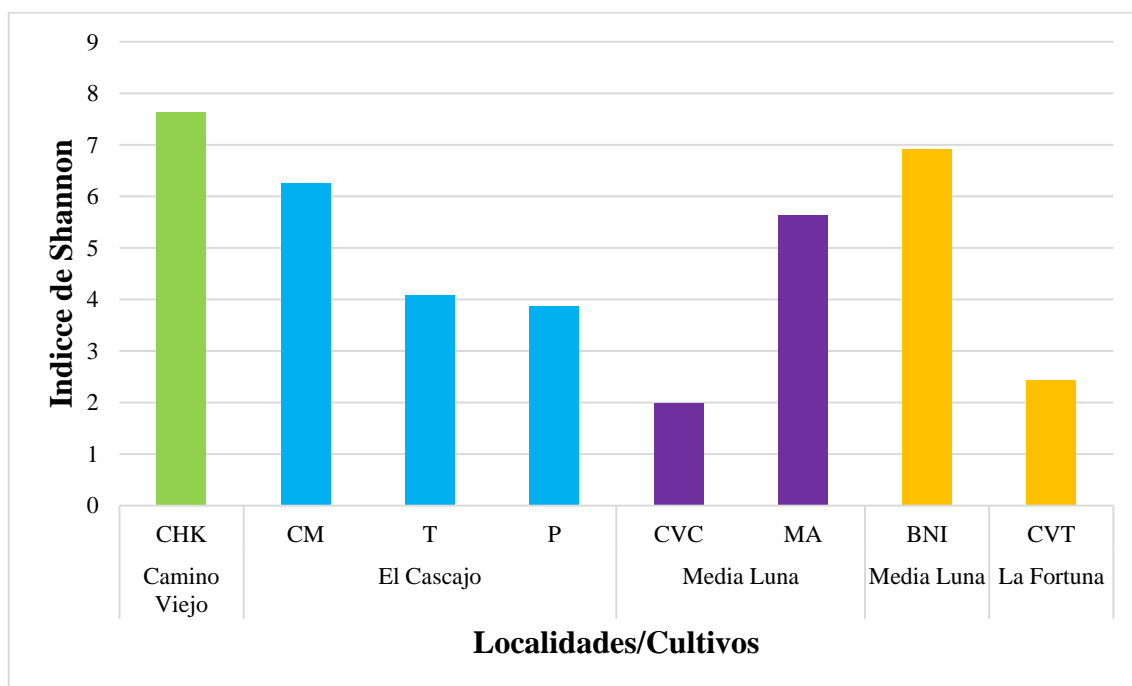


Gráfico 12-3. Índice de Shannon de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas y cultivos de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.

Realizado por: Freire D., 2022.

Índice de Simpson:

La diversidad de Simpson (D), que es más sensible a los microbios dominantes o comunes en la comunidad, calculada para cada localidad mostró La Localidad El Cascajo obtuvo la mayor diversidad fúngica con un valor de 5,105 para el cultivo de Melón, mientras que los valores de diversidad de Simpson (D) para las demás localidades fueron las siguientes: La Localidad Camino Viejo registró un valor de 5,041 para el cultivo de Hoja (Kale), la localidad El Cascajo presentó una diversidad (D) de 3,946 para el cultivo de Tomate, y 2,903 para el cultivo de Pimiento. La diversidad (D) que registró la localidad Media Luna para el cultivo de Maíz Amarillo fue de 4,061, asimismo la localidad Media Luna donde se encuentra el Bosque no intervenido registró un valor de 2,415, también la localidad La Fortuna presentó un valor de 1,796 para el cultivo de Café (var. Típica), finalmente la localidad con la menor diversidad (D) se registró en la Localidad Media Luna en el cultivo de Café (var. Catimor) (**Tabla 20-3**) (**Gráfico 13-3**).

Tabla 20-3: Índice de Simpson de las diferentes localidades y cultivos.

Localidades	Cultivos	Observado	Estimado	s.e	LCL	UCL
Camino Viejo	Cultivo hoja Kale (CHK)	5,021	5,041	0,182	5,021	5,398
El Cascajo	Cultivo Melón (CM)	5,079	5,105	0,187	5,079	5,47
	Tomate (T)	3,899	3,946	0,115	3,899	4,171
	Pimiento (P)	2,757	2,903	0,425	2,757	3,737
Media Luna	Café (Var Catimor) (CVC)	1,439	1,445	0,137	1,439	1,714
	Maíz Amarillo (MA)	3,785	4,061	0,633	3,785	5,303
Media Luna	Bosque no intervenido (BNI)	2,415	2,415	1,613	2,415	5,577
La Fortuna	Café (Var Típica) (CVT)	1,742	1,796	0,326	1,742	2,435

Realizado por: Freire D., 2022.

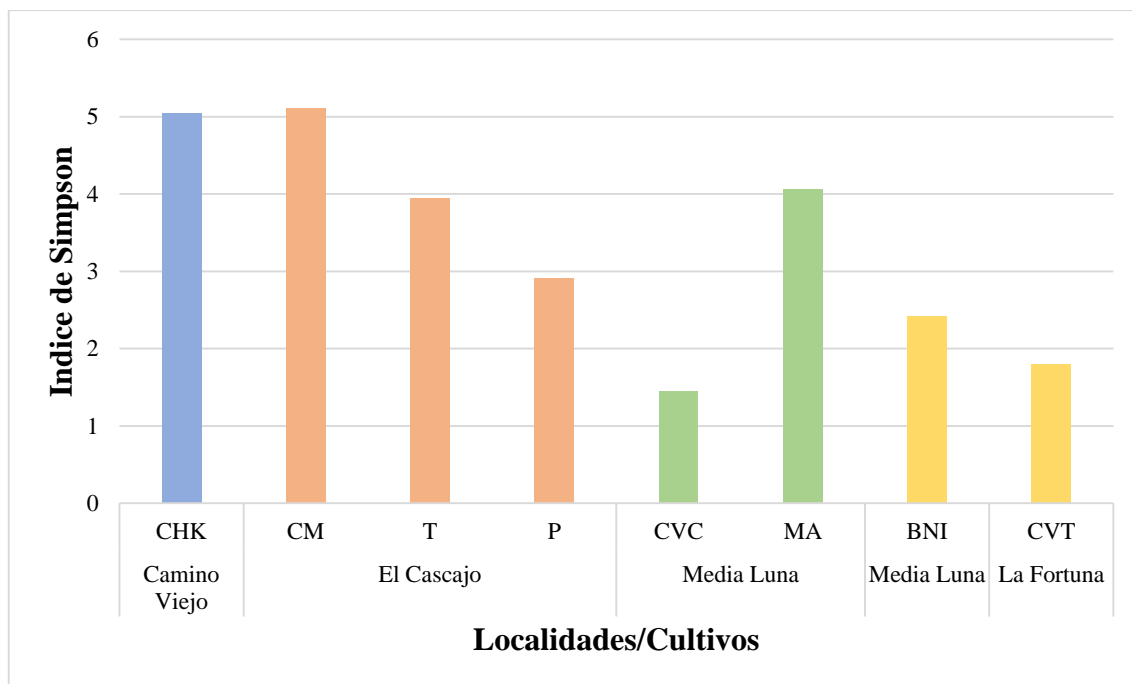


Gráfico 13-3. Índice de Simpson de los microorganismos fúngicos aislado de suelos agrícolas y cultivos de Santa Cruz-Provincia de Galápagos.

Realizado por: Freire D., 2022.

Este estudio trata sobre la diversidad de microorganismos fúngicos asociados a los suelos agrícolas de Santa Cruz-Provincia de Galápagos en los cuales que tomó en cuenta las localidades y los cultivos al momento de la toma de datos. Se obtuvieron 2273 aislados fúngicos, los cuales se agruparon en 63 morfotipos diferentes. Del total de morfotipos diferentes se lograron identificar 17 géneros diferentes de los cuales 16 pertenecen al filo Ascomycota y 1 pertenece al filo Mucoromycota. Los géneros más representativos del filo Ascomycota fueron: *Aspergillus* sp. (43,86%), *Fusarium* sp. (18,35%), *Gibellulopsis* sp. (11,88%), *Trichoderma* sp. (7,17%) y *Penicillium* sp. (5,54%) y el género encontrado en el filo Mucoromycota fue *Actinomortierella*.

El filo Ascomycota (95,56%) el más común que se encontró en todas las localidades de estudio, por otro lado el filo Mucoromycota (1,01%) el cual solamente se encontró en la localidad de Camino Viejo. El filo Ascomycota conforman el taxon fúngico con más número de especies (más de 90.000), a partir de levaduras microscópicas hasta hongos con esporocarpos tan complicados como las colmenillas y las trufas. La mayoría son saprofitos descomponedores y, por tanto beneficiosos, salvo cuando pudren productos de postcosecha (que tienen la posibilidad de envenenar con micotoxinas), materiales con celulosa, etc. También hay varias especies fitoparásitas, junto con otras que ocasionan patologías animales y humanas. Sin embargo, además hay especies simbióticas mutualistas: endófitos, simbioses de insectos, micorrizas,

líquenes (con algas o cianobacterias), etc. Hay ascomicetos útiles por su producción de antibióticos, así como por su ayuda en la obtención de ciertos alimentos (levaduras del pan o la cerveza) y productos químicos (Kirk et al., 2019: p. 34).

