



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS
FORESTALES

**IDENTIFICACIÓN DE LA ESCAMA
Toumeyella (Cockerell, 1895) EN VIVEROS
DE *Pinus patula* (Schltdl. & Cham., 1831)**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

LIZBETH MORALES FIGUEROA

Bajo la supervisión de: DAVID CIBRIÁN TOVAR, DR.



Maestría en Ciencias en
Ciencias Forestales

Chapingo, Estado de México, junio de 2025



IDENTIFICACIÓN DE LA ESCAMA *Toumeyella* (Cockerell, 1895) EN VIVEROS DE *Pinus patula* (Schltdl. & Cham., 1831)

Tesis realizada por **LIZBETH MORALES FIGUEROA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ASESOR:



DR. ALEJANDRO CORONA AMBRIZ

ASESOR:



M.C. PABLO MARTÍNEZ GIL

CONTENIDO

CONTENIDO	II
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE CUADROS.....	IX
ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS	X
DEDICATORIAS	XIII
AGRADECIMIENTOS.....	XIV
DATOS BIOGRÁFICOS	XVI
RESUMEN GENERAL.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Planteamiento del problema	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo general	2
1.4.2 Objetivos particulares	3
1.5 Hipótesis.....	3
1.6 Contenido capitular del documento de titulación	3
1.7 Estructura capitular del documento de titulación	3
1.8 Literatura citada	4
2 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO	6
2.1 Introducción	6
2.2 Metodología.....	7
2.3 Resultados.....	8

2.4	Conclusiones	17
2.5	Literatura utilizada para el análisis bibliométrico	17
2.6	Literatura citada	25
3	REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	27
3.1	Familia Coccidae	27
3.1.1	Importancia económica de Coccidae.....	28
3.2	Género <i>Toumeyella</i>	30
3.2.1	Características de diagnóstico de <i>Toumeyella</i>	30
3.2.2	Especies de <i>Toumeyella</i> reportadas en México	31
3.3	Literatura citada	53
4	Primer reporte de la escama <i>Toumeyella parvicornis</i> (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) en <i>Pinus patula</i> (Schltdl. & Cham.).....	58
4.1	Aspectos destacados.....	58
4.2	RESUMEN.....	59
4.3	ABSTRACT	59
4.4	INTRODUCCIÓN.....	60
4.5	MATERIALES Y MÉTODOS	62
4.5.1	ÁREA DE ESTUDIO	62
4.5.2	Recolección, montaje y determinación morfológica.....	62
4.5.3	Extracción de DNA, PCR y secuenciación	63
4.5.4	Porcentaje de parasitismo	65
4.6	RESULTADOS	66
4.6.1	Determinación morfológica	66

4.6.2	Determinación molecular	67
4.6.3	Hábitos de la escama	68
4.6.4	Porcentaje de parasitismo	69
4.7	DISCUSIÓN.....	70
5	Identificación morfológica y molecular de una nueva especie de <i>Toumeyella</i> (Cockerell, 1895), en viveros de <i>Pinus patula</i> en Atlacomulco, Estado de México.....	77
5.1	RESUMEN.....	77
5.2	ABSTRACT	78
5.3	INTRODUCCIÓN.....	78
5.4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	80
5.4.1	ZONA DE ESTUDIO	80
5.4.2	Recolección e identificación morfológica de especímenes de la escama <i>Toumeyella</i>	80
5.4.3	Extracción de ADN, PCR y secuenciación.....	81
5.5	RESULTADOS	84
5.5.1	Identificación morfológica	84
5.5.2	Descripción preliminar de la escama del género <i>Toumeyella</i> (Cockerell, 1895) del Vivero Atlacomulco en plantas de <i>Pinus patula</i>	84
5.5.3	Identificación molecular	88
5.5.4	Hábitos de la escama	88
5.6	DISCUSIÓN.....	89
5.7	CONCLUSIÓN.....	89

5.8	LITERATURA CITADA.....	90
6	CONCLUSIONES GENERALES	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido y estructura de la tesis.....	4
Figura 2. Información general de la base de datos bibliográfica.....	8
Figura 3. Productividad científica anual del área durante el periodo de estudio.	9
Figura 4. Revistas científicas más importantes, basado en el número de publicaciones.	10
Figura 5. Ley de Bradford de las revistas.....	11
Figura 6. Índice H de revistas científicas.....	11
Figura 7. Autores más importantes en el campo.....	12
Figura 8. Índice H de los autores.	12
Figura 9. Gráfico de la ley de Lotka de autores.	13
Figura 10. Instituciones más destacadas por su número de investigadores.....	14
Figura 11. Productividad acumulada de los países.	14
Figura 12. Palabras clave más frecuentes.	15
Figura 13. Tendencias de investigaciones.	16
Figura 14. Red bibliométrica	17
Figura 15. Estructura morfológica de Coccidae (Gill, 1988).....	29
Figura 16. Hembra adulta de <i>Toumeyella crataegi</i> (Kondo & González, 2018). aplt = placa anal; ant = antena; dmic = microducto dorsal; dset = setas dorsales; mset = setas marginales; sp = poro simple; pdp = poro discal pregenital; prop = poros preoperculares; spdp = poro discal espiracular; spset = setas espiraculares; vmic = microducto ventral; vset = setas ventrales; vtd = conducto tubular ventral	34
Figura 17. Hembra adulta de <i>Toumeyella fontanai</i> (Kondo & Pellizzari, 2011). aplt = placa anal; ant = antena; dmic = microducto dorsal; dset = setas dorsales; edd = ensanchamiento de la dermis dorsal; mset = setas marginales; pdp = poro discal pregenital; prop = poros preoperculares; sp = poro simple; spdp = poro	

discal espiracular; stgsp = setas espiraculares; vmic = microducto ventral; vset = setas ventrales; vtd = conducto tubular ventral	38
Figura 18. Hembra adulta de <i>Toumeyella martinezae</i> (Kondo & González, 2014). aplt = placa anal; ant = antena; dmic = microducto dorsal; dset = setas dorsales; mset = setas marginales; pdp = poro discal pregenital; prop = poros preoperculares; spdp = poro discal espiracular; spset = seta espiracular; vmic = microducto ventral; vset = setas ventrales; vtd = conducto tubular ventral.	41
Figura 19. Hembra adulta de <i>Toumeyella parvicornis</i> (Williams & Kosztarab, 1972). A= cuerpo, B= seta marginal, C= seta dorsal, D= poros biloculares, E= poros discales, F= Poro discal en placa anal, G1= setas en placa anal, H= anillo anal, I= seta submarginal ventral, J= seta ventral, K= antena, L= poro quinquelocular, M= microductos, N= ductos tubulares.....	46
Figura 20. Hembra adulta de <i>Toumeyella sallei</i> (Kondo & Williams, 2004). A=agrandamiento dermis dorsal, B= poro discal simple, C= setas espiraculares, D= microducto dorsal, E= setas marginales, F= seta dorsal, G= poro preopercular, H= placan anal, I=poros perivulvares, J= anillo anal, K= pata, L= conducto tubular ventral, M= poro espiracular, N= microducto ventral, O= seta ventral, P= agrandamiento de la dermis ventral, Q= antena	49
Figura 21. Hembra adulta de <i>Toumeyella pinicola</i> (Gill, 1988).....	52
Figura 22. <i>Toumeyella parvicornis</i> . A: Placas anales triangulares con 9 setas apicales en cada una. B: Vista ventral del margen, ausencia de setas espirácules. C: Agrupación de poros biloculares en submargen, vista dorsal. D: Vista ventral, forma pequeña y alargada.....	67
Figura 23. Hembras alargadas (flecha) y redondas(flecha) de la escama <i>Toumeyella parvicornis</i> en rama de <i>Pinus patula</i>	69
Figura 24. Hembras de <i>Toumeyella parvicornis</i> con orificio (flecha) de salida de parasitoide.	70

