



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA**

## **CONOCIMIENTO MICOLÓGICO TRADICIONAL Y MESOFAUNA ASOCIADA A LOS HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES DE SANTA ANA JILOTZINGO, ESTADO DE MÉXICO**

**WENDY KAREN BAUTISTA BAUTISTA**

**T E S I S**  
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO**

**2023**



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **CONOCIMIENTO MICOLÓGICO TRADICIONAL Y MESOFAUNA ASOCIADA A LOS HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES DE SANTA ANA JILOTZINGO, ESTADO DE MÉXICO**, realizada por la estudiante: **Wendy Karen Bautista Bautista**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA

DRA. IRMA DÍAZ AGUILAR

ASESOR

DR. JESÚS PÉREZ MORENO

ASESORA

M. EN C. IRENE FRUTIS MOLINA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, febrero de 2023

# CONOCIMIENTO MICOLÓGICO TRADICIONAL Y MESOFAUNA ASOCIADA A LOS HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES DE SANTA ANA JILOTZINGO, ESTADO DE MÉXICO

Wendy Karen Bautista Bautista, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## RESUMEN

El análisis etnomicológico de la relación que existe entre las comunidades con los hongos comestibles silvestres (HCS) se ha centrado principalmente en las zonas rurales o pueblos indígenas, siendo necesario el estudio del conocimiento micológico tradicional (CMT) en las poblaciones mestizas rurales, influenciadas por la urbanización. Por otro lado, la mesofauna del suelo y los hongos silvestres son dos grupos importantes en la cadena alimenticia que forman asociaciones ecológicas aún en gran parte desconocidas. Los objetivos de esta investigación fueron: i) Utilizar el enfoque etnográfico para describir el CMT y las prácticas culturales desarrolladas sobre los HCS, en Santa Ana Jilotzingo, Estado de México, una población suburbana. ii) Analizar la interacción mesofauna-esporomas evaluando las abundancias y tracto digestivo de colémbolos y ácaros encontrados en esporomas del bosque templado de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo. Se realizaron entrevistas no estructuradas y semiestructuradas y se recolectaron HCS y esporomas, con diversas características morfológicas. Se identificaron 66 especies de HCS y 91 nombres tradicionales, las personas mayores son quienes conservan los saberes sobre los HCS, las recolectas comerciales de hongos han dejado de tener importancia y está desapareciendo el oficio de honguero, posiblemente por la influencia de la urbanización. En los esporomas de las especies *Amanita basii*, *Boletus aestivalis*, *Morchella esculenta*, *Ramaria subbotrytis* y *Ramaria* sp. se encontró que los habitantes más abundantes son los colémbolos (82%) en comparación con los ácaros (18%). El contenido intestinal evidenció la utilización de diversos recursos alimenticios de los colémbolos y ácaros oribátidos del suelo antes de llegar al himenio de los esporomas. Los hábitos alimenticios de la mesofauna son un aspecto importante para comprender la interacción mesofauna-esporoma.

**Palabras clave:** saberes tradicionales, urbanización, esporomas, contenido intestinal

**TRADITIONAL MYCOLOGICAL KNOWLEDGE AND MESOFAUNA ASSOCIATED  
WITH WILD EDIBLE MUSHROOMS OF SANTA ANA JILOTZINGO, STATE OF  
MEXICO**

**Wendy Karen Bautista Bautista, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2022**

**ABSTRACT**

The ethnomycological analysis of the relationship between communities and wild edible mushrooms (WEM) has focused mainly on rural areas or indigenous peoples, being necessary to study traditional mycological knowledge (TMK) in rural mestizo populations, influenced by urbanization. On the other hand, soil mesofauna and wild fungi are two important groups in the food web that form ecological relationships still largely unknown. The objectives of this research were: i) To use the ethnographic approach to describe the TMK and the cultural practices developed on the WEM in Santa Ana Jilotzingo, State of Mexico, a suburban population. ii) To analyze the mesofauna-sporome interaction by evaluating the abundances and gut content of collembolans and mites found in sporomes of the temperate forest of Capoxi Miguel Hidalgo Dam. Unstructured and semi-structured interviews were conducted and HCS and sporomes, with different morphological characteristics, were collected. It was identified 66 species of HCS and 91 traditional names, the older people are the ones who preserve the knowledge about the HCS, commercial mushroom collecting is no longer important and the honguero trade is disappearing, possibly due to the influence of urbanization. In the sporomes of the species *Amanita basii*, *Boletus aestivalis*, *Morchella esculenta*, *Ramaria subbotrytis* and *Ramaria* sp., the most abundant inhabitants were collembolans (82%) compared to mites (18%). The gut content evidenced the utilization of various food resources of the collembolans and oribatid mites before reaching the hymenium of the sporomes. The feeding habits of the mesofauna are an important aspect to understand the mesofauna-sporome interaction.

**Key words:** traditional knowledge, urbanization, sporomes, gut content

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por ser parte fundamental en mi formación académica.

Al posgrado de Edafología por ser el espacio indicado para aprender, compartir y crecer, gracias por permitirme ser parte de su comunidad.

A la Dra. Irma Díaz Aguilar por todo el apoyo y entrega total a esta investigación, por compartir su sabiduría y mostrarme el maravilloso mundo de la mesofauna. Su dedicación hizo posible la culminación de esta tesis, toda mi admiración.

Al Dr. Jesús Pérez Moreno por la confianza, la paciencia y sus palabras de aliento que siempre alimentan el espíritu, sin su apoyo y enseñanzas no hubiera sido posible concluir esta etapa, toda mi gratitud.

A la M. en C. Irene Frutis Molina por el apoyo incondicional que siempre recibo, gracias por compartir este micocamino que aunque a veces se torna incierto a su lado es más claro.

Al Dr. Víctor Manuel Cetina Alcalá, por aceptar ser sinodal de mi tesis, gracias a su invaluable colaboración pude concluir con éxito mi titulación.

A la Dra. Magdalena Martínez Reyes, por su orientación, apoyo y consejos en los momentos más confusos en esta etapa, gracias por compartir todo este mundo que nos ofrecen los hongos.

A la Dra. Olivia Ayala Vázquez, por su invaluable asesoría académica que hoy forma parte importante en mi formación profesional.

A mis profesores del Colegio de Postgraduados por su gran dedicación y entrega a pesar de todas las adversidades que trajo consigo la pandemia.

Al personal administrativo del Colegio de Postgraduados y del posgrado en Edafología especialmente a Soraima de la Vega, por su disposición y ayuda durante mi estancia en el posgrado.

Muy especialmente a la Comunidad de Santa Ana Jilotzingo, por todo el cobijo recibido en este proyecto. Pero sobre todo por mantener su esencia, su hospitalidad y por cuidar y amar su tierra. Toda mi gratitud a Samuel, Pao, Mariana, Diego, Jesica, Israel, sra. Luz, sr. Florencio, sr. Sergio y sr. Benedicto por todas las facilidades prestadas, pero sobre todo por su calidez y amistad.

## DEDICATORIA

A Emma y Fernando, queridos abuelos por siempre guiar mis pasos e iluminar mi camino.

A Rosita, mi mamita porque siempre has creído en mí, por ser fuerza y cariño, por ser indiscutiblemente uno de los amores más grandes de mi vida, gracias por hacer fuertes mis raíces.

A Adriana, Jaque, Monse y Yova queridos hermanos, este viaje ha sido una locura, pero a su lado todo es mucho mejor, por toda la fuerza, por la complicidad, por las risas y por su valentía. Llenan mi corazón de mucho orgullo. Si me dieran a escoger los elegiría mil veces. Los amo.

A Fernando, una vez más gracias por todo tu cariño, por todo lo que me diste, porque siempre quisiste lo mejor para mí, porque desde donde estás me sigues dando fuerza y consuelo. Cuánto me gustaría que estuvieras aquí. A mi tía Eva, Karen, Luis y Bety, porque a pesar del tiempo y la distancia siempre puedo contar con ustedes, estoy muy feliz de que formen parte de mi familia.

A tío Pedro y tía Zoy, por el apoyo que hemos recibido de su parte, ha sido inmenso, tienen un corazón muy grande, gracias por siempre contar con ustedes.

A Chío por ser amiga, me siento muy afortunada por tenerte en mi vida, porque a pesar del tiempo y la distancia siempre podemos contar con nosotras, el futuro todavía tiene reservadas muchas aventuras juntas.

A Dana por ser parte importante de mi vida, por las porras, las risas y los regaños, te extraño.

A Ceci, Dany y Vero, a la distancia pareciera que el camino recorrido es corto, sin embargo ha sido suficiente para que marcaran mi vida con su cariño, su crecimiento y toda la buena vibra.

A Marye, Ana, Iván y Faus, por haber hecho de Montecillo un lugar que guardaré en mis recuerdos, gracias por la comida, las risas y por su hospitalidad, esto apenas comienza.

A mis compañeros de laboratorio Oralia, Edith, Luis y Uzzi, no sólo por ser un gran equipo de trabajo, sino por ser excelentes personas, estoy segura de que la vida profesional y personal que les espera está llena de muchas satisfacciones.

A Steven, gracias por ser un buen amigo y compartir caminatas por el bosque, información, comida y aventuras.

A Miguel, esta etapa ha sido todo un viaje, pero como siempre has estado a mi lado, gracias por las risas, las pláticas, la confianza y por soportarme, esto no hubiera sido posible sin tu apoyo, lo mejor está por venir.

A Led, gracias por caminar junto a mí, por la serenidad, por estar a mi lado cuando más lo necesito, sabes que no hay palabras para describir toda la ayuda y el esfuerzo que he recibido de ti, pero lo más importante gracias por no dejarme caer, literalmente.

A la familia Crisantema, porque siempre puedo contar con ustedes y aunque nos ha faltado tiempo últimamente, siempre están en mis pensamientos pero sobre todo en mi corazón.

No estaríamos en este lugar sin la solidaridad, las enseñanzas, los consejos y la amistad de mis profesoras y profesores de la FES-Iztacala, gracias, profesora Angelita, Edith, Paty e Irma, profe Ricardo, Manolo y Gerardo.

A cada uno de los alumnos de LIC I del 1154-2023-1, por contagiarme de su vitalidad y amor, sin su luz me hubiera perdido en momentos cruciales de este posgrado, aquí estamos para seguir descubriendo que la vida es maravillosa.

Por último pero no menos importante a mis amigos cuadrúpedos, no puedo hacer una lista porque sería inmensa, saben que los amo con toda el alma, gracias por sostenerme y por soportar mi ausencia.

Estas líneas no hacen justicia a toda la gratitud que le tengo a la vida, al destino, a Dios y a los Dioses por todas las bendiciones y por las personas llenas de luz y de amor que se han cruzado en mi camino haciendo de esta una buena historia.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vii
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	6
<b>Objetivo general</b> .....	6
<b>Objetivos particulares</b> .....	6
<b>Hipótesis</b> .....	6
<b>CAPÍTULO 1. CONOCIMIENTO MICOLÓGICO TRADICIONAL DE LOS HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES DE SANTA ANA JILOTZINGO, ESTADO DE MÉXICO, UNA POBLACIÓN SUBURBANA</b> .....	8
<b>1.1. RESUMEN</b> .....	8
<b>1.2. ABSTRACT</b> .....	9
<b>1.3. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>1.4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
1.4.1. Área de estudio .....	13
1.4.2. Método etnomicológico .....	15
1.4.3. Recolecta e identificación de HCS .....	17
<b>1.5. RESULTADOS</b> .....	19
1.5.1. Conocimiento micológico tradicional .....	19
1.5.2. Concepto, origen y clasificación tradicional .....	25
1.5.3. Relaciones ambientales y tipo de vegetación .....	28
1.5.4. Colecta, comercialización y micogastronomía .....	31
<b>1.6. DISCUSIÓN</b> .....	35
1.6.1. Concepción de los hongos comestibles silvestres (HCS) en Santa Ana Jilotzingo y su relación con otros estudios .....	35

1.6.2.	Relación del desarrollo de los hongos comestibles silvestres (HCS) con su ambiente .....	40
1.6.3.	Recolecta de hongos comestibles silvestres (HCS) y transmisión del conocimiento micológico tradicional (CMT) .....	42
<b>1.7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO 2. INTERACCIONES DE LA MESOFAUNA EDÁFICA (CLASE COLLEMBOLA Y SUBCLASE ACARI) ASOCIADA A LOS HONGOS SILVESTRES DE LA PRESA CAPOXI MIGUEL HIDALGO .....</b>		
<b>2.1.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>47</b>
<b>2.3.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>48</b>
<b>2.4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>54</b>
2.4.1.	Área de estudio .....	54
2.4.2.	Recolecta de esporomas y mesofauna .....	55
2.4.3.	Separación de la mesofauna de los esporomas.....	56
2.4.4.	Montaje e identificación taxonómica de ácaros y colémbolos .....	56
2.4.5.	Observación de los tractos digestivos de ácaros y colémbolos .....	57
<b>2.5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
2.5.1.	Abundancia de colémbolos y ácaros en los esporomas.....	58
2.5.2.	Forrajeo de ácaros y colémbolos en los esporomas de hongos silvestres.....	61
2.5.3.	Exozoocoria.....	71
2.5.4.	Abundancias en esporomas juveniles y senescentes .....	72
<b>2.6.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>73</b>
2.6.1.	Abundancia del orden Collembola.....	75
2.6.2.	Abundancia de la subclase Acari .....	78
2.6.3.	Análisis del tracto digestivo de ácaros y colémbolos presentes en esporomas de hongos silvestres .....	80
2.6.4.	Análisis de la superficie de los cuerpos de ácaros y colémbolos por esporas presentes debido a la ectozoocoria.....	85
<b>2.7.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>

<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>87</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>89</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.1</b> Localidades muestreadas en los recorridos etnomicológicos. ....	<b>18</b>
<b>Cuadro 1.2</b> Especies de hongos comestibles silvestres conocidos por la comunidad de Santa Ana Jilotzingo. ....	<b>21</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación de la cabecera municipal Santa Ana Jilotzingo, Jilotzingo, Estado de México. Modificado de INEGI (2009) y Fernández y de la Vega (2017).....	<b>15</b>
<b>Figura 1.2</b> Hongos comestibles silvestres recolectados en la región de Santa Ana Jilotzingo, a) <i>Lactarius deliciosus</i> (enchilados) b) <i>Ramaria</i> sp. (patita de pájaro) c) <i>Phaeoclavulia</i> sp. (ixlitos) d) <i>Clavulinas cinerea</i> (ixlitos) e) <i>Amanita vaginata</i> (comal) f) <i>Hypomyces lactifluorum</i> (trompa de cochino) g) <i>Clavariadelphus truncatus</i> (chichi de vaca) h) <i>Gyromitra infula</i> (chamacuero) i) <i>Amanita</i> aff. <i>novinupta</i> (solis). .....	<b>20</b>
<b>Figura 1.3</b> Tipo de vegetación y hongos asociados a) zacatonal b) <i>Ramaria subbotrytis</i> c) bosque de <i>Abies</i> d) <i>Boletus aestivalis</i> e) bosque de <i>Quercus</i> f) <i>Lyophyllum decastes</i> . .....	<b>29</b>
<b>Figura 2.1</b> Localización geográfica de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo, en el municipio de Jilotzingo, Estado de México. Modificado de INEGI (2009).....	<b>55</b>
<b>Figura 2.2</b> Abundancia (número total de individuos en 3 esporomas) de la mesofauna por especie de hongos: <i>Amanita basii</i> , <i>Boletus aestivalis</i> , <i>Morchella esculenta</i> , <i>Ramaria subbotrytis</i> (terrícola) y <i>Ramaria</i> sp.1 (lignícola).....	<b>60</b>
<b>Figura 2.3</b> Proporción de ácaros (1 orden Mesostigmata y 2 subórdenes Prostigmata y Oribatida) y colémbolos (3 órdenes Poduromorpha, Entomobryomorpha y Symphypleona) encontrados en cada especie de hongo. ....	<b>61</b>
<b>Figura 2.4</b> a) Esporoma de <i>Boletus aestivalis</i> ; b) Esporas de <i>B. aestivalis</i> ; c) Colémbolo del orden Poduromorpha con contenido estomacal (flecha blanca) y pellet (flecha amarilla); d) Contenido estomacal con abundantes esporas de <i>B. aestivalis</i> (aumento 40x); e) Pellet con esporas de <i>B. aestivalis</i> (aumento 100x).....	<b>63</b>
<b>Figura 2.5</b> a) Esporoma de <i>Morchella esculenta</i> ; b) Colémbolo Symphypleona; c) Ascas con ascosporas de <i>M. esculenta</i> ; d y e) Contenido estomacal del colémbolo con esporas de <i>M. esculenta</i> . ....	<b>63</b>

- Figura 2.6** a) Esporoma de *Ramaria subbotrytis* (terrícola); b) Esporas de *R. subbotrytis* teñidas con floxina; c) Colémbolo *Symphyleona* presentando su tracto digestivo con esporas; d) Contenido estomacal con esporas de *R. subbotrytis* (aumento 100x). ..... **64**
- Figura 2.7** a) Esporoma de *Ramaria* sp. (lignícola); b) Esporas de *Ramaria* sp. teñidas con floxina; c) Colémbolo *Entomobryomorpha* con el tracto digestivo lleno de esporas, indicado por la flecha amarilla; d) Tracto digestivo (aumento 40x); e) Contenido estomacal con esporas de *Ramaria* sp. (aumento 100x). ..... **65**
- Figura 2.8** a) Colémbolo *Symphyleona* en un esporoma de *Morchella esculenta*; b-d) contenido estomacal con diversas estructuras fúngicas: b) flechas rojas: esporas globosas, de color café amarillento con paredes gruesas y lisas de color café obscuro; b y d) Flechas amarillas: esporas ovoides a globosas, a veces constreñidas en el centro, de tonos café claro a obscuro, algunas amarillentas, las paredes lisas se pueden notar diferenciadas de color más obscuro; b, c y d) Flechas azules: hifas septadas, algunas de color café obscuro y otras de color amarillento, ambas de paredes gruesas, además de hifas de color más claro y contexto; d) Flechas negras: esporas hialinas fusiformes con paredes delgadas y lisas; y d) Flecha verde: espora característica de *M. esculenta* de forma elipsoide, hialina con pared delgada y lisa. .... **67**
- Figura 2.9** a) Ácaro oribátido encontrado en un esporoma de *R. subbotrytis* (terrícola); b-d) contenido de material en la superficie externa del cuerpo; b) flecha amarilla: espora ovoide y superficie ligeramente ornamentada de *R. subbotrytis*, cerca del área genital; b, c y d) Flechas azules: hifas de color café amarillento de paredes gruesas, en parte superior de la superficie del cuerpo; e) Flecha verde: observación de detritus en el pellet fecal en la parte anal..... **68**
- Figura 2.10** a) Colémbolo *Symphyleona* con el tracto digestivo de color café obscuro, encontrado en *Amanita basii*; b, c, d y e) Las flechas rojas señalan esporas de color café claro o café oscuro, con forma elipsoides,

ovoides a cilíndricas, con tendencia claviforme, presentando septos transversales y paredes lisas; b, d y e) Flechas verdes: esporas hialinas de paredes lisas, de forma ovoide y otras fusiformes; b, c y d) Flechas amarillas: esporas ovoides y globosos de color café, con paredes delgadas y lisas; y b y c) Flechas azules señalan restos de hifas con septos y paredes gruesas de color café oscuro. .... 70

**Figura 2.11** a) Colémbolo Entomobryomorpha; b) Contenido estomacal con detritus y material fúngico escaso, las flechas blancas señalan dos esporas globosas de color marrón con pared gruesa que no corresponden con las esporas de *A. basii*. .... 71

**Figura 2.12** Individuos que presentan esporas adheridas en la superficie de su cuerpo. a) Ácaro Mesostigmata con esporas de *R. subbotrytis* (terrícola), flechas azules; b) Ácaro Oribatida y c) Colémbolo Poduromorpha con esporas de *B. aestivalis*; d) Colémbolo Entomobryomorpha con esporas de *Ramaria* sp. (lignícola)..... 72

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El suelo es un sistema complejo y dinámico en el que las interacciones físicas, químicas y biológicas son la base de diversos procesos vitales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres, como es el caso de la descomposición y reciclaje de la materia orgánica, almacenamiento y liberación de nutrientes (Nortcliff *et al.*, 2011; Wardle *et al.*, 2004). El suelo es uno de los ecosistemas con la mayor diversidad biológica de la tierra por albergar una gran variedad de organismos vivos que realizan una serie de funciones que son vitales para el funcionamiento y conservación del suelo. Sin embargo, aún en la actualidad no se comprende la importancia de los organismos del suelo, sus interacciones con otros organismos y los servicios ecosistémicos que ellos proporcionan a la sociedad. La diversidad biológica comprende especies de cuatro grandes grupos como bacterias, hongos, plantas y animales (Lavelle *et al.*, 2006; Swift *et al.*, 2012); los organismos más abundantes y diversos son los hongos, bacterias e invertebrados (Bardgett, 2002; Hishi *et al.*, 2008).

Los hongos tienen funciones importantes en los procesos de los ecosistemas como descomponedores, mutualistas o patógenos y son los habitantes más exitosos del suelo, debido a su alta plasticidad y su capacidad de adaptación (Tedersoo *et al.* 2014; Fraç *et al.*, 2018); son organismos que tienen la capacidad de producir una amplia variedad de enzimas extracelulares, que les permite descomponer todo tipo de materia orgánica, regulando así el balance de carbono y nutrientes, además de transformar la materia orgánica en biomasa, ácidos orgánicos y dióxido de carbono (Fraç *et al.* 2018).

La diversidad global de los hongos es tan grande que es difícil dar una diagnosis diferencial concisa, no obstante Herrera y Ulloa (1990) los describe como “organismos, en su mayoría, filamentosos con crecimiento apical, eucarióticos, sin clorofila, heterótrofos por absorción, con reproducción asexual y sexual, por medio de esporas, y con pared celular principalmente constituida por quitina o celulosa”. Dentro de esta clasificación se encuentran los macromicetos, un grupo constituido por formas de vida muy variadas que se distinguen por tener estructuras reproductoras portadoras de esporas (esporomas) visibles a simple vista, estos organismos están incluidos en los filos: Ascomycota y Basidiomycota (Mueller, *et al.*, 2007). Los hongos macromicetos se

destacan ecológicamente por los múltiples papeles que desempeñan como es la absorción de nutrientes que realizan a través de las paredes de las células del micelio y dependen del sustrato donde se desarrollan y son capaces de degradar materiales orgánicos complejos como la celulosa, hemicelulosa y la lignina, componentes de la hojarasca y troncos vivos o en descomposición, por medio de la liberación de enzimas (Deacon, 2006; Mueller, *et al.*, 2007).

Además de su importancia ecológica los hongos macromicetos son un recurso forestal no maderable de gran valor y relevancia social, cultural y económica a nivel mundial ya que han sido recolectados por diversas civilizaciones durante miles de años como fuente de alimento, por sus propiedades medicinales y como elementos sagrados (Boa, 2004; Pérez-Moreno *et al.*, 2020). En la actualidad son un complemento muy importante en las dietas de las personas de las comunidades que habitan en los bosques templados. Se recolectan en más de 80 países de todo el mundo donde se consumen aproximadamente 1,100 especies de hongos comestibles silvestres (HCS) (Boa, 2004). México es considerado uno de los países con mayor tradición en el consumo y aprovechamiento de los HCS, formando parte de la cultura de la población y el conocimiento de los macromicetos fue muy importante en las culturas prehispánicas mesoamericanas (Villarreal-Ruiz y Pérez-Moreno, 1989); quedando testimonio de ello en diversos petroglifos, figurillas de barro, también existen registros en pinturas, frescos, códices y crónicas españolas escritas durante los siglos XVI y XVII (Wasson, 1983; Hernández-Santiago *et al.*, 2016).

El aprovechamiento de la producción natural de los HCS en los bosques templados es una actividad que persiste hasta hoy en día en diversas comunidades indígenas y mestizas del país, se considera una actividad productiva de carácter estacional que se desarrolla mediante la recolecta de especies ya sea para autoconsumo o para venta a pequeña escala, de casa en casa o bien en los mercados o tianguis, siendo una fuente importante de ingresos económicos para la población que aprovecha este recurso (Gispert *et al.*, 1984; Villarreal-Ruiz y Pérez-Moreno, 1989; Ruan-Soto *et al.*, 2006). El aprovechamiento y consumo de los HCS ha generado un profundo conocimiento micológico tradicional (CMT), este conocimiento se puede definir como el

conjunto de saberes contruidos de manera colectiva a través de generaciones en torno a la presencia de los hongos en la vida de los pobladores y que es generado por un proceso de observación que se da por la necesidad de entender la naturaleza de esta relación (Garibay-Orijel *et al.*, 2010; Luna-Morales, 2002). La etnomicología “es el área de la etnobiología que se encarga de estudiar este cúmulo de saberes tradicionales y las manifestaciones e implicaciones culturales y/o ambientales que se derivan de las relaciones establecidas entre los hongos y el hombre a través del tiempo y el espacio” (Moreno-Fuentes *et al.*, 2001).

La mayoría de los estudios etnomicológicos en el territorio nacional se han realizado en zonas templadas de la región central del país (Moreno-Fuentes, *et al.* 2001), centrándose principalmente en grupos indígenas que habitan en las zonas rurales, lo que manifiesta la necesidad de investigar las dinámicas del CMT que se presenta en las poblaciones mestizas que a pesar de que están asentadas en zonas rurales están fuertemente influenciadas por la urbanización, fenómeno que se observa en el área metropolitana de la Ciudad de México que ha crecido excesivamente, hasta rebasar sus límites políticos; absorbiendo los poblados aledaños, extendiéndose dentro del área que corresponde al Estado de México (Gutiérrez de MacGregor, 2003). En estas zonas conurbanas se presentan diversos problemas entre los que se incluyen la deforestación, cambios de uso de suelo, rápidos cambios culturales, emigración de jóvenes y procesos de aculturación (Pérez-Moreno *et al.*, 2020); provocando entre otras cosas que en las comunidades se presenten cambios ambientales, económicos y sociales, enmarcados en determinados momentos históricos, haciendo que el pensamiento tradicional evolucione, se transforme o bien se pierda (Gómez-Vázquez, 2018), esta pérdida de saberes, desencadena tendencias al abandono del aprovechamiento de los recursos naturales, entre ellos el recurso fúngico (Ruan-Soto, 2018).

La proximidad de las localidades, cada vez mayor a las zonas urbanas, está cambiando las costumbres, adquiriendo una nueva percepción del entorno cultural y en estas zonas conurbadas un alto porcentaje de los ejidatarios o comuneros está dejando de trabajar en el campo para incorporarse a la fuerza de trabajo en la Ciudad de México o del Valle de Toluca (Cruz-Rodríguez, 2002). El aprovechamiento de hongos silvestres

en estas áreas conurbadas se desconoce y en general hay una falta de información que permita conocer la pérdida del conocimiento micológico y la utilización que aún se tiene de los hongos comestibles silvestres, en estas poblaciones conurbadas cercanas a la Ciudad de México.

Por otra parte, la mesofauna edáfica, especies cuyo ancho del cuerpo es de 0.1 a 2 mm, pertenecen a la clase Collembola y la subclase Acari y son los microartrópodos más abundantes del suelo (Lavelle, 1996); representando hasta en un 85% el número de individuos encontrados en los suelos forestales (Hope, 2003). Los ácaros y colémbolos son organismos que tienen una amplia gama de tamaños, estrategias de alimentación y hábitos de vida, en el suelo habitan en la hojarasca, poros del suelo, materia orgánica y madera en descomposición, donde se alimentan de materia orgánica, hongos, bacterias y otros invertebrados (Brown *et al.*, 2007); afectando directamente en los procesos de descomposición, movilización e inmovilización de nutrientes en el suelo. Además, producen efectos positivos en las propiedades y en la ecología de los suelos debido a la fragmentación de la hojarasca, la formación de túneles, la mezcla de partículas, el forrajeo, la depredación, producción de heces y dispersión de esporas (Lavelle *et al.*, 2006; Qin *et al.*, 2017; Nielsen, 2019). Las interacciones entre la mesofauna del suelo, ácaros y colémbolos, y los hongos está actualmente recibiendo una atención importante, debido a que ambos grupos representan grupos tróficos funcionales dentro de la cadena alimentaria del suelo (Böllmann *et al.*, 2010).

Los esporomas producidos por los hongos son considerados como parches de recursos efímeros (ERPs, por sus siglas en inglés) (Finn, 2001) o “islas” (O’Connell y Bolger, 1997). Los esporomas tienen una distribución discontinua y dispersa en un espacio determinado en el paisaje del bosque y permanecen por breves periodos de tiempo, representando una red de gran actividad biológica en el suelo por que proporcionan refugio y alimento a diversas especies edáficas (Finn, 2001; Greenslade *et al.*, 2002; Yamashita y Hijii, 2003; Schneider *et al.*, 2005). La relación mesofauna-hongo más frecuente en la naturaleza es el uso de hongos como fuente de alimento (Palacios-Vargas y Gómez 1994); consumiendo esporas, micelio e hifas de diversos hongos tanto macromicetos como micromicetos (Greenslade *et al.*, 2002; Schneider *et al.*, 2005;

Hernández-Santiago *et al.*, 2020). Por tanto, las comunidades de ácaros y colémbolos que se alimentan de los esporomas de los macromicetos son vectores importantes de dispersión de esporas, donde se pueden reconocer dos formas de transporte de esporas: endozoocoria (consumo dirigido o accidental de esporas seguido de su liberación en las heces) y ectozoocoria (capturando esporas en partes externas del cuerpo) (Vašutová *et al.*, 2019). Para entender estas conexiones complejas, es necesario comprender cómo se distribuyen los ácaros y colémbolos a través del espacio y el tiempo (Nielsen, 2019) ya que existe una clara relación hábitat y preferencias alimenticias, dependiendo del recurso alimenticio próximo disponible, lo que repercute en diferentes funciones del ecosistema (Ponge, 2000; Potapov *et al.*, 2016).

En México se han realizado pocos estudios sobre las interacciones esporoma-fauna del suelo, ejemplo de ello son los listados de colémbolos micetofílicos encontrados en diferentes macromicetos silvestres por Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1994); Hernández-Santiago *et al.* (2020) con un estudio sobre los ácaros y colémbolos asociados a hongos comestibles silvestres ectomicorrízicos y Ríos-García *et al.* (2022) sobre la interacción de la mesofauna asociada a *Psilocybe cubensis*, un hongo silvestre neurotrópico. Es evidente que en México existe falta de información de las interrelaciones, ensamblajes y dinámicas presentes en los esporomas de los hongos comestibles silvestres.

El análisis de las interacciones esporoma-fauna del suelo se puede estudiar a través del análisis del contenido intestinal del tracto digestivo y/o el análisis de los pellets fecales; debido a que el contenido en el tracto digestivo es un buen indicador del efecto de la mesofauna del suelo sobre los esporomas y en general sobre la actividad de la mesofauna antes de alcanzar el esporoma. Por tanto, la elección del macromiceto, la abundancia de mesofauna en el esporoma y la tasa de ingestión de alimento están directamente relacionados con el impacto del consumidor y por medio de estas actividades se describen los flujos de energía de la red alimentaria que se lleva a cabo en el esporoma debido a la detritivoría, fungivoría y depredación (Barnes *et al.*, 2018).

## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **Objetivo general**

Analizar el conocimiento micológico tradicional de los hongos comestibles silvestres y la mesofauna asociada a los esporomas, en la comunidad de Santa Ana Jilotzingo, municipio de Jilotzingo en el Estado de México.

### **Objetivos particulares**

Describir y analizar desde una perspectiva etnográfica el conocimiento micológico tradicional y las prácticas de recolecta, manejo, conservación y transmisión del conocimiento, de Santa Ana Jilotzingo, Estado de México, una comunidad conurbada cercana a la Ciudad de México.

Enlistar las especies de hongos comestibles silvestres aprovechados en la comunidad de Santa Ana Jilotzingo, Estado de México.

Evaluar la interacción mesofauna del suelo (Acari y Collembola) y esporomas de hongos comestibles silvestres en los bosques templados de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo.

Determinar las abundancias y examinar el tracto digestivo de ácaros y colémbolos asociados a esporomas de hongos silvestres, para explicar la interacción mesofauna-esporoma.

### **Hipótesis**

Las comunidades que se encuentran inmersas en los bosques templados poseen un amplio conocimiento tradicional sobre las especies de hongos silvestres de la zona.

Existe una pérdida del conocimiento micológico tradicional por efecto de cambios socioeconómicos y culturales en comunidades rurales que se encuentran cercanas a las zonas urbanas.

Hay una relación entre mesofauna del suelo y los esporomas de hongos silvestres.

La abundancia de los ácaros y colémbolos en los esporomas es variable, debido a las características morfológicas del cuerpo fructífero.

El análisis de los contenidos del tracto digestivo y/o pellets fecales ayudan a explicar la interacción mesofauna-esporoma de hongos silvestres.

# **CAPÍTULO 1. CONOCIMIENTO MICOLÓGICO TRADICIONAL DE LOS HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES DE SANTA ANA JILOTZINGO, ESTADO DE MÉXICO, UNA POBLACIÓN SUBURBANA**

## **1.1. RESUMEN**

La mayoría de los estudios etnomicológicos se han centrado principalmente en documentar el conocimiento micológico tradicional (CMT) de zonas rurales o de pueblos indígenas. Sin embargo, el CMT no ha sido reportado en las poblaciones mestizas que viven cerca al área metropolitana de la Ciudad de México. En el presente estudio se utilizó el enfoque etnográfico para describir el CMT y las prácticas desarrolladas de los hongos comestibles silvestres (HCS) en Santa Ana Jilotzingo, Estado de México, una población suburbana. Se realizaron entrevistas no estructuradas y semiestructuradas durante dos periodos distintos, el primer periodo abarcó del año 2012 al 2014 y el segundo fue en el año 2020. Se identificaron 66 especies de HCS, 91 nombres tradicionales; 65 en español, 3 nahuatlismos, 4 mixtos, y 19 nombres, de los que no se pudo determinar su origen. Se registraron cambios en varios aspectos del CMT, por ejemplo, las personas mayores son quienes conservan los saberes más precisos sobre la biología, ecología, nomenclatura y clasificación de los HCS, en comparación con la población más joven. Las recolectas comerciales de hongos, relacionadas a largas caminatas por el bosque, han disminuido y solo las recolectas oportunistas o lúdicas son las más practicadas. Así mismo, el aprovechamiento de los HCS en temporada de lluvia ha dejado de ser una actividad económica importante, lo que se evidencia por el abandono del oficio de honguero (recolector de hongos). Sin embargo, los HCS son un alimento tradicional que aún pervive en la vida cotidiana de la comunidad. Lo anterior puede estar relacionado con los cambios económicos, sociales y culturales que se presentan en la población debido a la cercanía a la zona urbana de la Ciudad de México.