Los microorganismos fúngicos identificados como *Aspergillus* sp. son hongos filamentosos hialinos, saprofitos, correspondiente al filo Ascomycota, está compuesto por hifas hialinas septadas y puede tener reproducción sexual (con formación de ascosporas en el centro de ascas) y asexual (con formación de conidios), las diversas especies se diferencian en tamaño, tasa de incremento, textura (aterciopelada, granular, algodonosa) y color de la colonia: verde-amarillento (*A. flavus*), negro (*A. niger*), marrón (*A. terreus*). La coloración surge casi siempre en cada una de las estructuras aéreas, tanto en el micelio como en las cabezas conidiales, además es uno de los principales hongos productores de micotoxinas donde las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos y secretados por el hongo a lo largo del proceso de degradación de la materia orgánica, como mecanismo de defensa ante otros microorganismos. Dichos hongos habitan primordialmente los suelos y en vegetales (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo 2015).

Así también los microorganismos fúngicos reconocidos como *Fusarium* sp. en el presente análisis se relacionan con Berruezo (2018, p. 36) el cual menciona que dichos hongos son saprofitos, anamórficos que incluye cepas patogénicas y no patogénicas, además comprende varios miembros patógenos de plantas que ocasionan la marchitez vascular en varias de sus etapas de incremento y tienen la posibilidad de desarrollar o no una etapa de reproducción sexual conforme con la especie, en campo se puede identificar ya que forman heridas hundidas de color negro o marrón en la base de los tallos, además, pueden presentarse manchas rojizas en los pecíolos cercanos a la copa de la planta y, en ocasiones, masas de micelios rosadas o blancas que crecen en la base de los esquejes o en la copa de una planta (Buechel, 2018), también tiene una repartición cosmopolita o sea que se puede hallar en una extensa diversidad de suelos como habitante natural, asimismo se registra como patógeno en una vasta y diversa gama de plantas hospedantes con base en propiedades morfológicas.

Además en el presente estudio se encontraron hongos antagonistas como es el caso de *Trichoderma* sp. el cual es un hongo anaeróbico habitante natural del suelo, caracterizado por un comportamiento saprófito o parásito, también muestra una enorme capacidad de colonizar la rizosfera de plantas y varios sustratos con diferentes propiedades, asimismo poseen enorme potencial de biocontrol de fitopatógenos que crecen en altas temperaturas, suelos salinos o alcalino y en condiciones de baja humedad. Dichos hongos se alimentan absorbiendo nutrientes

por medio de sus hifas, entonces, para atravesar la pared celular y utilizar los componentes como nutrientes, los sustratos de elevado peso molecular tienen que hidrolizarse a moléculas más pequeñas lo que quiere decir que los hongos liberan enzimas extracelulares que, cuanto más distintas y numerosas sean, proporcionarán mayores ventajas para vivir en ambientes con diferentes condiciones (Conrado et al., 2019: p. 58).

Sin embargo *Trichoderma harzianum* es un hongo filamentoso micoparasítico usado como representante de control biológico contra fitopatógenos que afectan la producción de algunas especies de plantas agrícolas importantes, su principal mecanismo de acción es por el crecimiento de las hifas y la liberación de las enzimas hidrolíticas que degradan la pared celular del hongo objetivo. Estas enzimas integran a las quitinasas, N-acetil- β -D-glucosaminidasas y proteasas, que son fundamentales en el proceso de micoparasitismo, la secreción de estas enzimas se incrementa en presencia de hongos fitopatógenos. Gracias a las propiedades favorables de *T. harzianum* para controlar fitopatógenos, junto con su fácil manejo, este hongo fue explorado extensamente en campos como la biotecnología y la nanotecnología, abriendo las vías para el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones (Tuğcan et al., 2021: p.25).

También en el presente estudio se encontraron otros hongos antagonistas como es el caso de *Purpureocillium* sp. el cual tiene un enorme potencial como agente de control biológico para el control de los nemátodos de los nudos de las raíces de los cultivos. El parasitismo de los nemátodos es que las hifas invaden de manera directa el área de los huevos de los nematodos y después generan apresorios en el área, que infectan los huevos de los nemátodos luego de la adsorción. En el proceso de infección, secreta una variedad de enzimas, como la serina proteasa y la quitinasa, que tienen la posibilidad de conducir a la degradación de los componentes de proteína y quitina de la epidermis del nemátodo, lo que conduce a la invasión de hongos y la pérdida de los componentes celulares. Se ha demostrado que el filtrado de fermentación de *P. lilacinum* puede inhibir el crecimiento micelial de hongos patógenos como *Helminthosporium maydis* y *Fusarium graminearum*, y tiene un efecto inhibitorio significativo sobre la germinación de esporas de *Fusarium oxysporum oxysporum* (Zhan et al., 2021: p. 54; Sprute et al., 2021: p. 32).

El género *Chaetomium* sp. ocupa diferentes sustratos (aéreos, de tierra, acuáticos, marinos y patógenos), además a los pelos periteciales de las especies de *Chaetomium* sp. se les ha atribuido un valor defensivo como barreras físicas contra los insectos depredadores y funcionan como sacos llenos de mucílago que permiten el transporte de agua con base en la flotación a lo largo de la maduración de los peritecios, asimismo genera una extensa variedad de metabolitos secundarios, que integran quetoglobosinas, quetomugilinas, quetoviridinas y cocloidonas

tóxicas, dichos productos químicos también poseen potencial para aplicaciones en el control biológico de plagas y el tratamiento del cáncer gracias a su alta citotoxicidad (Phylogenetic reassessment of the *Chaetomium globosum* species complex, 2016).

No obstante los hongos del género *Penicillium* sp. son hongos de crecimiento relativamente rápido el cual está presente en todos los ambientes, por ejemplo en el cultivo de ajo penetra en los bulbos, aprovechando heridas o cualquier condición de estrés a lo largo de la brotación y el crecimiento, el cual causa heridas amarillas cubiertas por moho blanco que luego cambia a azulado (por fructificaciones), lo cual impide que el bulbillo brote y que, si lo consigue, se muestre con poco vigor hasta la muerte (Astorga-Quirós et al., 2013: p. 67), además el género *Penicillium* sp. pertenece a los conjuntos de hongos mayores y fascinantes, especialmente bien establecido como fuente de antibióticos. Se ha comunicado que *Penicillium* endofítico coloniza sus nichos ecológicos y protege a su planta huésped contra diversas amenazas al exhibir distintas funcionalidades biológicas que tienen la posibilidad de explotarse para incontables aplicaciones, incluidas las agrícolas, biotecnológicas y farmacéuticas (Rufin et al., 2020: p. 18), además *Penicillium* sp. pertenece a los hongos más frecuentes en una variedad de hábitats, tiene una distribución mundial y un impacto económico en la vida humana, este género es de gran importancia en varios campos, como el deterioro de los alimentos, la biotecnología, la fitopatología y la medicina, también puede ocasionar una variada gama de metabolitos secundarios, incluidas numerosas micotoxinas perjudiciales, antibacterianas y compuestos antifúngicos, inmunosupresores y agentes de reducción de colesterol. El ejemplo más icónico de un fármaco de procedencia fúngico es la penicilina, la primera sustancia antibiótica en la historia.

Por otro lado la biosíntesis de diversos metabolitos secundarios, como las micotoxinas, es dependiente de numerosas señales del ambiente, incluido el sustrato, el pH, la temperatura, la actividad del agua, las interrelaciones con otros microorganismos y las interacciones dichos factores en el entorno natural (Assaf et al., 2020: p.33), asimismo el hongo *Gibellulopsis nigrescens* es el agente causal de la marchitez por *Verticillium* la cual es una patología vascular generalizada de los cultivos transmitida por el suelo, además las cepas hipovirulentas de patógenos presentan potencial para proporcionar defensa cruzada contra el marchitamiento por *Verticillium* (Peng et al., 2022: p. 27), así también el género *Neopestalotiopsis* sp. es fitopatógeno en las zonas tropicales y subtropicales, ocasionando manchas en las hojas, flores secas, pudrición de la fruta, sarna de la fruta y enfermedades del tronco en una variedad de cultivos, asimismo causa varias enfermedades de flores y hojas en macadamia las cuales se han reportado en Australia, Brasil y China (Kandeparoopan et al., 2021: p. 20), también infectan una extensa variedad

de huéspedes y en la actualidad ocasionan problemas a nivel mundial, los síntomas más habituales de dichos patógenos incluyen la pudrición de la fruta, el tizón de la hoja, la mancha de la hoja, la pudrición del tallo, el tizón gris, el cancro costroso y la pudrición poscosecha, así también los hongos fitopatógenos de dichos géneros se consideran principalmente como patógenos secundarios; no obstante, las patologías causadas por los hongos se han vuelto más severas, sin embargo los extractos crudos de plantas tienen la posibilidad de ser una opción para el control de enfermedades y tienen la posibilidad de minimizar la necesidad de utilizar fungicidas, muchas plantas, como las plantas medicinales, generan compuestos antimicrobianos e inhiben el incremento de patógenos vegetales (Angwara et al., 2019: p. 19).