Figura 25. <i>Toumeyella</i> sp. A) Material montado de hembra adulta, B) Poros disciales (flechas) en región abdominal.....	85
Figura 26. Placa anal de hembra adulta, se distinguen orificios (flecha) en cada una, esto indica que hubo setas.	86
Figura 27. Setas marginales (flechas)	87
Figura 28. Setas espirácules (flecha) diferenciadas de setas marginales (flecha)	87
Figura 29. Poros espirácules de cinco lóculos (quineloculares) (flecha) ...	88

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ley de Lotka de autores: proporción de autores con más publicaciones.	13
Cuadro 2. Mezcla de reacción para la amplificación con los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198.....	64
Cuadro 3. Coincidencias de secuencias con <i>Toumeyella parvicornis</i>	68
Cuadro 4. Porcentaje de parasitismo total.	69
Cuadro 5. Mezcla de reacción para la amplificación con los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198 y M3-rcM44.9, con la enzima TaqPlatinum	82

ABREVIATURAS Y SIGLAS UTILIZADAS

Abreviatura	Significado
°C	grados centigrados
μL	microlitro
μM	micromol
μm	micrómetros
A	cuerpo
A	agrandamiento dermis dorsal
ADN	ácido desoxirribonucleico
ant	antena
aplt	placa anal
B	seta marginal
B	poro discal simple
bp	pares de bases
C	seta dorsal (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
C	setas espiraculares (en <i>Toumeyella sallei</i>)
CDMX	Ciudad de México
Cham.	Chamisso
Cinvestav	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
CNRF	Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria
COFAN	Comisión Forestal para América del Norte
COI	Citocromo Oxidasa I
CTAB	bromuro de cetiltrimetilamonio
D	poros biloculares (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
D	microducto dorsal (en <i>Toumeyella sallei</i>)
D.F.	Distrito Federal
DC.	Augustin Pyrame de Candolle
DICIFO	División de Ciencias Forestales
dmic	microducto dorsal
Dntp	desoxirribonucleósido trifosfato
Dr.	Doctor
Dra.	Dra
dset	setas dorsales
E	poros discales (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
E	setas marginales (en <i>Toumeyella sallei</i>)

edd	ensanchamiento de dermis dorsal
Eds.	editores
EF-1 α	factor de elongación 1 alfa
et al.	y otros
F	poro discal en placa anal (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
F	seta dorsal (en <i>Toumeyella sallei</i>)
F. Muell.	Ferdinand von Mueller
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
G	poro preopercular (en <i>Toumeyella sallei</i>)
G1	setas en placa anal (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
H	anillo anal (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
H	placa anal (en <i>Toumeyella sallei</i>)
I	seta submarginal ventral (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
I	poros perivulvares
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPN	Instituto Politécnico Nacional
J	seta ventral (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
J	anillo anal (en <i>Toumeyella sallei</i>)
K	antena (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
K	pata (en <i>Toumeyella sallei</i>)
KOH	hidróxido de potasio
L	poro quinqueolocular (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
L	conducto tubular ventral (en <i>Toumeyella sallei</i>)
L.	Linneo
Langebio	Laboratorio Nacional de Genómica para la biodiversida
M	Microductos (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
M	poro espiracular (en <i>Toumeyella sallei</i>)
M.C	Maestro en Ciencias
Mart.	Martius
Mg+2	iones de magnesio
MgCl ₂	Cloruro de magnesio
min	minuto
mL	mililitro
mm	milímetro
mM	milimolar

Moc	Mociño
mset	setas marginales
N	ductos tubulares (en <i>Toumeyella parvicornis</i>)
N	microducto ventral (en <i>Toumeyella sallei</i>)
N	norte
ng	nanogramo
No.	número
Núm.	número
O	seta ventral (en <i>Toumeyella sallei</i>)
P	agrandamiento dermis ventral (en <i>Toumeyella sallei</i>)
PCR	reacción en cadena de la polimerada
pdp	poro discal pregenital
PROBOSQUE	Protectora de Bosques del Estado de México
prop	poros preoperculares
Q	Antena (en <i>Toumeyella sallei</i>)
rpm	revoluciones por minuto
Schltl.	Schlechtendal
SDS	dodecilsulfato de sodio
SECIHTI	Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
SENASICA	Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
sp	poro simple
sp.	especie de
spdp	poro discal espiracular
spp.	especies
spset	setas espiraculares
stgsp	setas espiraculares
Sw.	Swartz
<i>T.</i>	<i>Toumeyella</i>
Torr.	Torrey
tRNA	ARN de transferencia
vmic	microducto ventral
vset	setas ventrales
vtd	conducto tubular ventral
W	oeste (west en inglés)
Willd.	Willdenow

DEDICATORIAS

A Juve y Rosy, mis queridos padres, con todo mi amor y gratitud por sus sacrificios, por creer en mí, por estar para mí desde siempre, por los consejos que me dieron durante mi formación académica, por los principios y valores que me inculcaron.

A Iver, mi compañero de vida, mi querido hermano, con amor y admiración, por el apoyo incondicional y cariño que me ha brindado siempre.

A Lisette, querida cuñada, con agradecimiento por su cariño, amistad y apoyo incondicional.

A mis primos hermanos Sandy, Rafa, Keni, Edder por sus consejos, cariño y apoyo incondicional.

A Lía, mi sobrina, por su cariño y alegría.

A quien me hace creer en mí misma, por motivarme a superarme profesional y personalmente, por su amor y apoyo incondicional durante este proceso.

Al Dr. David Cibrián Tovar, estimado profesor, por ser investigador admirable y modelo a seguir, por su apoyo y guía durante mi formación en la maestría.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por brindarme el apoyo económico durante mi formación en la Maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi alma mater, por brindarme la formación académica.

A la División de Ciencias Forestales por la oportunidad de formarme y brindarme un espacio en sus instalaciones, y el apoyo del personal.

Al mi director de tesis el Dr. David Cibrián Tovar por su valiosa dirección, enseñanza, experiencia y apoyo durante el programa de maestría y el desarrollo de esta investigación. Mi gratitud y respeto.