**Palabras clave:** etnomicología, macromicetes, nomenclatura, influencia urbana

# TRADITIONAL MYCOLOGICAL KNOWLEDGE OF WILD EDIBLE MUSHROOMS FROM SANTA ANA JILOTZINGO, JILOTZINGO, STATE OF MEXICO, A SUBURBAN POPULATION

## 1.2. ABSTRACT

Most of the ethnomycological studies have focused mainly on documenting traditional mycological knowledge (TMK) of rural areas or indigenous peoples. However, the TMK has not been reported in mestizo populations living near the metropolitan area of Mexico City. In the present study, the ethnographic approach was used to describe the TMK and the cultural practices developed of wild edible mushrooms (WEM) in Santa Ana Jilotzingo, State of Mexico, a suburban population. Unstructured and semi-structured interviews were conducted during two different periods, the first period covered the years 2012 to 2014 and the second was in 2020. It was found 66 species of HCS, 91 traditional names; 65 Spanish names, 3 Nahuatlisms, 4 mixed names, and 19 names, whose origin could not be determined. Changes were recorded in several aspects of the TMK, for example, the elders are those who retain the most accurate knowledge about the biology, ecology, nomenclature and classification of WEM, compared to the younger population. Commercial mushroom collecting related to long walks through the forest have decreased and only opportunistic or recreational mushroom picking are the most common practiced. In addition, the gathering of WEM during the rainy season has ceased to be an important economic activity; evidenced by the abandonment of the honguero trade (mushroom picker). However, the WEM are a traditional food that still survives in the daily life of the community. The results presented above may be related to the economic, social and cultural changes that are occurring in the population due to the proximity to the urban zone of Mexico City.

**Keywords:** ethnomycology, macromycetes, nomenclature, urban influence

### 1.3. INTRODUCCIÓN

Los hongos comestibles silvestres (HCS) son un recurso forestal no maderable de gran valor y relevancia a nivel mundial, han sido recolectados por diversas civilizaciones durante miles de años como fuente de alimento, por sus propiedades medicinales y como elementos sagrados (Pérez-Moreno *et al.*, 2020). En la actualidad representan un complemento importante en la dieta de muchas sociedades y una fuente de ingresos económicos en más de 80 países de todo el mundo donde se recolectan y consumen aproximadamente 1,100 especies de HCS (Boa, 2004).

La presencia en la vida cotidiana del recurso fúngico en las comunidades micofílicas ha originado la acumulación del Conocimiento Micológico Tradicional (CMT) derivado del aprovechamiento y las experiencias generadas a lo largo de cientos de años por las comunidades que habitan en torno al ambiente boscoso donde se desarrollan los hongos silvestres (Berkes, 1993; Garibay-Orijel *et al.*, 2010). El CMT se define como el conjunto de saberes contruidos de manera colectiva a través de generaciones debido a la presencia de los hongos en la vida de los pobladores, asimismo, es generado por un proceso de observación cuidadosamente dirigido que se da por la necesidad de entender la naturaleza de estos organismos (Ruan-Soto *et al.*, 2006; Garibay-Orijel *et al.*, 2010), incorporando sistemas de clasificación, observaciones empíricas del ambiente local y un sistema de manejo, lo que permite a la gente de los poblados micófagos, entre otras cosas, reconocer perfectamente las especies de hongos que pueden ser consumidas, sin correr el riesgo de intoxicarse (Usher, 2000; Ramírez-Terrazo *et al.*, 2014). El conocimiento micológico puede variar tanto en cantidad y calidad, y la especialización entre los miembros de la comunidad, es un factor que depende del género, edad, clase social, y profesión, además, tiene la característica de ser acumulativo y dinámico por adaptarse a los cambios de las comunidades a través del tiempo (Luna-Morales, 2002).

México es el segundo país con mayor patrimonio biocultural de hongos comestibles en todo el mundo después de China, su conocimiento y uso ha sido relevante desde las culturas prehispánicas mesoamericanas (Villarreal-Ruiz y Pérez-Moreno, 1989; Pérez-Moreno *et al.*, 2020) y en la actualidad sigue siendo un elemento importante en la cultura de diversas comunidades indígenas y mestizas (Garibay-Orijel y Ruan-Soto,

2014). Esto se ve reflejado en las más de 450 especies que se consumen actualmente y el registro de más de 5000 nombres tradicionales para designarlos, lo que constituye uno de los reservorios etnomicológicos más importante en el mundo (Pérez-Moreno *et al.*, 2020). En diversas investigaciones etnomicológicas realizadas en el territorio nacional se han documentado el aprovechamiento del recurso fúngico por diversos grupos étnicos como por ejemplo los nahuas (Gispert *et al.*, 1984) otomíes (Estrada-Torres y Aroche, 1987), mazahuas y otomíes (Mariaca-Méndez *et al.*, 2001), zapotecos (Garibay-Orijel, 2009), lacandones (Ruan-Soto *et al.*, 2009), mixtecos (Hernández-Santiago *et al.*, 2016), mayas (Ruan-Soto y Ordaz-Velázquez, 2015), rarámuris (Moreno-Fuentes *et al.*, 1996), wixaritari (Haro-Luna *et al.*, 2019) y chinantecos (López-García *et al.*, 2020), así como en diversos grupos mestizos (Rodríguez-Muñoz *et al.*, 2012; Burrola-Aguilar *et al.*, 2012; Lara-Vázquez *et al.*, 2013; Alonso-Aguilar *et al.*, 2014).

Sin embargo, la mayoría de los estudios etnomicológicos se han realizado en zonas templadas en la región central del país (Moreno-Fuentes, *et al.*, 2001), este fenómeno puede explicarse debido a la creencia que imperó durante mucho tiempo, donde sólo los pueblos habitantes de las zonas altas mesoamericanas, inmersos en zonas de vegetación de bosques templados, eran micófilos (con actitudes de aprecio hacia los hongos), en tanto que los habitantes de tierras bajas mesoamericanas, propios de selvas húmedas y selvas bajas eran micófobos (con actitudes de desagrado hacia los hongos) (Ruán-Soto, 2007).

Entre algunas investigaciones que podemos destacar en zonas templadas y centro del país, podemos mencionar las realizadas en Acambay (Estrada-Torres y Aroche, 1987), Ocuilan (Palomino-Naranjo, 1990), Amanalco (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012), Temoaya (Lara-Vázquez *et al.*, 2013), Ocoyoacac (Domínguez-Romero *et al.*, 2015), Santa Catarina del Monte (Rodríguez-Muñoz *et al.*, 2012), todas en el Estado de México, así como las realizadas en el estado de Tlaxcala en San Pablo del Monte (Montoya-Esquivel *et al.*, 2003) y en Ixtenco (Montoya-Esquivel *et al.*, 2019), y en el estado de Hidalgo en Molango de Escamilla (Jiménez-González *et al.*, 2013), gracias a estos estudios se han comenzado a realizar descripciones precisas de diferentes aspectos del conocimiento micológico local, también se están comprobando hipótesis

para la generación de propuestas explicativas y plausibles, agrupando conceptos y buscando patrones, con lo que se ha podido demostrar que existen comunidades que son afines al uso de ciertos hongos comestibles y medicinales, en función de las provincias geográficas y tipos de vegetación en las que se desarrollan (Ruán-Soto, 2007; Moreno-Fuentes, 2002).

El análisis de la relación que existe entre las comunidades con los hongos se ha centrado principalmente las zonas rurales, mayormente en grupos indígenas, lo que manifiesta la necesidad de investigar las dinámicas del CMT que se presenta en las poblaciones mestizas que a pesar de que están asentadas en zonas rurales están fuertemente influenciadas por la urbanización, fenómeno que se observa alrededor del área metropolitana de la Ciudad de México, que ha crecido enormemente, rebasando sus límites políticos y absorbiendo los poblados aledaños, dando origen a la conurbación; extendiéndose principalmente dentro del área que corresponde al Estado de México (Gutiérrez de MacGregor, 2003). En estas zonas conurbadas se presentan diversas problemáticas entre las que se destacan altas tasas de deforestación, cambios de uso de suelo, pérdida de la biodiversidad, rápidos cambios culturales, emigración de los jóvenes y procesos de aculturación (Pérez-Moreno *et al.*, 2020); provocando entre otras cosas que en las comunidades se presenten cambios sociales, económicos y ambientales, enmarcados en determinados momentos históricos, haciendo que el pensamiento tradicional de las comunidades evolucione, se transforme o bien se pierda (Gómez-Vázquez *et al.*, 2018). La pérdida de saberes desencadena el abandono del aprovechamiento de los recursos naturales, entre ellos el recurso fúngico, lo que a su vez provoca un reconocimiento ambiguo de las especies fúngicas (Ruan-Soto, 2018).

Los bosques templados del Eje Neovolcánico Transversal de México han sido perturbados principalmente por el aumento de la población y la urbanización debido a su cercanía a la zona metropolitana del Valle de México. La proximidad de las localidades, cada vez mayor a las zonas urbanas, ha propiciado que la dinámica en las costumbres sea afectada por la nueva percepción del entorno cultural y en estas zonas conurbadas un alto porcentaje de los ejidatarios o comuneros está dejando de trabajar en el campo para incorporarse a la fuerza de trabajo en la Ciudad de México o del Valle de Toluca

(Cruz-Rodríguez, 2002). La urbanización es un proceso complejo que involucra alteraciones en diversos factores culturales, económicos, sociales y ambientales que no son tan perceptibles inmediatamente, pero que generan transformaciones en el estilo de vida, así como, la cosmovisión que los pobladores sobre su entorno natural modificando la forma en la que las personas aprovechan los recursos naturales (Antrop, 2000).

Sin embargo, el CMT y aprovechamiento de hongos silvestres en estas áreas conurbadas ha sido poco estudiado y en general falta información que permita determinar el grado de pérdida del conocimiento micológico y/o su persistencia en la vida cotidiana de las poblaciones en estas áreas. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es registrar, describir y analizar el conocimiento micológico tradicional y las prácticas de uso y aprovechamiento de los HCS por los habitantes de Santa Ana Jilotzingo, una comunidad mestiza presente en una zona rural con gran influencia de la zona urbana noroeste de la Ciudad de México.

## **1.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.4.1. Área de estudio**

El estudio se realizó en el área de Santa Ana Jilotzingo ubicada en el municipio de Jilotzingo, Estado de México, cuenta con una superficie total de 117.09 km<sup>2</sup>, ocupa el 0.52% de la superficie del Estado de México, se encuentra ubicado al noroeste de la Ciudad de México y hacia el noreste de la ciudad de Toluca de Lerdo (Figura 1.1), ocupando la parte más alta y agreste de la cadena montañosa de Monte Alto y forma parte de la Sierra de las Cruces, del Área Protegida Estatal Parque Otomí Mexica y de la Reserva Estatal Espíritu Santo. El territorio del municipio de Jilotzingo está localizado entre las coordenadas del paralelo 19° 25' 59" al paralelo 19° 33' 26" de latitud norte y los meridianos 99° 19' 56" al meridiano 99° 28' 25" de longitud oeste (INEGI, 2015; Plan de Desarrollo Municipal, 2022).

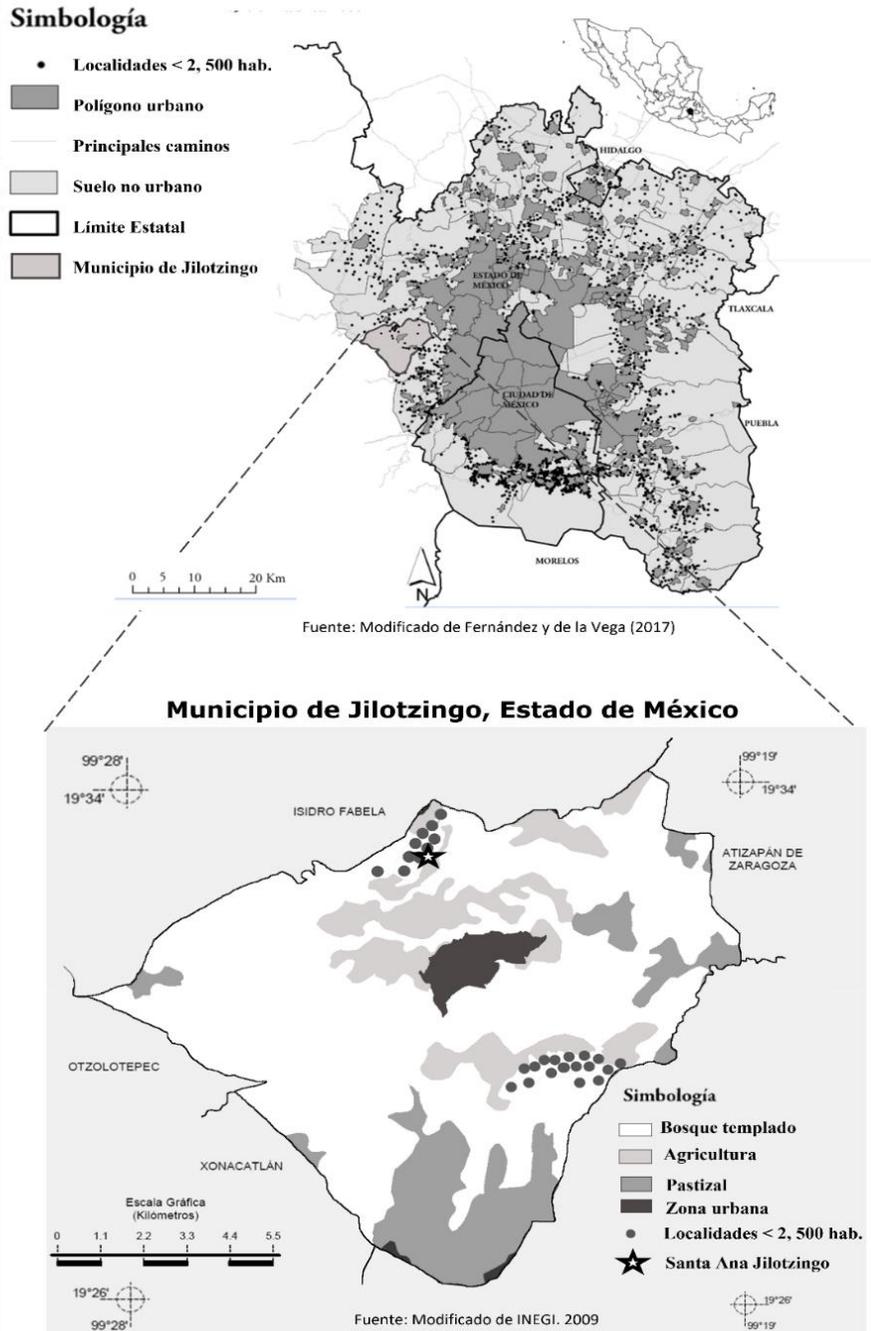
De acuerdo con la clasificación de Köpen modificada por García (1973) el clima predominante es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), con abundantes precipitaciones pluviales entre 800 y 1300 mm, en verano. La época de lluvias se registra entre los meses de junio a octubre, siendo el mes de septiembre el

más lluvioso; se caracteriza por el asentamiento de bancos de niebla tanto en la época de lluvias como en invierno. El rango de temperaturas es de 8 a 16°C, la temperatura promedio anual es de 13.7°C, con una máxima de 29.5°C y una mínima de 5.6°C, con la posibilidad de nevadas (INEGI, 2015; Plan de Desarrollo Municipal, 2019).

Jilotzingo es un municipio con vocación forestal y la vegetación de la zona presenta tres principales tipos de bosques según Rzedowski (2006), un área bien definida de bosque de *Abies* y bosque de *Quercus*, con tres especies de encino dominantes: encino de hoja de laurel (*Quercus laurina*) y encino de hojas crasas (*Quercus magnolaefolia* y *Quercus mexicana*). En las partes altas se encuentran los bosques de *Pinus* donde las principales especies son *Pinus montezume*, *Pinus hartwegii*, *Pinus patula* y *Abies religiosa*. El bosque representa la mayor parte de la extensión territorial (67.56 %) y se ubica a una altitud de los 2,400 a los 3,700 m s.n.m. En adición, un área aproximada de 550.87 hectáreas (4.41 %) son dedicadas al uso urbano, el uso del suelo agrícola es de 12.48% y el de pastizales es de 5.53 % (INEGI, 2015; Plan de Desarrollo Municipal, 2019).

De acuerdo con datos del INEGI (2020a) el municipio cuenta con una población estimada de 19,877 representamos el 0.1% de la población total del Estado de México habitantes, en donde 48.9% son hombres y el 51.1% son mujeres. En particular Santa Ana Jilotzingo cuenta con 998 habitantes 509 mujeres y 489 hombres (INEGI, 2020b).

## Territorio de la Zona Metropolitana del Valle de México



**Figura 1.1** Ubicación de la cabecera municipal Santa Ana Jilotzingo, Jilotzingo, Estado de México. Modificado de INEGI (2009) y Fernández y de la Vega (2017).

### 1.4.2. Método etnomicológico

El trabajo de campo se desarrolló en la comunidad de Santa Ana Jilotzingo, Jilotzingo, Estado de México, principalmente en temporada de lluvia (junio a diciembre),

en dos periodos distintos, el primer periodo abarcó del año 2012 al 2014 y el segundo periodo fue en el año 2020. Se realizó una descripción y análisis del CMT desde una perspectiva etnográfica, para detallar las situaciones, eventos, personas, interacciones y comportamientos, así como experiencias, actitudes, creencias y pensamiento entorno a los HCS (Creswell, 2013). Inicialmente, se acudió con las autoridades municipales, con el propósito de informar sobre el objetivo de la investigación y de las actividades que se llevarían a cabo, y solicitar su autorización y apoyo. Una vez obtenido el permiso se seleccionó a los colaboradores locales para la investigación mediante la técnica de bola de nieve, la cual consiste en encontrar un caso perteneciente al grupo objeto de investigación, después éste lleva al siguiente caso y al próximo y así sucesivamente hasta alcanzar el nivel de información suficiente para dar por terminada la investigación; esta técnica de recolección de información tiende a ampliar el tamaño de muestra y el alcance del estudio (Sandoval, 2002).

Lo anterior se realizó con una lógica de muestreo teórico, que significa que el número de “casos” estudiados carece de relativa importancia. Donde lo relevante es identificar el potencial de cada “caso” y poder percibir cuando ha llegado al punto donde las entrevistas no producen ninguna información auténticamente nueva, así se pudieron consolidar tanto informantes clave como informantes de calidad (Taylor y Bogdan, 1987) y permitir reconocer a las personas de la comunidad poseedoras de conocimiento sobre los HCS y tipo de bosque donde se encuentran.

Una vez que se contactó a los colaboradores clave de Santa Ana Jilotzingo, se mantuvo contacto con ellos por medio de la observación participante, lo cual permitió tener un acercamiento más profundo e hizo posible el registro de información importante de la vida diaria de los habitantes (Bernard, 2006). Además, se realizaron recorridos etnomicológicos con los colaboradores clave, que lo permitieron, y la información recabada también fue enriquecida con diálogos que se tuvieron con otras personas que fueron escogidas al azar mientras se recorrían las calles de la comunidad.

Durante la observación participante y los recorridos etnomicológicos se aplicaron entrevistas no estructuradas y semiestructuradas con base a lo propuesto por Bernard (2006), en total se entrevistaron a nueve colaboradores clave y 45 personas que fueron

seleccionadas al azar. La mayoría de los informantes fueron originarios de Santa Ana Jilotzingo, sin embargo, también se entrevistó a una persona originaria de Querétaro, otra de Tlaxcala y dos más de Tlazala (comunidad cercana a Santa Ana Jilotzingo). Los informantes tenían edades desde los 18 a los 78 años y el nivel de escolaridad variaba desde la primaria incompleta hasta la preparatoria completa.

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron con base en una guía de preguntas para obtener información referente a los nombres tradicionales, datos sobre fenología, biología, ecología, concepto de hongo, prácticas culinarias y transmisión del CMT de los HCS. Por medio de las transcripciones de las entrevistas se realizó un análisis de los datos, primero se identificaron temas y se refinó la información (Taylor y Bogdan, 1987), posteriormente mediante el método comparativo constante se buscaron patrones de comportamiento y sucesos importantes, con este método se exploraron las diferencias y similitudes a lo largo de los diálogos (Spiggle, 1994).

#### **1.4.3. Recolecta e identificación de hongos comestibles silvestres (HCS)**

Los recorridos etnomicológicos se realizaron en los lugares donde comúnmente los pobladores van a recolectar los HCS y se hicieron recolectas en 15 localidades (Cuadro 1.1), de acuerdo con un muestreo preferencial con base al conocimiento de los colaboradores clave (Domínguez-Romero *et al.*, 2015). Una vez encontrado el esporoma de interés se procedió a fotografiarlo y posteriormente se recolectaron con ayuda de una navaja o cuchillo para desenterrarlo o bien desprenderlo de la madera completamente, para posteriormente envolverlos en papel encerado y colocarlos en canastas para su traslado y evitar en lo posible el maltrato (Cifuentes-Blanco *et al.*, 1986).

**Cuadro 1.1** Localidades muestreadas en los recorridos etnomicológicos.

<b>Localidad</b>	<b>Vegetación</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
<b>Samunda</b>	BQ	2200
<b>San Antonio Bata</b>	BQ / BQ-P	2450
<b>Llano Grande Xinté</b>	BP / BQ	2450
<b>Rancho Bohay</b>	BQ	2450
<b>Río la Mistela</b>	BP / BQ-P	2600
<b>Puente del Padre</b>	BQ	2647
<b>Loma de Zamundá</b>	BQ	2764
<b>Santa Ana</b>	BQ / BQ-P	2800
<b>Barrio el Calvario</b>	BA	2803
<b>Presa Capoxi</b>	BA / BA-P	2900
<b>Mado</b>	BA / BP	2900
<b>San Miguel Tecpan</b>	BA	2950
<b>El Puerto</b>	BA-P	3000
<b>Peña de Lobo</b>	BP / BA	3009
<b>Jariyal Tejanteje</b>	BA-P / BA	3100

Donde: BQ: Bosque de *Quercus*; BQ-P: Bosque de *Quercus-Pinus*; BA: Bosque de *Abies*; BP: Bosque de *Pinus* y BA-P: Bosque de *Abies-Pinus*.

El material recolectado en los recorridos etnomicológicos se caracterizó tomando en cuenta las características macroscópicas en fresco (Delgado-Fuentes *et al.*, 2005; Frutis-Molina y Huidobro-Salas, 2013), posteriormente los ejemplares se fotografiaron y deshidrataron de acuerdo por lo indicado por Cifuentes-Blanco *et al.* (1986). Después, los organismos fueron revisados microscópicamente utilizando las técnicas micológicas rutinarias, como realizar cortes finos de píleo, estípites o himenios e hidratando y tiñendo el material con KOH, Melzer, Floxina o Rojo Congo, esto para observar y medir las estructuras microscópicas como esporas, cistidios, basidios, ascas, fíbulas, trama de las láminas, subhimenio, pileipellis, etc., (Largent *et al.*, 1977). Para la identificación taxonómica de los hongos se utilizaron claves especializadas y guías de campo, como las de Herrera (1963), Guzmán (1977), McAfee y Grund (1982), Cléménçon y Smith (1983), Petersen (1987,1988), Pérez-Silva y Herrera (1991), Bas *et al.* (1995), Kong

(2003), Gregory (2007), Kuo *et al.* (2012), Landeros y Guzmán-Davalos (2013), Sánchez-García *et al.* (2013), Uehlinga *et al.* (2012), Bas *et al.* (1990), Villarruel-Ordaz *et al.* (1993), Wu *et al.* (2016), entre otros. Los ejemplares fueron depositados en el HERBARIO-IZTA de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México. El arreglo sistemático de las especies se basó en lo recomendado por Kirk *et al.* (2008).

## **1.5. RESULTADOS**

### **1.5.1. Conocimiento micológico tradicional**

#### **1.5.1.1. Inventario de especies de hongos comestibles silvestres y nomenclatura local**

En Santa Ana Jilotzingo se registraron 66 especies de hongos silvestres reconocidas como comestibles por los pobladores de la comunidad, de las cuales 59 especies son terrícolas, 4 lignícolas y 1 fungícola, y 2 especies que se encontraron tanto en sustrato lignícola como en terrícola (Cuadro 1.2). Se documentaron 91 nombres tradicionales, 65 de estos nombres son en español, como, por ejemplo, enchilados (Figura 1.2 a) o patitas de pájaro (Figura 1.2 b); 3 son nahuatlismos, por ejemplo, ixlitos (Figura 1.2 c, d) o comal (Figura 1.2 e); 4 nombres son mixtos, compuestos por un nahuatlismo y una palabra en español, por ejemplo, trompa de cochino (Figura 1.2 f) o chichi de vaca (Figura 1.2 g); y 19 nombres son indeterminados ya que no se precisó el origen, por ejemplo, chamacuero (Figura 1.2 h) o solis (Figura 1.2 i). Se encontraron HCS de tres grupos tróficos principalmente, 53 ectomicorrízicos y 12 saprófitos y 1 parásito (Cuadro 1.2).



**Figura 1.2** Hongos comestibles silvestres recolectados en la región de Santa Ana Jilotzingo, **a)** *Lactarius deliciosus* (enchilados) **b)** *Ramaria* sp. (patita de pájaro) **c)** *Phaeoclavulia* sp. (ixlitos) **d)** *Clavulinas cinerea* (ixlitos) **e)** *Amanita vaginata* (comal) **f)** *Hypomyces lactifluorum* (trompa de cochino) **g)** *Clavariadelphus truncatus* (chichi de vaca) **h)** *Gyromitra infula* (chamacuero) **i)** *Amanita* aff. *novinupta* (solis).

**Cuadro 1.2 Especies de hongos comestibles silvestres conocidos por la comunidad de Santa Ana Jilotzingo.**

Especies	Grupo trófico	Tipo de sustrato	Fenología	Vegetación asociada	Nombre tradicional
<i>Agaricus campestris</i> (L.) Fr.	SA	TE	Jun-Jul	Llano	Hongo de San Juan (ES) Sanjuanero (ES) Sanjuanés (ES)
<i>Albatrellus ellisii</i> (Berk.) Pouzar	EC	TE	Sep-Oct	BQ	Carda (ES)
<i>Amanita aff. novinupta</i>	EC	TE	Ago-Sep	BA	Mantecoso (ES) Tuetanillo (ES)
<i>Amanita rubescens</i> Pers.	EC	TE	Ago-Oct	BP-A/BQ	Solis (IN)
<i>Amanita basii</i> Guzmán & Ram-Guill.	EC	TE	Jul-Sep	BA	Amarillo (ES) Yema – Yemita (ES) Tecomate (NA) Quishimon-Quishimones (IN)
<i>Boletus smithii</i> Thiers	EC	TE	Ago-Oct	BA	Bonsha (IN) Bonshon (IN) Sema de madroño (ES) Queta de madroño (IN)
<i>Boletus aestivalis</i> Peck.	EC	TE	Ago-Oct	BA-P/BP	Sema blanca (ES) Queta blanca (IN) Sema de oyamel (ES) Queta de oyamel (IN) Sema de ocote (IN) Queta de ocote (IN)
<i>Retiboletus griseus</i> (Frost) Manfr.	EC	TE	Ago-Nov	BQ	Sema de encino (ES) Queta de encino (IN)
<i>Leccinellum rugosiceps</i> (Peck)	EC	TE	Sep-Nov	BQ/BQ-P	Sema de escoba (ES) Queta de escoba (IN)
<i>C. aff. tabernensis</i>	EC	TE	Ago-Oct	BQ	Duraznillo (ES)
<i>Cantharellus sp.</i>	EC	TE	Ago-Oct	BA	Pericón (ES)
<i>Clavariadelphus pistillaris</i> L. ex Fr	EC	TE	Ago-Sep	BQ	Chichi de vaca (MI)
<i>Clavariadelphus truncatus</i> Donk	EC	TE	Ago-sep	BQ	Lágrimas (ES)

Semas  
o  
Quetas

Especies	Grupo trófico	Tipo de sustrato	Fenología	Vegetación asociada	Nombre tradicional
<i>Clavulina cinerea</i> (Bull.) J. Schröt.	SA	TE	Ago-Sep	BA-P	Isles-Isllitos (IN) Ixllitos (NA)
<i>Clavulina cristata</i> (Holmsk.) J. Schröt.	SA	TE/LI		BA-P	
<i>Phaeoclavulina</i> sp.	EC	TE		BP	
<i>Collybia dryophila</i> (Bull.) P. Kumm.	SA	TE	Jul-Sep	BP	Shorita o Chorita (IN)
<i>Gyromitra infula</i> (Schaeff.) Quéf.	SA	TE/LI	Jul-Sep	BA-P	Chamacuero (IN)
<i>Helvella crispa</i> (Scop.) Fr.	EC	TE	Jul-Sep	BA	Gachupín (ES)
<i>Helvella elastica</i> Bull.	EC	TE	Jul-Sep	BA	Comedia (ES)
<i>Helvella lacunosa</i> Afzel	EC	TE	Ago-Oct	BP/BA	Cabeza negra (ES) Negritos (ES) Señoritas (ES)
<i>Hygrophoropsis aurantiaca</i> (Wulfen) Maire	SA	LI	Jul-Sep	BA	Falso duraznillo (ES)
<i>Hygrophorus chrysodon</i> (Batsch)	EC	TE	Jul-Sep	BQ-P	Patriota (ES)
<i>Hypomyces lactifluorum</i> (Schwein.) Tul. & C. Tul.	PA	FU	Ago-Sep	BA	Orejas rojas (ES) Trompa de cochino (MI)
<i>Lactarius aff. indigo</i>	EC	TE	Ago-Sep	BQ	Orejas azules (ES) Añil (ES) Azul (ES)
<i>Russula brevipes</i> Peck	EC	TE	Jul-Sep	BA-P	Orejas blancas (ES) Motico (IN)
<i>Infundibulicybe gibba</i> (Pers.)	EC	TE	Ago-Oct	BP	Tejamanil de ocote (MI) Tablita de ocote (ES)
<i>Infundibulicybe squamulose</i> (Pers.)	EC	TE	Ago-Oct	BA-P	Tablita de oyamel (ES) Tejamanil de oyamel (MI)
<i>Lactarius deliciosus</i> (L.: Fr.) Gray	EC	TE	Jul-Sep	BA-P	Enchilados (ES)

Especies	Grupo trófico	Tipo de sustrato	Fenología	Vegetación asociada	Nombre tradicional	
<i>Bovista fusca</i> Lév.	SA	TE	Sep-Nov	BA BA/BP BA BA	Pedos de burro (ES) Burundanga (ES)	
<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.	SA	TE	Ago-Sep			
<i>Lycoperdon</i> sp. 1	SA	TE	Ago-Sep			
<i>Lycoperdon</i> sp. 2	SA	TE	Ago-Sep			
<i>Lyophyllum decastes</i> (Fr.) Singer	EC	TE	Jul-Sep	BQ BQ/BQ-P	Hongo de Lobo (ES) Clavito (ES) Quinguimu (IN) Quishimones (IN) Amontonado (ES)	
<i>Lyophyllum</i> sp.	EC	TE	Jul-Sep			
<i>Amanita vaginata</i> (Bull.: Fr.) Vitt.	EC	TE	Ago-Sep	BA BP/BA-P BQ-P	Comal-Comalito (NA)	Comales
<i>Melanoleuca grammopodia</i> (Bull.) Murrill <i>Melanoleuca</i> sp.	EC EC	TE TE	Sep-Oct Ago-Sep			
<i>Morchella angusticeps</i> Peck	EC	TE	Oct-Dic			
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Per	EC	TE	Oct-Dic	BA	Panalito (ES) Mazorca (ES) Pancita (ES)	
<i>Neoboletus</i> sp.	EC	TE	Sep-Oct	BA-P	Galambo (IN)	
<i>Pleurotus</i> sp.	EC	LI	Sep	BQ-P	Seta de madera (ES) Hongo de maguey (ES)	
<i>Ramaria araiospora</i> var. <i>araiospora</i> Marr & D.E. Stuntz	EC	TE	Sep	BQ/BQ-P	Pata-Patita de pájaro (ES) Pie de pájaro roja (ES)	Patitas o pies de pájaro
<i>Ramaria cystidiophora</i> Marr & D.E. Stuntz	EC	TE	Ago-Oct	BQ	Pata-Patita de pájaro de anís (ES)	
<i>Ramaria fennica</i> (P. Karst.) Ricken	EC	TE	Ago-Sep	BQ-P	Pie de pájaro de anís (ES) Pata de pájaro morada Pie de pájaro morada (ES)	
<i>Ramaria flava</i> (Schaeff.) Quéf.	EC	TE	Ago-Oct	BQ	Pata-Patita de pájaro amarilla (ES) Pie de pájaro amarilla (ES)	
<i>Ramaria rubiginosa</i> Marr & D.E. Stuntz	EC	TE	Ago-Sep	BA-P		
<i>Ramaria</i> sp. 1	EC	TE	Ago-Sep	BA-P		
<i>Ramaria</i> sp. 2	EC	TE	Ago-Sep	BQ		

Especies	Grupo trófico	Tipo de sustrato	Fenología	Vegetación asociada	Nombre tradicional
<i>Ramaria flavigelatinosa</i> Marr & D.E. Stuntz	EC	TE	Ago-Sep	BQ	Tembloroso (ES)
<i>Ramaria rasilispora</i> var. <i>rasilispora</i> Marr & D.E. Stuntz	EC	TE	Ago-Oct	BQ	Pata-Patita de pájaro blanca (ES)
<i>Ramaria</i> sp. 3	EC	TE	Ago-Oct	BQ-P	
<i>Ramaria subbotrytis</i> (Coker)	EC	TE	Ago-Sep	BA	Pata-Patita de pájaro naranjada (ES)
<i>Ramaria</i> sp. 4	EC	TE	Ago-Sep	BQ	
<i>Ramaria</i> sp.5	SA	LI	Ago-Oct	BA-P	Pie de pájaro naranja (ES)
<i>Russula violacea</i>	EC	TE	Ago-Oct	BA-P	Hongo de madroño (ES)
<i>Russula</i> coff. <i>fragantissima</i>	EC	TE	Ago-Oct	BQ-P/BA-P	
<i>Russula</i> sp. 1	EC	TE	Ago-Oct	P	
<i>Strobilomyces</i> sp.	EC	TE	Ago-Oct	BA	
<i>Suillus pseudobrevipes</i> A.H. Sm. & Thiers	EC	TE	Ago-Sep	BQ	Carbonera (ES)
<i>Tremella mesenterica</i> Retz.	SA	LI	Ago-Sep	BA-P	Babosos (ES)
<i>Tricholoma</i> cf. <i>fulvum</i> (DC.) Bigeard & H. Guill	EC	TE	Ago-Sep	BA	Shoron (IN)
<i>Tricholoma</i> aff. <i>flavovirens</i>	EC	TE	Ago-Sep	BA	Hongo de oyamel (ES)
<i>Tricholoma</i> sp.	EC	TE	Ago	BA	Amargos (ES)
<i>Turbinellus floccosus</i> (Schwein.)	EC	TE	Ago-Sep	BA	Hongo de venado (ES)
<i>Turbinellus kauffmanii</i> (A.H. Sm.) Giachini	EC	TE	Sep	BQ-P	Hongo de venado blanco (ES)
	EC	TE		BA	Cotixe (IN)
	EC	TE		BA	

Donde: Nombres tradicionales: ES: español; NA: nahuatlismo; IN: indeterminado y MI: mixto. Clasificación de los hongos: EC: ectomicorrízico; PA: parásito; SA: saprobio; TE: terrícola; LI: lignícola y FU: fungícola. Tipo de vegetación: BQ: Bosque de *Quercus*; BP: Bosque de *Pinus*; BQ-P: Bosque de *Quercus-Pinus*; BA: *Bosque de Abies* y BA-P: *Bosque de Abies-Pinus*.