Asimismo en la presente investigación encontró al género *Actinomortierella* sp. correspondiente al filo Mucoromycota el cual habita varios nichos ecológicos como diversos tipos de suelo y sustratos específicos, incluidos los cuerpos de artrópodos y estiércol animal, además tienen la posibilidad de existir como saprofitos en cualquier sustrato, la rizósfera de agua dulce y suelo. Diversos hongos que habitan en el suelo pertenecientes al género *Actinomortierella* sp. fueron identificados como productores de ácidos grasos poliinsaturados y otro ácido araquidónico (Rijksherbarium, 2017), sin embargo varias especies de hongos pertenecientes a dicho género poseen presencia en diferentes ambientes, por ejemplo: rocas, cavernas, minas, fibras de asbesto, ríos, lagos, tejidos vegetales, suelos y rizosferas (incluidas las zonas agrícolas), también recientes investigaciones revelaron que son los hongos filamentosos que más abundan en los suelos de todo el planeta, aparte de *Aspergillus* y *Penicillium*, además varias especies del género *Actinomortierella* sp. forman colonias constantemente descritas como blanco pálido, blanco o blanquecino (a veces un poco blanquecino oscuro en el centro) zonadas, formando un patrón típico de roseta, con el tiempo, el reverso de las colonias puede volverse amarillento (Ewa Ozimek & Agnieszka Hanaka, 2020), (Takashima et al., 2018: p. 17).

Por otra parte en el presente estudio se determinó que la mayor riqueza de especies se encontró en la localidad Media Luna donde se encuentra el Bosque no intervenido, en cambio a localidad con menor riqueza de especies se encontró en la Localidad La Fortuna donde se encuentra el cultivo Café (Var Típica), esto se da porque en suelos cultivados existe el uso excesivo e indebido de productos químicos agrícolas el cual es uno de los factores principales de pérdida de biodiversidad y, por tanto, reduce su potencial para lograr una agricultura sostenible y una mayor seguridad alimentaria, entre otros factores que afecta la pérdida de biodiversidad se encuentran la deforestación, la urbanización, la intensificación agrícola, la pérdida de materia orgánica y carbono del suelo, la degradación de la estructura, la acidificación, la contaminación, la salinización, la sodización, los incendios forestales, la erosión y los corrimientos de tierras.

CONCLUSIONES

- Se aislaron un total de 2273 microorganismos fúngicos, los cuales se agruparon en 63 morfotipos diferentes y se identificaron 17 taxones.
- Los microorganismos fúngicos aislados de suelos agrícolas de las cinco localidades Santa Cruz provincia de Galápagos los cuales estaban agrupados por morfotipos fueron identificados y caracterizados tanto cultural, morfológica y molecularmente como: *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Gibellulopsis* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., *Smaragdiniseta* sp., *Neopestalotiopsis* sp., *Chaetomium* sp., *Purpureocillium* sp., *Humicola* sp., *Alternaria* sp., *Galactomyces* sp., *Robillarda* sp., *Paramyrothecium* sp., *Staphylotrichum* sp., una género sin clasificar que pertenece al orden Chaetothyriales, y *Actinomortierella* sp.
- Se encontró diferentes taxones con abundancia relativa diferentes encontrándose al género *Aspergillus* sp. (43,86%), con mayor frecuencia, luego le siguieron los géneros *Fusarium* sp. (18,35%), *Gibellulopsis* sp. (11,88%), *Trichoderma* sp. (7,17%), *Penicillium* sp. (5,54%), *Smaragdiniseta* sp. (3,17%), *Neopestalotiopsis* sp. (2,55%), *Actinomortierella* sp. (1,01%). En menor proporción se encontraron los géneros *Chaetomium* sp. (0,88%), *Purpureocillium* sp. (0,35%), *Humicola* sp. (0,22%), *Alternaria* sp. (0,22%), *Galactomyces* sp. (0,09%), *Robillarda* sp. (0,04%), *Paramyrothecium* sp. (0,04%), *Staphylotrichum* sp. (0,04%); además, se presentó un género sin clasificar en cual pertenece al orden Chaetothyriales (1,14%), y los géneros no identificados representaron el 3,43%.
- La diversidad fúngica entre las localidades fue diferente siendo la localidad Media Luna donde se encuentra el bosque no intervenido, la localidad que obtuvo mayor riqueza de especies; por otro lado, la localidad de Camino Viejo obtuvo mayor diversidad Shannon y la localidad El Cascajo en donde se encuentra el cultivo de Melón registró la mayor diversidad de Simpson, y la menor diversidad de especies registro la localidad de La Fortuna.

RECOMENDACIONES

- Investigar las funciones que cumplen los hongos antagonistas como es el caso de *Trichoderma* sp., *Purpureocillium* sp. y *Chaetomium* sp.
- Se recomienda seguir probando diferentes protocolos para pruebas PCR en el termociclador ya que no todos los hongos tienen las mismas condiciones de anelamiento y desnaturalización.
- Estudiar cuáles factores están asociados a la diversidad fúngica en las diferentes localidades, como suelo, clima y otros factores como aplicación de pesticidas, cultivos que pueden estar influenciado esa diversidad fúngica entre las localidades.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ADN: Es la molécula que lleva codificada la información genética característica de los diferentes seres vivos. Mediante ese código, regula el funcionamiento de cada tipo de célula; controla la transmisión de esa información, tanto en el tiempo como en el lugar de actuación de la misma; coordina la complejísima red de interacciones del funcionamiento celular y tisular; controla también su propia duplicación, reparación y autorregulación (Frías, 2019, p. 1).

Aislamiento: Proceso que se sigue para la obtención de un hongo u otro organismo en cultivo puro (Ulloa et al., 2006: p.14).

Anamorfo: fase conídica, imperfecta o asexual en los ascomicetos y algunos basidiomicetos, en la que se producen conidios (González, 2016, p. 1).

Antagonismo: Relación entre dos especies de organismos contrarios, en la cual uno de los dos afecta la vida del otro, ya sea inhibiendo parcialmente o totalmente su crecimiento o incluso matándolo (Ulloa et al., 2006: p.26).

Artroconidio/a: Tipo de conidio holoártico que se caracteriza por la conversión de un elemento hifal preexistente, de crecimiento determinado, que se desprende por desarticulación, como ocurre en *Geotrichum*. Sin. de artrospora. (Ulloa et al., 2006: p.37).

Artrospora: Espora que resulta de la fragmentación de una hifa; en la terminología actual de la ontogenia conidial, las artrosporas se denominan conidios holoarticos. Sin. de artroconidio/a. (Ulloa et al., 2006: p.37).

Aterciopelada/do: Se aplica a las plantas, órganos, etc., cuya superficie está cubierta de pelo tupido y corto, fino y brillante, como terciopelo (Pfo Font Quer, 2010: p.107).

Biverticilado: Ramificado en dos niveles, es decir, con métulas y fiálides, como los conidióforos de algunas especies de *Penicillium* (Ulloa et al., 2006: p.61).

Biótrofo/fa, Biotrófico/ca: Parásito que puede crecer y esporular solo a expensas de las células vivas del hospedante (Ulloa et al., 2006: p.58).

Caracterización: La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir (caracterizar) de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado (sistematizar de forma crítica) (Sánchez, 2011: p.189).

Célula conidiógena: En los hongos conidiales se refiere a una célula fértil, especializada en la producción de conidios (Ulloa et al., 2006: p.87-88).

Cenocítica/co: Aseptado; talos cuyos núcleos están contenidos en un citoplasma común, continuo, sin estar separados por paredes o septos transversales (Ulloa et al., 2006: p.87-88).

Clamidospora: Espora asexual en reposo de pared gruesa o de doble pared formada a partir de células hifas (terminales o intercalares) o por transformación de células conidiales que pueden funcionar como una etapa de hibernación (D'Arcy et al., 2001: p.1).

Columela, Columella: Estructura o tejido estéril de soporte, a menudo columnar, que se presenta en el interior de algunos tipos de esporangios u otras fructificaciones; frecuentemente es una extensión del pedicelo que se halla rodeada por tejidos esporíferos (Ulloa et al., 2006: p.113).

Conidio: Es una spora fúngica asexual nucleada, inmóvil que se desarrolla externamente o se libera de la célula que la formó (D'Arcy et al., 2001: p.1).

Conidióforo: Hifa simple o ramificada, que esta morfológicamente y/o fisiológicamente diferenciada de una hifa somática para producir y portar conidios; estos generalmente se encuentran sobre células conidiógenas especializadas, las cuales se pueden disponer de diversas maneras (Ulloa et al., 2006: p.121).

Divergente: Tipo de rama himeniífera en el que hay una zona central de hifas (capa media) de la que divergen oblicuamente dos hileras de células (los estratos laterales) (Ulloa et al., 2006: p.164).