Al M.C. Pablo Martínez Gil por la revisión, corrección de este trabajo, y su disposición, apoyo y consejos que me ayudaron durante este proceso. Muchas gracias.

Al Dr. Víctor Javier Arriola Padilla por su disponibilidad, paciencia y sus valiosas aportaciones que me ayudaron a enriquecer mis conocimientos para llevar a cabo la investigación.

M.C. Lizeth Guadalupe Duran Espinoza por su entusiasmo y por transmitir sus conocimientos en mi formación y en el área molecular.

Dr. Alejandro Corona Ambriz por los conocimientos impartidos en el área estadística y su apoyo durante la investigación.

Al Dr. Manuel Aguilera Rodríguez por compartir sus conocimientos de viveros durante mi formación en la maestría.

Al Sr. Hugo Ramón Ontiveros Palma por su apoyo en campo, como en laboratorio durante el proceso de la investigación.

Al personal del Vivero de PROBOSQUE en Atlacomulco por su disposición y atención recibida durante las colectas de campo y facilitarme plantas para la investigación.

Al Biol. Rodolfo Ramírez Hernández del vivero REFAURESTA por donar planta para llevar a cabo la investigación.

Al Lic. Rosalío Mejía Vázquez por facilitarme material de laboratorio que me ayudó durante este proceso.

A la Lic. Karla Sosa Mejía por su apoyo en documentación durante mi formación en la maestría, por sus consejos y amistad.

A Sergio Alberto Muñoz Crosby, mi compañero de Laboratorio de Biología Molecular por su amistad y el apoyo brindado durante la investigación.

Al Dr. Uriel M. Barrera Ruiz por su apoyo durante el proceso de investigación, sobre todo en la identificación del parasitoide encontrado.

A la Dra. María Amparo Máxima Borja de la Rosa por facilitarme el medio de montaje rápido.

Al Dr. Héctor González Hernández por su ayuda en la determinación de las especies de *Toumeyella*.

Al Dr. Camilo Hernández Juárez y al Departamento de Parasitología Agrícola por facilitarme el uso de un equipo de su Laboratorio de Biología Molecular.

Al Laboratorio de Servicios Genómicos (Langebio-Cinvestav) del IPN, por brindarme sus servicios para la secuenciación (Método de Sanger).

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Lizbeth Morales Figueroa.

Fecha de nacimiento: 22 de noviembre de 1998.

Lugar de nacimiento: Comitán de Domínguez, Chiapas.

CURP: MOFL981122MCSRGZ07.

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola.

Cédula profesional: 13177914.

Desarrollo Académico

Bachillerato: 2013-2016 Técnico Laboratorista Clínico, Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 108.

Licenciatura: 2016-2021 Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.



RESUMEN GENERAL

IDENTIFICACIÓN DE LA ESCAMA *Toumeyella* (Cockerell, 1895) EN VIVEROS DE *Pinus patula* (Schltdl. & Cham., 1831)¹

El objetivo de la presente investigación fue identificar y determinar las especies de *Toumeyella* (Cockerell, 1895) que afectan a las plantas de *Pinus patula* (Schltdl. & Cham., 1831) de dos viveros de México, uno en Puebla y otro en el Estado de México. Se utilizaron claves para familias de escamas blandas, para géneros de la familia Coccidae y para especies del género *Toumeyella*. Para la determinación molecular se realizó extracción de ADN y amplificación con PCR, el producto de amplificación fue enviado para su secuenciación a Langebio-Cinvestav del IPN. El resultado de la identificación de las escamas del vivero de Puebla indicó que se trata de *Toumeyella parvicornis* (Cockerell, 1897); sus principales características diagnósticas fueron la ausencia de setas espiraculares y la agrupación de poros biloculares en la vista dorsal; el análisis de la secuencia de la muestra de ADN indicó que la región del gen COI presentó un 100 % de cobertura y 97.33 % de identidad para *Toumeyella parvicornis* con número de accesión OR797509.1 disponible en GenBank; se presentaron ambas formas de la hembra alimentándose en el tallo; se obtuvo el 14.08 % de parasitismo total. Mientras que la escama encontrada en el vivero del Estado de México no coincidió desde el punto de vista morfológico ni molecular con las especies conocidas del género *Toumeyella*, por lo que la investigación de esta especie continúa. Este trabajo de investigación proporcionó una nueva secuencia genética de la población de *Toumeyella parvicornis*, y es el primer reporte en *Pinus patula* en viveros forestales de Puebla, México.

Palabras clave: ADN, PCR, Plaga forestal, *Toumeyella parvicornis*, Vivero forestal.

Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Lizbeth Morales Figueroa

Director de Tesis: Dr. David Cibrián Tovar

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF THE SCALE *Toumeyella* (COCKERELL, 1895) IN *Pinus Patula* (Schltdl. & Cham., 1831) NURSERIES

The objective of this research was to identify and determine the *Toumeyella* (Cockerell, 1895) species that affect *Pinus patula* (Schltdl. & Cham., 1831) plants in two nurseries in Mexico, one in Puebla and the other in the State of Mexico, we use keys for families of soft scales, for genera of the family Coccidae and for species of the genus *Toumeyella*. For molecular determination, DNA extraction and PCR amplification were performed, and the amplification product was sent for sequencing to Langebio-Cinvestav of the IPN. The result of the identification of the scales from the Puebla nursery indicated that it was *Toumeyella parvicornis* (Cockerell, 1897); the main diagnostic characteristics were, the absence of spiracular setae and the grouping of bilocular pores in the dorsal view; the sequence analysis of the DNA sample indicated that the COI gene region showed 100 % coverage and 97.33 % identity for *Toumeyella parvicornis* with accession number OR797509.1 available in GenBank; both forms of the female were present feeding on the stem; 14.08 % of total parasitism was obtained. While the scale found in the nursery in the State of Mexico did not match morphologically or molecularly with the known species of the genus *Toumeyella*, so the investigation of this species continues. This research work provided a new genetic sequence of the *Toumeyella parvicornis* population, and it is the first report on *Pinus patula* in forest nurseries in Puebla, Mexico.

Keywords: DNA, Forest nursery, Forest pest, PCR, *Toumeyella parvicornis*

Master of Science Thesis, Master of Science in Forest Science, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Lizbeth Morales Figueroa

Tesis Advisor: Dr. David Cibrián Tovar

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Antecedentes

En 2003 en la Ciudad de México, se reportó el caso de *Toumeyella erytrinae* (Kondo & Williams, 2003) como plaga de gran importancia forestal en árboles de *Erythrina americana* que inició en 1999, causando la muerte de ramas, puntas y árboles completos (Arriola Padilla, 2003).

En 2011 en Montecillo, Estado de México se reportó el ataque de la escama *T. pinicola* (Ferris, 1920) en árboles de un huerto semillero sexual de *Pinus leiophylla* (Schltdl. & Cham., 1831), dicha plaga causó una pérdida del 50% de los árboles que conforman el huerto, por lo cual, se considera una amenaza para las plantaciones forestales del género *Pinus* (Jiménez Casas & Jasso Mata, 2011).