Con base en lo propuesto por Bernard (2006), los nombres tradicionales de los hongos en Santa Ana Jilotzingo se pueden clasificar dentro de los dos tipos de léxicos universales, denominados nombres primarios y nombres secundarios. De los 99 nombres tradicionales documentados, la mayoría pertenecen a los nombres primarios simples (49%); estos se designan por la forma parecida a algún objeto de la vida cotidiana: comales, panalito, mazorca o corneta. Los nombres secundarios (35%) relacionan a diversas especies que son parecidas y son agrupadas en etnotaxones, el primer lexema indica el grupo al que pertenece: semas, orejas, tejamanileros o tablitas y el segundo lexema diferencia a las especies que pertenecen al mismo grupo tomando en cuenta el color o vegetación asociada: sema blanca, sema de oyamel, sema de ocote o sema de encino. Los nombres primarios improductivos (10%) están dados por la relación que tienen con algún animal: hongo de venado, pedos de burro o chichi de vaca; o bien por su relación con un santoral: hongo de San Juan; o también dados por la forma: cabeza negra. Por último, los nombres primarios productivos (6%) están dados por características propias de la especie como el hábitat, el color o el sustrato donde crecen: hongo de madroño, seta de madera u hongo de maguey.

### **1.5.2. Concepto, origen y clasificación tradicional**

Los recolectores de la comunidad conciben a los hongos como organismos que tienen características propias que los diferencian de las plantas y de los animales. Se registraron tres ideas principales, la primera define a los hongos como organismos independientes con formas, colores, sabores y olores propios, que los hace distinguirse de las plantas y animales, “...*pues no son ni plantas ni animales, simplemente son hongos que necesitan otras cosas para salir...*”. La segunda idea indica que los hongos son frutos de la tierra, que brotan del suelo del bosque, esto sucede sólo en temporada de lluvias “... *son así como la fruta de los árboles, pero estos salen de la tierra...*”. Por último, se hace referencia a que los hongos son como una hierba que brota del suelo. Sin embargo, se aclara que, aunque sean como hierbas, no son plantas; este concepto es una analogía para explicar su forma de crecimiento “... *los hongos que salen en el monte son así como hierba, así como el cilantro...*”.

Sobre el origen de los hongos, se registraron también tres ideas principales, la primera es similar a la generación espontánea, “...*así no’ más, salen de la tierra, cuando empieza a llover, no’ más es el pretexto para que salgan, unos primero y luego otros y así se van dando...*”. La segunda se acerca al concepto científico de que los hongos se originan a partir de otras estructuras fúngicas, esto significa que pueden crecer a partir de un trozo de hongo, principalmente del estípite (la patita) “...*tenemos que dejar un pedazo de patita para que de ahí se den otros, si no dejan de salir...*” y la tercera está relacionada con la presencia de una semilla en el suelo o bien pegada a la parte basal del estípite; “... *la semilla la tiene en la pata, por eso se la cortas y la dejas ahí, para sigan saliendo después...*”; por lo que se debe de dejar esa parte del hongo en el lugar de donde se recolecta, para que se preserven y sigan saliendo. También se identificó a esta semilla como algo parecido a un algodón, haciendo referencia al micelio “...*un algodoncito blanco que está debajo de la tierra...*”.

También tienen un conocimiento claro sobre dos estructuras de las que se originan los esporomas, los que crecen a partir de los primordios “bolitas” que se aprecian en el suelo, “...*se van viendo chiquititos, como unas bolitas, luego van creciendo y van agarrando color, luego se va viendo la formita del hongo, se ve como sus ramitas...*”, este tipo de desarrollo se observa en especies como *Ramaria* y *Cantharellus*. La otra forma de surgimiento de un nuevo esporoma es por un primordio en forma de “huevo”, esta forma es característica en algunas especies del género *Amanita* “... *sí, porque primero se empiezan como un huevo, que esta como enterrado después de ese huevo va saliendo la patita y luego el sombrero...*”.

Los recolectores clasifican tradicionalmente a los hongos de acuerdo con su morfología y su comestibilidad. Se considera que los hongos se dividen por su forma “...*existen diferentes tipos de hongos unos son de patita de pájaro, otros así como de sombrero, las trompetas, otros que son de bolita o también orejas...*”. Además los hongos se clasifican en dos categorías: buenos y locos. Los hongos buenos son todos aquellos que se recolectan para su consumo o venta, mientras que los hongos locos son los que no tienen utilidad para la comunidad y sin tener la certeza completa, aseguran que si son consumidos puedes “enlocarte”, es decir, provocan desde un dolor de cabeza, vómito o

diarrea, hasta alucinaciones o incluso síntomas graves que podrían causar la muerte, “...casi todos los hongos que se comen tienen su hermano malo, se parecen muchísimo, por eso tenemos que fijarnos muy bien, por eso la gente que no sabe se “enloca” porque no los conoce bien y se confunden...”.

La identificación está basada en las características organolépticas del hongo “... para estar seguros hay que agarrar el hongo, cortarlo y olerlo, verle bien los colores porque se parecen mucho y si no pones atención te confundes...”, donde las variaciones de olor, color, sabor y textura, entre una morfoespecie y otra pueden ser mínimas, “...de arriba, parece el mismo, pero si lo volteas y ves la parte de abajo son de diferente color...”. Un ejemplo es el caso de *Infundibulicybe* spp., donde la especie comestible tiene un estípite delgado y flexible, que en comparación con su análogo “loco”, el estípite es más robusto y consistencia dura, también el hongo comestible tiene un olor agradable o a veces imperceptible, en comparación con el tejamanilero loco (*Infundibulicybe* sp.), que al momento de cortarlo desprende un olor como a plástico quemado “...si el hongo que juntaste huele feo es “loco”, todos los que se comen huelen rico...”. El cambio de color al maltratarse es un indicador de su toxicidad para los recolectores “...si se manchan de azul son quendú, esos son locos, esos mejor ni tocarlos...”, esta idea está relacionada con un hongo considerado altamente tóxico en la zona, el quendú (*Boletus* spp.) se mancha de azul al maltratarse. Sin embargo, algunas personas mayores de la comunidad consumen el galambo (*Neoboletus* sp.), que también al maltratarse se torna azul.

Por último, con respecto al sabor, se considera que si este es desagradable el hongo es tóxico. En general no es común que los recolectores prueben los hongos, sin embargo, se registró que algunas especies de *Ramaria* que tienen un sabor amargo no son consumidas por ser consideradas “hongo loco” “...se puede probar algunos, pero si no los conoces mejor ni tocarlos porque te puedes “enlocar” con un pedacito...”. Al respecto algunas personas mayores de la comunidad mencionaron que las especies que tienen sabor amargo sólo se tienen que hervir antes de consumirlos con el objetivo de quitar las sustancias tóxicas “...existen patitas de pájaro amargas, esas tienen que

*hervir bien y tirar el agua, como dos veces, para que se les quite lo amargo y así ya te las comes y no te enlocas...”.*

Se mencionaron tres métodos tradicionales para determinar si un hongo es comestible o no, el primero consiste en hervir los hongos con un objeto de plata y si este se torna negro, entonces ese hongo es tóxico, al contrario, si no cambia de color entonces es un hongo comestible, en el segundo método se sustituye al objeto de plata por ajo y si el ajo se torna negro, el hongo no es comestible. El último método, es por observación en campo, si algún hongo esta roído por algún animal o bien si está lleno de larvas o insectos, lo pueden consumir sin temor a intoxicarse. Durante la investigación nunca se observó que alguien aplicara alguno de estos métodos.

### **1.5.3. Relaciones ambientales y tipo de vegetación**

Las personas de la comunidad conocen perfectamente la vegetación asociada al crecimiento de los diferentes tipos de hongos, se reconoce que no todos los HCS se encuentran en los mismos lugares, haciendo referencia a que las diferentes especies de hongos están relacionadas con la altitud donde se desarrollan las diferentes especies arbóreas. Se hace una división clara entre aquellos que crecen a mayor altitud y que están asociados a los bosques de oyamel (*Abies religiosa*-*Pinus* spp.), “...*estos son los hongos que crecen arriba por la presa...*”, los de arriba como por ejemplo *Amanita basii* o yemita. Los que crecen a menor altitud y están asociados a los bosques de pino y encino (*Pinus* spp. y *Quercus* spp.), “... *estos son los hongos que crecen abajo en el pueblo...*”, como por ejemplo *Retiboletus griseus* o sema-queta de encino; de las 66 especies de HCS encontradas, el 64% son recolectadas arriba y el 35% abajo.

Por el lugar de crecimiento de los hongos se reconocen 3 principales áreas de recolecta: el monte, los zacatonales y el pasto o llano, cada una de estas áreas tiene especies que los caracteriza, como por ejemplo una especie asociada a zacatonales (Figura 1.3 a) es *Ramaria subbotrytis* (Figura 1.3 b) “...*estas patitas de pájaro crecen en el monte de aquí arriba, les gusta el zacatonal...*”. Otro hongo que crece exclusivamente en el bosque de oyamel (*Abies religiosa*) (Figura 1.3 c), es *Boletus aestivalis*/sema-queta de oyamel (Figura 1.3 d); algunos más prefieren el pino (*Pinus* spp.), como

*Infundibulicybe gibba*/tejamanil-tablita de ocote y otros son exclusivas del bosque de encino (*Quercus* spp.) (Figura 1.3 e), por ejemplo *Lyophyllum decastes*/hongo de lobo (Figura 1.3 f) “...hay hongos que sólo crecen con oyamel, otros que les gusta el encino o el pino, no todos salen con los mismos arbolitos...”, y por último especies que se desarrollan preferentemente cerca de la escoba (diferentes especies de arbustos) como *Leccinellum rugosiceps*/sema o queta de escoba (Cuadro 1.2).



**Figura 1.3** Tipo de vegetación y hongos asociados **a)** zacatonal **b)** *Ramaria subbotrytis* **c)** bosque de *Abies* **d)** *Boletus aestivalis* **e)** bosque de *Quercus* **f)** *Lyophyllum decastes*.

Los hongos de monte, aquellos que crecen en los bosques, representan el 99% del total de HCS aprovechados en la comunidad y los hongos de llano, aquellos que crecen en terrenos abiertos que fueron talados y actualmente son terrenos de cultivo, jardines o parques, representan el 1% y es donde se encuentran a los sanjuaneros (*Agaricus* sp.) (Cuadro 1.2). Además, en los bosques se identifican 2 sustratos diferentes sobre los que crecen los hongos, la tierra o suelo (terrícolas) y sobre la madera (lignícolas), de las 66 especies aprovechadas el 89.5% son terrícolas y las especies lignícolas representan el 6%; mención aparte se merecen el 3% de las especies representadas por *Gyromitra infula* y *Clavulina cristata*, las cuales se encuentran tanto en sustrato terrícola como en lignícola, por último el 1.5% de estos HCS es un hongo fungícola *Hypomyces lactifluorum* (Cuadro 1.2). Aunados a estos sustratos se reportó que algunos hongos necesitan características ambientales específicas para su crecimiento, como lo es debajo de los árboles, debajo o sobre el ocoxal (acículas de los pinos) y debajo o sobre el paxle (musgo) “...hay que estar muy atentos porque las orejas blancas crecen debajo de la tierra, abajo del paxle...”; por ejemplo, *Russula brevipes*.

Las principales condiciones ambientales reconocidas para el desarrollo de los hongos son la humedad, la temperatura, la luz, el suelo y la materia orgánica (hojas, acículas, madera, etc.) “...los hongos na´mas salen cuando empieza a llover, eso es lo que más necesitan, la humedad, el solecito y la tierra donde salen...”. En algunos casos como el de las pancitas (*Morchella* spp.) necesitan frío y la sombra de los árboles para mantener la humedad. Personas jóvenes de la comunidad mencionaron que la tala de árboles en ciertas zonas ha formado claros, provocando que los rayos del sol pasen directamente, haciendo que la tierra se seque más rápido y los hongos dejen de salir.

Se cuenta con información precisa sobre los meses en donde cada una de las especies se pueden recolectar y se conoce que a finales del mes de junio, al inicio de la temporada de lluvias, se encuentran los hongos pioneros como los sanjuaneros (*Agaricus* sp.), la salida de estos marca el comienzo de la temporada de hongos (Cuadro 1.2). En los meses de julio, agosto y septiembre, las lluvias se intensifican y es la época del año donde se encuentran la mayoría de los HCS de la región, y en los meses de octubre, noviembre y diciembre, las lluvias han disminuido notablemente y el frío ha

aumentado; sin embargo, en este tiempo es posible encontrar especies apreciadas como las *Morchellas* spp. (Cuadro 1.2). Por otra parte, se conocen las interacciones entre HCS con los animales del bosque, identificando la micofagia (consumo de hongos silvestres por alguna especie animal), donde los esporomas son consumidos principalmente por conejos, liebres, ardillas, tlacuaches, diferentes aves y gusanos, “...*mi abuelo me decía que antes aquí había venados, pero ahora ya no hay, ellos también comían hongos, así como las ardillas y los conejos...*”.

#### **1.5.4. Colecta, comercialización y micograstronomía**

El conocimiento micológico tradicional en Santa Ana Jilotzingo se transmite de generación en generación donde los mayores comparten los saberes con los más jóvenes dentro de la familia y fuera de ella, en algunos casos se trasmite entre individuos de la misma edad. El conocimiento se da principalmente de forma oral y por medio del reconocimiento de los hongos en las salidas a los bosques y mientras caminan se explican y enseñan las características de los hongos. Se mencionó que anteriormente la recolecta de hongos se consideraba una actividad de importancia porque les proporcionaba recursos económicos en esta temporada, sin embargo, en la actualidad, la mayoría de las personas se dedican a otras actividades donde obtienen ingresos económicos mayores. También se mencionó que antes había más hongos en el bosque y que con el paso de los años se ha notado que es más difícil juntar grandes cantidades de hongos.

Las recolectas son principalmente de tipo recreativas y se realizan para autoconsumo, solo por el antojo de comer hongos, y en menor medida para la venta por encargo. En el primer caso se organizan los miembros de la familia de manera anticipada, y en algunas ocasiones se invitan a amigos, para salir de paseo al bosque y al mismo tiempo juntar hongos para después cocinarlos en el campo; si se recolectan muchos, se los llevan a sus casas para cocinarlos posteriormente. Para trasladarse al lugar de recolecta por lo regular van en carro de su propiedad o toman un taxi, el tiempo de traslado es de 15 a 30 minutos dependiendo de la lejanía del sitio de colecta.

En estas salidas también se da una especie de juego que se practica principalmente por los más pequeños de la familia, se van caminando con sus cubetas y juntan todos los hongos que se encuentran en el camino, cuando regresan y se reúnen con las personas mayores, ellos les revisan el contenido de las cubetas, para indicar que hongos si son comestibles y cuáles no, al ir escogiendo los hongos van explicando las características y la forma de identificarlos *“...cuando estábamos chamacos, desde que me acuerdo nosotros (mis primos y yo) juntábamos en nuestras cubetas todos los hongos que encontrábamos, luego íbamos con nuestra abuela o con mi mamá se los enseñábamos, nos tiraba casi todos porque eran locos, nada más nos quedaban poquitos para comer...”*.

La recolecta oportunista se realizan con fines de autoconsumo y se lleva a cabo cuando realizan actividades relacionadas con el campo o el bosque (llevar a pastar el ganado, ir a los campos de cultivos, cortar madera, etc.) y mientras se trasladan de un lugar a otro o bien cuando tienen un tiempo libre, juntan los hongos que ven por los lugares donde pasan. Este tipo de colecta también la llevan a cabo personas que tienen trabajos no relacionados con las actividades del campo como taxistas, tenderos, albañiles *“... antes se salía a juntar, pero luego me metí a trabajar y luego tuve el taxi, ya no me da tiempo de recoger y así vender; cuando llegamos a encontrar es para comer nosotros...”*.

Aún se realizan recolectas intensivas para la venta y autoconsumo y la realizan principalmente los hongueros con su familia o solos, organizándose para salir a juntar los hongos desde temprano. El tiempo de recolecta depende del sitio, si es en zonas cercanas o en los bosques que están más alejados el recorrido puede ser en automóvil o a pie y también depende de la cantidad de hongos que se deben de recolectar y de la especie del hongo que se busca, si se trata de un encargo, estos recorridos pueden hacerse de 3 a 5 veces por semana. La mayor parte de las ventas de HCS se da por encargo u ofreciendo a sus conocidos las cantidades que tienen a su disposición, *“...los vecinos ya saben que salimos a juntar hongos y ya hasta me encargan hongos, nos encargan ...”*.

Durante las recolectas cuando se encuentra algún hongo, este se revisa que esté en buen estado, se corta con una navaja o con la mano, dejando la parte basal del estípite para preservar el micelio “...sí, sabemos que la semilla está en la pata, bueno eso es lo que nos han dicho...”. Posteriormente, se limpian con una navaja y se retiran los pedazos en descomposición. Los hongos son depositados para su traslado en cubetas o botes de plástico y al llegar a sus casas los recolectores los ponen sobre una mesa para separarlos por grupos, limpiarlos de la tierra o de insectos y larvas de mosca. Con esta separación se conoce qué cantidad tienen de cada grupo de hongos y se decide cuales se venderán, almacenarán o cocinarán.

La edad a la que comienzan las enseñanzas sobre los hongos es principalmente en niños de entre los cinco o seis años, aproximadamente. La información que se genera por experiencia propia, así como las compartidas con los contemporáneos juega un papel importante en el reforzamiento del conocimiento y la transmisión del CMT. Sin embargo, las enseñanzas sobre la recolecta de hongos también se da hacia personas originarias de otros lugares que llegaron a vivir a la comunidad hace algunos años y empiezan a adquirir conocimientos de los suegros/suegras, esposos/esposas o novios/novias. Esta transmisión del conocimiento no se da necesariamente en el campo, sino cuando compran o preparan los alimentos es donde se transmiten los saberes, “...mi suegra los compra y los cocina, yo no los conocía, gracias a ella ya los conozco, bueno unos poquitos...”.

Cuando se venden los hongos los precios pueden variar desde los \$20.00 a los \$200.00 por kilo o por docena. Los precios más elevados son los de *Amanita basii*, *Boletus edulis* y *Morchella* spp., estos últimos se venden por docena; son considerados los más sabrosos y los más difíciles de conseguir. Otros que son apreciados por su sabor son *Helvella lacunosa*, *Lyophyllum* spp., *Lactarius deliciosus*, *Lactarius salmonicolor*, *Cantharellus* spp., *Ramaria* spp., *Lactarius indigo*, *Amanita rubescens*, *Amanita* aff. *novinupta*, etc. y el precio va de los \$30 a \$100 pesos por kilogramo, los precios más bajos siempre son dados a los familiares o conocidos, mientras los precios más elevados están dados a las personas que llegan de fuera o bien si son encargos especiales.

La venta de hongos en Santa Ana Jilotzingo es una actividad que no se observa a primera vista por el poblado, se realiza de una manera limitada y no es suficientemente evidente. Se realizaron visitas en cuatro recauderías ubicadas en la zona centro y en el mercado sobre ruedas, de los jueves, y no se observó la venta HCS en estos lugares. Cuando se les preguntaba a las personas sobre la venta de hongos, siempre hacían referencia a la venta de champiñones (*Agaricus campestris*) y setas (*Pleurotus sp.*), ambos hongos cultivados. En la comunidad solo se identificó a una persona que se dedica a la venta intensiva de HCS, conocido como honguero, “...antes había más hongueros, pero aquí ya casi no hay muchas personas que vendan hongos, mejor se dedican a otra cosa, hace poco se acaba de morir un honguero ahora nada más nos queda uno ...”. Sin embargo, hay otras personas que no son reconocidos por la comunidad como hongueros, pero ellos se autodenominan como tal. Otra forma de venta de HCS se registró en la Presa Capoxi, donde un gran número de personas de Santa Ana Jilotzingo prestan servicios (campamento, senderismo, renta de cabañas, pesca, etc.) los sábados y domingos y es en un pequeño restaurante donde se preparan una serie de platillos elaborados con HCS que ellos mismos salen a recolectar para ofrecerlos a los comensales que los visitan.

Con relación a las prácticas culinarias se mencionó que antes de cocinar se les da un tratamiento previo a ciertas especies de hongos. Los hongos se separan en los que pueden ser lavados de los que no, por ejemplo, las pancitas (*Morchella spp.*) o gachupines (*Helvella crispa*), de consistencias correosas, son los que se pueden lavar sin que se estropeen. Hay hongos que requieren de retirarles la cutícula del píleo, para evitar un sabor amargo, como son los babosos (*Suillus sp.*) y el hongo de oyamel (*Tricholoma cof. fulvum*). Se encontraron 9 formas comunes de cocinar los HCS y éstas son asados en el comal o en las brasas con sal, en caldo o sopa con epazote, fritos con epazote, cebolla y ajo, en quesadillas, en mole, con huevo, capeados, en tortitas y en chile verde con o sin carne. De estas formas comunes se pueden encontrar muchas variaciones o bien alguna forma especial para un hongo en particular. En los guisos que se ofrecen en la presa Capoxi, se prepara un platillo tipo pancita con pancitas (*Morchella spp.*), semas (*Boletus spp.*) y patitas de pájaro (*Ramaria spp.*), y además se ofrecen platillos especiales como las semas empapeladas, entre otros. Se hizo referencia a que

los hongos son un buen sustituto de la carne “...*los honguitos son bien ricos, haces unas tortitas de patitas se cosen y se desmenuzan, parece como si estuvieras comiendo carne de res...*”.

Las personas mayores entrevistadas mencionaron que se pueden preservar los hongos, si estos no son consumidos inmediatamente. Este método consiste en ensartar los hongos en un hilo, para posteriormente colgarlos en algún lugar donde se sequen por exposición al sol; a esto le llaman –ensartadas– y se hacen con hongos que no contengan una gran cantidad de agua como *Helvella lacunosa*, *Clitocybe gibba*, *Clitocybe squamulosa*, *Helvella elástica*, *Helvella crispa* y *Morchella* spp. “... *las hacemos de los hongos más correosos, esos son los que se secan bien, como las tablitas, los negritos, el gachupín, hay otros que no aguantan porque tienen mucha agua...*”. Estas ensartadas se pueden guardar por semanas o meses y cuando van a ser consumidos los rehidratan en agua caliente por algunos minutos.

## **1.6. DISCUSIÓN**

### **1.6.1. Concepción de los hongos comestibles silvestres (HCS) en Santa Ana Jilotzingo y su relación con otros estudios**

Santa Ana Jilotzingo durante el desarrollo de las civilizaciones mesoamericanas, estuvo habitada por el pueblo otomí (Esparza-Santibáñez, 1999), se encuentra rodeado de bosques, manantiales, cañadas y montes haciéndolo el ideal lugar para el desarrollo de los HCS, es una comunidad rural que está ubicada en un área de bosque templado, en una zona periurbana que está fuertemente influenciada por el crecimiento de los confines de la Ciudad de México, lo que ha provocado una incorporación de las dinámicas urbanas en la población. En el presente estudio se observaron situaciones y actividades específicas derivadas del empalme o superposición de lo urbano, con manifestaciones propias de los ámbitos rurales, como es el conocimiento micológico tradicional. Al respecto, Ávila-Sánchez (2005) indica que las comunidades que tienen una ubicación cercana a las áreas periurbanas han resistido de cierta forma el embate de la ciudad y han podido preservar sus formas de vida en un entorno en transformación.

Las entrevistas no estructuradas y semiestructuradas proporcionaron información relevante acerca de los diversos aspectos de la preservación y conocimiento micológico tradicional en Santa Ana Jilotzingo. Queda de manifiesto que en el área de estudio aún se aprovecha el recurso fúngico y que los HCS son recolectados en la temporada de lluvia por personas de diferentes edades y ocupaciones, representando todavía un elemento importante en la vida cotidiana de la comunidad. Los HCS son un recurso no maderable de los bosques templados de la comunidad y sus alrededores; por tanto aún influyen en los hábitos alimenticios y persisten por su valor económico (Merino-Pérez y Martínez-Romero, 2014). Sin embargo, en contraste con la recolección y venta de HCS en los mercados tradicionales de otras comunidades como la de Ozumba, Estado de México, en Santa Ana Jilotzingo, esta actividad no se observa en su mercado local.

Al hacer una comparación entre los resultados de diferentes estudios etnomicológicos en bosques templados y los resultados obtenidos en este estudio, con respecto al número, especies y los nombres tradicionales documentados, se observó que existen similitudes, especialmente en los patrones de aprovechamiento y en la forma de nombrarlos, así como lo indican Moreno-Fuentes *et al.* (2001) y Ruan-Soto, (2007); esto a pesar de que las investigaciones tienen diferencias metodológicas implementadas, distintas características de las zonas de estudio, el tamaño, dinámica poblacional y el grupo originario al que pertenecen.

En los estudios realizados en bosques templados en el Estado de México se han registrado un número total HCS aprovechados muy diferentes. En los lugares donde se han documentado un mayor número de especies como en este estudio (66 especies), fue en el caso de Lara-Vázquez *et al.* (2013) quienes identificaron 76 especies en San Pedro Arriba, municipio de Temoaya y Burrola-Aguilar *et al.* (2012) quienes registraron 56 especies en Amanalco. Esto en contraparte a lo que ocurre con otras localidades estudiadas donde el número de HCS es menor, como lo registrado por Palomino-Naranjo (1990) en San Juan Atzingo donde se registraron 46 especies y Rodríguez-Muñoz *et al.* (2012) quienes documentaron 17 especies en Santa Catarina del Monte, ambos en el Estado de México, esto indica que Santa Ana Jilotzingo cuenta con una amplia diversidad de especies de HCS.

Existen similitudes entre las especies de HCS aprovechadas en comunidades asentadas en la región central del país, con las especies encontradas en Santa Ana Jilotzingo, estas pertenecen regularmente a los mismos géneros; es el caso de la familia Boletaceae, donde una gran variedad de hongos de los géneros *Boletus*, *Suillus* y *Neoboletus* (anteriormente incluidos en el género *Boletus*); otras especies comunes son del género *Ramaria*, este es uno de los taxa más diversos en México y de los más recolectados para consumo y venta en mercados locales (Aguilar-Cruz y Villegas, 2010); otro género recurrente es *Amanita* y entre las especies más comunes se encuentran *Amanita bassi*, *Amanita rubescens* y *Amanita jacksoni* (no reportada en este estudio), consideradas dentro de las especies comestibles más importantes en el Valle de México (Pardavé-Díaz, 2001). Mención aparte merecen las especies de *Morchella* las cuales tienen una gran importancia tanto a nivel local, regional y mundial, debido a su comercialización a grandes escalas (Pilz *et al.*, 2007). Otros géneros frecuentes que coinciden con el listado taxonómico de HCS de Santa Ana Jilotzingo son *Clitocybe*, *Cantharellus*, *Tricholoma*, *Lyophyllum* y *Lycoperdon*.

Estas similitudes se deben a que la región etnomicogeográfica centro está asociada a bosques templados (Moreno-Fuentes, 2002) y las especies fúngicas tienen una determinada distribución ecológica asociada al tipo de vegetación, clima y altitud, por lo que es posible encontrar las mismas especies comestibles a lo largo de este territorio. En contraparte a las especies más abundantes y aprovechadas que se encontraron en este estudio, entre las especies que aparecen escasamente o que no habían sido registradas anteriormente en el Estado de México como comestibles, son el caso de *Strobilomyces floccopus*, sólo documentada en esta investigación y por Palomino-Naranjo (1990), y de *Tremella mesenterica* (Cuadro 1.2) que no había sido reportada entre las especies aprovechadas en la zona central del país.

El número de especies y nombres tradicionales, 66 y 99, respectivamente, representan una importante riqueza biocultural, considerando que son una alta cifra en comparación con otras investigaciones de la región central como las de Palomino-Naranjo (1990), Montoya-Esquivel *et al.* (2003), Burrola-Aguilar *et al.* (2012), Rodríguez-Muñoz *et al.* (2012), Domínguez-Romero *et al.* (2015) y Montoya *et al.* (2019), a

excepción de lo reportado por Lara-Vázquez *et al.* (2013) en San Pedro Arriba Temoaya, dónde el número de especies fue de 86, el cual es mucho mayor, esto podría deberse a que los autores incorporaron información recabada del mercado de la cabecera municipal, donde llegan personas de muchas localidades circundantes, lo que implica que el número de especies de HCS sea una mezcla de lo que se recolecta en diversas comunidades; lo que a su vez también repercutió en el número de nombres tradicionales registrados, 221 en español y 35 en otomí, más del triple que en este estudio.

De lo anterior podemos deducir que en Santa Ana Jilotzingo los hongos aún son un elemento cultural de gran relevancia entre la comunidad y de acuerdo con lo señalado por Berlin (1992) y Turner (1988) la diversidad de nombres dados a un recurso determinado es uno de los indicadores más relevantes sobre el papel que desempeña este en una comunidad y entre mayor sea el número de nombres que se documenten, mayor es el conocimiento que se tiene sobre los HCS; además se define que no se ha perdido la nomenclatura entre los habitantes de la comunidad y se considera que al seguir utilizando el lenguaje tradicional para referirse a los hongos este conocimiento puede preservarse, entre los más jóvenes.

En la región etnomicogeográfica centro, se pueden encontrar nombres similares pertenecientes a los mismos etnotaxones, es el caso de “clavo” o “clavitos”, haciendo referencia principalmente a *Lyophyllum* sp. (Cuadro 1.2); sin embargo, existen diferentes especies conocidas con este nombre como *Rodophyllum clypeatus* (Rodríguez-Muñoz *et al.*, 2012), *Laccaria bicolor* (Estrada-Torres y Aroche, 1987; Montoya-Esquivel *et al.*, 2003), *Clitocybe* spp. (Mariaca-Mendez, 2001) y *Chroogomphus jamaicensis* (Montoya *et al.*, 2019), el compartir ciertos vocablos entre las comunidades establecidas en la región central del país, puede deberse a las interacciones que se han dado desde hace cientos de años lo que permite que exista un intercambio cultural, generando que se compartan elementos de su cosmovisión, aunado a esto, la designación de nombres al recurso fúngico siempre está asociada a los mismos criterios: morfología del hongo, color o cambio de color, olor, sabor, lugar de crecimiento, tipo de vegetación y árboles asociados, así como fechas de crecimiento, datos ampliamente registrado en diversos estudios etnomicológicos (Palomino-Naranjo, 1990; Montoya-Esquivel *et al.*, 2003;

Pérez-Moreno *et al.*, 2008; Burrola-Aguilar *et al.*, 2012; Lara-Vázquez *et al.*, 2013; Domínguez-Romero *et al.*, 2015).

En Santa Ana Jilotzingo, también se evidencia una forma de designación de nombres donde se reflejan aspectos comunes de la vida diaria, como es la similitud de algún hongo con alguna cosa conocida, es el caso de las patitas de pájaro (*Ramaria* spp.) nombre que se le da por su similitud a la de los pájaros. Con lo anterior se define que la nomenclatura tradicional está basada en el conocimiento acumulado por generaciones sobre la biología, ecología, fenología y morfología de las especies aprovechadas.

En lo que respecta a la concepción de los hongos en Santa Ana Jilotzingo, se encontró que se tienen ideas similares a los resultados obtenidos en investigaciones como las de Mapes *et al.* (1981), Estrada-Torres y Aroche, (1987), Mariaca-Méndez *et al.* (2001), Palomino-Naranjo (1990), Montoya-Esquivel *et al.* (2003), Pérez-Moreno *et al.* (2008), Lara-Vázquez *et al.* (2013) y Domínguez-Romero *et al.* (2015), con conceptos similares que estos autores registraron hace más de 40 años, donde indican que los hongos son como frutos o hierba que brotan del suelo; en estudios recientes como el de Ramírez-Terrazo *et al.* (2020) en Antelá y Tziscaco, Chiapas aún se documenta que los hongos son como “hierbitas”. Mapes *et al.* (1981) mencionan que los purépechas de Michoacán hacían referencia sobre que los hongos son flores de la tierra y en dos comunidades mestizas de Parres y el Capulín, Ciudad de México, estas ideas pueden explicarse en relación con su comestibilidad, debido a que las plantas no se comen pero las “hierbitas”, sí son comestibles.