Dendrítico/ca: De o relativo a un árbol, con ramas parecidas a las de un árbol. También se dice dendroide y dendromorfo (Ulloa et al., 2006: p.148).

Desinfectación: Que desinfecta o es capaz de desinfectar. Agente químico o físico que destruye los microorganismos infecciosos o patógenos (Ulloa et al., 2006: p.152).

Endoconidio/a: Un conidio producido en el interior de un conidióforo o célula conidiógena (D'Arcy et al., 2001: p.2).

Endófito/ta: Hongo que vive dentro de tejidos vegetales sin mostrar signos externos de su presencia, como ciertos parásitos fúngicos de pastos, los cuales son tóxicos para los alimentos que se alimentan (Ulloa et al., 2006: p.77).

Especie: Es la limitación de lo genérico en un ámbito morfológicamente concreto. La determinación de los límites específicos es puramente subjetiva y, por tanto, expuesta a las modalidades de la interpretación personal (Pío Font Quer, 2010: p.405).

Esporangio: Estructura de diversas formas según las especies, que produce esporas endógenas de origen asexual; todo el contenido protoplasmático de un esporangio se convierte en un número indefinido de esporas, ya sean aplanosporas o zoosporas, dependiendo de las especies (Ulloa et al., 2006: p.204).

Esporangióforo: Hifa especializada que produce y soporta uno más esporangios (Ulloa et al., 2006: p.205).

Esporangiospora: Espora producida en un esporangio en cualquiera de sus modalidades; pueden ser inmóviles (aplanosporas) o flageladas y móviles (zoosporas) (Ulloa et al., 2006: p.206).

Espora: Pequeña unidad de propagación, unicelular o multicelular, asexual o sexual, móvil o inmóvil, que es capaz de originar un nuevo individuo (Ulloa et al., 2006: p.202).

Estípite: En micología el término estípite hace referencia al pie que sustenta el píleo o sombrero del cuerpo fructífero de un basidiomiceto (Kuhar et al., 2019: p. 2)

Fenotipo: Tipo de organismo en cuanto a sus caracteres sensibles, apreciables directamente por nuestros sentidos, que son producidos por la interacción del individuo dentro del medio ambiente que se desarrolla (Pío Font Quer, 2010: p.462).

Fialíde: Tipo de célula conidiógena, de forma de botella que producen conidios blásticos (fialoconidios o fialosporas) en sucesión basípeta a partir de un locus (monofialíde; con una abertura) o varios loci (polifialíde) sin que haya aumento de la longitud de la fialíde misma (Ulloa et al., 2006: p.236).

Fialídico: Tipo de conidiogénesis en que cada conidio (fialoconidio o fialospora) se origina de un nuevo material para la pared celular, no a partir de las paredes celulares ya existentes en la célula conidiógena (Ulloa et al., 2006: p.236).

Fialospora: Espora de reproducción asexual formada por abstricción en el ápice de la fiálide; se aplica principalmente a los estados conidiales y espermaciales de hongos (Ulloa et al., 2006: p.202).

Filamentoso: Hongos filamentosos son organismos multicelulares, eucariotas, a menudo se encuentran en grandes cantidades en el suelo, desempeñando un papel importante en el ecosistema (Pepper y Gerba, 2019: p. 2)

Hialino: Transparente o casi; translúcido; utilizado a menudo en el sentido de incoloro (D'Arcy et al., 2001: p.2).

Hifa: Filamento tubular que representa la unidad estructural (Talo) de la mayoría de los hongos (Ulloa et al., 2006: p.286).

Holoblástico: Pertenece o relativo a blástico. Tipo de desarrollo conidial a partir de una porción de célula conidiógena en el que el primordio del conidio sufre un notorio agrandamiento antes que dicho primordio sea delimitado por un septo (Ulloa et al., 2006: p.298).

Levadura: hongo unicelular que se alimenta de azúcares y compuestos hidrogenados a través de las enzimas que produce. Estas enzimas fermentan los azúcares transformándolos en gas carbónico y alcohol (Ramírez., 2016: p.1).

Macroconidios: Conidio o espora de reproducción asexual, encorvado y sigmoide, que se distingue del microconidio tanto por su mayor tamaño como por ser multicelular (Ulloa et al., 2006: p.352).

Macronematoso: Se dice de un conidióforo especializado, que se distingue morfológicamente de las hifas asimilativas en el resto de micelio (Ulloa et al., 2006: p.352).

Métula: Ramita del conidióforo que origina fiálides o células conidiógenas, como se presentan en los géneros *Penicillium* y *Gliocladium*. También denomina profiálide, puesto que se halla debajo de la fiálide (Ulloa et al., 2006: p.363).

Moho: Una fina capa de crecimiento micelial y esporas en la superficie de las partes de la planta infectadas (D'Arcy et al., 2001: p.3).

Micelio: Conjunto o masa de hifa que constituye el cuerpo vegetativo o talo del hongo (Ulloa et al., 2006: p.364).

Microconidios: Conidio pequeño, generalmente unicelular. En los hongos conidiales los conidios cuales nacen directamente del pedicelo; muy raramente las fiálides nacen de métulas en algunas funcionan como esporas asexuales (Ulloa et al., 2006: p.376).

Micronematoso/sa: Conidióforo que no se distingue morfológicamente de las hifas en el resto del micelio (Ulloa et al., 2006: p.377).

Monofialídico/ca: Se aplica a una fiálide (célula conidiógena) que tiene un solo sitio o locus a través del cual se producen los conidios. Sin. monofiálide (Ulloa et al., 2006: p.352).

Monoverticilado: Conidióforo que estricta o predominantemente tiene un solo punto de ramificación entre el pedicelo y la cadena de conidios, es decir porta un verticilo de fiálides, las especies (Ulloa et al., 2006: p.388).

Parásito/ta: Organismos que deriva su alimento de otro organismo, ya sea una planta, un animal o un hongo; si el parasito invade y causa enfermedad se considera como patógeno (Ulloa et al., 2006: p.422).

Penicillus/penicilo: Cabeza conidial de forma de pincel, constituida por un conidióforo o pedicelo que soporta un racimo de células conidiógenas (fiálides), y que también puede tener otros elementos (ramas y métulas), dependiendo de las especies (Ulloa et al., 2006: p.428).

Peritecios: Ascomycetes. Tipo de ascocarpo, formado por desarrollo ascohimial, en el que las ascas están arregladas en un fascículo o himenio y rodeada por una pared distintiva (Ulloa et al., 2006: p.433-434).

Primer: Un iniciador o cebador es una secuencia corta de ADN de cadena simple que se utiliza en una reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (National Human Genome Research Institute, 2020).

Polifialide: Célula conidiógena, en forma de botella, que produce fialoconidos (fialospora) a través de varias aberturas que se forman en sucesión sincrónica o simpodial irregular en la pared celular (Ulloa et al., 2006: p.451).

Ramoconidio: Rama intercalar o apical de un conidióforo, que al desprenderse funciona como un conidio, como ocurre en algunas especies del género *Cladosporium* (Ulloa et al., 2006: p.478).

Saprobio/a: Organismos que se desarrolla sobre un ser orgánico muerto o sobre sustancias orgánicas, y utiliza estos sustratos como alimento (Ulloa et al., 2006: p.495).

Saprótrofo/fa: Que vive y obtiene su alimento a partir de materia orgánica muerta. Este término es preferible a saprófito cuando se refiere a hongo, considerando que no son plantas (Ulloa et al., 2006: p.495).

Secuenciación: La secuenciación del ADN se refiere a la técnica general de laboratorio para determinar la secuencia exacta de nucleótidos, o bases de una molécula de ADN (National Human Genome Research Institute, 2020).

Sinema: Racimo compacto de conidióforos erectos que portan conidios en el ápice y algunas veces a lo largo de los lados; los conidióforos iniciales pueden o no estar unidos lateralmente (Ulloa et al., 2006: p.512).

Talo: Cuerpo vegetativo o soma de un hongo. El talo puede ser unicelular, multicelular, o dimórfico, según las especies o las fases del ciclo de vida y las condiciones en el medio que se desarrolle (Ulloa et al., 2006: p.525).

Telomorfo: fase ascógena, perfecta o sexual en los ascomicetos, en la que se producen ascas (González, 2016, p. 2).

Terverticilado: También llamado triverticilado; se dice de un penicilo que tiene una ramificación en tres niveles, decir, que sus fiálides siempre nacen de métulas, u las métulas nacen generalmente de ramas terminales de conidióforo bien definido (Ulloa et al., 2006: p.531).

Tizón: También llamado tizoncillo; designan a enfermedades muy diversas que provocan quemaduras (necrosis) en las plantas (Pío Font Quer, 2010: p.1049).

Verticilado/da: Tipo de ramificación en el que las ramas (pedicelos, métulas, fiálides, etc.) nacen un mismo nivel en la hifa o soporte (esporangióforo, conidióforo, etc.) y crecen oblicuamente hacia arriba con respecto al eje central (Ulloa et al., 2006: p.352).

Zigospora: Espora sexual y de resistencia formada por la fusión de dos gametangios morfológicamente semejantes (Peña et al., 2015: p.13).