En 2018 se reportó una nueva especie de escama blanda en México, *Toumeyella crataegi* (Kondo y González, 2018), (Hemiptera: Coccoomorpha: Coccidae), la cual fue colectada sobre *Crataegus mexicana* (Moc. & Sessé., 1825) (Rosaceae). La escama fue descrita e ilustrada con base en la hembra adulta (Kondo & González, 2018).

La escama de pino *Toumeyella pinicola* (Hemiptera: Coccidae), es una especie que ataca a árboles pequeños, a los que causa muerte de brotes y una reducción en el crecimiento. Estos insectos secretan mielecilla que da lugar a la proliferación de fumagina (Cibrián Tovar et al., 1995).

En 2023 ocurrió un severo brote de plaga ocasionado por *T. parvicornis*, quien mató al menos 56 hectáreas de *Pinus pinea* (L., 1753) adultos en el sur de Italia (Niccoli et al., 2024). Por lo que se puede observar el potencial catastrófico que puede llegar a tener este agente biótico en combinación con una serie de factores abióticos, principalmente la disminución en la precipitación y humedad disponible para las especies arbóreas.

1.2 Justificación

En el vivero de Atlacomulco del Estado de México y en el vivero REFAURESTA del Estado de Puebla se han registrado infestaciones por escamas blandas del género *Toumeyella* en plantas de *Pinus patula*. Estas infestaciones han causado reducción en la supervivencia y la calidad de la planta.

La morfología de las escamas *Toumeyella* que se han recolectado en los viveros del Estado de México y Puebla no concuerdan con *Toumeyella pinícola* previamente citada en México. Por lo tanto, se decidió desarrollar la presente investigación que clarifica la identidad de las escamas mexicanas.

La especie de *T. parvicornis* tiene la agresividad para matar masivamente a bosques de pino (Niccoli et al., 2024) de igual manera la plántula en etapa de vivero se encuentra susceptible, lo que pone en riesgo la cadena forestal que inicia con la reforestación de los bosques.

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio y vivero de Entomología Forestal de la DICIFO, así como en el laboratorio de Entomología en INIFAP, Ciudad de México.

1.3 Planteamiento del problema

Es importante conocer la identidad de las escamas del género *Toumeyella*, que atacan plantas de *Pinus patula* en el vivero de Atlacomulco del Estado de México y en el vivero REFAURESTA del Estado de Puebla, ya que pone en riesgo la producción.

Al determinar la especie del organismo puede ayudar a generar alternativas de manejo, de acuerdo con su biología y su severidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Identificar y determinar las especies de *Toumeyella* que afectan a las plántulas de *Pinus patula*, tomando en cuenta las características taxonómicas y la identificación mediante biología molecular.

1.4.2 Objetivos particulares

Caracterizar taxonómicamente las especies de *Toumeyella* siguiendo las claves correspondientes al género para poder determinar que especie ataca a las plántulas de *Pinus patula*, del vivero REFAURESTA en el Estado de Puebla y del Vivero de PROBOSQUE en Atlacomulco, Estado de México.

Determinar molecularmente las especies de *Toumeyella* para reforzar la caracterización taxonómica y tener una identificación más precisa, mediante la extracción de ADN, PCR y secuenciación de estas.

1.5 Hipótesis

Las especies de escamas *Toumeyella* encontradas en los viveros de México están previamente descritas y reportadas en *Pinus patula*.

1.6 Contenido capitular del documento de titulación

El documento de titulación incluye: una portada, una hoja de aprobación del comité asesor, tabla de contenido, lista de cuadros, lista de figuras, dedicatoria, agradecimientos, datos biográficos del autor, resumen general y abstract. Después se desglosa en: Capítulo uno que corresponde a la *Introducción general*, donde mencionan algunos antecedentes, la justificación de la investigación, los objetivos e hipótesis. En el capítulo dos se tiene el *Análisis bibliométrico* del grupo de insectos. En Capítulo tres se aborda la *Revisión de literatura*. El capítulo cuatro y cinco presenta resultados de la investigación en formato de nota científica, y finalmente se presentan las conclusiones generales y algunos anexos de la investigación

1.7 Estructura capitular del documento de titulación

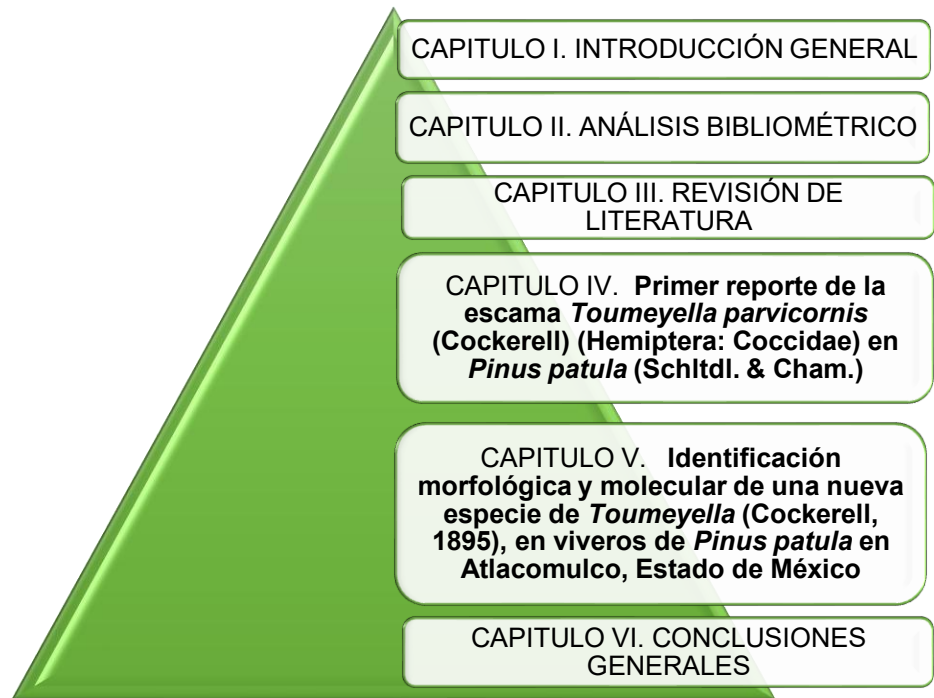


Figura 1. Contenido y estructura de la tesis.

1.8 Literatura citada

Arriola Padilla, V. J. (2003). Biología de la escama (*Toumeyella erythrinae* Kondo y Williams) del colorín (*Erythrina americana*), en la Ciudad de México, D.F. *Tesis de maestría*, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México. 79 pp.

Cibrián Tovar, D., Méndez Montiel, J. T., Campos Bolaños, R., Yates III, H. O., & Flores Lara, J. (1995). *Insectos Forestales de México- Forest Insects of Mexico*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Jiménez Casas, M., & Jasso Mata, J. (2011). Infección por escamas en árboles de un huerto semillero sexual de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. *Resumen de Cartel. Memoria Del XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal.*, 226.