El origen de los hongos por generación espontánea, es decir, a partir de otras estructuras fúngicas y la presencia de una semilla en el subsuelo o pegada a la parte basal del estípite han sido reportadas por Mapes *et al.* (1981), Gispert *et al.* (1984) y Ramírez-Terrazo *et al.* (2020). Al respecto Estrada-Torres (1989) indica que las percepciones populares mesoamericanas sobre el origen de los hongos aún son reportadas en la actualidad en diversas comunidades del territorio nacional y se agrupan en cuatro criterios generales: a) origen por generación espontánea, b) origen mitológico, c) origen a partir de semilla y d) origen a partir de otras estructuras fúngicas. Las dos

últimas concepciones están relacionadas con la formación de tejidos a partir de las células filamentosas para la formación de los esporomas que son las estructuras de soporte para la diseminación de esporas (Kües *et al.*, 2018).

La clasificación de los hongos comestibles y su contraparte los hongos locos o tóxicos son conceptos comunes en las comunidades de zonas templadas del país (Palomino-Naranjo, 1990; Mariaca-Méndez *et al.*, 2001; Lara-Vázquez *et al.*, 2013; Domínguez-Romero *et al.*, 2015). Esta percepción dual que se tiene, donde en otras regiones también son nombrados hermanos o gemelos uno “bueno” y uno “malo”, es una idea común implementada para evitar confundirse con aquellos hongos similares (Estrada-Torres y Aroche, 1987; Palomino-Naranjo, 1990; Montoya-Esquivel, 1997). Al respecto, Estrada-Torres (1989) considera que esta clasificación es de tipo utilitario, basada en el uso que se les da a los hongos dentro de la comunidad, donde la utilidad implica la identificación correcta de las especies, con base a características como el color y forma del píleo, estípites y láminas, además el cambio de color, la textura, olores y sabores (Gispert *et al.*, 1984; Estrada-Torres y Aroche, 1987; Palomino-Naranjo, 1990; Montoya-Esquivel, 1997; Montoya-Esquivel *et al.*, 2003; Burrola-Aguilar *et al.*, 2012; Domínguez-Romero *et al.*, 2015). Esta dicotomía entre lo “bueno” y lo “malo” y el conocimiento de estas características asegura realizar recolectas seguras, evitando el peligro de intoxicación por consumo de especies de hongos silvestres erróneas (Ruan-Soto, 2018).

#### **1.6.2. Relación del desarrollo de los hongos comestibles silvestres (HCS) con su ambiente**

La recolecta de los HCS en Santa Ana Jilotzingo se lleva a cabo principalmente en los meses de junio hasta septiembre, en la temporada de lluvias, y se puede extender hasta enero del siguiente año. Se maneja un amplio conocimiento sobre diversos aspectos ambientales y la ecología, se reconocen como los principales factores que favorecen el desarrollo de los hongos a la humedad, temperatura, el suelo “la tierra”, los árboles y la presencia de hojarasca (materia orgánica) (Gispert *et al.*, 1984; Estrada-Torres y Aroche, 1987; Palomino-Naranjo, 1990). El frío es un factor importante para el desarrollo de ciertas especies como las del género *Morchella* que requieren de poca

humedad y bajas temperaturas para su desarrollo, esta información coincide con lo documentado por Palomino-Naranjo (1990) y Burrola-Aguilar *et al.* (2012). En adición, la presencia del musgo, las acículas de los pinos y la hojarasca guardan la humedad y promueven el desarrollo de los hongos; al respecto, Jasso-Arriaga *et al.* (2016) mencionan que los musgos influyen en los cambios en la humedad y temperatura y su presencia o ausencia afecta la vulnerabilidad o adaptación del hongo. Pérez-Moreno *et al.* (2009) mencionan que la tala de árboles es un factor que impacta de manera negativa el crecimiento de los hongos, por la disminución de la cantidad de hojarasca y la falta de microambientes con temperaturas favorables para los hongos. En este estudio se pudo constatar que a pesar de las presiones generadas por la urbanización el bosque de la zona de estudio aún proporciona un ambiente idóneo para el desarrollo de los esporomas, lo que permite que las recolectas de este recurso se sigan realizando.

La estacionalidad de las especies de HCS está perfectamente definida y se divide en tres o cuatro etapas, caracterizadas por la presencia de ciertos hongos y por el aumento o disminución de la frecuencia de lluvias (Estrada-Torres, 1989), además, las investigaciones etnomicológicas realizadas en la zona ecológica de bosques templados coinciden con que la recolecta de HCS, se inicia con las primeras lluvias en el mes de mayo (Estrada-Torres y Aroche, 1987; Mariaca-Méndez *et al.*, 2001; Montoya *et al.*, 2019), lo anterior varía un poco con lo que se presenta en Santa Ana Jilotzingo donde las recolectas comienzan a finales del mes de junio; esta información concuerda con lo registrado por Rodríguez-Muñoz *et al.* (2012).

Las especies que podemos encontrar a lo largo de la temporada de lluvia en los distintos meses también coincide con lo documentado por Mapes *et al.* (1981), Gispert *et al.* (1984), Estrada-Torres y Aroche (1987), Palomino-Naranjo (1990), Mariaca-Méndez *et al.* (2001), Rodríguez-Muñoz *et al.* (2012) y Montoya *et al.* (2019), donde especies del género *Agaricus* spp. son las que se encuentran regularmente en los primeros meses de la temporada de lluvia y en los meses de agosto y septiembre se encuentra la mayor variedad de los HCS como *Amanita sec. caesaria*, *Lactarius* spp., *Ramarias* spp., entre otros hongos altamente apreciados. Por último, Palomino-Naranjo (1990), Mariaca-Méndez *et al.* (2001) y Burrola-Aguilar *et al.* (2012), coinciden con lo

documentado en Santa Ana Jilotzingo sobre los hongos que se pueden recolectar en los últimos meses del año donde se pueden encontrar diversas especies de *Morchella* y *Helvella*.

En esta investigación se encontró que los patrones de temporalidad de las especies son perfectamente conocidas, sin embargo, se tiene una percepción de que existen efectos negativos sobre el bosque que posiblemente son ocasionados por las actividades propias de la urbanización de la Ciudad de México, lo que provoca, entre otras cosas, que la temporada de lluvia se adelante, atrase o que dure menos, afectando el desarrollo de los esporomas y limitando la recolecta de HCS. Al respecto, Mendizábal-Hernández (2008) menciona que las fluctuaciones térmicas que actualmente se presentan, generan cambios en los regímenes climáticos, que le dan temporalidad a las épocas de crecimiento, de desarrollo y de diferenciación en especies aprovechadas en los bosques templados. Por otro lado, en este estudio se identificó que el éxito de juntar cantidades importantes de HCS por parte de los recolectores de hongos de la comunidad, depende en gran medida del conocimiento que tienen sobre la época exacta en que se encuentra cada especie, la vegetación asociada y los lugares en donde crecen, aspectos que han sido mencionados en otras investigaciones de zonas templadas del país (Mariaca-Méndez *et al.*, 2001; Montoya-Esquivel *et al.*, 2002; 2003; Garibay-Orijel *et al.*, 2006; Burrola-Aguilar *et al.*, 2012).

### **1.6.3. Recolecta de hongos comestibles silvestres (HCS) y transmisión del conocimiento micológico tradicional (CMT)**

La recolecta de HCS en Santa Ana Jilotzingo es una actividad que se realiza para complementar la alimentación y para generar algunos ingresos económicos extras para las familias, lo que motiva salidas al bosque en la temporada de lluvias. Los pobladores consideran la temporada de hongos una época que es esperada con entusiasmo y planean las salidas con esmero. A pesar de contar con poco tiempo debido a otras actividades que les demanda su vida cotidiana, ellos recolectan los HCS que se encuentran, ya que se tiene la idea generalizada de que es preferible consumir unos pocos hongos, a no comerlos. Las recolectas intensivas, lúdicas y oportunistas aún son practicadas, sin embargo las recolectas intensivas ya no son tan comunes como lo eran

antiguamente en la zona y como se realizan en la actualidad en otras comunidades del Valle de Toluca (Mariaca-Méndez, *et al.*, 2001), donde los hongos comestibles son buscados arduamente por largas distancias y se invierten varias horas de camino en las áreas boscosas, con el objetivo de coleccionar grandes cantidades de hongos.

Por otro lado, las recolectas oportunistas en Santa Ana Jilotzingo están en relación directa con el poco tiempo disponible para esta actividad, aprovechando las pocas ocasiones que se tienen para recolectar pequeñas cantidades de algunos HCS en lugares cercanos a sus casas, zonas de cultivo o pastoreo, la búsqueda de leña, etc. en general lugares que los pongan en contacto con el bosque. En contraste, con lo mencionado por Ruan-Soto *et al.* (2006, 2009) y Grajales-Vásquez *et al.* (2008), donde las recolectas oportunistas son comunes en zonas tropicales y se llevan a cabo en los campos agrícolas cercanos a las casas, porque en estos lugares se encuentra una cantidad considerable de esporomas pertenecientes a un número reducido de especies, y no se tiene la necesidad de recorrer mayores distancias. Por último, en el caso de las recolectas lúdicas que se presentan en el área de estudio, ya se había documentado por Mariaca-Méndez *et al.* (2001) y Lara-Vásquez *et al.* (2013) donde se menciona que los niños salen a recolectar y llenan cubetas con hongos que posteriormente una persona de mayor edad o conocimiento, les muestran cuales son los hongos comestibles y cuales no lo son; siendo una manera de transmitir el conocimiento sobre los hongos comestibles y tóxicos. Sin embargo, estos autores no mencionan que estas recolectas son como un juego para los niños, como en este estudio en Santa Ana Jilotzingo.

Se registró que existe un abandono gradual de las recolectas como una actividad económica importante en la zona de estudio la cual podría atribuirse a las transformaciones socioeconómicas inherentes por el crecimiento urbano de la CDMX, provocando una integración funcional y física del espacio rural y urbano, hasta el punto donde las actividades económicas y las formas de vida urbanas se esparcen casi por la totalidad de los territorios periurbanos, ejerciendo una enorme presión sobre la población, el territorio y sus recursos naturales (López-Vásquez y Plata-Rocha, 2009; Entrena-Durán, 2005).

De acuerdo con lo propuesto por Cavalli-Sforza y Feldman (1981), se encontró que en la comunidad de estudio la transmisión del CMT se presenta de forma vertical (de padres a hijos), horizontal (entre individuos de la misma generación) y oblicua (de una generación a otra, sin que necesariamente haya una relación familiar). En general, los adultos mayores reconocen un mayor número de HCS, nombres tradicionales y manejan información más precisa sobre el CMT, en comparación con las personas más jóvenes. Estudios previos han demostrado que la gente con más edad tiene mayor conocimiento tradicional sobre la naturaleza en comparación a las nuevas generaciones (Mapes *et al.*, 1981; Gispert *et al.*, 1984; Palomino-Naranjo, 1990; Estrada-Torres y Aroche, 1987; Burrola-Aguilar *et al.*, 2012; Lara-Vázquez *et al.*, 2013; Montoya *et al.*, 2019). La relación entre la edad de la gente y su nivel de conocimiento tradicional es explicada con base al incremento del conocimiento en proporción al incremento de la edad (sabiduría de los ancianos), aunado a que las oportunidades para adquirir conocimiento disminuyen por el cambio de las dinámicas sociales de las generaciones sucesivas (pérdida de experiencias) (Okui *et al.*, 2021). Arjona-García *et al.* (2021) mencionan que los procesos asociados a la urbanización afectan negativamente el grado y profundidad del conocimiento tradicional que se tiene entorno a los recursos naturales, influyendo en la pérdida de la capacidad de reconocerlos, nombrarlos, usarlos y administrarlos, sin embargo, no se ha llegado a este extremo en la comunidad de estudio.

Los efectos y consecuencias de la cercanía a la zona urbana están siendo identificados por los colaboradores entrevistados en Santa Ana Jilotzingo, en relación con la transmisión de CMT y la disminución de personas que se dedican al oficio de hongueros, ya que estos procesos están disminuyendo paulatinamente en la comunidad. Así mismo, los posibles factores que están limitando el intercambio de saberes a las nuevas generaciones, son los cambios en las principales actividades económicas para los jóvenes, el desinterés por las actividades del campo y la búsqueda de mejores oportunidades de vida en las ciudades o poblaciones cercanas. Los cambios en las actividades económicas de una comunidad ya se han registrado en Amanalco y en San Pedro Arriba en Temoaya, Estado de México, donde se observó que la gente dejaba sus actividades del campo principalmente por la migración a las ciudades y por el cambio de

actividades económicas, lo que limita el contacto con el bosque (Burrola-Aguilar *et al.*, 2012; Lara-Vázquez *et al.*, 2013).

A su vez estos factores están impactando directamente en una disminución del número de hongueros en la zona, en adición, para las personas de la comunidad la recolecta y venta de hongos ya no representa una actividad económica importante como lo representaba en el pasado, situación que fue mencionada en las entrevistas con los colaboradores. En contraste con lo reportado por Estrada-Torres y Aroche (1987), Rodríguez-Muñoz *et al.* (2012), Montoya-Esquivel *et al.* (2002) y Montoya-Esquivel *et al.* (2003), donde la presencia de hongueros en las comunidades de zonas templadas de la región centro del país es aún una actividad económica importante en la dinámica de las comunidades.

## **1.7. CONCLUSIONES**

En Santa Ana Jilotzingo los hongos comestibles silvestres (HCS) son un recurso forestal que aún tiene importancia biocultural en la comunidad y los pobladores salen a recolectar con esmero en cualquier oportunidad que tienen. Sin embargo, se evidenció una disminución gradual en diferentes aspectos del CMT, principalmente entre la población más joven en comparación con las personas mayores quienes conservan los saberes más amplios y precisos sobre la biología y ecología, nomenclatura y clasificación de los HCS. Las recolectas intensivas, relacionadas a recorridos de largas caminatas por el bosque, ya no se realizan con tanta frecuencia debido a que los pobladores tienen otras actividades económicas que les demandan tiempo, lo que ha reducido notablemente el oficio de honguero y la venta de hongos ya no representa una actividad económica relevante como en el pasado. Las recolectas oportunistas y recreativas son las más practicadas, debido a que los HCS son un elemento que aún pervive en la vida cotidiana de la comunidad, principalmente como un recurso alimenticio. Lo anterior posiblemente esté relacionado con los cambios económicos, sociales y culturales que se presentan en esta área, derivados de la cercanía a las zonas urbanas de la periferia.

## CAPÍTULO 2. INTERACCIONES DE LA MESOFAUNA EDÁFICA (CLASE COLLEMBOLA Y SUBCLASE ACARI) ASOCIADA A LOS HONGOS SILVESTRES DE LA PRESA CAPOXI MIGUEL HIDALGO

### 2.1. RESUMEN

La mesofauna edáfica representada principalmente por colémbolos y ácaros, contribuye en los procesos de descomposición, movilización e inmovilización de nutrientes en el suelo. Por otro lado, los hongos macromicetos intervienen en el reciclaje de materia orgánica, influyendo directamente en los ciclos biogeoquímicos. La interacción mesofauna-esporoma es un tema relevante debido a que cada organismo representa a uno de los principales grupos tróficos dentro de la cadena alimenticia del suelo. Sin embargo, la falta de información de las interacciones ecológicas entre ambos grupos limita su comprensión. El objetivo de este estudio fue analizar la interacción mesofauna-esporomas evaluando sus abundancias y examinando el tracto digestivo de colémbolos y ácaros encontrados en esporomas del bosque templado cercano a la Presa Capoxi Miguel Hidalgo. Se recolectaron 15 esporomas de hongos silvestres con diferentes características morfológicas: *Amanita basii*, *Boletus aestivalis*, *Morchella esculenta*, *Ramaria subbotrytis* (terrícola) y *Ramaria* sp. (lignícola). Se contabilizaron un total de 373 microartrópodos y el mayor porcentaje se encontró principalmente en la clase Collembola (82%) y el menor porcentaje en la subclase Acari (18%). El esporoma de *R. subbotrytis* albergó el mayor número de individuos (159), seguido en forma descendente por *B. aestivalis* (110), *A. basii* (56), *M. esculenta* (32) y por último *Ramaria* sp. (16). Se clasificaron 5 grupos dependiendo del tipo de contenido intestinal, que indicaron que antes de alcanzar el himenio del esporoma colémbolos y ácaros oribátidos se alimentan de diversos recursos del suelo. La abundancia y especialización alimenticia son temas clave para poder comprender la interacción mesofauna-esporomas de hongos silvestres.

**Palabras clave:** microartrópodos, contenido intestinal, pellets fecales, esporomas, esporas

# INTERACTIONS OF THE SOIL MESOFAUNA (CLASS COLLEMBOLA AND SUBCLASS ACARI) ASSOCIATED WITH THE WILD FUNGI OF THE MIGUEL HIDALGO CAPOXI DAM

## 2.2. ABSTRACT

The edaphic mesofauna, represented mainly by collembolans and mites, contribute to the processes of decomposition, mobilization and immobilization of nutrients in the soil. On the other hand, macromycete fungi intervene in the recycling of organic matter, directly influencing the biogeochemical cycles. The mesofauna-sporome interaction is a relevant issue because each organism represents one of the main trophic groups in the soil food web. However, the lack of information on the ecological interactions between both groups limits their understanding. The aim of this study was to analyze the mesofauna-sporome interaction by evaluating their abundances and examining the gut content of collembolans and mites found in the sporomes from the temperate forest, near the Capoxi Miguel Hidalgo Dam. Fifteen sporomes of wild mushrooms, with different morphological characteristics, were collected: *Amanita basii*, *Boletus aestivalis*, *Morchella esculenta*, *Ramaria subbotrytis* (terrestrial) and *Ramaria* sp. (lignicolous). A total of 373 microarthropods were counted and the highest percentage was found mainly in the class Collembola (82%) and the lowest percentage in the subclass Acari (18%). The sporome of *R. subbotrytis* harbored the largest number of individuals (159), followed in descending order by *B. aestivalis* (110), *A. basii* (56), *M. esculenta* (32) and lastly *Ramaria* sp. (16). Five groups were classified depending on the type of gut content, which indicated that before reaching the hymenium of the sporoma, collembolans and oribatid mites feed on various kinds of soil resources. The abundance and feeding specialization are key issues in order to understand the mesofauna-sporome interaction of wild fungi.

**Keywords:** microarthropods, gut content analyses, fecal pellets, sporomes, spores

### 2.3. INTRODUCCIÓN

Los suelos albergan comunidades de invertebrados muy diversas que desempeñan un papel crucial en las funciones y servicios de los ecosistemas (Bardgett y van der Putten, 2014; Beaumelle *et al.*, 2021) y determinan la multifuncionalidad del ecosistema (Wagg *et al.*, 2014). Participan activamente en las interacciones que se desarrollan en el suelo entre los procesos físicos, químicos y biológicos (Lavelle *et al.*, 2006). Las comunidades del suelo son extremadamente complejas y diversas, con millones de especies y miles de millones de organismos individuales que se encuentran dentro de un solo ecosistema, que van desde microorganismos, como bacterias y hongos, microartrópodos, como ácaros y colémbolos, hasta macrofauna, como insectos y lombrices de tierra, y megafauna, que son vertebrados como los topos (Bardgett y van der Putten, 2014; Orgiazzi *et al.*, 2016). Según estimaciones recientes, la fauna edáfica representa el 40% de la diversidad total de especies que se ha descrito hasta la fecha (Orgiazzi *et al.*, 2016). Sin embargo, nuestra comprensión de esta biodiversidad es limitada así como de las interacciones entre especies para el funcionamiento de los ecosistemas.

La fauna del suelo se clasifica de acuerdo con criterios como la permanencia en el suelo, adaptación y preferencia en el suelo, tamaño del cuerpo y régimen alimenticio, además de su posición trófica y grupos funcionales (Wallwork, 1970; Swift *et al.*, 1979; Walter *et al.*, 1988; Potapov *et al.*, 2016). Asimismo, el nicho ecológico es un concepto que explica las relaciones entre especies y medio ambiente, la coexistencia de especies y sus roles en los ecosistemas (Holt, 2009) y los nichos tróficos revelan la relación de la fauna del suelo con su forma de vida (Potapov *et al.*, 2016). De manera particular el tamaño de los organismos del suelo es una característica decisiva dentro de las interacciones biológicas presentes con su medio físico, debido principalmente a que el hábitat edáfico está compuesto e influenciado por poros de diferentes tamaños y sus interconexiones, que influyen en sus roles funcionales como descomponedores, fungívoros, omnívoros, parásitos, depredadores, etc. (Brussaard *et al.*, 1997; Beaumelle *et al.*, 2021). Debido a esta relevancia Wallwork (1970) y Swift *et al.* (1979), clasificaron a la fauna edáfica en base al ancho de su cuerpo en tres grupos: la microfauna son

organismos menores de 0.1mm (protozoarios, tardígrados, nematodos y rotíferos, etc.); la mesofauna incluye organismos que miden entre 0.1 a 2 mm de ancho (ácaros, colémbolos, enquitreidos, proturos, dipluros, pseudoescorpiones, etc.) y la macrofauna son organismos cuyo ancho es mayor a 2 mm (hormigas, milpiés, ciempiés, lombrices de tierra, coleópteros, isópodos, etc.) (Brussaard *et al.*, 1997; Lavelle, 1996; Orgiazzi *et al.*, 2016; Nielsen, 2019).

Por otra parte, los hongos son el más diverso grupo de organismos y los habitantes más exitosos del suelo, debido a su alta plasticidad y su capacidad de adaptación (Tedersoo *et al.*, 2014; Franç *et al.*, 2018) y son organismos que tienen la aptitud de producir una amplia variedad de enzimas extracelulares, lo que les permite descomponer todo tipo de materia orgánica, transformando a los componentes del suelo y regulando así el balance de carbono y nutrientes, además de transformar materia orgánica en biomasa, dióxido de carbono y ácidos orgánicos (Tedersoo *et al.*, 2012). Dentro de la gran diversidad de los hongos edáficos existe un grupo artificial, los macromicetos, que constituyen formas de vida muy variadas, estos se distinguen por tener estructuras reproductoras portadoras de esporas (esporomas) visibles a simple vista, tales organismos están incluidos en los filos: Ascomycota y Basidiomycota (Mueller *et al.*, 2007).

Por otra parte se estima que alrededor del 50% de los macromicetos del bosque son descomponedores de la hojarasca y madera (Senn-Irlet, 2007; Zotti *et al.*, 2013), participando de manera importante en el reciclaje de materia orgánica, en la formación de redes tróficas y son responsables de los procesos biogeoquímicos. Además, la madera muerta en etapas avanzadas de descomposición es un factor importante para el establecimiento de asociaciones micorrizas y que los escombros de las leñosas actúan como un sumidero de humedad valioso para el crecimiento de hongos micorrízicos en bosques estacionalmente secos (Zotti *et al.*, 2013) Un aspecto relevante sobre este grupo de hongos es que tienen la capacidad para formar micorrizas, más del 80% de las plantas del mundo forman asociaciones micorrízicas (Brundrett, 2009), cuyo micelio y raíces ectomicorrizadas forman una gran cantidad de biomasa en el suelo y una asociación de redes de hifas interconectadas, cuyos esporomas son considerados como

parches de recursos efímeros (ERPs, por sus siglas en inglés) (Finn, 2001) o “islas” (O’Connell y Bolger, 1997). Los ERPs tienen una distribución discontinua y dispersa en un espacio determinado en el paisaje del bosque y permanecen por breves periodos de tiempo, representando una red de gran actividad biológica en el suelo por que proporcionan refugio y alimento a diversas especies edáficas (Finn, 2001; Greenslade *et al.*, 2002; Yamashita y Hijii, 2003; Schneider *et al.*, 2005).

Los esporomas de los hongos se reconocen como puntos de alta diversidad y abundancia, porque se destaca la presencia de diversos grupos pertenecientes a la mesofauna principalmente comunidades de microartrópodos de la clase Collembola y de la subclase Acari (Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1991; Okabe y Amano, 1992; Okabe y Amano, 1993; Palacios-Vargas y Gómez-Anaya, 1994; Mateos *et al.*, 1996; Greenslade *et al.*, 2002; Nakamori y Suzuki, 2005; Hernández-Santiago *et al.*, 2020). Dependiendo de la forma de aprovechamiento de los esporomas, las comunidades de fauna del suelo se pueden dividir en dos grupos: visitantes y habitantes; los visitantes utilizan al esporoma principalmente como alimento y se observan en la superficie del cuerpo fructífero, mientras que los habitantes no solo usan al esporoma como alimento, sino también como hábitat; viviendo principalmente dentro del hongo, en el himenio (Yamashita y Hijii, 2003).

Las características morfológicas de los esporomas influyen en la coexistencia de las comunidades de habitantes en este espacio por responder a las características propias del esporoma que regulan el tamaño de la comunidad; asimismo, es importante el tamaño del esporoma, los diferentes estados de desarrollo y su consistencia, al igual que el espacio físico-temporal en el que emergen los cuerpos fructíferos (Yamashita y Hijii, 2003; Yamashita *et al.*, 2015). Los hongos son recursos efímeros y esporádicos para los invertebrados del suelo; sin embargo, a pesar de esto, a menudo mantienen diversas comunidades de microartrópodos (Yamashita y Hijii, 2003). Mientras están en el esporoma (un parche de recursos), los miembros de la comunidad pueden interactuar entre sí, pero lo hacen en un aislamiento temporal de todos los demás miembros de la comunidad del suelo (Finn *et al.*, 2001); contribuyendo de otra manera poco estudiada al funcionamiento del ecosistema.

Por lo anterior, se necesita hacer énfasis en los efectos mediados por las interacciones de las especies para el funcionamiento de los ecosistemas, por lo que la interacción entre la mesofauna del suelo-esporoma del hongo esta últimamente recibiendo atención, debido a que ambos grupos representan a los principales grupos funcionales dentro de la cadena alimenticia del suelo (Böllmann *et al.*, 2010). Por otro lado, los principales resultados de los estudios de la interacción entre el micelio y la fauna del suelo debido al forrajeo influyen directamente en los procesos de descomposición de la hojarasca, mineralización y continuidad de los ciclos biogeoquímicos (Crowther *et al.*, 2011; Nielsen, 2019); sin embargo, aún no es muy conocida la función ecológica de la fauna del suelo a través de los mecanismos de la fragmentación, la formación de túneles y mezcla de partículas, el forrajeo y la depredación en los esporomas. La función más conocida de la interacción esporoma-fauna del suelo es el proceso de dispersión de esporas, en dos formas de transporte: endozoocoria (consumo dirigido o accidental de esporas seguido de su liberación en las heces “pellets”) y ectozoocoria (dispersión por adhesión en las superficies externas del cuerpo) (Vašutová *et al.*, 2019).

A nivel mundial las investigaciones en torno a las asociaciones de la mesofauna del suelo con los hongos macromicetos no son numerosas, pero se han publicado información que ha ayudado a entender este tema, muestra de ello son los trabajos realizados por Okabe y Amano (1992) quienes realizaron un listado taxonómico de los ácaros Cryptostigmata (oribátidos) presentes en 46 especies de diversas especies de hongos y de ácaros Mesostigmata y Prostigmata presentes en 38 especies y 31 especies de hongos, respectivamente (Okabe y Amano (1993), pertenecientes a diversos géneros: *Amanita*, *Boletus*, *Russula*, entre otros; Mateos *et al.* (1996) estudiaron la presencia de comunidades de colémbolos presentes en hongos de los géneros: *Agaricus*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Ceratophysella*, *Entoloma*, *Hohenbuehelia*, *Hygrophorus*, *Inocybe* y *Lactarius*.

O'Connell y Bolger (1997) estudiaron los ensamblajes poblacionales de microartrópodos relacionados con *Heterobasidion annosum* (un carpóforo sésil y perenne) y de *Hypholoma fasciculare* (un hongo agarical de crecimiento cespitoso), demostrando una fuerte relación especie-área de los hongos con la cantidad de microartrópodos; Walter y Proctor (1998) muestrearon esporocarpos en descomposición

de hongos Agaricales y/o Polyporaceae de troncos y tocones, de la zona tropical de Australia, y encontraron hasta 32 especies de ácaros Mesostigmata que se alimentaban principalmente de nematodos, ácaros y larvas de insectos; Gwiazdowicz y Lakomy (2002), estudiaron la presencia de ácaros Mesostigmata en los esporomas de hongos Aphyllophorales, observando una alta preferencia de los esporocarpos como hábitat y la mayoría de especies de ácaros encontrados habitaban en la hojarasca; además Lilleskov y Bruns (2005) estudiaron los posibles mecanismos de dispersión de esporas en *Tomentella sublilacina* (un hongo resupinado ectomicorrízico), indicando el potencial de dispersión de esporas por invertebrados y sus depredadores a través de las redes alimenticias, mediante endo y exozooecoria; Yamashita y Hijii (2003) analizaron los efectos del tamaño de los esporomas en la estructura de las comunidades de artrópodos, sugiriendo que el tamaño de los hongos individuales tienen diferentes impactos en la estructura de las comunidades de artrópodos visitantes o habitantes; es decir que utilizan el mismo recurso, pero de manera diferente.

Por otra parte Nakamori y Suzuki (2007), examinaron el papel defensivo de los cistidios (estructuras presentes en la superficie de las láminas) contra los colémbolos *Ceratophysella denisana* y *Mitchellania horrida* en los esporomas de *Russula bella* y *Strobilurus ohshimae*, indicando que los cistidios protegen a las basidiosporas de la depredación por colémbolos; Ponge (2000) estudio la vertical distribución de colémbolos y sus recursos alimenticios en los horizontes orgánicos de 13 bosques de hayas (*Fagus*), encontrando una asociación entre la distribución vertical y el contenido intestinal de los colémbolos, con los recursos alimenticios en la profundidad donde habitan. Los colémbolos ingieren una amplia gama de alimentos, incluyendo material fúngico como esporas e hifas; Nakano *et al.* (2017) estudiaron los hábitos alimenticios del colémbolo *Morulina alata* en laboratorio y en campo, reportaron que en campo *M. alata* tiene preferencia por los esporomas de los hongos *Inocybe fastigiata* y *Mycena pura*. En laboratorio, encontraron esporas de *I. fastigiata* y *M. pura* en el contenido intestinal de *M. alata* y estas parecían estar intactas después de pasar por el intestino; los resultados sugieren que es posible la dispersión de esporas después de la ingestión. Sin embargo, Nakamori y Suzuki (2010), sugieren que ciertos tipos de mandíbulas de los colémbolos

reduce potencialmente la dispersión fúngica al dañar las esporas y/o reducir la cantidad de esporas dispersadas por el viento.

En México se han realizado pocos estudios sobre las interacciones esporoma-fauna del suelo, ejemplo de ello es el listado de colémbolos micetofílicos identificados en diferentes macromicetos silvestres provenientes de Baja California Sur, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Guerrero, Estado de México, Morelos, Puebla y Veracruz realizado por Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1994) y años más tarde Hernández-Santiago *et al.* (2020) realizaron un estudio sobre los ácaros y colémbolos asociados a hongos comestibles silvestres ectomicorrízicos procedentes del Monte Tláloc y áreas boscosas de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl, pertenecientes al sistema montañoso del Eje Neovolcánico y Ríos-García *et al.* (2022) sobre la interacción de la mesofauna asociada a *Psilocybe cubensis*, un hongo silvestre neurotrópico. Es evidente que existe falta de información de las interrelaciones, ensambles y dinámicas presentes de los recursos efímeros como son los esporomas de los hongos comestibles silvestres. Para construir una imagen más completa de la función de los esporomas de los hongos del suelo, se deben tener en cuenta sus interacciones con otros organismos, ya que se ha demostrado el fuerte vínculo entre la biodiversidad del suelo y la función del ecosistema del suelo (Wagg *et al.*, 2014).

El análisis de las interacciones esporoma-fauna del suelo se puede lograr a través de la estimación directa del análisis de contenido intestinal del tracto digestivo y/o el análisis de los pellets fecales; debido a que el contenido en el tracto digestivo es un buen indicador del efecto de la mesofauna del suelo sobre los esporomas y en general sobre la actividad de los procesos biológicos. Por tanto, la elección del macromiceto y la tasa de ingestión de alimento están directamente relacionados con el impacto de un consumidor en el ecosistema, ya que se describen los flujos de energía de la red alimentaria que se lleva a cabo en el esporoma por estar vinculados a procesos a nivel del ecosistema, como la detritivoría, fungivoría y depredación (Barnes *et al.*, 2018).

El objetivo de este estudio es analizar las interacciones entre la mesofauna del suelo y hongos macromicetos por medio de las abundancias y de examinar el tracto

digestivo de la mesofauna (subclase Acari y clase Collembola) en esporomas de hongos silvestres.