BIBLIOGRAFÍA

ANGWARA, Darapanit; et al. "Identification, pathogenicity and effects of plant extracts on *Neopestalotiopsis* and *Pseudopestalotiopsis* causing fruit diseases". *Studies in mycology* [en línea] 2019. (Corea) p. 19. [Consulta: 23 febrero del 2022] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8604934/>.

ASSAF, Christelle; et al. "Regulation of Secondary Metabolism in the *Penicillium* Genus". *Int J Mol Sci.* [en línea] 2020. (Corea) p. 33 [Consulta: 17 de enero del 2022] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7763326/>.

ASTORGA-QUIRÓS, Karina; et al . 2013. "Aislamiento e identificación de patógenos de la estirpe silvestre del ajo (*Allium sativum* L.)". *Journal of Phytopathology.* [en línea] 2013. (Corea) p. 67 [Consulta: 15 de octubre del 2021] Disponible en: <file:///C:/Users/Profesional/Downloads/Dialnet-AislamientoEIdentificacionDePatogenosDeLaEstirpeSi-4835491.pdf>.

BALON, Kevin; & VERA, Evelyn. "ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS DE LAS ISLAS GALÁPAGOS - SANTA CRUZ, SAN CRISTÓBAL, ISABELA Y FLOREANA. [en línea] 2013. p.4 [Consulta: 15 de octubre del 2021] Disponible en: [En línea] 2018. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/8576/2/TFLACSO-2015GMSA.pdf>.

BARNETT, H.L.; & Hunter B.B. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi.* 3ra edición. Minneapolis: Burgess Publishing Co., 1972. pp. 20-135

BARRIOS, Mónica; & SANDOVAL, María. "Caracterización de hongos presentes en suelos con usos contrastantes". *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, Vol. 5, 1 (2018), (México) pp. 2-45.

BERRUEZO, Lorena . "Caracterización morfológica, biológica y molecular de los complejos *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* asociados al cultivo de *Nicotiana tabacum* L. en el Noroeste Argentino". *Studies in mycology* , [en línea] 2018. (Corea) p. 36. [Consulta: 9 de marzo del 2022] Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/80238/CONICET_Digital_Nro.5acbfa37-c88e-4e7a-9123-5487fde6795d_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

CANDO, Mónica; & CÁRDENAS, María. “Determinación mediante aislamiento y purificación de hongos potencialmente micorrízicos en las raíces de seis especies de orquídeas en el cantón Gualaceo, provincia del Azuay”. (Trabajo de titulación) [en línea] Universidad de Cuenca (Cuenca) 2017. pp. 40-47 [Consulta: 14 de enero del 2022] Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26368/1/Tesis.pdf>.

CARRILLO, Leonor. "ALTERNARIA. LOS HONGOS DE LOS ALIMENTOS Y FORRAJES". *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*. [en línea] 2015. (Mexico). p. 25. [Consulta: 15 de enero del 2022] Disponible en: <http://www.microbiota.com.ar/sites/default/files/7alternaria.pdf>.

CARVAJAL, Enrique; et al. *Una visión general de la biodiversidad de la levadura en las Islas Galápagos y otras regiones ecuatorianas*. [en línea] 2014. [Consulta: 15 de enero del 2022] Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/biodiversity-the-dynamic-balance-of-the-planet/an-overview-of-the-yeast-biodiversity-in-the-gal-pagos-islands-and-other-ecuadorian-regions>.

CONRADO, Mauricio; et al. *Trichoderma USO NA AGRICULTURA*. Brasília, DF : Embrapa, 2019. pp 58- 183.

DUCHICELA, Jessica; et al. "Simbiontes como filtros de la colonización vegetal de islas: pruebas de patrones esperados y consecuencias ambientales en Galápagos". *PLANTS*. [en línea] 2020. (México) p. 15 [Consulta: 25 de enero del 2022] Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/1/74/htm>.

ESCALA PANTONE. [en línea] 2012. [Consulta: 17 de enero del 2022] Disponible en: file:///C:/Users/Profesional/Downloads/PANTONE_ColorReferance.pdf.

ESTRADA, Gloria; & RAMIREZ, Martha. *Micología General*. [en línea] 2019. [Consulta: 3 de marzo del 2022] Disponible en: https://isbn.cloud/9789585233713/micologia-general/#google_vignette.

FRAN, Frey. "MICOLOGÍA" .*Utilidad Clínica de la Técnica de Microcultivo-Método de Ridell o del Cuadrito*. [en línea] 2019 (Estados Unidos) p. 27 [Consulta: 24 de marzo del 2022] Disponible en: <https://steemit.com/stem-espanol/@fran.frey/micologia-or-utilidad-clinica-de-la-tecnica-de-microcultivo-metodo-de-ridell-o-del-cuadrito-incluye-video>.

Galápagos. [en línea] 2018. [Consulta: 24 de marzo del 2022] Disponible en: <https://www.galapagoshabitat.com/es/clima-de-las-islas-galapagos/>.

GALAPAGOS [en línea] 2019. [Consulta: 24 de marzo del 2022] Disponible en: <https://happygringo.com/es/blog/galapagos-weather-climate/>.

GARCES, Emira *MORFOLOGIA Y CLASIFICACION DE LOS HONGOS*. Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2003. pp. 52

GIRALDO, A.; & CROUS, P.W. "Inside Plectosphaerellaceae". *Studies in mycology*. [en línea] 2018. (Corea) p. 23. [Consulta: 23 febrero del 2022] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6276054/>.

HAUDENSHIELD J. S.; et al. "First Report of Paramyrothecium roridum Causing Myrothecium Leaf Spot on Soybean in Africa". *APS-Publications*. [en línea] 2018. (Corea) p. 34 [Consulta: 15 de diciembre del 2021] Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS-04-18-0624-PDN>.

HUNE, Michael. *Procesos a nanoescala en suelos: el papel de los hongos micorrízicos en la agregación y adquisición de fósforo*. Italia:Comisión Europea. 2015. pp.

INSTITUTO DE NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. [en línea] 2015. [Consulta: 20 de abril del 2022] Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/353749/Ficha+Aspergillus+spp.pdf/fc87d0c4-023a-4dda-95dc-cd26d346e1f2?version=1.0&t=1528734451245>.

KANDEEPAROOPAN, Prasannath; et al. "Neopestalotiopsis Species Associated with Flower Diseases of Macadamia integrifolia in Australia". *Journal of Phytopathology*. [en línea] 2021. (Corea) p. 20 [Consulta: 23 de octubre del 2021] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8471233/>.

KIRK, P.M; et al. *FILO ASCOMYCOTA. MYCO-UAL*. [en línea] 2019. [Consulta: 15 de septiembre del 2021] Disponible en:<https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/ascos.htm>.

KLEWICKA, Elżbieta; et al. "Ellagitannins from Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Fruit as Natural Inhibitors of *Geotrichum candidum*". *Molecules*. [en línea] 2016. (Corea) p. 28 [Consulta: 13 de febrero del 2022] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6273995/>.

LESCANO, Alfonso; et al. "Caracterización cultural y morfológica e identificación de especies de *Aspergillus* asociadas a semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú". *Pastos y Forrajes*. Vol.38. n° 2, (2015), (Perú) pp 2-34

LEVAY, Paula. "Historia geológica". [en línea] 2009. [Consulta: 15 de octubre del 2021] Disponible en: https://www.galapagos.org/about_galapagos/about-galapagos/history/geologic-history/#:~:text=Galapagos%20is%20located%20on%20the,lifting%20of%20repeated%20volcanic%20action..

LOMBARD, L.; et al. *Generic hyper-diversity in Stachybotriaceae*. Corea: Persoonia. Volumen 36 2016, pp 84-202.

MARTÍNEZ, Benedicto; et al. "Transcriptome Reprogramming of Tomato Orchestrate the Hormone Signaling Network of Systemic Resistance Induced by *Chaetomium globosum*. *Protección vegetal*. [en línea] 2021. (Cuba) Vol. 30 pp. 23-43.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. "Galápagos busca ser autosostenible en producción agrícola." [en línea] 2020. [Consulta: 23 de septiembre del 2021] Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/galapagos-busca-ser-autosostenible-en-produccion-agricola/>.

MONDINO, Pedro. "Métodos de aislamiento". [en línea] 2012. [Consulta: 18 de octubre del 2021] Disponible en: <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursometodosfito/05-Metodos%20de%20aislamiento.pdf>.

MOREIRA, Fátima; et al. *Manual de biología de suelos tropicales*. Reino Unido- Estados Unidos : Instituto Nacional de Ecología, 2012. pp 56-96

MORENO, Virginia; et al. "DIVERSIDAD FÚNGICA en SUELOS CON DIFERENTES USOS". *Studies in Mycology*. [en línea] 2019. (México) p. 29 [Consulta: 15 de octubre del 2021] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00301.pdf>.