- Kondo, T., & González, H. (2018). Description of a new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera: Coccoomorpha: Coccidae) on *Crataegus mexicana* Moc. and Sessé ex DC. (Rosaceae). *Insecta Mundi*, 0634, 1–9. <https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0634>
- Niccoli, F., Kabala, J. P., Altieri, S., Faugno, S., & Battipaglia, G. (2024). Impact of *Toumeyella parvicornis* outbreak in *Pinus pinea* L. forest of Southern Italy: First detection using a dendrochronological, isotopic and remote sensing analysis. *Forest Ecology and Management*, 566, 122086. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122086>

2 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

2.1 Introducción

La bibliometría se centra en el estudio de publicaciones, se vincula con la aplicación de métodos estadísticos. La idea principal de estos estudios es que hay una dinámica permanente alrededor de los textos de investigación: su producción, su lectura y su uso. De allí que se proponga usualmente tres funciones o niveles de análisis distintos dentro de la bibliometría: descriptivo, evaluación y supervisión o monitoreo (Angarita-Becerra, 2014).

El análisis bibliométrico implica el uso de métodos estadísticos para analizar bases de datos de literatura, incluye identificar bases de datos donde son indizadas las revistas científicas, así como cuantificar el número de publicaciones o citas de las revistas e identificar sus artículos más citados; además, sus resultados pueden utilizarse para identificar el reconocimiento que tiene una revista en la comunidad científica (Barajas-Ochoa et al., 2019).

El uso de la bibliometría como apoyo de la ciencia, a través de un análisis cuantitativo de su producción literaria, en forma de indicadores bibliométricos, permite determinar el curso de una disciplina particular, fomentando su divulgación y desarrollo (Angarita-Becerra, 2014).

Para extraer y manipular los datos, a menudo se utilizan métodos bibliométricos, basados en el análisis de contenido o de citas, estos métodos se han beneficiado de la computación para el tratamiento de los datos y en los últimos años se ha producido un aumento considerable del número de publicaciones en este campo. Esto se debe en parte a la computación, pero también al hecho de que un análisis bibliométrico tiene que incluir un cierto volumen de datos para ser estadísticamente confiable (Ellegaard & Wallin, 2015).

Se han realizado análisis bibliométricos en múltiples temas, sin embargo, existen campos donde apenas se está incursionando, como las áreas forestales y particularmente la entomología, debido a diversas razones, entre las más importantes, la falta de investigaciones que fundamenten el análisis bibliométrico.

Por lo anterior, se realizó un análisis bibliométrico sobre las especies de escamas blandas del género *Toumeyella*, dando especial énfasis en estudios de *T. parvicornis*, con el objetivo de determinar el estado del conocimiento del área de estudio, mediante la generación de indicadores bibliométricos.

2.2 Metodología

Se llevó a cabo la búsqueda masiva de documentos en la plataforma de Scopus con la siguiente formula: (TITLE-ABS-KEY("toumeyella parvicornis") OR TITLE-ABS-KEY("pine tortoise scale") OR TITLE-ABS-KEY(toumeyella)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE,"re") OR LIMIT-TO (DOCTYPE,"ch")), lo cual implica documentos tales como artículos científicos, artículos de revisión y capítulos de libros que estudien al género *Toumeyella* y particularmente la especie *T. parvicornis*.

Se descargó la información bibliográfica y se utilizó la paquetería Bibliometrix del software Rstudio y a VOSviewer para generar los indicadores bibliométricos, estos fueron la productividad anual, revistas científicas más importantes según indicadores como la Ley de Bradford y el índice H, autores más destacados, la ley de Lotka e índice H para autores, las instituciones de investigación más sobresalientes, los países más destacados, las palabras clave más frecuentes, las tendencias de investigación, y la red bibliométrica.

La ley de Bradford es un indicador bibliométrico que señala cuales son las revistas más importantes respecto al número de publicaciones históricas sobre un tema especializado (Brookes, 1985; Urbizagástegui-Alvarado, 2016). El índice H es un indicador que mide el impacto de una revista científica o de un autor, se mide con el número de artículos publicados con el mismo número de citas (Túñez-López et al., 2014). La ley de Lotka señala que existen muchos autores que publican un número pequeño de artículos sobre un tema particular, conforme crece el número de publicaciones por autor, decrece el número de autores (Urbizagástegui Alvarado, 2005).

2.3 Resultados

El periodo de tiempo estudiado fue de 1920 a 2025, sin embargo, en la Figura 2 se observa que hay periodos largos donde no hubo publicaciones al respecto. Debido a que se incluyeron capítulos de libros, las fuentes de los documentos son revistas científicas en su mayoría, pero también algunos libros. El número de documentos encontrados fue 51, siendo muy pocos para un análisis bibliométrico, pero en realidad es lo único que existe de investigación, por lo que vale la pena determinar el estado del conocimiento del área. La tasa de crecimiento anual es de 0.66%, una cifra muy baja en general, pero que ha incrementado en los últimos cinco años (Figura 2).



Figura 2. Información general de la base de datos bibliográfica.

La tendencia general es que la productividad se mantiene estable, hasta 2022 y 2023 (Figura 3) que hay un incremento abrupto, representado por investigaciones realizadas en Italia, al convertirse en una plaga prioritaria.

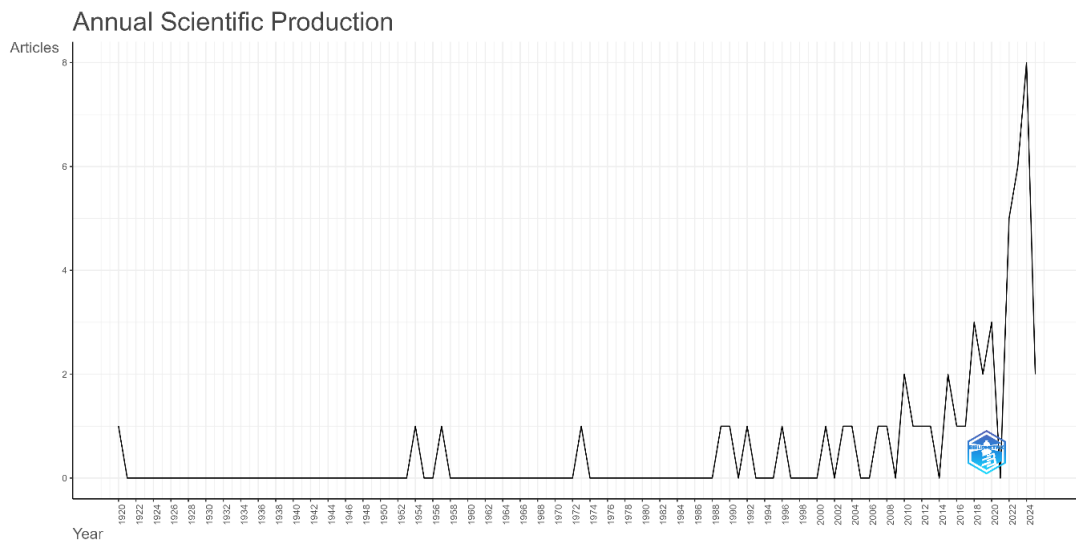


Figura 3. Productividad científica anual del área durante el periodo de estudio.