## 2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

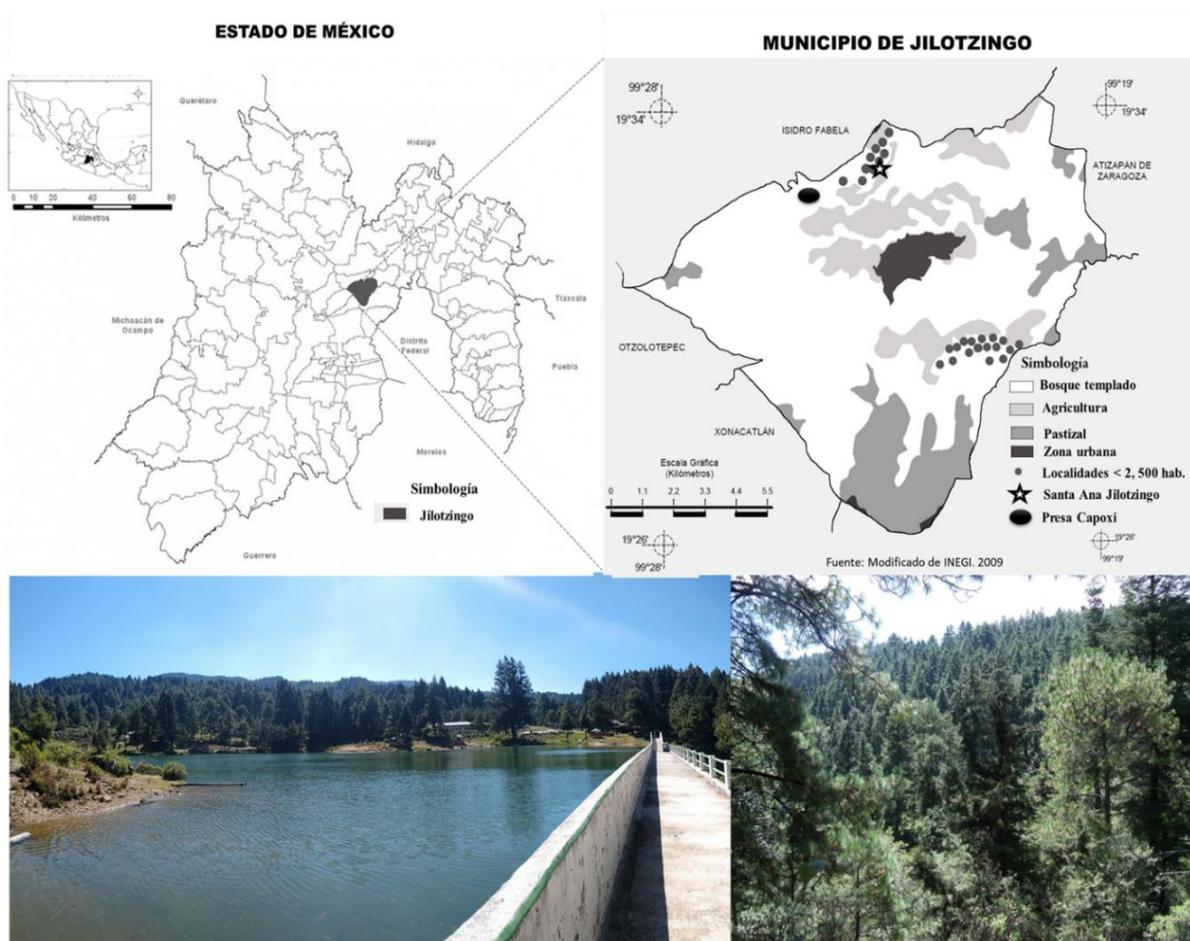
### 2.4.1. Área de estudio

Un muestreo de esporomas de hongos silvestres se realizó en los bosques circundantes de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo, que se encuentra en el municipio de Jilotzingo en el Estado de México, en torno a esta presa se ofrecen servicios turísticos por parte de los comuneros como actividades recreativas, restaurantes, hospedaje (cabañas) y áreas para acampar. El municipio cuenta con una superficie total de 117.09 km<sup>2</sup>, se encuentra en la parte central del Estado de México y al noroeste de la ciudad de México y al Noreste de Toluca, ocupando la parte más alta y agreste de la cadena montañosa de Monte Alto. El territorio del municipio de Jilotzingo está localizado entre las coordenadas del paralelo 19° 25' 59" al paralelo 19° 33' 26" de latitud norte y los meridianos 99° 19' 56" al meridiano 99° 28' 25" de longitud oeste (INEGI, 2015; Plan de Desarrollo Municipal Jilotzingo, 2022).

De acuerdo con la clasificación de Köpen modificada por García (1973) el clima predominante es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano C(w), se caracteriza por el asentamiento de bancos de niebla tanto en la época de lluvias como en invierno. La temperatura promedio anual es de 13.7°C, con una máxima de 29.5°C y una mínima de 5.6°C, con una humedad del 55.49%. La época de lluvias se registra entre los meses de junio a octubre, siendo el mes de septiembre el más lluvioso (INEGI, 2015; Plan de Desarrollo Municipal Jilotzingo, 2019).

Jilotzingo es un municipio con vocación forestal y la vegetación de la zona presenta tres principales tipos de bosques según Rzedowski (2006), un área de bosque de *Abies* y bosque de *Quercus*, con tres especies de encino dominantes: encino de hoja de laurel (*Quercus laurina*) y encinos de hojas crasas (*Quercus magnolaefolia* y *Quercus mexicana*). En las partes altas se encuentran los bosques de *Pinus* cuyas especies principales son *Pinus montezume*, *Pinus hartwegii*, *Pinus patula* y *Abies religiosa*. El bosque representa la mayor parte de la extensión territorial (67.56 %) y se ubica a una

altitud de los 2,400 a los 3,700 m.s.n.m. En adición, un área de 550.87 hectáreas (4.41 %) son dedicadas al uso urbano, 12.48% al uso agrícola y 5.53 % a pastizales (INEGI, 2015; Plan de Desarrollo Municipal, 2019) (Figura 2.1).



**Figura 2.1** Localización geográfica de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo, en el municipio de Jilotzingo, Estado de México. Modificado de INEGI (2009).

#### 2.4.2. Recolección de esporomas y mesofauna

Se recolectaron esporomas en estado maduro con diferentes tipos de himenio, con forma de láminas, poros, alveolos o liso, la recolección se llevó a cabo durante recorridos realizados en los bosques de abies y pinos pertenecientes al área de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo, en el mes de agosto y el mes de diciembre del 2020, en compañía de recolectores de hongos comestibles silvestres de Santa Ana Jilotzingo. Una vez localizado el esporoma, se tomaron fotografías, para su posterior identificación taxonómica (Lodge *et al.*, 2004). Para asegurar la recolección de la mesofauna presente

en el esporoma y evitar en lo posible contaminar la muestra con suelo o fauna subyacente se realizó un corte en la parte basal del estípite, para ser depositado inmediatamente en una bolsa de plástico de cerrado hermético tipo *Ziploc*, debidamente etiquetadas. Para conservar la mesofauna y poder identificarla posteriormente, se añadió alcohol al 70% a cada una de las bolsas una vez que se llegó al laboratorio (Hernández-Santiago *et al.*, 2020). En adición, durante el recorrido y muestreo se tomaron algunas muestras de esporomas en estado juvenil o senescente, las cuales fueron encontradas ocasionalmente.

La identificación taxonómica del material fúngico se realizó mediante las técnicas rutinarias de micología propuestas por Largent *et al.* (1977), consultando claves taxonómicas especializadas Smith y Thiers (1971), Petersen (1975, 1985), Guzmán y Ramírez-Guillén (2001), Kuo *et al.* (2012), Hernández-Salmerón *et al.* (2013).

#### **2.4.3. Separación de la mesofauna de los esporomas**

La técnica de separación de los diferentes grupos de mesofauna de los cuerpos fructíferos se realizó por el método de tamizado (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier 2007). La mesofauna se separó del alcohol al 70% filtrando el contenido de la bolsa *Ziploc*, utilizando tres tamices con mallas de distinto diámetro de abertura; por el tamaño de los ácaros y colémbolos, estos quedaron atrapados en la abertura de malla de 0.150 mm. Además, se revisaron cada uno de los esporomas bajo el microscopio estereoscópico para asegurar que ningún organismo quedara en el estípite, píleo o himenio. Una vez separados todos los especímenes en cada muestra e identificados en morfoespecies, estos fueron almacenados de acuerdo con su grupo taxonómico en tubos Eppendorf con alcohol al 70% y debidamente etiquetados (Díaz-Aguilar *et al.*, 2021), Los ácaros y colémbolos fueron separados, identificados y contadas sus abundancias bajo un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi 2000-C.

#### **2.4.4. Montaje e identificación taxonómica de ácaros y colémbolos**

Para facilitar la observación morfológica de los ácaros y colémbolos y asegurar una correcta identificación taxonómica, algunos morfotipos fueron montados. Previo al montaje, los organismos fueron aclarados con el objetivo de obtener transparencia de

los especímenes, esto mediante la maceración de los tejidos internos y la remoción de las grasas y pigmentos del cuerpo, para ello se utilizó hidróxido de potasio (KOH) al 10%, de dos a cinco minutos, posteriormente, se colocaron en ácido láctico al 85%, dejándolos hasta por 24 horas dependiendo el caso (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2007). Una vez que los especímenes tenían la transparencia y limpieza deseada se procedió al montaje, para lo que se procedió a colocar una gota de líquido de Hoyer en el centro de un portaobjetos, posteriormente se toma el microartrópodo con ayuda de una pequeña espátula y se pone en el centro de la gota, bajo el microscopio estereoscópico se pone en posición dorsal, ventral o lateral dependiendo de las estructuras morfológicas que se desean observar, a continuación se toma un cubreobjetos y se posiciona muy cerca de la gota del líquido de Hoyer, sin hacer presión se desliza suavemente, si es necesario se hace una ligera presión lateral sobre el cubre objetos, para acomodarlo en la posición deseada, por último las preparaciones son secadas en el horno a 45-50 °C, durante siete días (Palacios-Vargas y Mejía-Recamier 2007).

La identificación taxonómica de ácaros se realizó a nivel de orden y suborden y se hizo de acuerdo con el Manual de Acarología de Krantz (2009), se clasificaron de acuerdo con lo propuesto por Lindquist *et al.* (2009). Los colémbolos se identificaron a nivel de orden de acuerdo con el listado de la diversidad de especies de colémbolos del mundo (Bellinger *et al.*, 1996-2022) y a la clave ilustrada de las familias de los colémbolos británicos (Dallimore y Shaw, 2013). Al final los especímenes no montados fueron almacenados en viales con alcohol al 70% que en conjunto con las preparaciones previamente realizadas fueron depositados en la Colección de Mesofauna, del Laboratorio de Ecología de Suelos del Área de Microbiología, Posgrado en Edafología del Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, estado de México.

#### **2.4.5. Observación de los tractos digestivos de ácaros y colémbolos**

Posteriormente las laminillas de las preparaciones de los ácaros y colémbolos se observaron con un microscopio óptico para examinar, en los especímenes aclarados y en otros sin aclarar, el contenido del tracto digestivo y pellets fecales, para identificar la presencia de esporas y/o hifas del esporoma de los hongos comestibles silvestres muestreados u otras esporas; así como tractos digestivos vacíos, detritos de materia

orgánica del suelo, esporas de micromicetos, etc. También se examinaron las superficies de los cuerpos de los ácaros y colémbolos en busca de esporas que indicaran su estancia en los esporomas de los hongos colectados.

## 2.5. RESULTADOS

### 2.5.1. Abundancia de colémbolos y ácaros en los esporomas

En campo se pudo observar la presencia de ácaros o colémbolos, en la superficie de los esporomas, cuando se realizaron las observaciones bajo el microscopio aún se pudieron observar algunos individuos entre las láminas, poros o alveolos del píleo, se recolectaron 15 esporomas en estado vegetativo maduro pertenecientes a cinco especies de macromicetos de hongos silvestres con diferentes formas del himenio (3 esporomas por especie): 1) ***Amanita basii*** Guzmán & Ram.-Guill., este hongo se caracteriza por tener un píleo anaranjado rojizo, más intenso en el centro, con tonos amarillentos en el margen, de forma convexo a hemisférico cuando es joven, luego plano-convexo con la edad, con láminas de color amarillo intenso a amarillo anaranjado y un estípite de color amarillo pálido a naranja en la parte superior donde presenta un anillo membranoso, de color amarillo naranja y una volva es lisa, blanca, con tintes amarillos en la superficie (Guzmán y Ramírez-Guillén, 2001); 2) ***Boletus aestivalis*** (Paulet) Fr., se caracteriza por tener un píleo robusto principalmente convexo, expandiéndose a casi plano al envejecer; superficie suave y rimosa, de color beige grisáceo a bronceado oscuro, en ocasiones con tonos ocráceos. Tubos blancos al principio, volviéndose amarillo verdoso con la edad con poros redondos, estípite clavado, sólido, blanco por dentro, superficie levemente reticulada hasta cerca de la base o solo sobre la mitad superior, de color beige claro con apariencia opaca (Smith y Thiers, 1971); 3) ***Morchella esculenta*** (L.) Pers., esta especie presenta un píleo ovoide con el ápice redondeado, con tonos que varían dependiendo a la madurez que van desde grises a café amarillento, alveolos alargados y costillas profundas (Rodríguez y Herrera, 1962; Hernández-Salmerón *et al.*, 2013); 4) ***Ramaria sp.*** 1 (lignícola) y 5) ***Ramaria subbotrytis*** (Coker) Corner (terrícola) las especies de este género se caracterizan por tener esporomas de tipo coraloide dividido en estípites, ramificaciones y ápices, con himenio liso; los colores

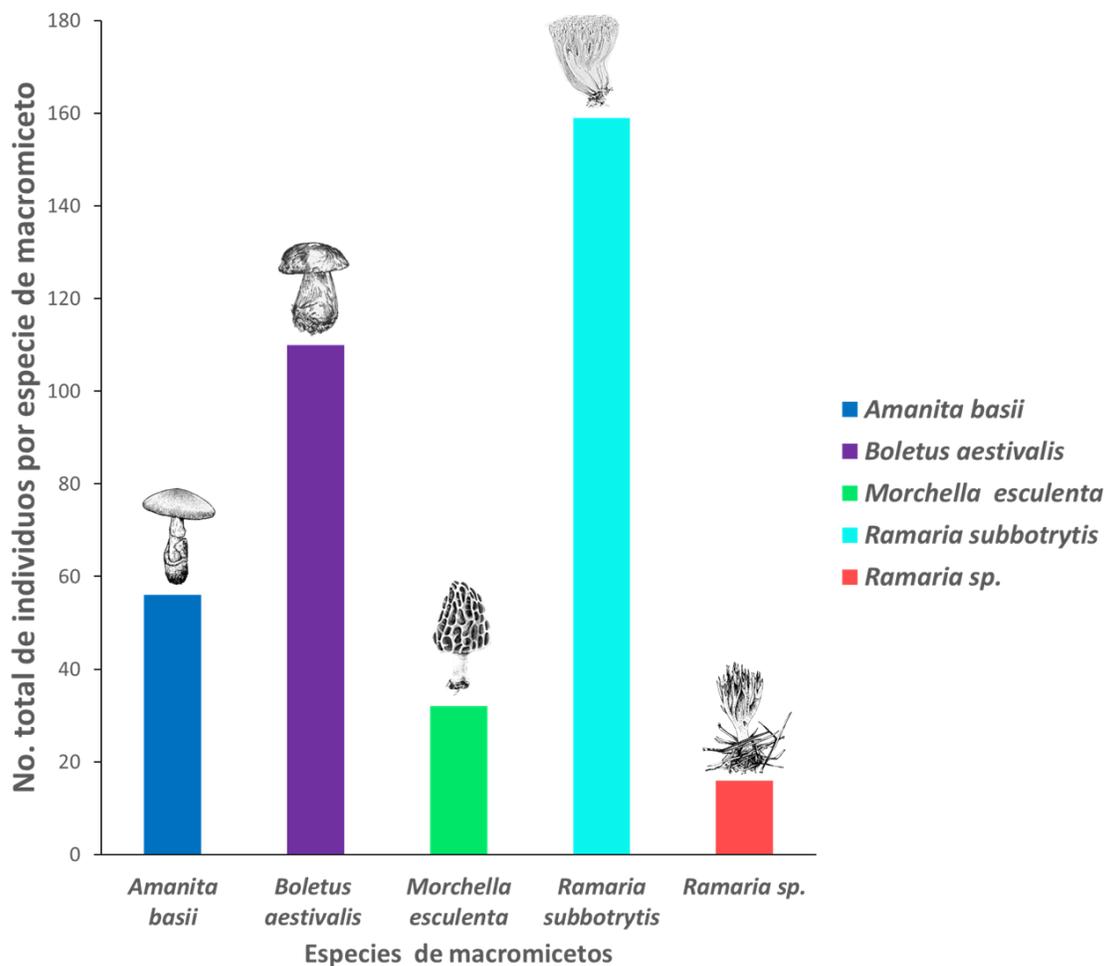
de las especies estudiadas en esta investigación tienen tonos naranjas, (Nouhra *et al.*, 2005; Exeter *et al.*, 2006).

Se contabilizaron un total de 373 microartrópodos de la clase Collembola y subclase Acari presentes en 15 esporomas, de los individuos totales encontrados en los esporomas 82% corresponde a la clase Collembola y el 18% a la subclase Acari. Dentro de la clase Collembola se encontraron individuos de tres órdenes: Poduromorpha, Entomobryomorpha y Symphypleona, de estos, la mayor abundancia de colémbolos se encontró en el orden Poduromorpha con una representación del 45%, seguidos por el orden Entomobryomorpha con el 34% y por el orden Symphypleona con el 21%. De la subclase Acari se encontraron ácaros del orden Mesostigmata y de los subórdenes Prostigmata y Oribatida, los ácaros más abundantes fueron los oribátidos con un 74% seguida por los Mesostigmata con un 17% y los menos abundantes fueron los Prostigmata con un 9%.

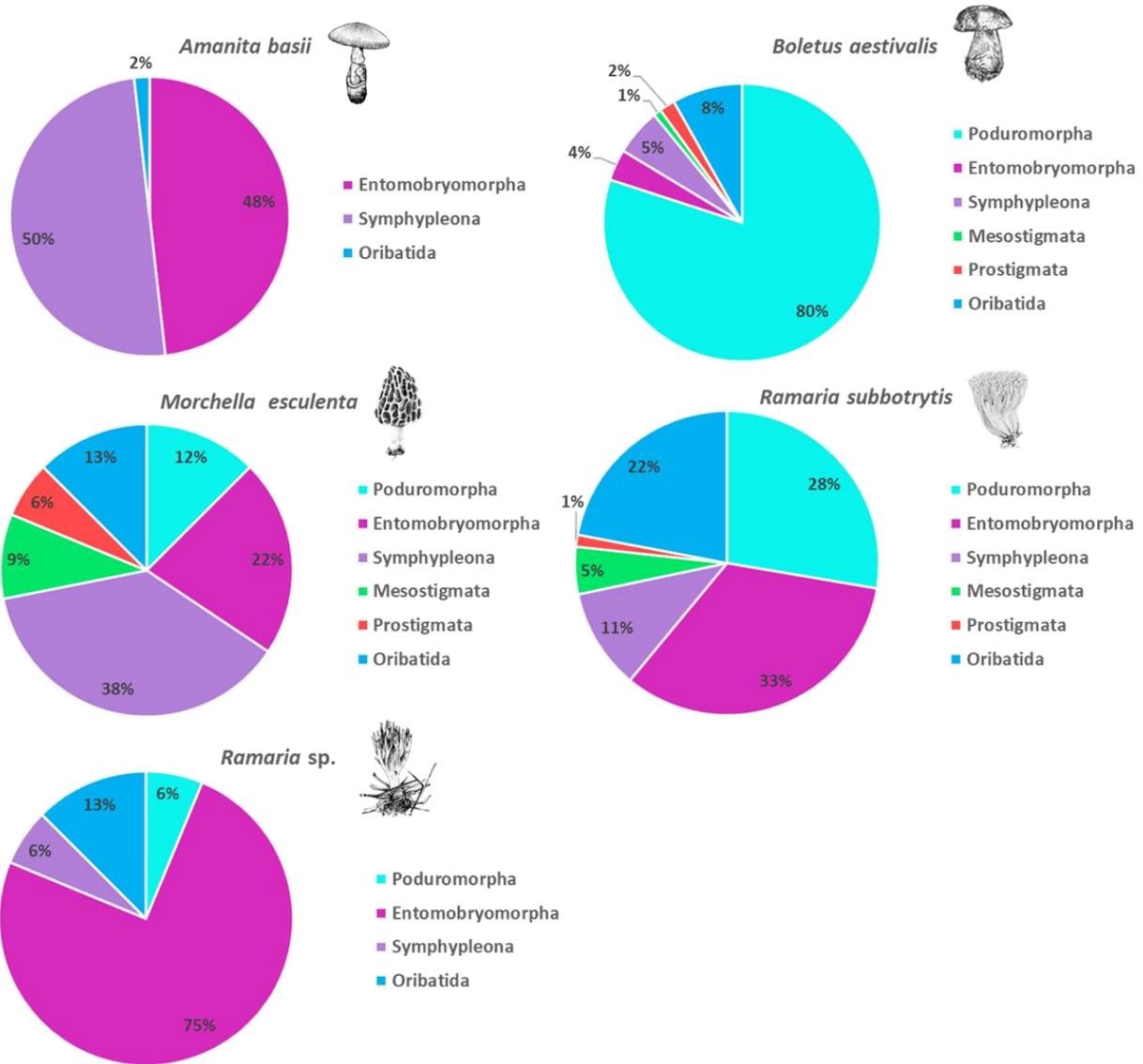
Con respecto al número total de individuos por especie (encontrados en 3 esporomas) en *R. subbotrytis* se encontró la mayor abundancia con 159 individuos (72% colémbolos y 28% ácaros), seguido por *B. aestivalis* donde se contabilizaron 110 individuos (89% colémbolos y 11% ácaros), en *A. basii* se encontraron abundancias de 56 individuos (98% colémbolos y 2% ácaros), en *Morchella esculenta* 32 individuos (72% colémbolos y 28% ácaros) y por último en *Ramaria* sp. 16 individuos (87.5% colémbolos y 12.5% ácaros) (Figura 2.2).

Del total de las abundancias en los 3 esporomas por especie de hongo, se muestra en la Figura 2.3 que de los 56 individuos encontrados en *A. basii* se presentó una mayor abundancia de colémbolos pertenecientes a los órdenes Symphypleona (50%) y Entomobryomorpha (48%) en comparación a los ácaros con sólo el 2% de individuos representados por el suborden Oribatida. En el caso de los 110 individuos presentes en *B. aestivales* el mayor porcentaje corresponde a Poduromorpha con 80%, seguido por Oribatida (8%), Symphypleona (5%), Entomobryomorpha (4%), Prostigmata (2%) y Mesostigmata (1%). En *R. subbotrytis* de los 159 individuos encontrados el orden más abundante fue Entomobryomorpha (33%) y los grupos menos abundantes en forma descendente fueron Poduromorpha (28%), Oribatida (22%), Symphypleona (11%),

Mesostigmata (5%) y por último con una representación mínima los Prostigmata (1%). De los 32 individuos presentes en *M. esculenta*, el 38% pertenecía a Symphypleona, seguido por Entomobryomorpha (22%), Oribatida (13%), Poduromorpha (12%), Mesostigmata (9%) y el menor porcentaje de 6% correspondió a Prostigmata. Por último, de los 16 individuos en *Ramaria* sp., el 75% pertenece al orden Entomobryomorpha seguido de un 13% del suborden Oribatida y por último a los colémbolos pertenecientes a los órdenes Symphypleona y Poduromorpha, tuvieron una representación del 6% cada uno.



**Figura 2.2** Abundancia (número total de individuos en 3 esporomas) de la mesofauna por especie de hongos: *Amanita basii*, *Boletus aestivalis*, *Morchella esculenta*, *Ramaria subbotrytis* (terricola) y *Ramaria* sp.1 (lignícola).



**Figura 2.3** Proporción de ácaros (1 orden Mesostigmata y 2 subórdenes Prostigmata y Oribatida) y colémbolos (3 órdenes Poduromorpha, Entomobryomorpha y Symphypleona) encontrados en cada especie de hongo.

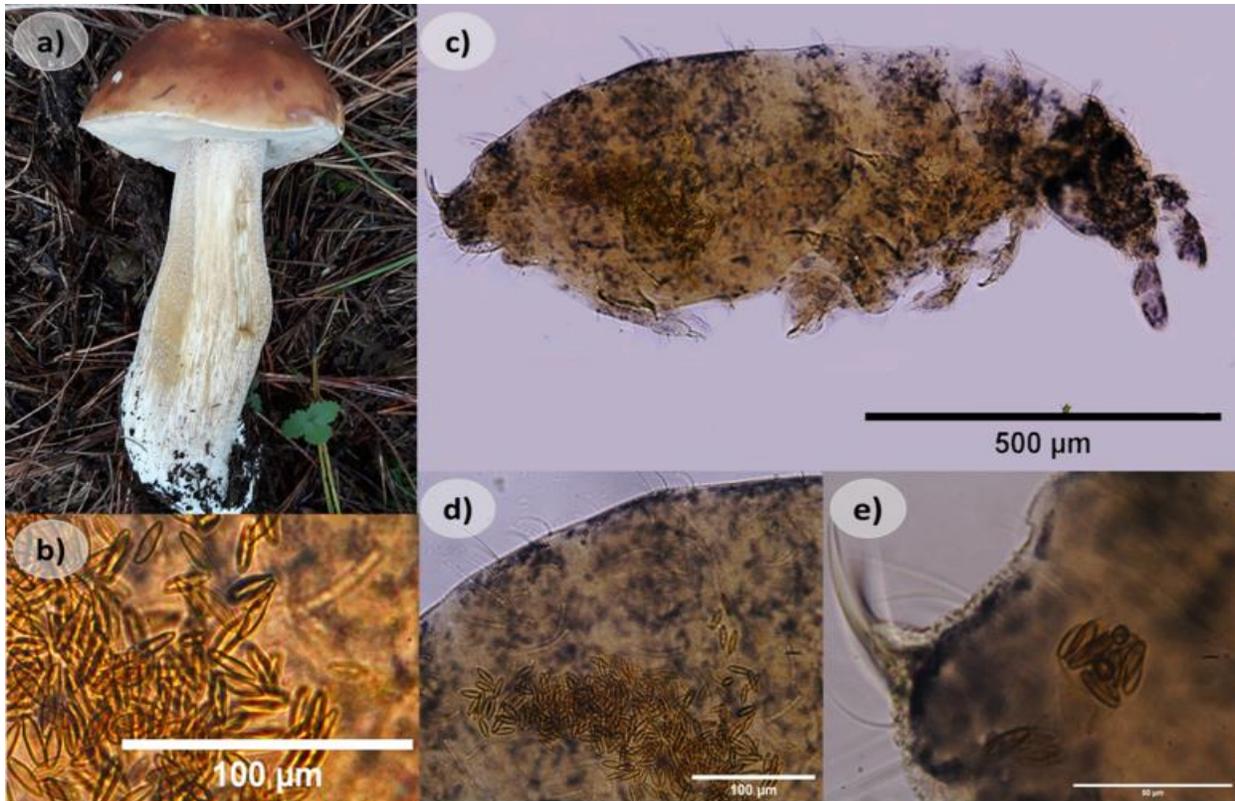
### 2.5.2. Forrajeo de ácaros y colémbolos en los esporomas de hongos silvestres

Con base en las observaciones realizadas del tracto digestivo, contenido estomacal y pellets de los ácaros y colémbolos presentes en los esporomas, se clasificaron en cinco tipos de consumo: Tipo I: presencia principalmente de esporas y/o hifas procedentes del esporoma donde fueron encontrados; Tipo II: el tracto digestivo no

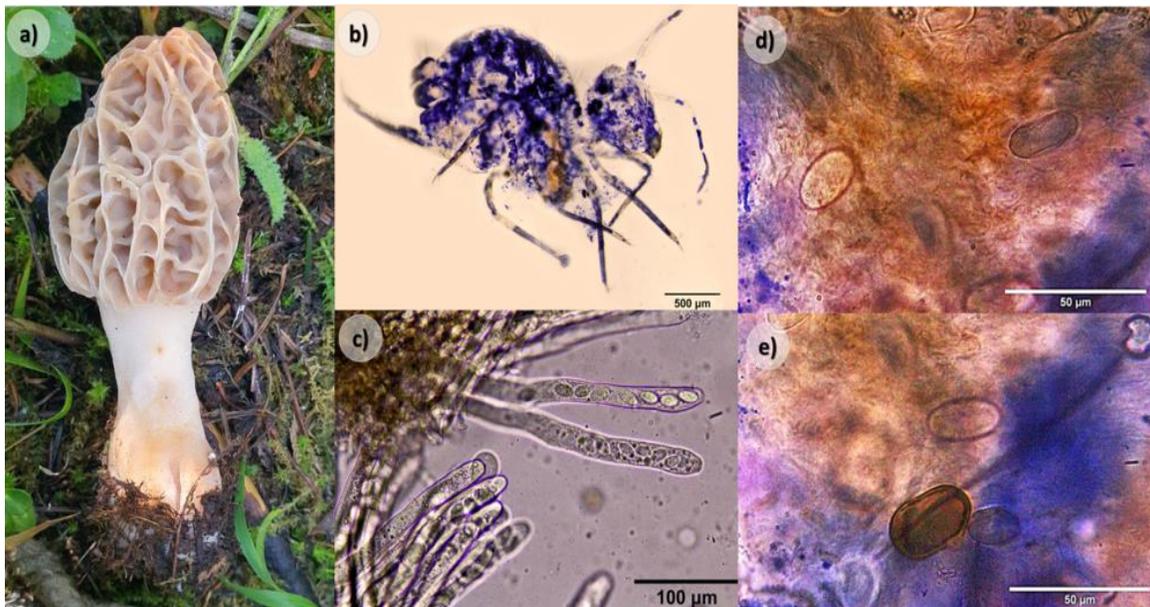
sólo contiene material del esporoma donde fueron encontrados, sino que también presentan esporas e hifas procedentes de otras especies fúngicas; Tipo III: el tracto digestivo contiene esporas o hifas de hongos que provienen de otras especies fúngicas; Tipo IV: presencia principalmente de detritus y estructuras fúngicas escasas o no se encuentran presentes; y Tipo V: tracto digestivo vacío. También se observaron las esporas adheridas a la superficie del cuerpo (exozoocoria) de los especímenes procedentes principalmente de la especie de hongo donde se encontraron, sin embargo en algunos casos también se logró apreciar la presencia de otro tipo esporas fúngicas.

#### **2.5.2.1. Tipo I**

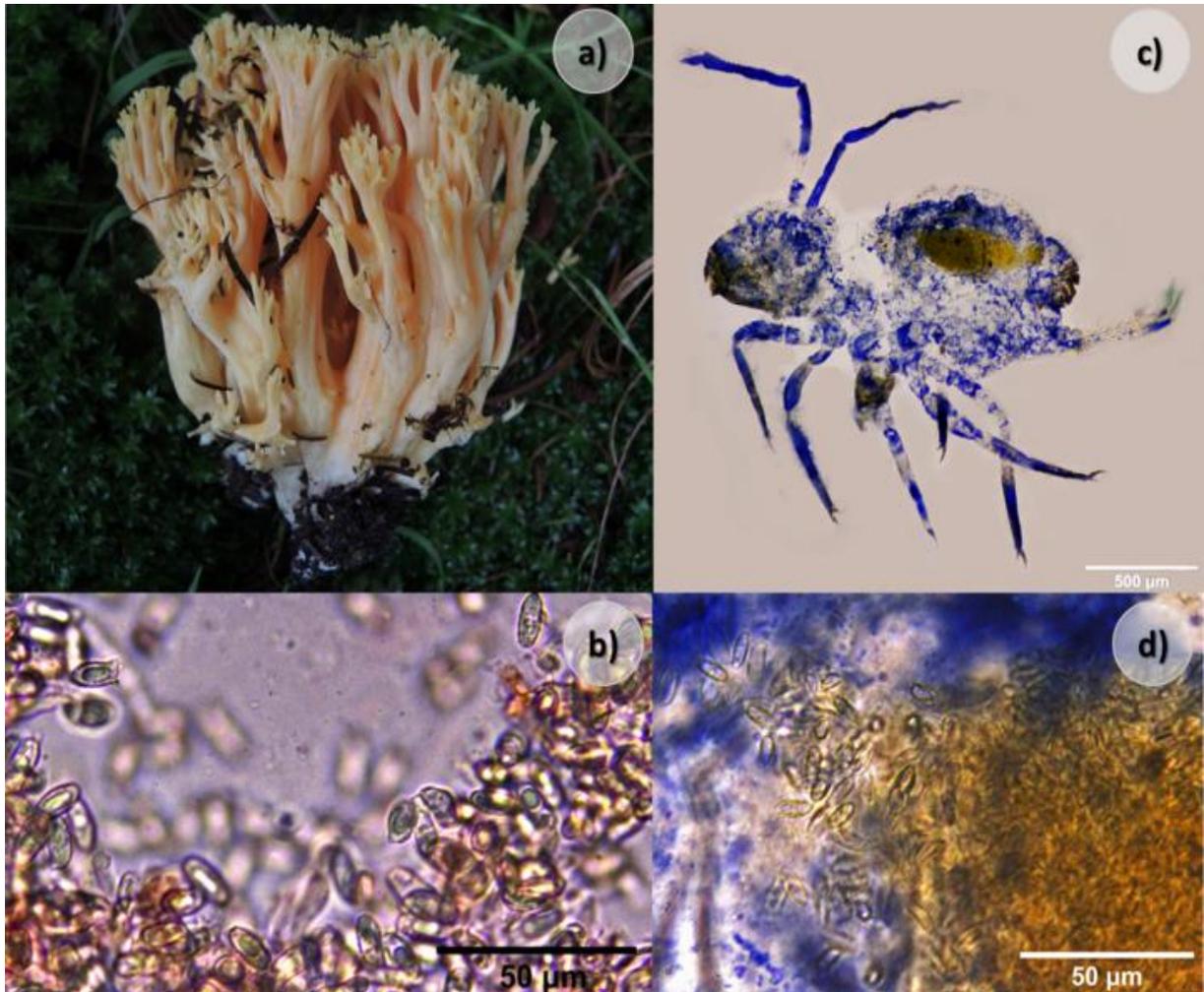
Se encontraron especímenes del tipo I en esporomas de las especies de *B. aestivalis*, *M. esculenta*, *R. subbotrytis* y *Ramaria* sp. y se observaron principalmente en tractos digestivos de colémbolos. En *B. aestivalis* se encontró un colémbolo del orden Poduromorpha (Figura 2.4 c) en su tracto digestivo abundantes esporas de *B. aestivalis* (Figura 2.4 d), las cuales se caracterizan por tener forma fusiforme, de color café claro amarillento (Figura 2.4 b); también se observó un pellet con esporas de *B. aestivalis*, que estaba próximo a la zona anal (Figura 2.4 e). En la Figura 2.5 a, se tiene un colémbolo del orden Symphypleona encontrado en un esporoma de *M. esculenta*, con contenido estomacal de color café abundante y la presencia de esporas ovoides de pared delgada y color hialino características de las esporas del género *Morchella* (Figura 2.5 d y e). En el esporoma de *R. subbotrytis* (terrícola) se encontró otro colémbolo del orden Symphypleona (Figura 2.6 b), quien presenta el tracto digestivo con abundantes esporas de *R. subbotrytis*, las cuales se caracterizan por tener una forma elipsoidal de color amarillento en conjunto y hialino cuando se observan de manera individual y presentan una pared ornamentada (Figura 2.6 d). Por último, en *Ramaria* sp. (lignícola) se encontró en un colémbolo Entomobryomorpha (Figura 2.7 c) con un tracto digestivo lleno principalmente con esporas (Figura 2.7 e) que coinciden con las características propias del género *Ramaria* (Figura 2.7 b).