NARAYAN, Paul; et al. "First Report on Isolation of *Penicillium adametzioides* and *Purpureocillium lilacinum* from Decayed Fruit of Cheongsoo Grapes in Korea". *Mycobiology*. [en línea] 2018. (Corea) pp. 10-20 [Consulta: 10 de marzo de 2022.] Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.5941/MYCO.2012.40.1.066?needAccess=true>.

NASIR, Ahmed; et al. "CHARACTERIZATION OF SOIL INHABITING FUNGI *MORTIERELLA CAPITATA* IN PAKISTAN". *Mycobiology*. [en línea] 2021. (Corea) pp. 10-20 [Consulta: 10 de marzo de 2022.] Disponible en: <http://pakbs.org/pjbot/papers/1628436165.pdf>.

ORTIZ, Liseth. Bioiversidad fungica en el suelo del bosque protector Aguarongo, provincia de Azuay-Ecuador. [en línea] (Trabajo de titulación) Universidad de Cuenca, Azuay-Ecuador. 2016. pp.20-23 [Consulta: 10 de marzo de 2022.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12814/1/UPS-CT006692.pdf>.

OZIMEK, Ewa; & AGNIESZKA, Hanaka. "MortierellaSpecies as the Plant Growth-Promoting FungiPresent in the Agricultural Soils". *Agriculture*. [en línea] 2020. (Corea) p. 22 [Consulta: 26 de febrero del 2022] Disponible en: chrome-extension://dagcmkpagjlhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fmdpi-res.com%2Fd_attachment%2Fagriculture%2Fagriculture-11-00007%2Farticle_deploy%2Fagriculture-11-00007-v2.pdf.

PFENNING, Ludwig H.; & MAGALHÃES, Lucas. *Hongos del suelo saprófitos y patógenos de plantas*. [en línea] . Brasil: Persoonia, 2012. [Consulta: 26 de octubre del 2021] Disponible en: <http://www2.inecc.gov.mx/publicaciones2/libros/667/cap8.pdf>.

PENG, Jiao; et al . "Analysis of differential metabolites of sunflower induced by virulent *Verticillium dahlia* V33 and hypovirulent *Gibellulopsis nigrescens* Vn-1". *Journal of Phytopathology*. [en línea] 2021. (Corea) p. 54 [Consulta: 23 de octubre del 2021] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jph.13084>.

PERKINS, Vincent; et al. 2020. "Phenotypic and Genetic Characterization of the Cheese Ripening Yeast *Geotrichum candidum*". *Front Microbiol*. [en línea] 2020. (Corea) pp. 21-25 [Consulta: 20 de marzo de 2022.] Disponible en : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7220993/>.

PULGAR, Manuel; et al "GUÍA PARA EL MUESTREO DE SUELOS". [en línea] 2014. [Consulta: 18 de octubre del 2021] Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>.

RAMIRES, Francesca; et al. *Phylogeny and Mycotoxin Characterization of Alternaria Species Isolated from Wheat Grown in Tuscany*, [en línea] Italy 2018. p. 27 [Consulta: 17 de febrero del 2022] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6267338/>.

RIJKSHERBARIUM, Leiden. "A key to the species of Mortierella". *PERSOONIA*. [en línea] 2017. Part 3. (Corea) pp. 23-28 [Consulta: 10 de marzo de 2022.] Disponible en: <http://pakbs.org/pjbot/papers/1628436165.pdf>.

RUFIN, Marie; et al. "Endophytic Penicillium species and their agricultural, biotechnological, and pharmaceutical applications". *3 Biotech*. [en línea] 2020. (Corea) pp. 20-23 [Consulta: 20 de marzo de 2022.] Disponible en : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7007919/>.

SCHMIDT, Steve; & SCOW, Kate. *Hongos micorrízicos en las Islas Galápagos*. Ecuador: Biotropica. 18, (3). 2016, pp.10-18

SPRUTE, Rosanne; et al. "Invasive infections with *Purpureocillium lilacinum*: clinical characteristic and outcome of 101 cases from Fungi Scope and the literature". *Mycobiology*. [en línea] 2021. (Corea) pp. 10-15 [Consulta: 20 de marzo de 2022.] Disponible en : chrome-extension://dagcmkpagjhhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwatermark.silverchair.com%2Fdkab039.pdf%3Ftoken%3DAQECAHi208BE49Ooan9kkhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAr8wggK7BgkqhkiG9w0BBwagggKsMIICqAIBADCCAqEGCSqGSIB3DQ.

TEIXEIRA, M.M.; et al. "Exploring the genomic diversity of black yeasts and relatives (Chaetothyriales, Ascomycota)". *Studies in Mycology*. [en línea] 2017. (Corea) p. 37 [Consulta: 15 de octubre del 2021] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358931/>

TUĞCAN, Alınç; et al . "Trichoderma harzianum Strain T22 Modulates Direct Defense of Tomato Plants in Response to *Nezara viridula* Feeding Activity". *J Chem Ecol*. [en línea] 2021. (Corea) pp. 20-25 [Consulta: 20 de marzo de 2022.] Disponible en : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8116274/>.

VÁZQUEZ, María Belén. "Estudio de las comunidades fúngicas en un suelo del SO bonaerense tratado con glifosato y 2,4-D". *J Chem Ecol.* [en línea] 2015. (Corea) pp. 15-25 [Consulta: 20 de marzo de 2022.] Disponible en : <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2491/1/Tesis%20correccion%20final.pdf>.

WANG, X.W.; et al. 2019. *Redefining Humicola sensu stricto and related genera in the Chaetomiaceae.* Beijing : State Key Laboratory of Mycology, 2019 pp. 60-75.

WHITE, T. J. et al . 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA Genes for phylogenetics. [en línea] 1990. [Consulta: 20 de marzo de 2022.] Disponible en : <file:///C:/Users/Profesional/Downloads/white1990.pdf>.

ZHAN, Jiang; et al. "Efficacy of a Chitin-Based Water-Soluble Derivative in Inducing *Purpureocillium lilacinum* against Nematode Disease (*Meloidogyne incognita*)". *APS-Publications.* [en línea] 2021. (Corea) p. 54 [Consulta: 20 de diciembre del 2021] Disponible en: chrome-extension://dagcmkpagjllhakfdhnbomgmjd_pkdklff/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fmdpi-res.com%2Fd_attachment%2Fijms%2Fijms-22-06870%2Farticle_deploy%2Fijms-22-06870-v3.pdf.


D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo



ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO SNA

Reactivos	Cantidades
KH_2PO_4	1 g
KNO_3	1 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,5 g
KCl	0,5 g
Glucosa	0,2 g
Sacarosa	0,2 g
Agar	25 g
Agua destilada	1000 mL

Fuente: May Sara 2015

Realizado por: Freire D., 2022.