La revista más destacada es The Canadian Entomologist por el número acumulado de artículos publicados, pero comparte el primer puesto en el índice H con Florida Entomologist y Pest Management Science. Por otro lado, la ley de Bradford indica que un gran porcentaje de artículos son publicados por The Canadian Entomologist, Eppo Bulletin, Florida Entomologist, Pest Management Science, Annals of the Entomologic y Forests. Adicionalmente, The Canadian Entomologist ha liderado la producción de artículos científicos desde 1954 (Figura 4).

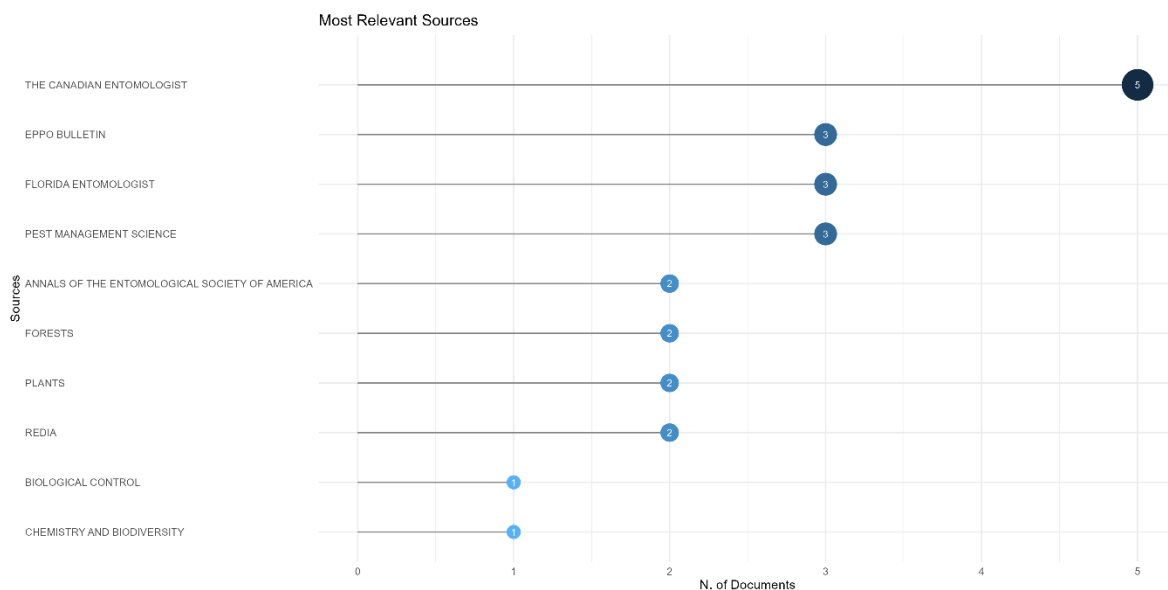


Figura 4. Revistas científicas más importantes, basado en el número de publicaciones.

La ley de Bradford señala que de todas las revistas que históricamente han publicado artículos sobre un tema especializado, un porcentaje pequeño de ellas publicaron la mayoría de las investigaciones en un periodo determinado. En este caso, son 6 revistas las que son relevantes en el estudio de las escamas blandas que atacan a pinos (Figura 5). Sin embargo, el índice H de revistas (Figura 6) no coincide completamente con la ley de Bradford, ya que el primero utiliza las citas para medir el impacto, mientras que el otro se basa en el número de publicaciones acumuladas en un periodo de estudio.

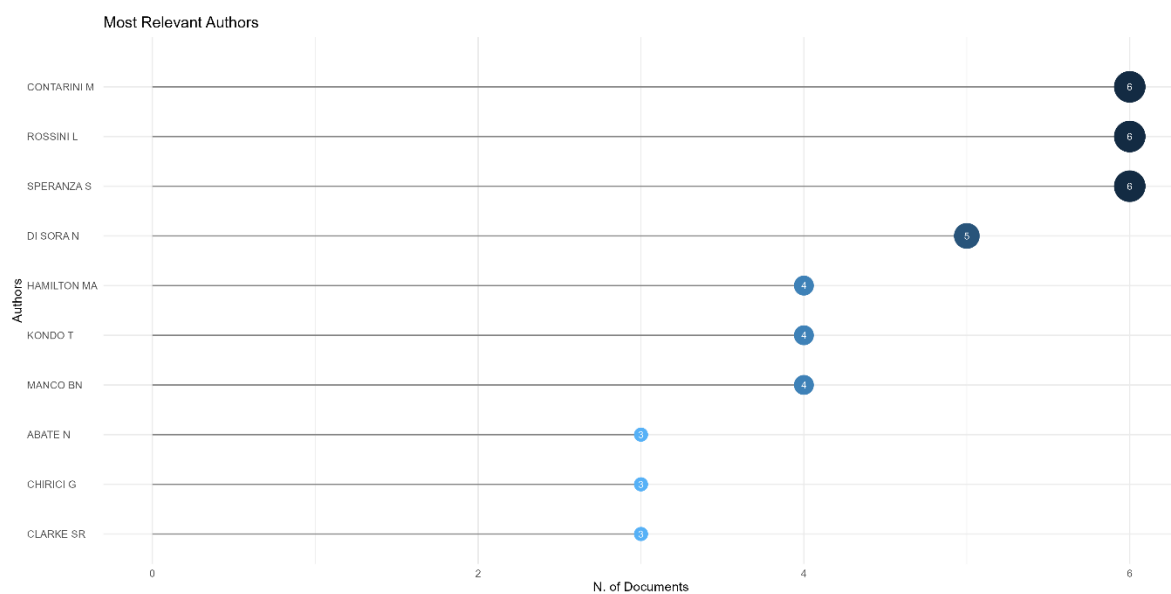


Figura 7. Autores más importantes en el campo.