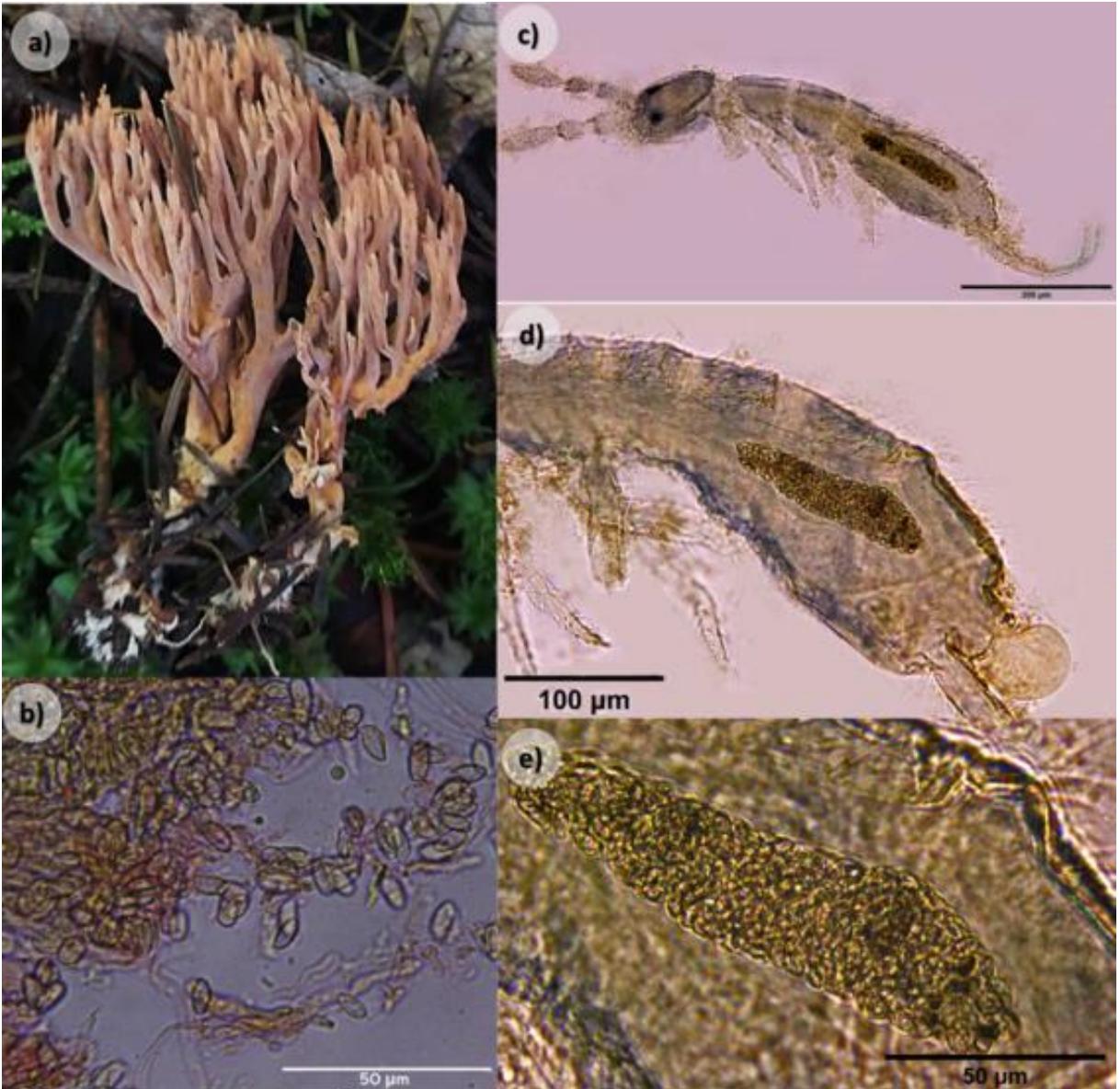
**Figura 2.4** a) Esporoma de *Boletus aestivalis*; b) Esporas de *B. aestivalis*; c) Colémbolo del orden Poduromorpha con contenido estomacal (flecha blanca) y pellet (flecha amarilla); d) Contenido estomacal con abundantes esporas de *B. aestivalis* (aumento 40x); e) Pellet con esporas de *B. aestivalis* (aumento 100x).



**Figura 2.5** a) Esporoma de *Morchella esculenta*; b) Colémbolo *Symphypleona*; c) Ascis con ascosporas de *M. esculenta*; d) y e) Contenido estomacal del colémbolo con esporas de *M. esculenta*.



**Figura 2.6 a)** Esporoma de *Ramaria subbotrytis* (terrícola); **b)** Esporas de *R. subbotrytis* teñidas con floxina; **c)** Colémbolo *Symphypleona* presentando su tracto digestivo con esporas; **d)** Contenido estomacal con esporas de *R. subbotrytis* (aumento 100x).



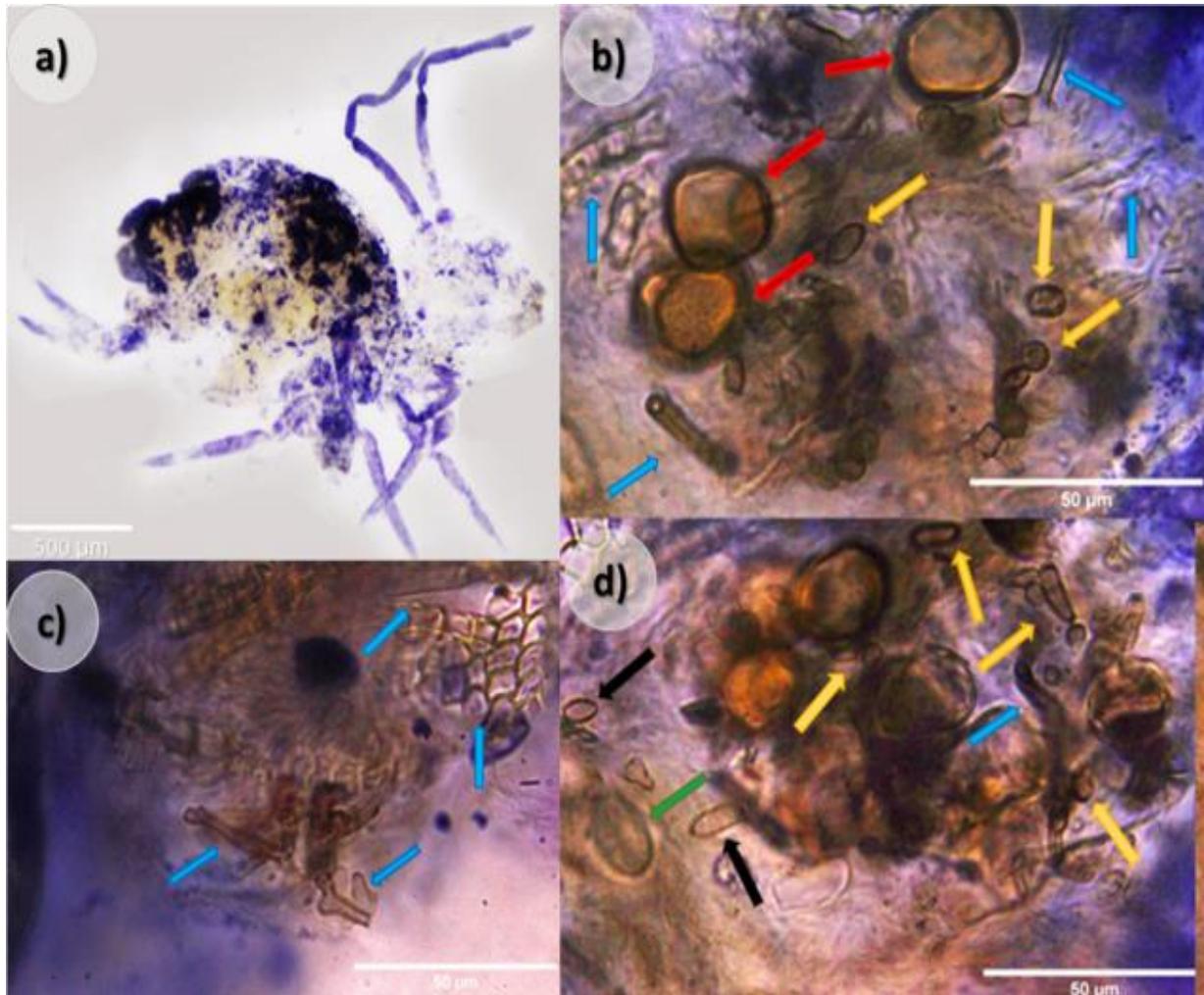
**Figura 2.7** **a)** Esporoma de *Ramaria* sp. (lignícola); **b)** Esporas de *Ramaria* sp. teñidas con floxina; **c)** Colémbolo Entomobryomorpha con el tracto digestivo lleno de esporas, indicado por la flecha amarilla; **d)** Tracto digestivo (aumento 40x); **e)** Contenido estomacal con esporas de *Ramaria* sp. (aumento 100x).

#### 2.5.2.2. Tipo II

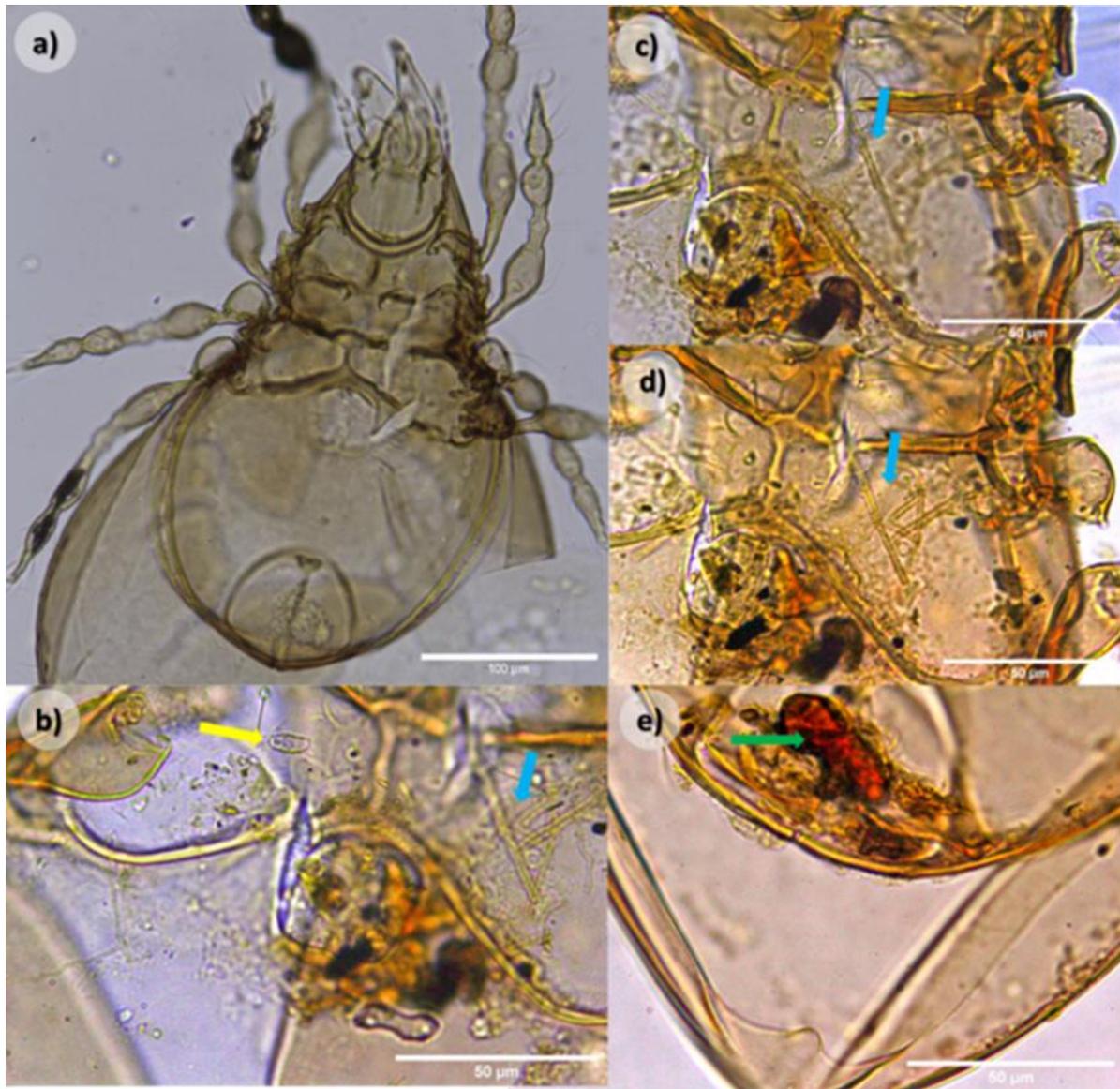
Un espécimen con consumo del tipo II se localizó en los esporomas de *Morchella esculenta*. En la Figura 2.8 a, se observa un colémbolo *Symphyleona* donde en el contenido estomacal se pudo reconocer diferentes tipos de esporas destacando la presencia de una espora de forma elipsoidal, hialina con pared delgada y lisa

característica del género *Morchella* (Figura 2.8 d). También se observaron otras esporas con diferentes características, unas hialinas fusiformes con extremos punteados y paredes lisas (Figura 2.8 d); otras más con forma ovoide a globosas, de tonos café claro a oscuro, algunas amarillentas, todas con paredes que se diferencian de color más oscuro y superficie lisa (Figura 2.8 b y d), además se localizaron esporas globosas, de color café amarillento con paredes gruesas y lisas de tono más oscuro (Figura 2.8 b), por último se observa la presencia de dos tipos de hifas: unas hialinas con paredes gruesas y otras hifas de color café oscuro de paredes gruesas y terminaciones ensanchadas, así como la presencia de contexto (Figura 2.8 b, c y d).

En la Figura 2.9 se observa un ácaro oribátido con consumo del tipo II, localizado en un esporoma de *R. subbotrytis* (terrícola) y en la superficie externa de su cuerpo, cerca de la parte genital, se observó solamente una espora de esta especie, la cual se caracteriza por ser ovoide y tener una superficie ligeramente ornamentada (Figura 2.9 b), también se observaron hifas de color café-amarillento de paredes gruesas y lisas (Figura 2.9 b, c y d), se aprecia una gran cantidad de detritus en la superficie del cuerpo y en el pellet fecal en la zona anal (Figura 2.9 e), pero no se logró identificar claramente algún material fúngico de *R. subbotrytis*.



**Figura 2.8 a)** Colémbolo *Symphypleona* en un esporoma de *Morchella esculenta*; **b-d)** contenido estomacal con diversas estructuras fúngicas: **b) flechas rojas:** esporas globosas, de color café amarillento con paredes gruesas y lisas de color café obscuro; **b y d) Flechas amarillas:** esporas ovoides a globosas, a veces constreñidas en el centro, de tonos café claro a obscuro, algunas amarillentas, las paredes lisas se pueden notar diferenciadas de color más obscuro; **b, c y d) Flechas azules:** hifas septadas, algunas de color café obscuro y otras de color amarillento, ambas de paredes gruesas, además de hifas de color más claro y contexto; **d) Flechas negras:** esporas hialinas fusiformes con paredes delgadas y lisas; y **d) Flecha verde:** espora característica de *M. esculenta* de forma elipsoide, hialina con pared delgada y lisa.



**Figura 2.9** a) Ácaro oribátido encontrado en un esporoma de *R. subbotrytis* (terrícola); **b-d)** contenido de material en la superficie externa del cuerpo; **b) flecha amarilla:** espora ovoide y superficie ligeramente ornamentada de *R. subbotrytis*, cerca del área genital; **b, c y d) Flechas azules:** hifas de color café amarillento de paredes gruesas, en parte superior de la superficie del cuerpo; **e) Flecha verde:** observación de detritus en el pellet fecal en la parte anal.

### 2.5.2.3. Tipo III

En esporomas de *A. basii* se encontraron individuos del tipo III, en un colémbolo *Symphyleona* se observa en el tracto digestivo abundante contenido de color café oscuro (Figura 2.10 a) con la presencia de diferentes tipos de esporas; algunas de color café claro o café oscuro, con forma elipsoides, ovoides y cilíndricas, con tendencia

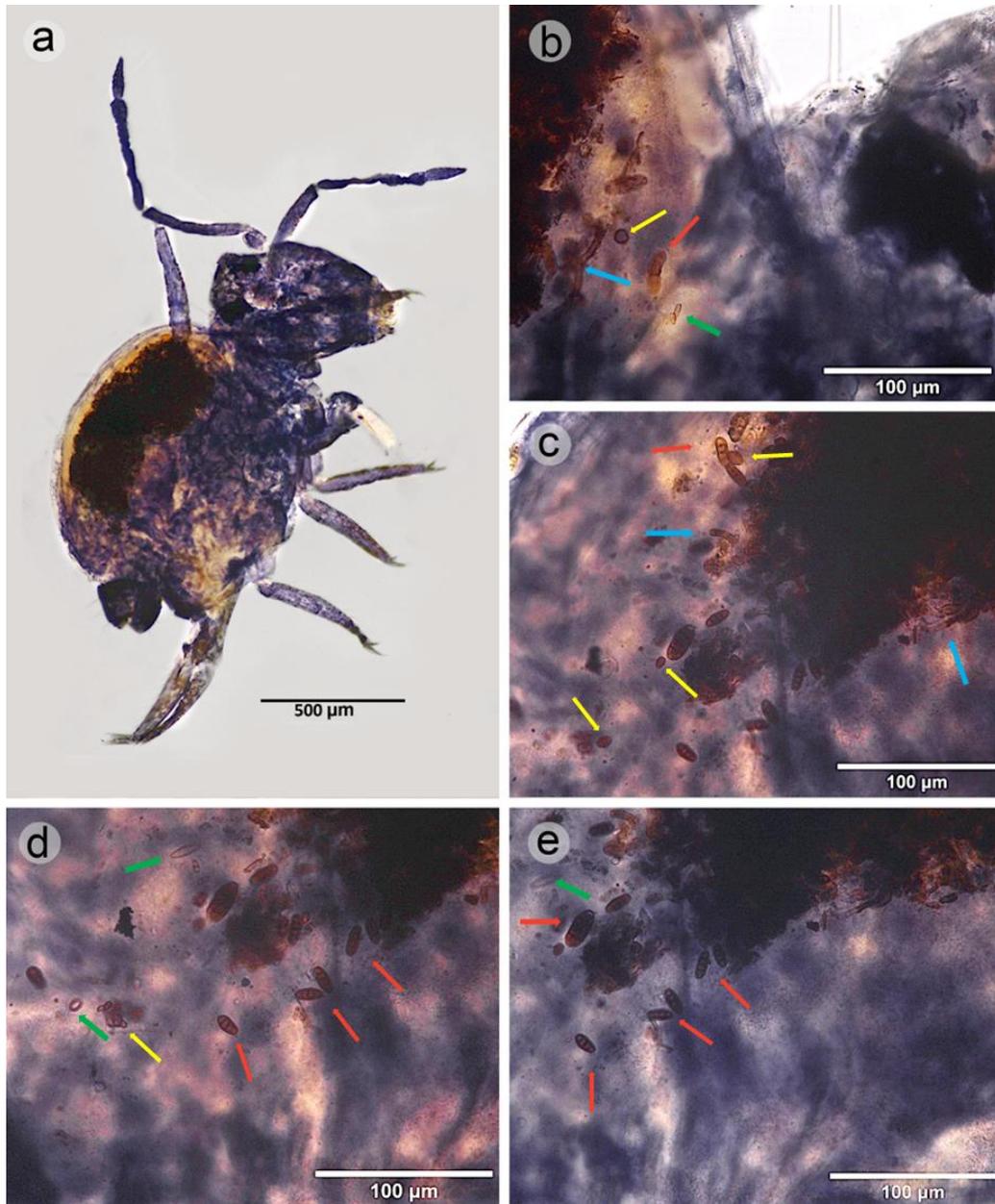
claviforme, con septos transversales y paredes lisas (Figura 2.10 b, c, d y e), además se observaron esporas hialinas de paredes lisas, de forma ovoide y otras fusiformes (Figura 2.10 b, d y e), también esporas ovoides y globosas de color café, con paredes delgadas y lisas (Figura 2.10 b, c y d). Por último en este individuo se notó la presencia de restos de hifas con septos y paredes gruesas de color café oscuro principalmente (Figura 2.10 b y c), que no concuerdan con las características que presenta las hifas de *A. basii*, que son de color hialino y paredes delgadas.

#### **2.5.2.4. Tipo IV**

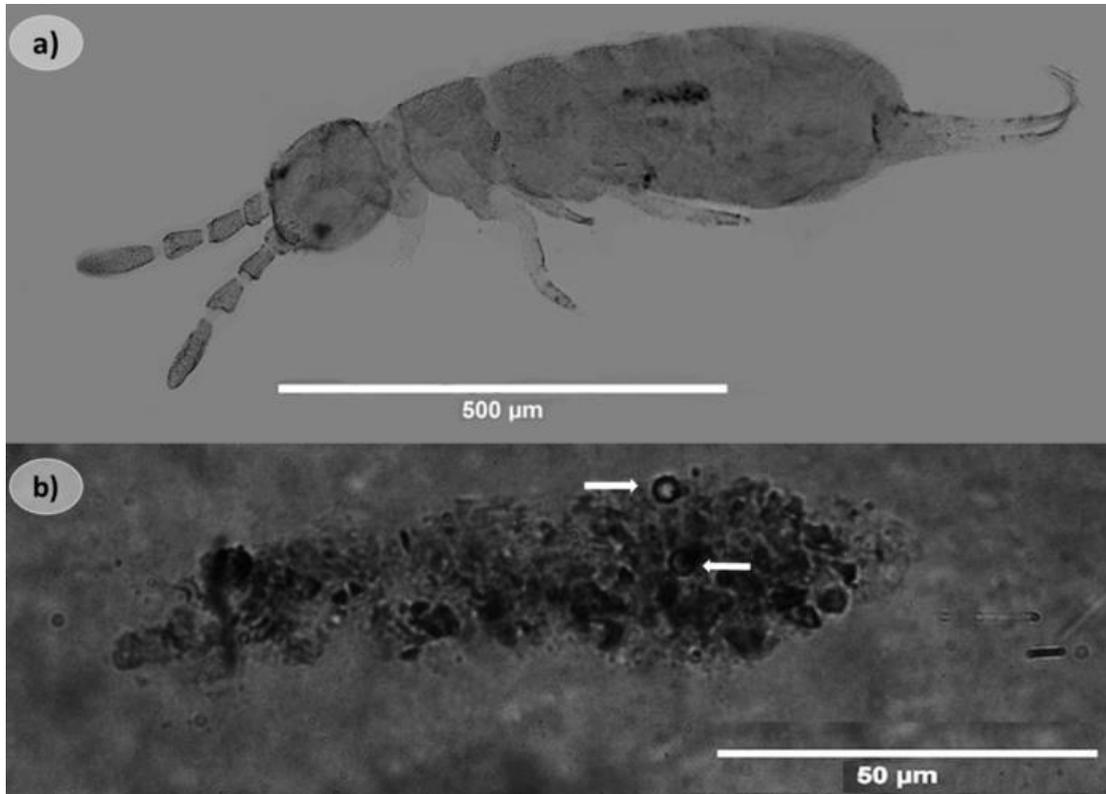
En *A. basii* se encontró un colémbolo Entomobryomorpha con consumo del tipo IV, en la Figura 2.11a se observa un colémbolo Entomobryomorpha donde el contenido estomacal presenta principalmente detritus y material fúngico escaso, las flechas blancas señalan dos esporas globosas de color marrón y con pared gruesa que no corresponden con el tamaño y características morfológicas de las esporas de *A. basii* (Figura 2.11 b).

#### **2.5.2.5. Tipo V**

En la mayoría de los esporomas analizados se encontraron colémbolos o ácaros del tipo V, estos carecían de contenido estomacal, no presentaban indicios de haber consumido alimento procedente del esporoma donde fueron encontrados o del medio edáfico circundante al cuerpo fructífero.



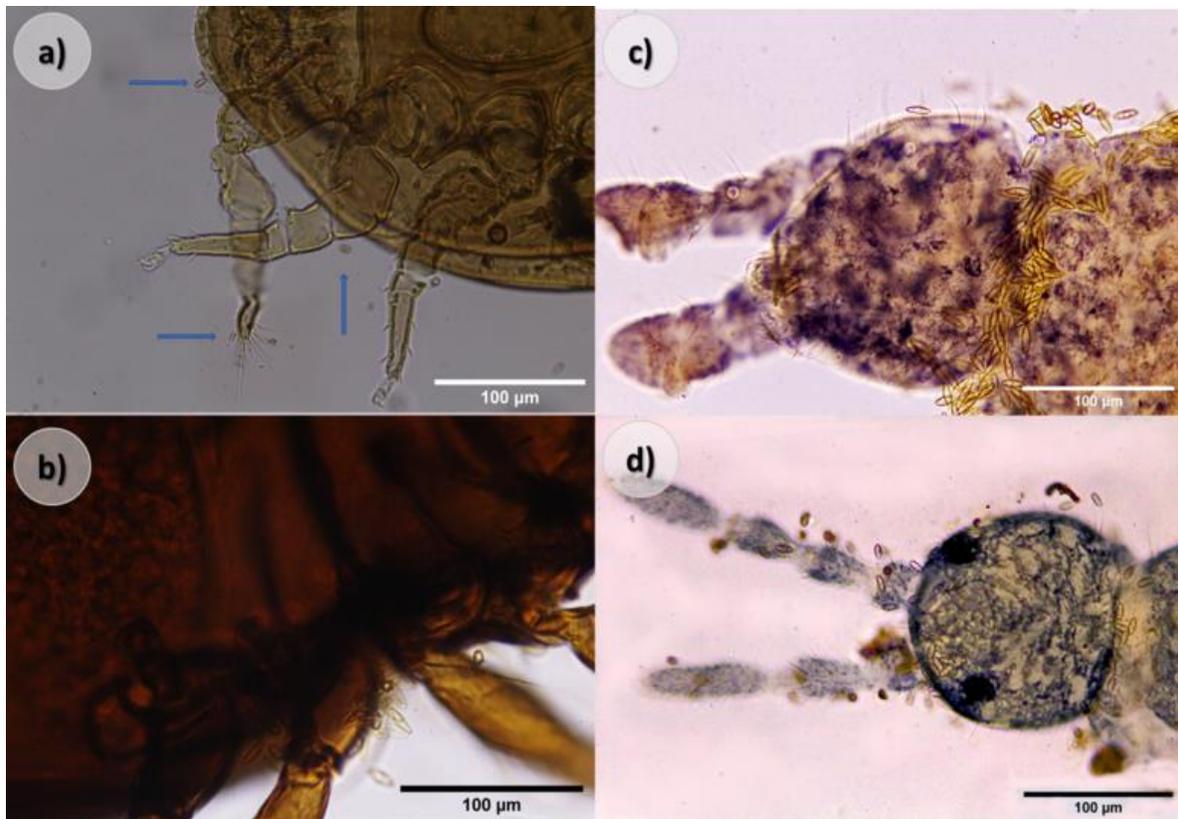
**Figura 2.10 a)** Colémbolo *Symphypleona* con el tracto digestivo de color café oscuro, encontrado en *Amanita basii*; **b, c, d y e)** Las **flechas rojas** señalan esporas de color café claro o café oscuro, con forma elipsoides, ovoides a cilíndricas, con tendencia claviforme, presentando septos transversales y paredes lisas; **b, d y e)** **Flechas verdes:** esporas hialinas de paredes lisas, de forma ovoide y otras fusiformes; **b, c y d)** **Flechas amarillas:** esporas ovoides y globosos de color café, con paredes delgadas y lisas; y **b y c)** **Flechas azules** señalan restos de hifas con septos y paredes gruesas de color café oscuro.



**Figura 2.11 a)** Colémbolo Entomobryomorpha; **b)** Contenido estomacal con detritus y material fúngico escaso, las flechas blancas señalan dos esporas globosas de color marrón con pared gruesa que no corresponden con las esporas de *A. basii*.

### 2.5.3. Exozocoria

Por último en la Figura 2.12 se observan individuos que presentan esporas adheridas a la superficie de sus cuerpos, pertenecientes a los esporomas donde fueron recolectados. Un ácaro Mesostigmata que tiene esporas de *R. subbotrytis* (terrícola), en la parte ventral de su cuerpo y entre las patas (Figura 2.12 a); ácaro oribátido con esporas de *B. aestivalis* en la superficie del cuerpo y entre la tercera y cuarta pata (Figura 2.12 b) y también se observó un colémbolo Poduromorpha con abundantes esporas de *B. aestivalis* en el primer segmento del tórax (Figura 2.12 c); y por último se encontró un colémbolo Entomobryomorpha presentando en el área de la cabeza y antenas esporas de *Ramaria* sp (lignícola) (Figura 2.12 d).



**Figura 2.12** Individuos que presentan esporas adheridas en la superficie de su cuerpo. **a)** Ácaro Mesostigmata con esporas de *R. subbotrytis* (terrícola), flechas azules; **b)** Ácaro Oribatida y **c)** Colémbolo Poduromorpha con esporas de *B. aestivalis*; **d)** Colémbolo Entomobryomorpha con esporas de *Ramaria* sp. (lignícola).

#### 2.5.4. Abundancias en esporomas juveniles y senescentes

Además de los esporomas en estado vegetativo maduro de *B. aestivalis*, se recolectaron seis esporomas en estadio juvenil y uno senescente donde se pudo observar diferencias importantes en las abundancias de ácaros y colémbolos. En los esporomas juveniles se registró un total de 42 individuos (64% colémbolos y 36% ácaros); una media de 7 individuos por esporoma, en contraste con los 753 individuos totales (98% colémbolos y 2% ácaros) encontrados en el esporoma senescente. Sin embargo es necesario realizar un mayor número de recolectas para confirmar si los hongos senescentes contienen un mayor número de individuos en comparación con los hongos juveniles y maduros.

## 2.6. DISCUSIÓN

La presencia de colémbolos y ácaros en los esporomas de los hongos silvestres examinados evidencian que estos son un hábitat atractivo para las comunidades de mesofauna de la zona boscosa templada circundante a la Presa Capoxi Miguel Hidalgo, en el municipio de Jilotzingo, Estado de México. A pesar de que los esporomas son un recurso efímero, la relación mesofauna-esporoma se puede explicar por medio de la coexistencia espacial y temporal de ambos organismos en el mantillo forestal; por un lado los esporomas son estructuras reproductoras que emergen cuando las condiciones ambientales son favorables, esto sucede principalmente en época de lluvias (Mueller *et al.*, 2007) y por otro lado la humedad del sustrato favorece la proliferación de poblaciones de colémbolos, quienes realizan movimientos verticales en las capas superficiales del suelo, básicamente, por la humedad del sustrato (Mateos *et al.*, 1996; Ferguson y Joly, 2002; Lensing *et al.*, 2005). Observaciones en campo han permitido ver como se desplazan y suben los colémbolos a los hongos e incluso trepan por los troncos para llegar a los esporomas (Palacios-Vargas y Gómez, 1991), teniendo así acceso a los himenios, en busca de recursos alimenticios, refugio para poder vivir o bien como nicho para esperar a sus presas (Palacios-Vargas y Gómez, 1991; Mateos *et al.*, 1996; Yamashita y Hijii, 2003; Hernández-Santiago *et al.*, 2020).

Las interacciones ecológicas entre hongos y mesofauna se han documentado para diversos grupos de macromicetos. Palacios-Vargas y Gómez-Anaya (1994) contabilizaron el número de individuos de colémbolos presentes en especies de basidiomicetos agaricoides y en especies de los géneros *Amanita* y *Boletus* encontraron una mayor abundancia de colémbolos (95 individuos) en *Boletus* sp. y una menor abundancia (27 individuos) en *Amanita* sp., resultados que coinciden con las abundancias en estas especies de hongos en este estudio. En adición, Mateos *et al.* (1996) y Yamashita y Hijii (2003) mencionan que las poblaciones de colémbolos son habitantes habituales de los cuerpos fructíferos y Mateos *et al.* (1996) indica que generalmente dominan especies del orden Poduromorpha; como por ejemplo, *Ceratophysella tergilobata* en bosques de *Pinus* y *Quercus* en Cataluña, España.

Similarmente a este estudio, Hernández-Santiago *et al.* (2020) analizaron la abundancia de ácaros y colémbolos presentes en esporomas de hongos ectomicorrízicos comestibles silvestres, en bosques templados circundantes a los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Estos autores encontraron la mayor abundancia de ácaros y colémbolos en esporomas del género *Ramaria*, en menor abundancia en esporomas de diferentes especies de *Amanita* y la más baja abundancia en *Morchella* aff. *esculenta*; mostrando abundancias más altas de colémbolos en los esporomas, en comparación con las abundancias de ácaros; la información en este estudio concuerda con lo reportado por Hernández-Santiago *et al.*, (2020). Sin embargo, en ambos estudios el mayor porcentaje de individuos presentes en los esporomas fue de colémbolos (82% en la Presa Capoxi y 94.7% en bosques de los volcanes) y el menor porcentaje correspondió a los ácaros (18% en la Presa Capoxi y 5.3% en bosques de los volcanes). Por otra parte, Hernández-Santiago *et al.* (2020) también reportan los porcentajes de las abundancias de ácaros y colémbolos en esporomas de los bosques del Monte Tláloc y las proporciones fueron muy diferentes, siendo en colémbolos del 56.2% y en ácaros del 43.8%.