ANEXO B: PREPARACIÓN DE MEDIO DE CULTIVO AGAR AVENA

Reactivos	Cantidad
Avena	40 g
Agar	25 g
Agua destilada	1000 mL

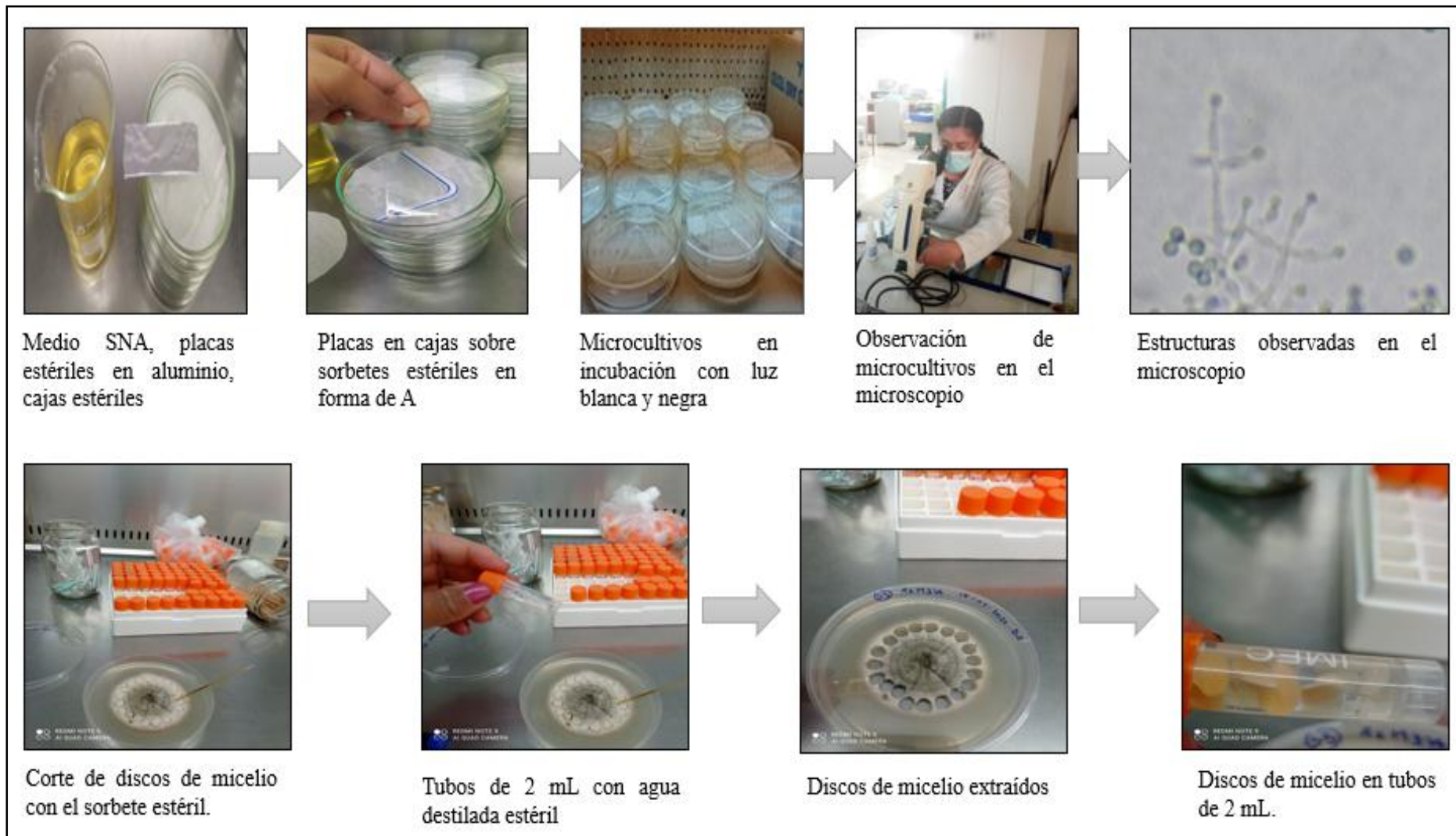
Fuente: Forest Joseph 2010

Realizado por: Freire D., 2022.

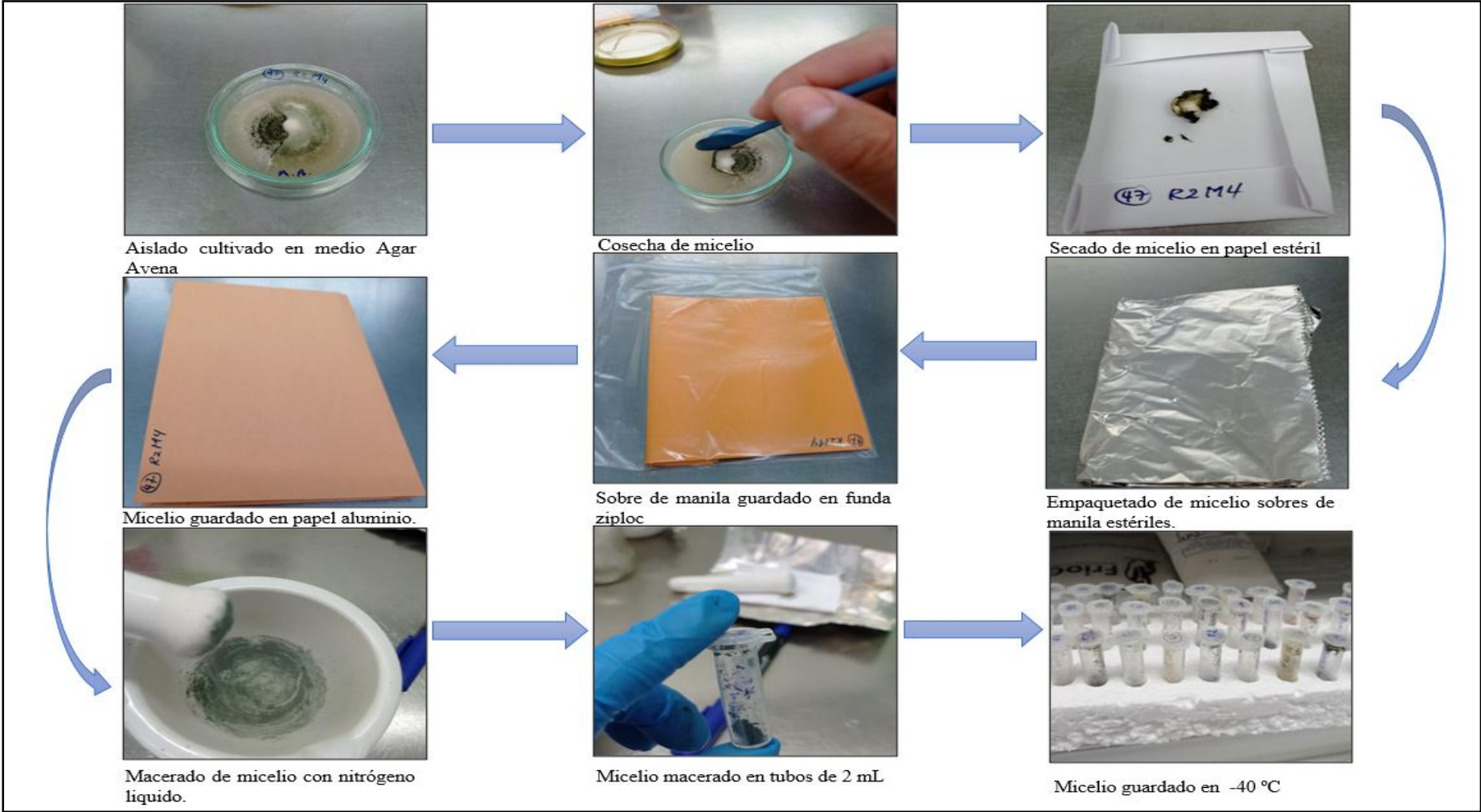
ANEXO C: SIEMBRA Y REPIQUE



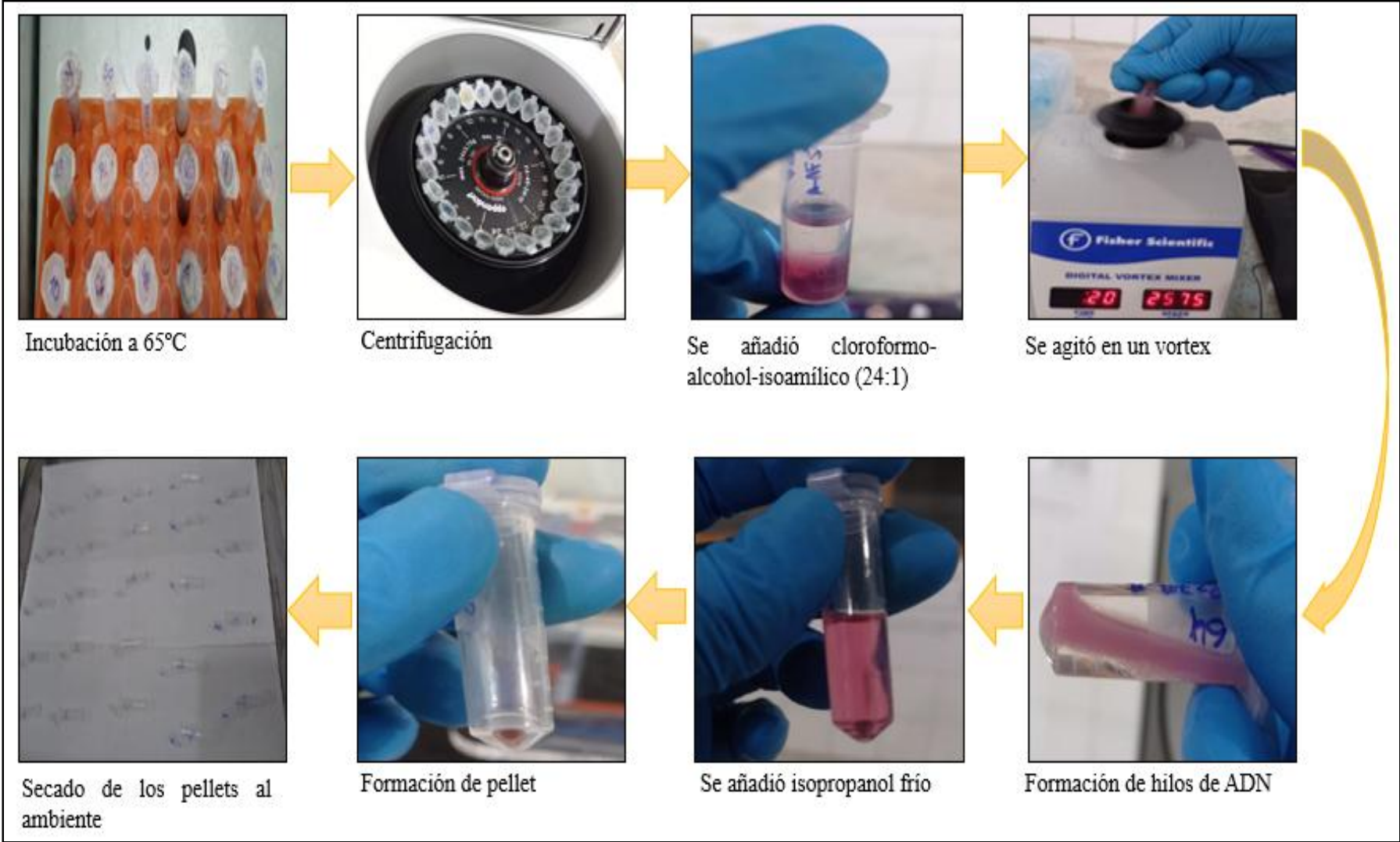
ANEXO D: CULTIVOS MONOSPÓRICOS Y CONSERVACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE CASTELLANI.