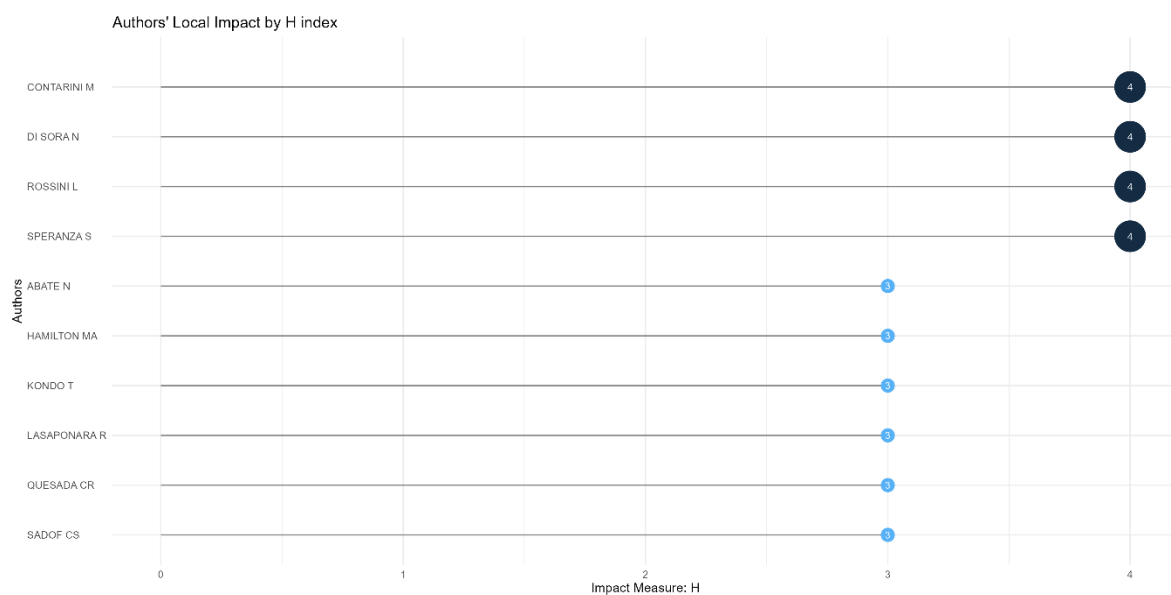


Figura 8. Índice H de los autores.

Las cifras sobre el número de autores que tienen solamente un artículo publicado con respecto a un número mayor de artículos son muy grandes, como se observa en el cuadro 1 y la figura 9.

Cuadro 1. Ley de Lotka de autores: proporción de autores con más publicaciones.

Documentos escritos	Número de autores	Proporción de autores
1	142	0.798
2	21	0.118
3	8	0.045
4	3	0.017
5	1	0.006
6	3	0.017

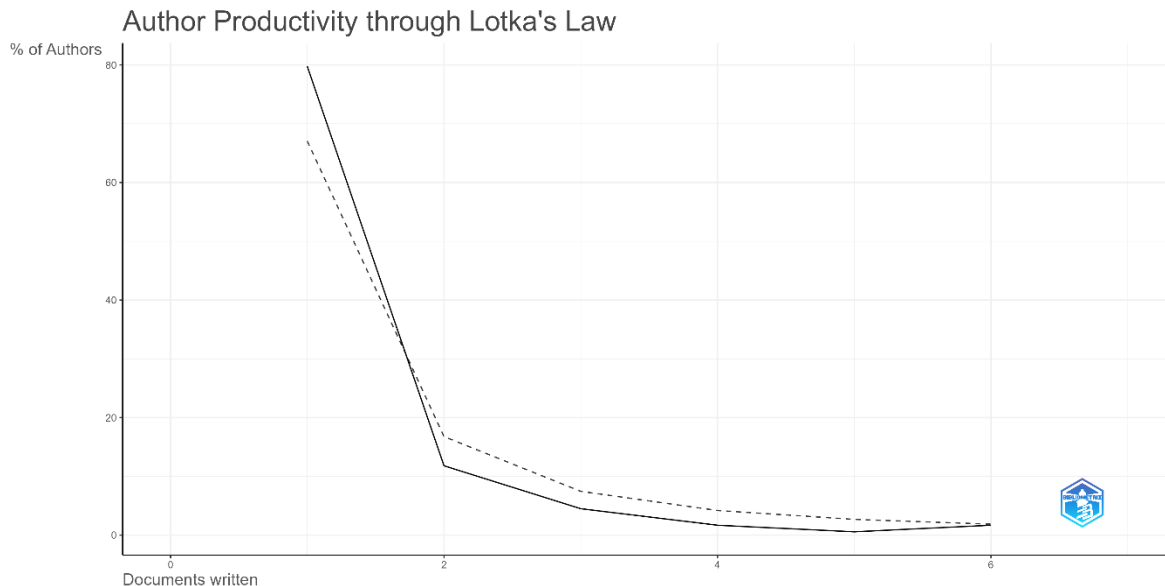


Figura 9. Gráfico de la ley de Lotka de autores.

La institución de investigación más importante del área es notablemente la Università Degli Studi Della Tuscia de Italia, se convirtió en la líder en 2023, pero en periodos anteriores dominaban se disputaban el liderazgo entre University of Florida y Purdue University. Cabe aclarar que esto se refiere a especialistas pertenecientes de estas afiliaciones cuando publican (Figura 10).

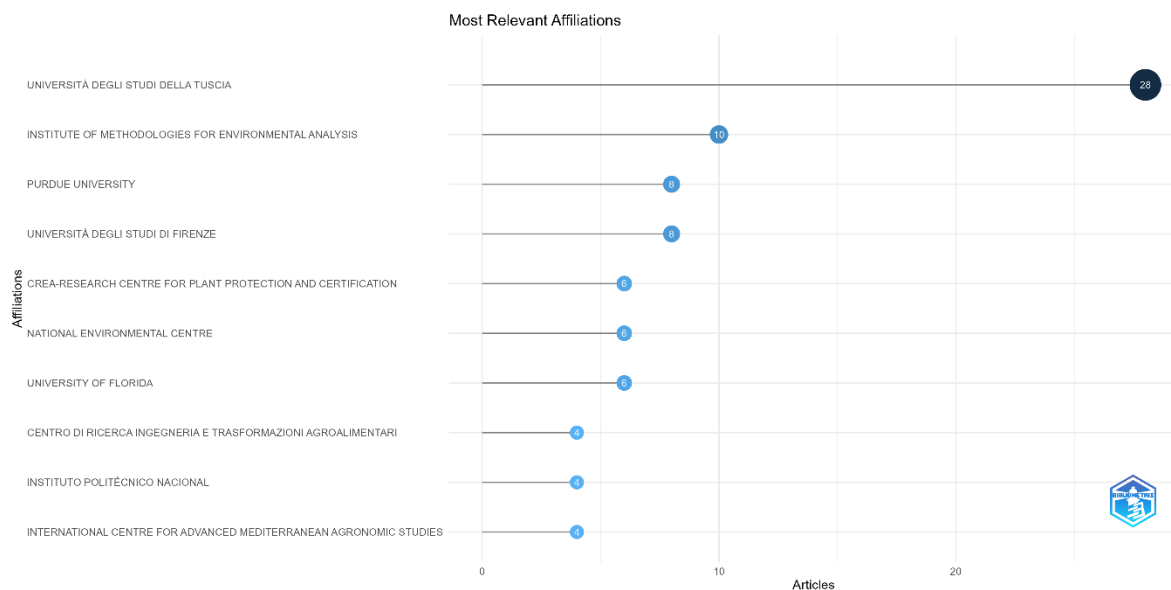


Figura 10. Instituciones más destacadas por su número de investigadores.