Al respecto Yamashita y Hiji (2003) mencionan que los colémbolos son los individuos más comunes encontrados en los esporomas. A pesar de que este grupo es generalista y se alimenta de un amplio rango de alimentos; según los recursos disponibles, ingieren bacterias, hongos, algas, desechos vegetales u otros animales del suelo, como protozoos, nematodos, rotíferos y enquitreidos (Rusek, 1988), ocupando diferentes nichos tróficos a través de la cadena alimenticia (Chahartaghi *et al.*, 2005). Sin embargo, los hongos micorrízicos constituyen una proporción significativa de biomasa microbiana en el suelo por lo que se convierte en una de las fuentes más importantes de alimento para colémbolos y ácaros que se alimentan de hongos (Menta, 2012); y los esporomas no pueden ser la excepción.

La presencia de una alta abundancia de ácaros y colémbolos en los esporomas de hongos silvestres puede ser posible a que estos organismos son los principales componentes de los microartrópodos del suelo, representando hasta en un 85% el número de individuos encontrados en los suelos forestales (Hope, 2003; Menta, 2012). Sin embargo, la mesofauna del suelo es muy variable y adaptable con respecto a las

condiciones ambientales de los suelos forestales y posiblemente las proporciones ácaros/colémbolos pueden cambiar por el efecto del tipo de bosque (Petersen y Luxton, 1982). El grado de interacción entre ácaros y colémbolos del suelo y esporomas de los hongos silvestres es muy variable entre taxones de los esporomas y posiblemente puede depender del ciclo de vida de ambos organismos y del tiempo que puede pasar en el esporoma, la mesofauna del suelo. Al respecto, se encontró que los hongos senescentes contienen una mayor abundancia en comparación con la de hongos juveniles y maduros; pero es necesario un mayor número de recolectas para confirmar este hallazgo.

### **2.6.1. Abundancia del orden Collembola**

En relación con las variaciones poblacionales de colémbolos en cada una de las especies de hongos recolectados, se encontraron diferentes proporciones de tres diferentes órdenes de colémbolos y en la Figura 2.3 se observa que colémbolos del orden Entomobryomorpha presentaron las mayores proporciones en *Amanita bassi* (48%), *Ramaria subbotrytis* (33%), especie terrícola y ectomicorrízica, y *Ramaria* sp. (75%), especie lignícola. En adición, *Boletus aestivalis* (80%) presentó la mayor proporción de colémbolos del orden Poduromorpha y *Morchella esculenta* (38%) de colémbolos del orden Symphypleona.

Estas proporciones se podrían explicar por las formas de vida de los colémbolos en el suelo. Al respecto Potapov *et al.* (2016) indica que los nichos tróficos tienen relación con las formas de vida de los colémbolos y estas características ecológicas forman grupos de colémbolos que se distribuyen en un amplio conjunto de hábitats, que usan diferentes tipos de alimentos y realizan diferentes funciones del ecosistema. La mayoría de los colémbolos edáficos como los de forma de vida atmobiótica y/o epiedáfica que habitan sobre la superficie del suelo, en la hojarasca, sobre y en los troncos de los árboles, y troncos caídos como los asociados a los musgos o los hemiedáficos que habitan en la materia orgánica parcialmente descompuesta o madera podrida, son los colémbolos que pudieron desplazarse verticalmente y subir a los esporomas y habitar temporalmente el himenio de los cuerpos fructíferos. Las especies de forma de vida euedáfica no se encontraron en los esporomas debido a que están adaptadas a vivir en

las capas minerales humificadas (horizonte húmico) más profundas y es difícil que puedan desplazarse a la superficie del suelo, debido a que no es su hábitat natural.

Además la presencia de colémbolos en los esporomas de los hongos podría también estar relacionada a la vegetación que rodea al hongo, como el musgo o zacatonal, así como con la madera muerta. Ospina *et al.* (2003) encontraron una alta abundancia de colémbolos de la familia Isotomidae (52.8%) perteneciente al orden Entomobryomorpha asociadas a diversas especies de pastos; al respecto, Mari-Mutt, (1986) menciona que las especies de colémbolos pueden trepar a varas especies de pastos siempre que la temperatura y humedad sean favorables. En este estudio los esporomas de *A. basii* y *R. subbotrytis* se recolectaron en zonas asociadas a pastizales conocidas con el nombre de zacatonales (monocotiledóneas) (Figura 2.13).



**Figura 2.13** Esporomas de: **a)** *Ramaria subbotrytis* y **b)** *Amanita basii* asociadas al zacatonal.

Por otra parte, el registro de un menor número de colémbolos en la especie *Ramaria* sp. lignícola en comparación con la especie terrícola, podría estar relacionada a que el hábitat natural de las especies lignícolas es sobre la madera muerta o en descomposición; al respecto, Potapov *et al.* (2016) menciona que los colémbolos de forma de vida hemiedáfica son los que están adaptados a vivir en madera muerta, pero

posiblemente están más adaptados a este hábitat y no frecuentan regularmente los esporomas de las ramarias lignícolas.

Por otro lado, colémbolos del orden Poduromorpha, probablemente de forma de vida hemiedáfica, fueron encontrados en más alta proporción en los esporomas de *B. aestivalis*, este orden se caracteriza por tener cuerpos alargados y delgados, lo que podría facilitar que se resguarden en los poros del himenio de *B. aestivalis* y por eso podría existir una preferencia por este tipo de esporoma debido al ancho de su cuerpo. Adicionalmente, Palacios-Vargas y Gómez (1991) observaron el comportamiento de colémbolos de los géneros *Odontella* y *Microgastrura* penetrar dentro de los poros de *Polyporus tricoloma* para alimentarse, pero su abdomen crece tanto que su cuerpo ocupa todo el espacio de un poro, por lo que se ven forzados a desplazarse de reversa para poder salir. Sin embargo, colémbolos del orden Poduromorpha estuvieron presentes en esporomas de *M. esculenta* y en *R. subbotrytis*, esto se podría explicar debido a que eran especímenes de forma de vida epiedáfica, ya eran de mayor tamaño y tenían pigmentación del cuerpo muy colorida.

En el caso del orden Symphypleona la mayor abundancia se registró en *A. basii* (50% del total de individuos), además tuvo una representación de entre el 1 al 38% de la población total de colémbolos-ácaros en cuatro de las especies de macromicetos muestreadas; la abundancia de simfipleones encontrada en este estudio fueron las más bajas (21%). Esta información coincide con lo registrado por Hernández-Santiago *et al.* (2020) quienes encontraron colémbolos Shymphypleona sobre esporomas de diversos géneros principalmente de himenio laminar como *Cortinarius*, donde se observó el consumo de cantidades importantes de esporas y también se encontraron en *Helvella* y *Morchella*, este último género presenta un himenio alveolado. Palacios-Vargas y Gómez (1991) indican que de acuerdo con sus resultados que si bien son frecuentes los colémbolos del orden Symphypleona, el número de individuos que se encuentra en cada esporoma se reduce a unos cuantos, es decir no se encuentran en altos porcentajes.

### 2.6.2. Abundancia de la subclase Acari

Diversas investigaciones han señalado que las comunidades edáficas de ácaros tienen una estrecha relación ecológica con diversos macromicetos (Okabe y Amano, 1992, 1993; Lilleskov y Bruns, 2005; Schneider *et al.*, 2005; Walter y Proctor, 2013; Hernández-Santiago *et al.*, 2020). En este estudio las abundancias de los ácaros que se encontraron presentes en los esporomas recolectadas en la presa Capoxi se presentaron en los siguientes porcentajes: el suborden Oribátida (74%), fue el más abundante en comparación con el orden Mesostigmata (17%) y el suborden Prostigmata (9%). Al respecto Schneider *et al.* (2005) mencionan que los oribátidos son el grupo más abundante en los bosques templados y dominan en diversidad; este tipo de bosque se encuentra rodeando la presa Capoxi. Los ácaros oribátidos presentaron diferentes proporciones en las diferentes especies de hongos que van del 2 al 22%, sin embargo, se ha estudiado muy poco la alimentación de ácaros oribátidos sobre hongos ectomicorrízicos. Los ácaros oribátidos tienen un amplio rango de preferencias alimenticias siendo saprófagos, bacteriófagos, micófagos, xilófagos, necrófagos y ficófagos (Norton, 2014; Acarology Summer Program, Ohio State University); mostrando alimentación selectiva cuando hay recursos de alta calidad disponibles (Hernández-Santiago *et al.*, 2020).

Sin embargo, Schneider *et al.* (2005) en un experimento en laboratorio de preferencias alimenticias con hongos ectomicorrízicos demostraron que la alimentación de los ácaros oribátidos difirió entre las especies de hongos ofrecidas como alimento. En general, *Boletus badius* fue uno de los más preferidos y los menos preferidos fueron los del género *Amanita* y también variaron las preferencias alimenticias por especie de ácaro oribátido; por ejemplo, el ácaro *Carabodes femoralis* prefirió a *Boletus badius* pero el ácaro *Nothrus silvestris* rechazó a este hongo. Lo anterior podría indicar que las diferentes proporciones de ácaros oribátidos encontradas posiblemente tienen relación con la preferencia sobre determinadas especies de hongo, pero hay que considerar que en campo cambian los recursos alimenticios disponibles.

Además, hay que tomar en consideración que los ácaros oribátidos pueden tener afinidad por esporomas que tienen diferente tipo de himenio, consistencia, tipo de estípites

y formas de crecimiento. Okabe y Amano (1992) registraron la presencia de 37 especies de ácaros oribátidos en esporomas de diversas formas pertenecientes a 46 especies de hongos, entre los que se puede destacar la presencia de hongos ectomicorrízicos con himenio laminar como por ejemplo: *Amanita verna*, *Amanita vaginata*, *Amanita pantherina*, *Cortinarius purpurascens*, *Laccaria laccata*, *Lyophyllum decastes*, *Russula alboareolata* y *Russula* sp.; con himenio poroso: *Suillus granulatus* y *Boletus pulverulentus*, y con himenio liso a ligeramente sinuoso: *Helvella atra*. Similarmente, Hernández-Santiago *et al.* (2020) encontraron ácaros oribátidos en *Amanita rubescens* y *Russula delica* (ambas de himenio laminar), *Suillus* sp. (himenio poroso) y *Morchella* aff. *conica* (himenio albeolado).

En el caso del orden Mesostigmata estos ácaros presentaron proporciones muy bajas y solo estuvieron presentes en los esporomas de *Morchella esculenta* (9%), *R. subbotrytis* (5%) y *B. aestivalis* (1%), pero hay que considerar es que estos ácaros son depredadores. Al respecto Petersen y Luxton (1982) mencionan que los Mesostigmata son los ácaros menos abundantes, constituyendo <5–20% del total de Acari que se encuentra en la hojarasca y el suelo. La presencia de estos ácaros en los esporomas podría deberse a que son depredadores de vida libre de pequeños artrópodos, asociados al medio edáfico y, por lo tanto, juegan un papel importante en la regulación del tamaño de las poblaciones de otros organismos del suelo (Krantz, 2009) y su presencia en los esporomas es posiblemente porque podrían encontrar algunas presas como nematodos, colémbolos, ácaros y larvas de moscas; aunque hay especies que se alimentan de nematos y también son micófagos (Walter *et al.*, 1988).

Por último los ácaros del suborden Prostigmata se presentaron en proporciones aún más bajas que las de los Mesostigmata, observándose 4 % en *M. esculenta* y 1% tanto en *B. aestivalis* como en *R. subbotrytis*. Similarmente, este es un grupo de depredadores y la presencia de este grupo de ácaros sobre los esporomas se podría explicar porque se alimentan de una amplia variedad de presas como ácaros, colémbolos, nematodos, huevecillos de ácaros y colémbolos, algas y detritos (Walter *et al.*, 1988); sin embargo, existen especies que se alimentan de hongos de manera oportunista (Iraola, 2001; Coleman *et al.*, 2018), así que probablemente suban a los

esporomas en busca de presas y pocas veces por el recurso fúngico. Hernández-Santiago *et al.* (2020) también encontraron un bajo porcentaje de ácaros prostigmatos asociados a esporomas de *Russula delica*, *Morchella* sp., *Ramaria* aff. *flava* y en *Helvella lacunosa*; en este último hongo, observaron ácaros de la familia Eupodidae que corrían velozmente y se ocultan en las oquedades del estípite.

Okabe y Amano (1993) identificaron 17 especies de ácaros Mesostigmata en 38 especies de hongos y 8 especies de ácaros Prostigmata en 31 especies de hongos, en ambos casos se analizaron especies de hongos ectomicorrízicos con diversos tipos de himenio, como por ejemplo esporomas con himenio laminar: *Amanita virosa*, *Amanita vaginata*, *Amanita pantherina*, *Cortinarius purpurascens*, *Laccaria laccata*, *Lyophyllum decastes*, *Russula alboareolata* y *Russula nigricans*; con himenio poroso: *Suillus granulatus*, *Boletus pseudocalopus* y *Boletus pulverulentus*, y con himenio liso a ligeramente sinuoso: *Helvella atra*.

### **2.6.3. Análisis del tracto digestivo de ácaros y colémbolos presentes en esporomas de hongos silvestres**

Para el análisis del contenido estomacal y/o pellets fecales de los ácaros y colémbolos encontrados en los esporomas colectados en este estudio, se dividieron en cinco tipos de consumo. Se encontró que principalmente los colémbolos pertenecen al tipo I por la presencia de esporas en el tracto digestivo, procedentes del esporoma donde fueron encontrados, indicando que *Boletus aestivalis*, *Morchella esculenta*, *Ramaria subbotrytis* (terrícola) y *Ramaria* sp. (lignícola) son aprovechados como recurso alimenticio de los colémbolos (Figuras 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7); las cuales tienen diferente tipo de himenio.

Al respecto, Ponge (2000) indica que la presencia de colémbolos en los esporomas está fuertemente afectada por su forma de vida, lo que respalda una fuerte relación entre las fuentes de alimento y su hábitat, revelada por el análisis del contenido intestinal. Los colémbolos habitan diferentes capas de la hojarasca y del suelo y su alimento está relacionado con su hábitat (Potapov *et al.*, 2016); las especies de forma de vida epiedáfica y hemiedáfica son las que más probable habitan los esporomas, una vez

que estos han emergido, por vivir cerca de la superficie del suelo. Las especies grandes y coloridas de colémbolos encontrados en los esporomas de este estudio y que tienen patrones que habitan sobre la superficie del suelo están a menudo vinculadas a las dietas de plantas (Potapov *et al.*, 2022) y/o cuerpos fructíferos de hongos, como se demostró en este estudio. Además, se ha observado que algunas especies de colémbolos pueden tener una preferencia alimenticia, lo que podría explicar que en el contenido intestinal se encontraran principalmente esporas procedentes del esporoma donde fueron localizados; sin embargo, no se encontraron restos de hifas en el contenido estomacal, tal y como fue reportado por Hernández-Santiago *et al.* (2020), en colémbolos del orden Entomobryomorpha encontrados en *Morchella aff. conica*.

Similarmente, Greenslade *et al.* (2002) analizaron el contenido intestinal de colémbolos que colonizaban cuerpos fructíferos de 36 especies de diferentes tipos de hongos en Australia y encontraron que algunos colémbolos pueden alimentarse solo de las esporas, mientras que otros se alimentaban tanto de hifas como esporas. Por otra parte Hernández-Santiago *et al.* (2020) analizaron las preferencias alimenticias de colémbolos y ácaros en 35 especies de hongos ectomicorrízicos comestibles indicado por la presencia en el tracto digestivo, contenido estomacal o pellets fecales, esporas y/o esporas e hifas del esporoma donde se encontraron.

Mateos *et al.* (1996) y Greenslade *et al.* (2002) indican que incluso algunos géneros de colémbolos seleccionan preferentemente cuerpos fructíferos de hongos para alimentarse, en particular de las basidiosporas; como es el caso de *B. aestivalis*, *R. subbotrytis* (terricola) y *Ramaria* sp. (lignícola), que tienen diferente tipo de himenio y que presentan basidiosporas sobre las laminillas o tubos o espinas ubicadas generalmente en el envés del píleo. Por otra parte, Hopkin (1997) señala que las hifas fúngicas son el alimento preferido y no las basidiosporas por los colémbolos, lo que es contrario a los resultados encontrados aquí. Lo anterior puede ser comprensible cuando los colémbolos habitan en el suelo, pero cuando habitan los esporomas de hongos silvestres, esta preferencia alimenticia cambia, debido a que los colémbolos tienen una importante función como dispersores de esporas (Lilleskov y Bruns, 2005; Hernández-Santiago *et al.*, 2020).

Por otra parte, uno de los hallazgos más interesantes fue la evidencia de una alimentación generalista, por el contenido heterogéneo de materiales biológicos en el contenido intestinal, en la parte exterior de la superficie del cuerpo y pellets fecales. En la mesofauna que se caracteriza por tener un consumo del tipo II se observa que el tracto digestivo no sólo contiene material del esporoma donde fueron encontrados, sino que también presentan esporas e hifas procedentes de otras especies fúngicas. En *Morchella esculenta* se encontró un colémbolo simfipleona (*Symphyleona*) (Figura 2.8) y en *Ramaria subbotrytis* (terrícola) un ácaro oribátido (Figura 2.9) con consumo del tipo II.

En el contenido intestinal del simfipleona se observó una espora procedente de *M. esculenta*, que se caracteriza por ser de forma elipsoide, hialina con paredes delgadas y lisas. Además se observaron esporas con diversas formas y tamaños de hasta 10 morfoespecies diferentes, así como hifas que no corresponden a *M. esculenta* y detritus. En contraste, en un esporoma de *R. subbotrytis* se encontró un ácaro oribátido en donde en la superficie externa de su cuerpo se observaba una espora de *R. subbotrytis* (terrícola), hifas con diferentes características a las del género *Ramaria* y detritus; además de un pellet fecal con detritus. En ambos casos, una alta evidencia de una larga estancia en el esporoma de los hongos en que fueron encontrados estos individuos no fue muy certera, debido a que solo se encontraron unas cuantas esporas de la especie del hongo, donde se encontraron estos individuos.

Al respecto, es posible que exista una asociación directa del material biológico consumido por los colémbolos durante su desplazamiento vertical hacia la superficie del suelo, indicando que se alimentan de diferentes recursos antes de llegar a hospedar al esporoma de un hongo. Lo anterior se puede explicar por el estudio de Ponge (2000), quien reporta que en base al análisis del contenido intestinal de 45 especies de colémbolos recolectadas a diferentes profundidades del suelo, las especies encontradas en la parte superior (2 cm) vivían en un hábitat derivado del mantillo forestal en varias etapas de descomposición, donde se observó que se alimentaban de microalgas y granos de polen, y no de material vegetal en estado temprano de descomposición. A profundidades intermedias (2-4 cm) los colémbolos se encontraban con material vegetal, como hojas, ramas y corteza, parcialmente descompuesta y a profundidades de 4-8 cm,

se alimentaban principalmente con micelio e hifas de micorrizas (provenientes de las raíces de plantas) y heces de invertebrados. Sin embargo, aún en la actualidad existe un desconocimiento del movimiento y escala espacial donde se encuentra un colémbolo o ácaro en alguna profundidad del suelo, no obstante se ha demostrado que el olfato ayuda a los colémbolos a encontrar comida de su preferencia y se pueden desplazar a una distancia de entre 1-40 cm (Potapov *et al.*, 2020).

Sin embargo, a mayores profundidades de 2 cm los colémbolos se alimentaban principalmente de material fúngico, humus y material vegetal fragmentado, observado como detritus de difícil identificación. Lo anterior puede ser la explicación de la presencia de detritus e hifas fragmentadas, a las que se les pueden observar aún los septos, en la superficie de los cuerpos del ácaro oribátido. Los análisis del contenido intestinal y los análisis de la actividad enzimática indican que la mayoría de los ácaros oribátidos ingieren una amplia gama de materiales alimenticios, incluidas esporas e hifas de diversas especies de hongos, material vegetal, polen de coníferas y partes de cuerpos animales (Siepel y de Ruiter-Dijkman, 1993) y hongos saprófitos y parásitos (Schneider y Maraun, 2005; Schneider *et al.*, 2005).

Especímenes de consumo del tipo III donde el tracto digestivo contiene esporas o hifas de hongos que provienen de otras especies fúngicas, que no corresponden al esporoma donde fueron encontrados, estuvieron presentes en este estudio. En un esporoma de *Amanita basii* se encontró un colémbolo simfipleona que presento un tracto digestivo con una gran cantidad de esporas de diferentes morfotipos de hongos, así como, restos de hifas con septos y paredes gruesas de color café oscuro, que no corresponden con las de *A. basii* (Figura 2.10). Schneider y Maraun (2005) indican que los microartrópodos del suelo, como los colémbolos y los ácaros oribátidos, se alimentan preferentemente de hongos de pigmentación oscura (“Dematiacea”), pero estas preferencias pueden diferir entre especies.

Una observación importante en este ácaro oribátido es la presencia de esporas de hongos edáficos saprófitos o patógenos; esporas de color café oscuro, elipsoides, presentando septos transversales y paredes lisas. Al respecto, Innocenti y Sabatini (2018) observaron que los colémbolos se alimentan preferentemente de hongos

patógenos en lugar de antagónicos o arbusculares y Schneider *et al.* (2005) indican que los ácaros oribátidos prefieren hongos saprófitos por ser alimentos de alta calidad. Estos resultados sobre el consumo de tipo III concuerdan con los estudios sobre estrategias de alimentación en Collembola, que indican que la mayoría de las especies euedáficas y hemiedáficas se alimentan de forma no selectiva de una amplia variedad de materiales alimenticios (Hopkin, 1997), antes de llegar al himenio de un esporoma de un hongo silvestre y que provienen del suelo debido a que se han movido verticalmente hacia la superficie donde encontraron al esporoma, del que aún no se han alimentado.

Fueron escasos los especímenes del tipo IV que se caracterizan por la presencia principalmente de detritus y estructuras fúngicas escasas o no se encuentran presentes. En la Figura 2.11 se muestra un colémbolo *Entomobryomorpha* encontrado en *A. basii* en cuyo contenido estomacal se observó detritus y solo dos esporas globosas de color marrón y pared gruesa que no corresponden a las esporas de *A. basii*. El material (detritus) en el tracto digestivo fue muy difícil de reconocer y posiblemente era hojarasca la cual la prefiere ingerir en estado de descomposición pero también puede ingerir pellets fecales de otros microartrópodos. El consumo de tipo IV posiblemente es el efecto de la alimentación de los colémbolos de materia orgánica en proceso de descomposición, lo anterior ocurre a través de la alimentación directa de vegetación muerta y la indirecta estimulación de microorganismos involucrados en la descomposición (Hopkin, 1997); observándose como detritus en el tracto digestivo de colémbolos que posiblemente recientemente llegaron al himenio del esporoma. Castaño-Meneses *et al.* (2004) señalaron que el consumo de ciertos tipos de recursos depende del hábitat (antes de llegar al himenio de un esporoma), aunado a las condiciones ambientales en el que se encontraba el individuo.

Ácaros y colémbolos con consumo de tipo V es decir con tracto digestivo vacío, se observaron en los esporomas de los hongos analizados. Ponge (2000) menciona que alrededor del 60% de los individuos analizados en su estudio no presentaban contenido estomacal y generalmente se encontraban a una profundidad de 0 a 1 cm, es decir en la superficie del suelo u hojarasca. De acuerdo con los resultados encontrados del análisis del tracto digestivo de ácaros y colémbolos presentes en esporomas de hongos

silvestres, indican que la especialización alimenticia sigue siendo un tema clave para poder comprender la interacción microartrópodos del suelo y esporomas de los hongos silvestres.

#### **2.6.4. Análisis de la superficie de los cuerpos de ácaros y colémbolos por esporas presentes debido a la ectozoocoria**

Con respecto a la ectozoocoria en este estudio se obtuvo evidencia de que los ácaros y colémbolos son importantes agentes de dispersión de esporas de los hongos macromicetos del bosque templado circundante a la presa Capoxi, debido a que las esporas producidas por los esporomas se adhieren a la superficie de su cuerpo durante la estancia en el himenio, pues ambos grupos de microartrópodos cuentan con una cantidad variable de sedas de diversas formas lo que favorece la adherencia de las esporas, esta información concuerda con lo documentado por Lilleskov y Bruns (2005). Asimismo, se ha reconocido a los microartrópodos como un elemento importante que influye en los patrones de dispersión de esporas de hongos afectando el flujo genético y la estructura de la comunidad fúngica (Lilleskov y Bruns, 2005; Walter y Proctor, 2013).

### **2.7. CONCLUSIONES**

En las especies de macromicetos ectomicorrízicos como *A. basii*, *B. aestivalis*, *Morchella esculenta*, *R. subbotritys* y *Ramaria* sp. un hongo lignícola, que son aprovechados en la región de Santa Ana Jilotzingo como hongos comestibles, se confirmó en este estudio que sus esporomas son un hábitat importante para los ácaros y colémbolos del suelo, que habitan el área de bosque templado donde se ubica la Presa Capoxi. La abundancia de colémbolos en los esporomas fue más alta en comparación con la de los ácaros; sin embargo, se observaron diferentes porcentajes de ácaros y colémbolos encontrados en cada esporoma, lo cual puede ser una consecuencia del ciclo de vida de ambos organismos y del tiempo que pueden pasar en el esporoma.

El análisis del contenido intestinal y pellets fecales de ácaros y colémbolos se relacionó con cinco tipos de consumo que indican los diferentes tipos de recursos de los cuales se alimentan, a través de su desplazamiento vertical por la hojarasca y el suelo, antes de alcanzar un esporoma; durante el desplazamiento por el medio edáfico pueden

tener acceso a diversos recursos como material vegetal en estado temprano de descomposición, hojas, ramas y corteza, parcialmente descompuesta y micelio e hifas de micorrizas, así como, detritos y el consumo de esporas cuando habitan el himenio de los esporomas. El consumo los diferentes tipos de recursos depende del hábitat y de las condiciones ambientales, en el que se encontraba el microartrópodo. La abundancia y especialización alimenticia son temas clave para poder comprender la interacción de los microartrópodos del suelo con los esporomas de los hongos silvestres.

## CONCLUSIONES GENERALES

El presente trabajo es un estudio que pone en manifiesto las dinámicas presentes en la comunidad conurbada de Santa Ana Jilotzingo entorno al conocimiento micológico tradicional (CMT) de los hongos comestibles silvestres, documentando la preservación de saberes que perviven en la comunidad a pesar de la influencia de las zonas urbanas que rodean a esta población. Las personas mayores de la comunidad conservan los saberes tradicionales más sólidos y amplios y estos se siguen transmitiendo de forma transversal y horizontal a pesar de los procesos de transculturación que se viven en la comunidad. La nomenclatura tradicional aún se conserva y se sigue utilizando para relacionar la forma de los hongos, el sustrato donde se desarrollan, color, la vegetación asociada, entre otros. Además, la venta de hongos es una actividad económica que ha perdido relevancia y solo la recolección se realiza con el fin de poder consumir los hongos con la familia. Es importante continuar con las investigaciones etnomicológicas en las poblaciones rurales cercanas a las zonas urbanas para documentar, analizar y generar patrones explicativos en torno al CMT, debido a los cambios ambientales, socioculturales y económicos que amenazan la preservación y transmisión de los saberes tradicionales por la influencia de la urbanización.

En lo que respecta a la contribución del conocimiento ecológico se documentó una parte desconocida de la interacción entre la mesofauna edáfica con los esporomas de los hongos silvestres del bosque templado de la Presa Capoxi Miguel Hidalgo. La presencia de la mesofauna en los esporomas, así como el consumo de esporas e hifas son indicadores de las interacciones y servicios entre ambos grupos; como la dispersión de esporas por parte de la mesofauna y hábitat y alimento por parte del esporoma. El número de individuos o abundancias de colémbolos y ácaros encontrados en los esporomas es variable y la proporción encontrada fue mayor en colémbolos en comparación con la de los ácaros. El análisis del contenido intestinal y pellets fecales de colémbolos y ácaros oribátidos indicaron cinco tipos de consumo alimenticio de diferentes recursos, como consecuencia de su desplazamiento y distribución vertical por el suelo y la hojarasca antes de alcanzar un esporoma; durante este recorrido por el medio edáfico los diversos recursos alimenticios están relacionados con el hábitat y las

condiciones ambientales donde se encontraba el microartrópodo. Es necesario continuar con los estudios sobre las variaciones de la abundancia y hábitos alimenticios de colémbolos y ácaros, antes de habitar un esporoma, debido a que estos temas son clave para una mejor comprensión de las interacciones mesofauna-esporoma de hongos silvestres.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Cruz, Y. y M. Villegas. 2010. Especies de Gomphales comestibles en el municipio de Villa del Carbón Estado de México. *Rev. Mex. Mic.* 31: 1-8.
- Alonso-Aguilar, L. E., A. Montoya, A. Kong, A. Estrada-Torres and R. Garibay-Orijel. 2014. The cultural significance of wild mushrooms in San Mateo Huexoyucan, Tlaxcala, Mexico. *J. Ethnobiol. Ethnomedicine.* 10: 1-14.
- Antrop, M. 2000. Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landsc. Ecol.* 15: 257-270.
- Arjona-García, C., J. Blancas, L. Beltrán-Rodríguez, C. L. Binnqüist, H. Colín-Bahena, A. I. Moreno-Calles, J. A. Sierra-Huelsz and X. López-Medellín. 2021. How does urbanization affect perceptions and traditional knowledge of medicinal plants? *J. Ethnobiol. Ethnomedicine.* 17: 1-26.
- Ávila-Sánchez, H. 2005. Introducción. Líneas de investigación y el debate en los estudios urbano-rurales. *In: Ávila-Sánchez, H. (ed.). Lo urbano-rural, ¿nuevas expresiones territoriales? Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias/Universidad Nacional Autónoma de México, Morelos.* pp: 19-58.
- Bardgett, R. D. 2002. Causes and consequences of biological diversity in soil. *Zoology.* 105: 367-374.
- Bardgett, R. D. and W. H. van der Putten. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature.* 515: 505-511.
- Barnes, A. D., M. Jochum, J. S. Lefcheck, N. Eisenhauer, C. Scherber, M. I. O'Connor, P. de Ruiter and U. Brose. 2018. Energy flux: The link between multitrophic biodiversity and ecosystem functioning. *Trends Ecol. Evol.* 33: 186-197.
- Bas, C., T. W. Kuyper, M. E. Noordeloos and E. C. Vellinga. 1990. *Flora Agaricina Neerlandica - Critical monographs on the families of Agarics and Boleti occurring in the Netherlands Vol 2: Pluteaceae, Tricholomataceae.* A.A. Balkema, Rotterdam. 137 p.
- Bas, C., T. W. Kuyper, M. E. Noordeloos and E. C. Vellinga. 1995. *Flora Agaricina Neerlandica- Critical monographs on the families of Agarics and Boleti occurring in the Netherlands. Vol. 3: Tricholomataceae.* A.A. Balkema, Rotterdam. 183 p.
- Beaumelle, L., L. Thouvenot, J. Hines, M. Jochum, N. Eisenhauer and H. R. Phillips. 2021. Soil fauna diversity and chemical stressors: a review of knowledge gaps and roadmap for future research. *Ecography.* 44: 845-859.
- Bellinger, P. F., K. A. Christiansen and F. Janssens. 1996-2022. Checklist of the Collembola of the world. <http://.collembola.org>. (Consulta: enero 2022).

- Berkes, F. 1993. Traditional ecological knowledge in perspective. *In*: Inglis, J. T. (ed.) Traditional ecological knowledge: Concepts and cases. Canadian Museum of Nature/International Development Research Centre, Ottawa. pp: 1-9.
- Berlin, B. 1992. Chapter 3: The Nature of Specific Taxa. *In*: Berlin, B. Ethnobiological classification: principles of categorization of plants and animals in traditional societies. Princeton University Press, New Jersey. pp: 102-122.
- Bernard, H. R. 2006. Research methods in anthropology: Qualitative and quantitative approaches. 4th ed. Altamira Press, Lanham. 803 p.
- Boa, E. 2004. Introduction: setting the scene. *In*: Boa, E. Wild Edible Fungi: A global overview of their use and importance to people. FAO Technical Paper. Non-wood Forest Products 17. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp: 1-6.
- Böllmann, J., M. Elmer, J. Wöllecke, S. Raidl and R. F. Hüttl. 2010. Defensive strategies of soil fungi to prevent grazing by *Folsomia candida* (Collembola). *Pedobiologia*. 53: 107-114.
- Brown, G. G., M. J. Swift, D. E. Bennack, S. Bunning, A. Montañez and L. Brussaard. 2007. Managing of biodiversity in agricultural ecosystems. *In*: Jarvis, D. I., C. Padoch and H. D. Cooper. (eds). Managing biodiversity in agricultural ecosystems. Columbia University Press, New York. pp: 224-268.
- Brundrett, M. C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil*. 320: 37-77.
- Brussaard, L., V. M. Behan-Pelletier, D. E. Bignell, V. K. Brown, W. Didden, P. Folgarait, *et al.* 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio*. 26: 563-570.
- Burrola-Aguilar, C., O. Montiel, R. Garibay-Orijel y L. Zizumbo-Villarreal. 2012. Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de Amanalco, Estado de México. *Rev. Mex. Mic.* 35: 1-16.
- Castaño-Meneses, G., J. G. Palacios-Vargas and L. Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales Inst. Biol. Zool.* 75: 135-142.
- Cavalli-Sforza, L. and M. Feldman. 1981. Cultural transmission and evolution: A quantitative approach. Monographs in Population Biology, Princeton University Press, New Jersey. 388 p.
- Chahartaghi, M., R. Langel, S. Scheu and L. Ruess. 2005. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biol. Biochem.* 37: 1718-1725.
- Cifuentes-Blanco, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1986. Hongos. *In*: Lot, A. y F. Chiang (comp.). Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México A. C., México, D.F. pp: 55-64.