ANEXO E: COSECHA Y MACERACIÓN DE MICELIO



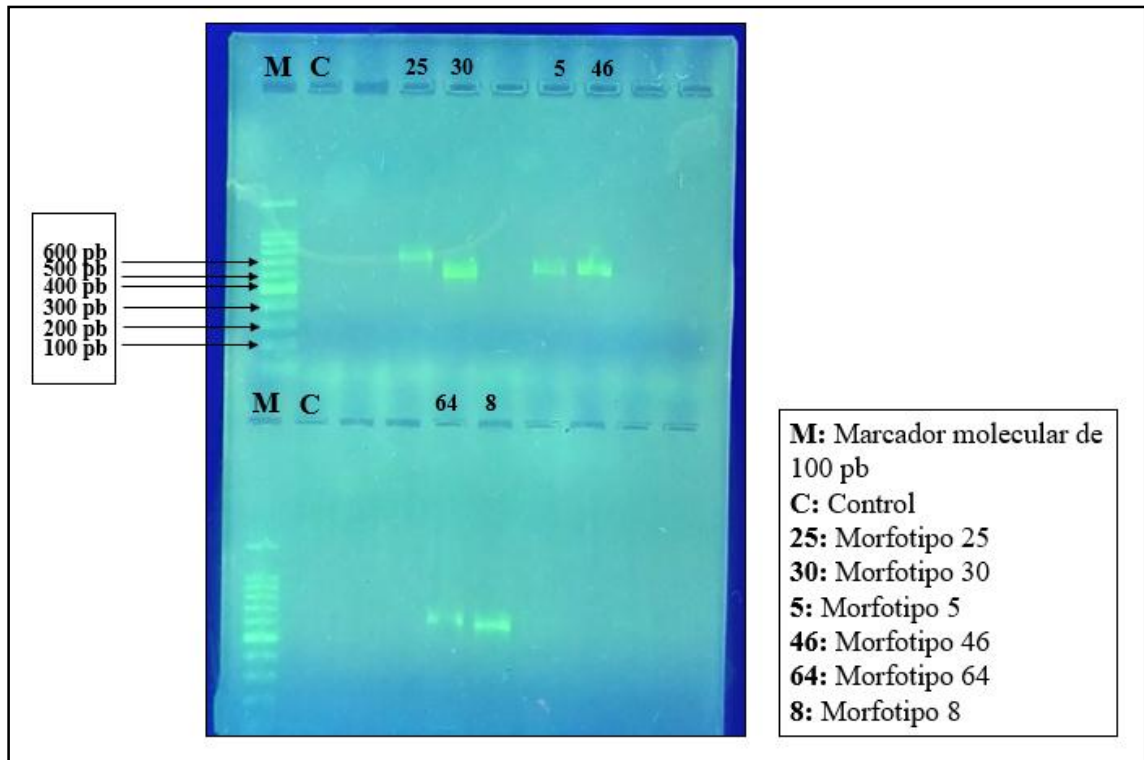
ANEXO F: EXTRACCIÓN DE ADN



ANEXO G: PCR Y ELECTROFORESIS



ANEXO H: GEL DE AGAROSA REVELADO



**ANEXO I: RIQUEZA DE ESPECIES, ÍNDICE DE SHANNON E ÍNDICE DE SIMPSON
 TOTALES DE LA DIVERSIDAD FÚNGICA ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUELOS
 AGRÍCOLAS DE SANTA CRUZ-PROVINCIA DE GALÁPAGOS**

Localidades	Cultivos	Diversidad	Observado	Estimado	s.e	LCL	UCL
Camino Viejo	Cultivo hoja Kale	Species richness	17	17	0,268	17	17,604
		Shannon diversity	7,573	7,635	0,259	7,573	8,141
		Simpson diversity	5,021	5,041	0,182	5,021	5,398
El Cascajo	Cultivo Melón	Species richness	10	10	0,059	10	10,12
		Shannon diversity	6,227	6,263	0,164	6,227	6,584
		Simpson diversity	5,079	5,105	0,187	5,079	5,47
	Tomate	Species richness	5	5	0,342	5	5,827
		Shannon diversity	4,062	4,097	0,102	4,062	4,297
		Simpson diversity	3,899	3,946	0,115	3,899	4,171
	Pimiento	Species richness	6	8,917	4,3	6,355	29,97
		Shannon diversity	3,414	3,872	0,71	3,414	5,262
		Simpson diversity	2,757	2,903	0,425	2,757	3,737
Media Luna	Café (Var Catimor)	Species richness	6	10,456	7,126	6,49	46,538
		Shannon diversity	1,888	1,985	0,241	1,888	2,458
		Simpson diversity	1,439	1,445	0,137	1,439	1,714
	Maíz Amarillo	Species richness	8	15,81	11,39	8,963	71,332
		Shannon diversity	4,71	5,634	1,064	4,71	7,72
		Simpson diversity	3,785	4,061	0,633	3,785	5,303
Media Luna	Bosque no intervenido	Species richness	7	21,062	12,65	10,11	70,613
		Shannon diversity		6,915			
		Simpson diversity	3,794	2,415	1,613	3,794	5,577
La Fortuna	Café (Var Tipica)	Species richness	4	4,962	2,092	4,072	16,818
		Shannon diversity	2,219	2,431	0,409	2,219	3,232
		Simpson diversity	1,742	1,796	0,326	1,742	2,435

ANEXO J: MORFOTIPOS CARACTERIZADOS E IDENTIFICADOS OBTENIDOS DE SUELOS AGRÍCOLAS DE SANTA CRUZ-PROVINCIA DE GALÁPAGOS Y CLASIFICADOS POR JERARQUÍAS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA BIOINFORMÁTICA TAXONOMY DEL NCBI.

Morfotipo	Repetición	Filo	Clase	Orden	Familia	Género
M1	260	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M2	113	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Penicillium sp.</i>
M3	138	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M4	70	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M5	327	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M6	34	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M7	147	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium sp.</i>
M8	98	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium sp.</i>
M9	72	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Stachybotryaceae</i>	<i>Smaragdiniseta sp.</i>
M10	6	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium sp.</i>
M11	9	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M13	5	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Humicola sp.</i>
M12	22	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M14	24	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M15	17	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Chaetomium sp.</i>
M16	3	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Chaetomium sp.</i>
M17	9	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M18	39	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M19	12	n/i	n/i	n/i	n/i	n/i

M20	7	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Ophiocordycipitaceae</i>	<i>Purpureocillium sp.</i>
M21	270	Ascomycota	Sordariomycetes	Glomerellales	<i>Plectosphaerellaceae</i>	<i>Gibellulopsis sp.</i>
M22	26	Ascomycota	Eurotiomycetes	Chaetothyriales	Sin clasificar	Sin clasificar sp.
M23	16	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M24	4	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium sp.</i>
M25	23	Mucoromycota	Mortierellomycetes	Mortierellales	<i>Mortierellaceae</i>	<i>Actinomortierella sp.</i>
M26	41	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	<i>Sporocadaceae</i>	<i>Neopestalotiopsis sp.</i>
M27	9	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M28	19	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M29	84	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium sp.</i>
M30	5	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	<i>Pleosporaceae</i>	<i>Alternaria sp.</i>
M31	17	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	<i>Sporocadaceae</i>	<i>Neopestalotiopsis sp.</i>
M33	78	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium sp.</i>
M34	13	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Penicillium sp.</i>
M35	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	<i>Sporocadaceae</i>	<i>Robillarda sp.</i>
M36	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Ophiocordycipitaceae</i>	<i>Purpureocillium sp.</i>
M37	47	n/i	n/i	n/i	n/i	n/i
M38	65	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M39	1	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M40	2	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M41	2	Ascomycota	Saccharomycetes	Saccharomycetales	<i>Dipodascaceae</i>	<i>Galactomyces sp.</i>
M42	50	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>

M43	2	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M44	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M45	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M46	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M47	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Stachybotryaceae</i>	<i>Paramyrothecium sp.</i>
M48	10	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M49	17	n/i	n/i	n/i	n/i	n/i
M50	16	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M51	1	n/i	n/i	n/i	n/i	n/i
M52	3	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M53	13	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M54	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomiaceae</i>	<i>Staphylotrichum sp.</i>
M55	11	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M56	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M57	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M58	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M59	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M60	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M61	1	Ascomycota	Sordariomycetes	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma sp.</i>
M62	1	n/i	n/i	n/i	n/i	n/i
M64	1	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
M65	1	Ascomycota	Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Aspergillaceae</i>	<i>Aspergillus sp.</i>



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 13/06/2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Daniela Nicole Freire Haro
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniera Agrónoma
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


D.B.R.A.I.
Ing. Cristhian Castillo



1084-DBRA-UTP-2022