- Clémenton, H. and A. H. Smith. 1983. New species of *Lyophyllum* (Agaricales) from North America and a key to the known staining species. *Mycotaxon*. 18: 379-437.
- Coleman, D. C., M. A. Callaham Jr. and D. A. Crossley Jr. 2018. Secondary Production: Activities of Heterotrophic Organisms-The Soil Fauna. 3rd. ed. *Fundamentals of soil ecology*. Academic Press, London. pp: 77-171.
- Creswell, J. 2013. Five Qualitative approaches to inquiry. *In*: Creswell, J. *Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches*. 3rd ed. Sage Publications Inc., California. pp: 69-110.
- Crowther, T., W. L. Boddy and T. H. Jones. 2011. Outcomes of fungal interactions are determined by soil invertebrate grazers. *Ecol. Lett.* 14: 1134-1142.
- Cruz-Rodríguez, M. S. 2002. Procesos urbanos y "ruralidad" en la periferia de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Estud. Demogr. Urb.* 49: 39-76.
- Dallimore, T. and P. Shaw. 2013. *Illustrated key to the families of British Springtails (Collembola)*. Field Studies Council, Stafford Pub. 8 p.
- Deacon, J. 2006. *Fungal Biology*. 4th edition, Blackwell Publishing, Malden. 371 p.
- Delgado-Fuentes, A., M. Villegas-Ríos y J. Cifuentes-Blanco. 2005. *Glosario ilustrado de los caracteres macroscópicos en basidiomycetes con himenio laminar*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 84 p.
- Díaz-Aguilar, I., M. Martínez-Reyes, J. Pérez-Moreno and J. Valdez-Carrasco. 2021. Mesofauna assemblages on the extraradical mycelium of *Pinus greggii* roots with three ectomycorrhizal fungi. *Scientia Fungorum* 52: 1-14.
- Domínguez-Romero, D., J. I. Arsaluz-Reyes, C. Valdés-Valdés y N. P. Romero-Popoca. 2015. Uso y manejo de hongos silvestres en cinco comunidades del municipio de Ocoyoacac, Estado de México. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*. 18: 133-143.
- Entrena-Durán, F. 2005. Procesos de Periurbanización y cambios en los modelos de ciudad: un estudio europeo de casos sobre sus causas y consecuencias. *Papers. Rev. Sociol.* 78: 59-88.
- Esparza-Santibáñez, I. X. 1999. *Jilotzingo, Monografía Municipal*. Ayuntamiento Constitucional, Instituto Mexiquense de Cultura, Estado de México. 116 p.
- Estrada-Torres, A. y R. M. Aroche. 1987. Acervo etnomicológico en tres localidades del municipio de Acambay, Estado de México. *Rev. Mex. Mic.* 3: 109-131.
- Estrada-Torres, A., 1989. *La etnomicología: Avances, problemas y perspectivas*. Examen predoctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F.

- Exeter, R. L., L. Norvell and E. Cazares. 2006. *Ramaria* of the Pacific Northwestern United States. United States Department of Interior, Bureau of Land Management. Salem, Oregon. 156 p.
- Ferguson, S. H. and D. O. Joly. 2002. Dynamics of springtail and mite populations: the role of density dependence, predation, and weather. *Ecol. Entomol.* 27: 565-573.
- Fernández, P. y S. de la Vega. 2017. ¿Lo rural en lo urbano? Localidades periurbanas en la Zona Metropolitana del Valle de México. *EURE.* 43: 185-206.
- Finn, J. A. 2001. Ephemeral resource patches as model systems for diversity-function experiments. *Oikos.* 92: 363-366.
- Fraç, M., S. E. Hannula, M. Bełka and M. Jędryczka. 2018. Fungal biodiversity and their role in soil health. *Front. Microbiol.* 9: 1-9.
- Frutis-Molina, I. y M. E. Huidobro-Salas. 2013. Material didáctico para el reconocimiento taxonómico de los diferentes grupos fúngicos. 2a. ed. FES-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlanepantla, Estado de México. 220 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 246 p.
- Garibay-Orijel, R. 2009. Los nombres zapotecos de los hongos. *Rev. Mex. Mic.* 30: 43-61.
- Garibay-Orijel, R., F. Ruan-Soto, y E. Estrada-Martínez. 2010. El conocimiento micológico tradicional, motor para el desarrollo del aprovechamiento de los hongos comestibles y medicinales. *In: Martínez-Carrera, D., N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales y V. M. Mora (eds.). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: avances y perspectivas en el siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales. COLPOS-UNS-CONACYT-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. pp: 243-270.*
- Garibay-Orijel, R., J. Cifuentes, A. Estrada-Torres and J. Caballero. 2006. People using macrofungal diversity in Oaxaca, México. *Fungal Divers.* 21: 41-67.
- Garibay-Orijel, R. y Ruan-Soto F. 2014. Listado de los hongos silvestres consumidos como alimento tradicional en México. *In: Moreno-Fuentes, A. y R. Garibay-Orijel (eds.). La etnomicología en México. Estado del arte. Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural-Asociación CONACYT, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Biología, UNAM, Sociedad Mexicana de Micología, Asociación Etnobiológica Mexicana A.C., Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México, Sociedad Latinoamericana de Etnobiología, México, D. F. pp: 91-112.*

- Gispert M., O. Nava y J. Cifuentes. 1984. Estudio comparativo del saber popular de los hongos en dos comunidades de la Sierra del Ajusco. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 19: 253-264.
- Gómez-Vázquez, R., H. Thomé-Ortiz y C. A. Pérez-Ramírez. 2018. El conocimiento tradicional ecológico como potenciador para el desarrollo microturístico en el centro de México. *In: Pérez-Campuzano, E. y V. E. Mota-Flores (eds.). Impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., Ciudad de México. pp: 606-622.*
- Grajales-Vásquez, A., R. Velasco-Alvarado, D. Sánchez-Molina, I. Reyes-Mérida, J. Serrano-Ramírez y F. Ruan-Soto. 2008. Estudio etnomicológico en San Antonio Lindavista, Municipio de La Independencia, Chiapas. *Lacandonia*. 2: 5-15.
- Greenslade, P., J. A. Simpson and C. A. Grgurinovic. 2002. Collembola associated with fungal fruit-bodies in Australia. *Pedobiologia*. 46: 345-352.
- Gregory, D. C. 2007. The genus *Clitocybe* of California. Master's Thesis, San Francisco State University, San Francisco. 263 p.
- Gutiérrez de MacGregor, M. T. 2003. Desarrollo y distribución de la población urbana en México. *Bol. Inst. Geogr.* 50: 77-91.
- Guzmán, G. 1977. Identificación de los hongos: comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. *Limusa, D. F.* 452 p.
- Guzmán, G. and F. Ramírez-Guillén. 2001. The *Amanita caesarea*-complex. *Bibliotheca Mycologica J. Cramer, Berlin*. 66 p.
- Gwiazdowicz, D. J. and P. Lakomy. 2002. Mites (Acari, Gamasida) occurring in fruiting bodies of Aphyllophorales. *Fragm. Faun.* 45: 81-89.
- Haro-Luna, M. X., F. Ruan-Soto and L. Guzmán-Dávalos. 2019. Traditional knowledge, uses, and perceptions of mushrooms among the Wixaritari and mestizos of Villa Guerrero, Jalisco, Mexico. *IMA Fungus*. 10: 1-14.
- Hernández-Salmerón, I. R., V. M. Gómez-Reyes y M. Gómez-Peralta. 2013. Contribución al conocimiento del género *Morchella* (Morchellaceae: Ascomycota) para Michoacán. *Biológicas* 15: 1-15.
- Hernández-Santiago, F., I. Díaz-Aguilar, J. Pérez-Moreno and J. L. Tovar-Salinas. 2020. Interactions between soil mesofauna and edible ectomycorrhizal mushrooms. *In: Pérez-Moreno, J., A. Guerin-Laguette, R. Flores-Arzú and F. Q. Yu (eds.). Mushrooms, humans and nature in a changing world. Perspectives from ecological, agricultural and social sciences. Springer, Cham. pp: 367-405.*
- Hernandez-Santiago, F., J. Pérez-Moreno, B. Xoconostle-Cázares, J. J. Almaraz-Suárez, E. Ojeda-Trejo, G. Mata-Montes de Oca and I. Díaz-Aguilar. 2016. Traditional

- knowledge and use of wild mushrooms by Mixtecs or Ñuu savi, the people of the rain, from Southeastern Mexico. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 12: 1-22.
- Herrera, T. 1963. Especies de *Lycopodon* del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.* 34: 43-68.
- Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. El reino de los hongos. *Micología Básica y Aplicada.* UNAM-FCE, México, D.F. 522 p.
- Hishi, T., R. Fujimaki, T. P. McGonigle and H. Takeda. 2008. Relationships among fine roots, fungal hyphae and soil microarthropods among different soil microhabitats in a temperate coniferous forest of *Chamaecyparis obtusa*. *Eur. J. Soil Biol.* 44: 473-477.
- Holt, R. D. 2009. Bringing the Hutchinsonian niche into the 21st century: Ecological and evolutionary perspectives. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106: 19659-19665.
- Hope, G. D. 2003. Of mites and men...and springtails: a study of soil microarthropods in the Sicamous Creek Alternative Silvicultural Systems Project. Kamloops Forest Region, Kamloops, B.C. 8 p.
- Hopkin, S.P. 1997. *Biology of Springtails (Insecta: Collembola).* Oxford University Press, Oxford. 330 p.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jilotzingo, México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/15/15046.pdf>. (Consulta: marzo 2020).
- INEGI. 2015. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades, <http://geoweb.inegi.org.mx/mgn2k/catalogo.jsp> (Consulta: noviembre 2020).
- INEGI. 2020a. Panorama sociodemográfico de México, Censo de Población y Vivienda. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825197889.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197889.pdf) (Consulta: octubre 2022).
- INEGI. 2020b. Censo de Población y Vivienda. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/#collapse-Resumen> (Consulta: octubre 2022).
- Innocenti, G. and M. A. Sabatini. 2018. Collembola and plant pathogenic, antagonistic and arbuscular mycorrhizal fungi: A review. *Bull. Insectology.* 71: 71-76.
- Iraola, V. 2001. Introducción a los ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. *Boletín de la SEA.* 28: 141-146.
- Jasso-Arriaga, X., A. R. Martínez-Campos, Y. A. Gheno-Heredia y C. Chávez-Mejía. 2016. Conocimiento tradicional y vulnerabilidad de hongos comestibles en un ejido dentro de un área natural protegida. *Polibotánica.* 42: 167-195.

- Jiménez-González, M., L. Romero-Bautista, M. A. Villavicencio-Nieto y B. E. Pérez-Escandón. 2013. Los hongos comestibles de la región de Molango de Escamilla, Hidalgo, México. *In*: Pulido-Flores, G. y S. Monks. Estudios científicos en el Estado de Hidalgo y zonas aledañas. Zea Books, Lincoln, Nebraska. pp: 69-82.
- Kirk, P. M., P. F. Cannon, D. W. Minter and J. A. Stalpers. 2008. Dictionary of the fungi. 10th ed. CAB International Publishing, Wallingford. 771 p.
- Kong, A. 2003. El género *Russula* (Fungi, Russulales) en el Parque Nacional La Malinche. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 192 p.
- Krantz, G. W., 2009. Habits and habitats. *In*: Krantz, G. W. and D.E. Walter (eds.). A Manual of Acarology, 3rd ed. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas. pp. 64-82.
- Kües, U., W. Khonsuntia and S. Subba. 2018. Complex fungi. *Fungal Biol. Rev.* 32: 205-218.
- Kuo, M., D. R. Dewsbury, K. O'Donnell, M. C. Carter, S. A. Rehner, J. D. Moore, J. M. Moncalvo, S. A. Canfield, S. L. Stephenson, A. S. Methven and T. J. Volk. 2012. Taxonomic revision of true morels (*Morchella*) in Canada and the United States. *Mycologia.* 104: 1159-1177.
- Landeros, F. y L. Guzmán-Davalos. 2013. Revisión del género *Helvella* (Ascomycota: Fungi) en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 84: 03-20.
- Lara-Vázquez, F., A. Romero-Contreras y C. Burrola-Aguilar. 2013. Conocimiento tradicional sobre los hongos silvestres en la comunidad otomí de San Pedro Arriba, Temoaya, Estado de México. *Agric. Soc. Desarro.* 10: 305-326.
- Largent, D. L., D. Johnson and R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus III: microscopic features. Mad River Press, Eureka, California. 148 p.
- Lavelle, P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biol. Int.* 33: 3-16.
- Lavelle, P., T. Decaëns, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, P. Margerie, P. Mora and J. P. Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.* 42: S3-S15.
- Lensing, J. R., S. Tood and D. H. Wise. 2005. The impact of altered precipitation on spatial stratification and activity-densities of springtails (Collembola) and spiders (Araneae). *Ecol. Entomol.* 30: 194-200.
- Lilleskov, E. A. and T. D. Bruns. 2005. Spore dispersal of a resupinate ectomycorrhizal fungus, *Tomentella sublilacina*, via soil food webs. *Mycologia.* 97: 762–769.
- Lindquist, E. E., G. W. Krantz and D. E. Walter. 2009. Classification. *In*: Krantz, G. W. and D. E. Walter, (eds.). A manual of Acarology. 3rd ed. Texas Tech University Press, Lubbock, Texas. 97-103 pp.

- López-García, A., J. Pérez-Moreno, M. Jiménez-Ruiz, E. Ojeda-Trejo, J. Delgadillo-Martínez y F. Hernández-Santiago. 2020. Conocimiento tradicional de hongos de importancia biocultural en siete comunidades de la región chinanteca del estado de Oaxaca, México. *Scientia Fungorum*. 50: 1-13.
- López-Vázquez, V. y W. Plata-Rocha. 2009. Análisis de los cambios de cobertura de suelos derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la ciudad de México, 1990-2000. *Invest. Geogr.* 68: 85-101.
- Luna-Morales, C. 2002. Ciencia, conocimiento tradicional y etnobotánica. *Etnobiología*. 2: 120-135.
- Mapes, C., G. Guzmán y J. Caballero. 1981. Etimología purépecha, el conocimiento y uso de los hongos en la Cuenca de Páztcuaro Michoacán. Serie etnociencia 2, Dirección General de Culturas Populares, Secretaría de Educación Pública y Sociedad Mexicana de Micología A.C., México, D. F. 79 p.
- Mariaca-Méndez, R., L. C. Silva y C. A. Castaños. 2001. Proceso de recolección y comercialización de hongos comestibles silvestres en el Valle de Toluca, México. *Ciencia ergo-sum*. 8: 30-40.
- Mari-Mutt, J. A. 1986. Collembola associated with grasses in the grounds of the University of Puerto Rico at Mayagüez. *J. Agric. Univ. P. R.* 70: 75-78.
- Mateos, E., R. López, T. Barranco y P. H. Navarro. 1996. Colémbolos (Hexapoda, Collembola) asociados con carpóforos de Basidiomicetes recolectados en el SW de Cataluña. *Revista Catalana Micol.* 19: 99-107.
- McAfee, B. J. and D. W. Grund. 1982. The clavarioid fungi of Nova Scotia. *Proc. N. S. Inst. Sci.* 32: 1-73.
- Mendizábal-Hernández, L. C., J. Márquez-Ramírez, J. Alba-Landa, H. Cruz-Jiménez, E. y O. Ramírez-García. 2008. Cambio climático y comunidades forestales. *Foresta Veracruzana*. 10: 49-56.
- Menta, C. 2012. Soil fauna diversity-function, soil degradation, biological indices, soil restoration. In: Lameed, G. A. (ed.). *Biodiversity conservation and utilization in a diverse world*. InterchOpen, London. pp: 59-94.
- Merino-Pérez, L. y A. E. Martínez-Romero. 2014. A vuelo de pájaro. Las condiciones de las comunidades con bosques templados en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. pp: 33-51.
- Montoya-Esquivel, A. 1997. Estudio etnomicológico en San Francisco Temezontla, estado de Tlaxcala. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 133 p.
- Montoya-Esquivel, A., A. Estrada-Torres and J. Caballero. 2002. Comparative ethnomycological survey of three localities from la Malinche volcano, Mexico. *J. Ethnobiol.* 22: 103-131.

- Montoya-Esquivel, A., E. Briones-Dumas, R. A. Núñez-López, A. Kong, V. Ortiz-Hernández y A. Moreno-Fuentes. 2019. Los hongos conocidos por la comunidad Yuhmu de Ixtenco, Tlaxcala, México. *Scientia Fungorum*. 49: 1-15.
- Montoya-Esquivel, A., O. Hernández-Totomoch, A. Estrada-Torres, A. Kong and J. Caballero. 2003. Traditional knowledge about mushrooms in a Nahuatl community in the state of Tlaxcala, Mexico. *Mycologia*. 95: 793-806.
- Moreno-Fuentes, A. 2002. Estudio etnomicológico comparativo entre comunidades Rarámuris de la Alta Tarahumara, en el estado de Chihuahua. Tesis de Doctorado, Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 277 p.
- Moreno-Fuentes, A., J. Cifuentes, R. Bye y R. Valenzuela. 1996. Kuté-mo'kó-a: un hongo comestible de los indios Rarámuri de México. *Rev. Mex. Mic.* 12: 31-39.
- Moreno-Fuentes, A., R. Garibay-Orijel, J. Tovar-Velasco y J. Cifuentes. 2001. Situación actual de la etnomicología en México y el mundo. *Etnobiología*. 1: 75-84.
- Mueller, G. M., J. P. Schmit, P. R. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. E. Desjardin, R. E. Halling, K. Hjortstam, T. Iturriaga, K. H. Larsson, D. J. Lodge, *et al.* 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodivers Conserv.* 16: 37-48.
- Nakamori, T. and A. Suzuki. 2005. Preference of three collembolan species for fruit-bodies of three species of basidiomycete fungi. *Pedobiologia*. 49: 119-125.
- Nakamori, T. and A. Suzuki. 2007. Defensive role of cystidia against Collembola in the basidiomycetes *Russula bella* and *Strobilurus ohshimae*. *Mycol. Res.* 111: 1345-1351.
- Nakamori, T. and A. Suzuki. 2010. Spore resistance and gut-passage time of macrofungi consumed by *Ceratophysella denisana* (Collembola: Hypogastruridae). *Fungal Ecol.* 3: 38-42.
- Nakano, M., A. Ochiai, K. Kamata and T. Nakamori. 2017. The preference of *Morulina alata* (Collembola: Neanuridae) feeding on some fungal sporocarps and the effects of passage through the gut on spores. *Eur. J. Soil Biol.* 81: 116-119.
- Nielsen, U. N. 2019. Soil fauna assemblages: global to local scales. Ecology, biodiversity and conservation. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 42-85.
- Nortcliff, S., H. Hulpke, C. G. Bannick, K. Terytze, G. Knoop, M. Bredemeier and H. Schulte-Bisping. 2011. Soil: definition, function, and utilization of soil. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley, Weinheim. pp 613.
- Nouhra, E. R., T. R. Horton, E. Cazares and M. Castellano. 2005. Morphological and molecular characterization of selected *Ramaria* mycorrhizae. *Mycorrhiza*. 15: 55-59.

- O'Connell, T. and T. Bolger. 1997. Stability, ephemerality and dispersal ability: Microarthropod assemblages on fungal sporophores. *Biol. J. Linn. Soc.* 62: 111-131.
- Okabe. K. and H. Amano. 1992. Mite species collected from field mushrooms (I): Cryptostigmata. *J. Acarol. Soc. Jpn.* 1: 127-135.
- Okabe. K. and H. Amano. 1993. Mite species collected from field mushrooms (II): Mesostigmata, Prostigmata and Astigmata. *J. Acarol. Soc. Jpn.* 2: 19-28.
- Okui, K., Y. Sawada and T. Yoshida. 2021. "Wisdom of the elders" or "Loss of experience" as a mechanism to explain the decline in traditional ecological knowledge: a case study on Awaji Island, Japan. *Hum. Ecol.* 49: 353-362.
- Orgiazzi A., R. D. Bardgett, E. Barrios, V. Behan-Pelletier, M. J. I. Briones ... *et al.* (eds.). 2016. Global soil biodiversity atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 176 pp.
- Ospina, C. M., F. J. Serna, M. R. Peñaranda y S. L. Serna. 2003. Colémbolos asociados con cultivos de pastos en tres zonas de vida de Holdridge en Antioquia (Colombia). *Agron. Colomb.* 21: 129-141.
- Palacios-Vargas, J. G. y B. E. Mejía-Recamier. 2007. Técnicas de colecta, preservación y montaje de microartrópodos. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México, D.F. 74 p.
- Palacios-Vargas, J. G. y J. A. Gómez. 1991. Los colémbolos y su relación con los hongos. Memorias del 1er. Simposio Nacional sobre la Interacción Insecto-Hongo. XXVI Congreso Nacional de Entomología, Veracruz. pp. 99-114.
- Palacios-Vargas, J. G. y J. A. Gómez-Anaya. 1994. Lista actualizada de colémbolos micetófilos de México (Hexapoda: *Entognatha*). *Fol. Entomol. Mex.* 92: 21-30.
- Palomino-Naranjo, A. 1990. Etnomicología Tlahuica de San Juan Atzingo, Estado de México. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlanepantla, Estado de México. 118 p.
- Pardavé-Díaz, L. M. 2001. Contribución al conocimiento del género *Amanita* en el estado de Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, Aguascalientes. 25:11-6.
- Pérez-Moreno, J., A. Guerin-Laguette, R. Flores-Arzú, F. Q. Yu and A. Verbeken. 2020. Setting the Scene. *In*: Pérez-Moreno, J., R. Flores-Arzú, A. Guerin-Laguette and F.Q. Yu (eds.). *Mushrooms, humans, and nature in a changing world: Perspectives from agricultural, ecological and social sciences*. Springer Nature, Cham. pp: 3-28.
- Pérez-Moreno, J., A. Lorenzana-Fernández, V. Carrasco-Hernández y A. Yescas-Pérez. 2009. Los hongos comestibles silvestres del Parque Nacional Izta-Popo,

- Zoquiapan y Anexos. Colegio de Postgraduados Montecillo, SEMARNAT, CONACyT, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 167 p.
- Pérez-Moreno, J., M. Martínez-Reyes, A. Yescas-Pérez, A. Delgado-Alvarado and B. Xoconostle-Cázares. 2008. Wild mushroom markets in central Mexico and a case study at Ozumba. *Econ. Bot.* 62: 425-436.
- Pérez-Silva, E. y T. Herrera. 1991. Iconografía de Macromicetos de México I *Amanita*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 136 p.
- Petersen, R. H. 1975. *Ramaria* subgenus *Lentoramaria* with Emphasis on North American Taxa. *Bibliotheca Mycologica*. 43:1-159.
- Petersen, R. H. and M. Luxton. 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*. 39: 288-388.
- Petersen, R. H. 1985. Notes on Clavarioid Fungi. XX. New Taxa and Distributional Records in *Clavulina* and *Ramaria*. *Mycology*. 77: 903-919.
- Petersen, R. H. 1987. Contribution toward a monograph of *Ramaria*. VI. The *Ramaria fennica-versatilis* complex. *Sydowia*. 40: 197-226.
- Petersen, R. H. 1988. Contributions toward a monograph of *Ramaria*. VII. New taxa and Miscellany. *Mycology*. 80: 223-234.
- Pilz, D., R. McLain, S. Alexander, L. Villarreal-Ruiz, S. Berch, T. Wurtz, C. G. Parks, E. McFarlane, B. Baker, R. Molina and J. Smith. 2007. Ecology and management of morels harvested from the forests of western North America. General Technical Report PNW-GTR-710, US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland. 161 p.
- Plan de Desarrollo Municipal de Jilotzingo 2019-2021. 2019. [https://jilotzingo.gob.mx/transparencia/jilotzingo/ayuntamiento\\_94\\_IA2\\_20050614\\_0618\\_plan-de-desarrollo-municipal-2019-2021.pdf](https://jilotzingo.gob.mx/transparencia/jilotzingo/ayuntamiento_94_IA2_20050614_0618_plan-de-desarrollo-municipal-2019-2021.pdf) (Consulta: noviem- bre 2020).
- Plan de desarrollo Municipal de Jilotzingo 2022-2024. 2022. [https://www.jilotzingo.gob.mx/contenidos/jilotzingo/docs/57\\_secretaria-gaceta-06-gaceta-y-plan-dsm-30-mar-2022\\_22629135528.pdf](https://www.jilotzingo.gob.mx/contenidos/jilotzingo/docs/57_secretaria-gaceta-06-gaceta-y-plan-dsm-30-mar-2022_22629135528.pdf) (Consulta: octubre 2022).
- Ponge, J. F. 2000. Vertical distribution of Collembola (Hexapoda) and their food resources in organic horizons of beech forests. *Biol. Fertil. Soils*. 32: 508-522.
- Potapov, A. A., E. E. Semenina, A. Y. Korotkevich, N. A. Kuznetsova and A. V. Tiunov. 2016. Connecting taxonomy and ecology: Trophic niches of collembolans as related to taxonomic identity and life forms. *Soil Biol. Biochem.* 101: 20-31.
- Potapov, A. M., F. Beaulieu, K. Birkhofer, S. L. Bluhm, M.I. Degtyarev, M. Devetter, *et al.* 2022. Feeding habits and multifunctional classification of soil-associated consumers from protists to vertebrates. *Biol. Rev.* 97: 1057-1117.

- Potapov, A., B. C. Bellini, S. L. Chown, L. Deharveng, F. Janssens, L'. Kováč, N. Kuznetsova, J. F. Ponge, M. Potapov, P. Querner, D. Russell, X. Sun, F. Zhang and M. P. Berg. 2020. Towards a global synthesis of Collembola knowledge - challenges and potential solutions. *Soil Org.* 92: 161-188.
- Qin, J., M. F. Hovmand, F. Ekelund, R. Rønn, S. Christensen, G. A. de Groot, L. H. Mortensen, S. Skov and P. H. Krogh. 2017. Wood ash application increases pH but does not harm the soil mesofauna. *Environ. Pollut.* 224: 581-589.
- Ramírez-Terrazo, A., A. Montoya y A. Kong. 2020. Conocimiento micológico tradicional en dos comunidades aledañas al Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *Scientia Fungorum.* 51: 1-19.
- Ramírez-Terrazo, A., A. Montoya y J. Caballero. 2014. Una mirada al conocimiento tradicional sobre los hongos tóxicos en México. *In: Moreno-Fuentes, A. y R. Garibay-Orijel (eds). La etnomicología en México, Estado del arte.* CONACYT, UAEH y UNAM, México, D.F. pp: 113-141.
- Ríos-García. U. 2022. Análisis etnomicológico y mesofauna asociada a hongos en la región mazateca de Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias, especialista en Edafología. Posgrado en Edafología, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Rodríguez-Muñoz, G., E. Zapata-Martelo, M. N. Rodríguez, V. Vázquez-García, B. Martínez-Corona y I. Vizcarra-Bordi. 2012. Saberes tradicionales, acceso, uso y transformación de hongos silvestres comestibles en Santa Catarina del Monte, Estado de México. *Agric. Soc. Desarro.* 9: 191-207.
- Ruan-Soto, F. 2007. 50 años de etnomicología en México. *Lacandonia.* 1: 97-108.
- Ruan-Soto, F. 2018. Recolección de hongos comestibles silvestres y estrategias para el reconocimiento de especies tóxicas entre los tsotsiles de Chamula, Chiapas, México. *Scientia Fungorum.* 48: 1-13.
- Ruan-Soto, F. y M. Ordaz-Velázquez. 2015. Aproximaciones a la etnomicología maya. *Pueblos y Front.* 10: 44-69.
- Ruan-Soto, F., J. Cifuentes, R. Mariaca, F. Limón, L. Pérez-Ramírez y S. Sierra. 2009. Uso y manejo de hongos silvestres en dos comunidades de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Rev. Mex. Mic.* 29: 61-72.
- Ruan-Soto, F., R., Garibay-Orijel and J. Cifuentes. 2006. Process and dynamics of traditional selling wild edible mushrooms in tropical Mexico. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 2: 1-13.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 504 p.

- Sánchez-García, M., J. Cifuentes-Blanco y P. B. Matheny. 2013. Revisión taxonómica del género *Melanoleuca* en México y descripción de especies nuevas. *Rev. Mex. Biodivers.* 84: S111-S127.
- Sandoval, C. 2002. La formulación y diseño de los procesos de investigación social cualitativos. *In: Sandoval, C. Investigación cualitativa.* ARFO Editores e Impresores Ltda., Bogotá. pp: 111-128.
- Schneider, K. and M. Maraun. 2005. Feeding preferences among dark pigmented fungal taxa ("Dematiacea") indicate limited trophic niche differentiation of oribatid mites (Oribatida, Acari). *Pedobiologia.* 49: 61-67.
- Schneider, K., C. Renker and M. Maraun. 2005. Oribatid mite (Acari, Oribatida) feeding on ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza.* 16: 67-72.
- Senn-Irlet, B., J. Heilmann-Clausen, D. Genney and A. Dahlberg. 2007. Guidance for conservation of macrofungi in Europe. The Directorate of Culture and Cultural and Natural Heritage Council of Europe, Strasbourg. 39 p.
- Siepel, H. and E. M. de Ruyter-Dijkman. 1993. Feeding guilds of oribatid mites based on their carbohydrase activities. *Soil Biol. Biochem.* 25: 1491-1497.
- Smith, A. H. and H. D. Thiers. 1971. *The Boletes of Michigan.* The University of Michigan Press, Ann Arbor. 428 p.
- Spiggle, S. 1994. Analysis and interpretation of qualitative data in consumer research. *J. Consum. Res.* 21: 491-503.
- Swift, M. J., O. W. Heal and J. M. Anderson. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. *Studies in Ecology, Volume 5.* University of California Press, Berkeley. 372 p.
- Swift, M.J., D. Bignell, F. Moreira y E. J. Huising. 2012. El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general. *In: Moreira, F. E., J. Huising y D. E. Bignell. (eds.) Manual de Biología de Suelos Tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo.* Instituto Nacional de Ecología, Mexico. D.F. pp: 29-52.
- Taylor, S. J. y R. Bogdan. 1987. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados.* 2a ed. Paidós Ibérica, Barcelona. 343 p.
- Tedersoo, L., M. Bahram, S. Polme, U. Koljalg, N. S. Yorou, R. Wijesundera, L. V. Ruiz .... *et al.* 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *Science* 346: 1256688.
- Turner, N. J. 1988. "The Importance of a Rose": Evaluating the Cultural Significance of Plants in Thompson and Lillooet Interior Salish. *Am. Anthropol.* 90: 272-290.

- Uehlinga, J. K., T. W., Henkela, M. C Aimeb, R. Vilgalysc and M. E. Smithd. 2012. New species and distribution records for *Clavulina* (Cantharellales, Basidiomycota) from the Guiana Shield, with a key to the lowland neotropical taxa. *Fungal Biol.* 116: 1263-1274.
- Usher, P. J. 2000. Traditional ecological knowledge in environmental assessment and management. *Arctic.* 53: 183-193.
- Vašutová, M., P. Mleczko, A. López-García, I. Maček, G. Boros, J. Ševčík, S. Fujii, D. Hackenberger, I. H. Tuf, E. Hornung, B. Páll-Gergely and R. Kjøller. 2019. Taxi drivers: the role of animals in transporting mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza.* 29: 413-434.
- Villarreal-Ruiz, L. y J. Pérez-Moreno. 1989. Los hongos comestibles silvestres de México, un enfoque integral. *Mic. Neot. Apli.* 2: 77-114.
- Villarruel-Ordaz, J., L. Pérez-Ramírez y J. Cifuentes. 1993. Nuevos registro del género *Collybia* (Tricholomataceae) y descripción de especies poco estudiadas en México. *Rev. Mex. Mic.* 9: 139-164.
- Wagg, C., S. F. Bender, F. Widmer and M. G. Van Der Heijden. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111: 5266-5270.
- Wallwork, J. A. 1970. *Ecology of Soil Animals.* McGraw-Hill, London. 283 p.
- Walter, D. E and H. C. Proctor. 2013. *Mites: ecology, evolution and behavior. Life at a microscale.* 2nd ed. Springer, Dordrecht. 494 p.
- Walter, D. E. and Proctor, H. C. 1998. Predatory mites in tropical Australia: local species richness and complementarity. *Biotropica.* 30: 72-81.
- Walter, D.E., H. W. Hunt and E. T. Elliott. 1988. Guilds or functional groups? An analysis of predatory arthropods from a shortgrass steppe soil. *Pedobiologia.* 31: 247-260.
- Wardle, D. A., R. D. Bardgett, J. N. Klironomos, H. Setälä, W. H. Van der Putten and D. H. Wall. 2004. Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science.* 304: 1629-1633.
- Wasson, R. G. 1983. *El hongo maravilloso: Teonanacatl. Micolatría en mesoamérica.* Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 307 p.
- Wu, G., Y. C. Li, X. T. Zhu, K. Zhao, L. H. Han, Y. Y Cui, L. Fang, J. Xu and Z. L. Yang. 2016. One hundred noteworthy boletes from China. *Fungal Divers.* 81: 25-188.
- Yamashita, S. and N. Hijii. 2003. Effects of mushroom size on the structure of a mycophagous arthropod community: comparison between infracommunities with different types of resource utilization. *Ecol. Res.* 18: 131-143.

- Yamashita, S., K. Ando, H. Hoshina, N. Ito, Y. Katayama, M. Kawanabe, M. Maruyama and T. Itioka. 2015. Food web structure of the fungivorous insect community on bracket fungi in a Bornean tropical rain forest. *Ecol. Entomol.* 40: 390-400.
- Zotti, M., A. M. Persiani, E. Ambrosio, A. Vizzini, G. Venturella, D. Donnini and G. I. Zervakis. 2013. Macrofungi as ecosystem resources: Conservation versus exploitation. *Plant Biosyst.* 147: 219-225.