El país más sobresaliente es Italia, debido principalmente a los brotes importantes de la plaga que han presentado en los últimos años, en segundo lugar, se encuentra Estados Unidos, posteriormente México, Reino Unido y finalmente Colombia (Figura 11).

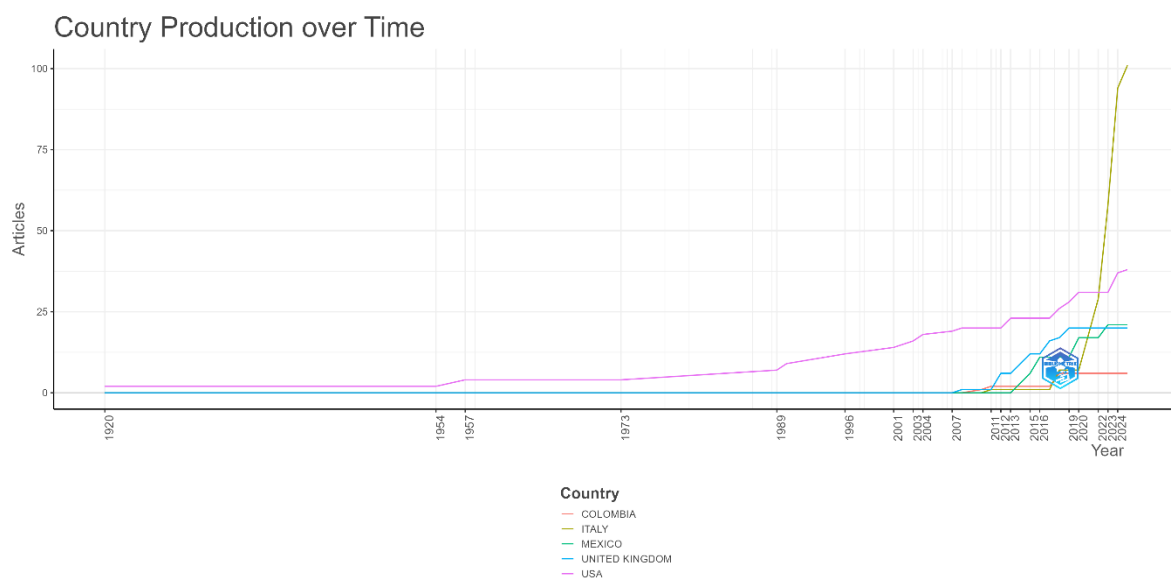


Figura 11. Productividad acumulada de los países.

Las palabras clave más frecuentes en los estudios son Hemiptera, Coccidae e Italia, esto es interesante de analizar, debido al fuerte impacto que ha tenido la plaga en el país, que sobresale a nivel global (Figura 12).

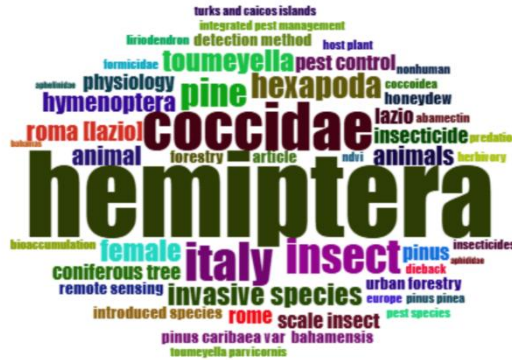


Figura 12. Palabras clave más frecuentes.

Las tendencias en comparación con otras áreas han sido pocas, por la baja importancia que se le ha dado al estudio de estos organismos, básicamente se ha estudiado desde el punto de vista de la entomología, sin evaluar impactos, realizando estos últimos hasta tiempos recientes en zonas donde han ocurrido brotes considerables. Entre las temáticas más estudiadas a través del tiempo se encuentra la relación con coníferas, estudios de biología, sus enemigos naturales, estudios de control de plagas y la última tendencia son los estudios por brotes ocurridos en Italia (Figura 13).

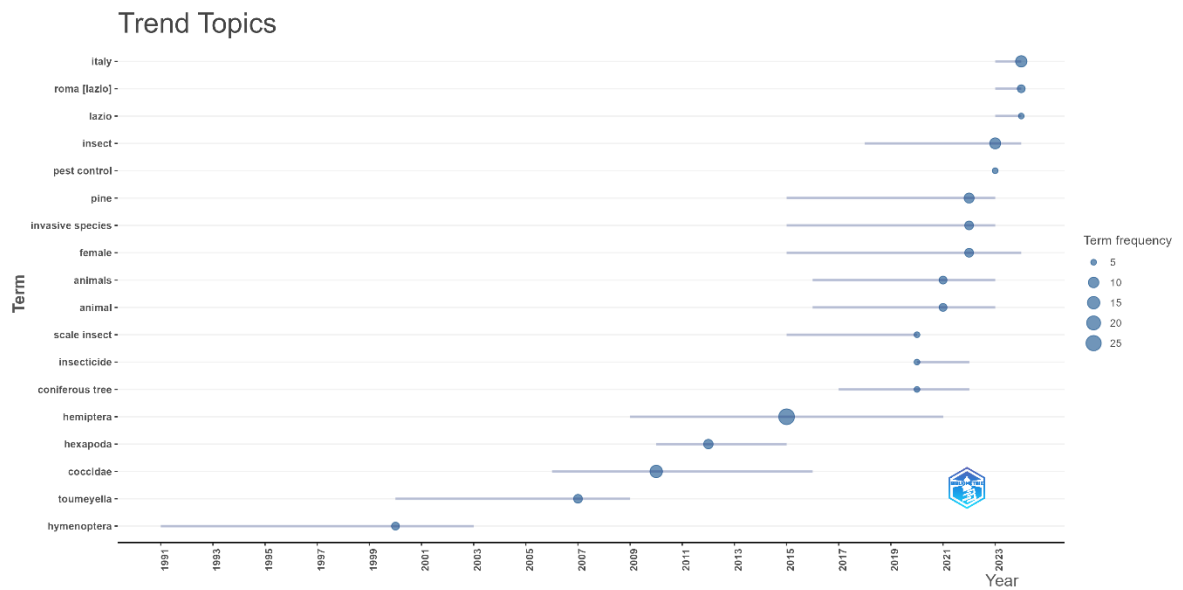


Figura 13. Tendencias de investigaciones.

La red bibliométrica que se generó muestra cuatro grupos de investigaciones bien definidos, el verde representado por el nodo más grande con la palabra clave Hemiptera, donde agrupa principalmente investigaciones básicas taxonómicas, luego sigue el rojo con la palabra Insect, agrupando temáticas variadas desde dasonomía urbana hasta cambio climático, el tercero amarillo denominado como árbol de coníferas, con temáticas sobre especies de pinos y fisiología, y el cuarto de color azul, con la palabra pine, con temáticas sobre control de plagas.

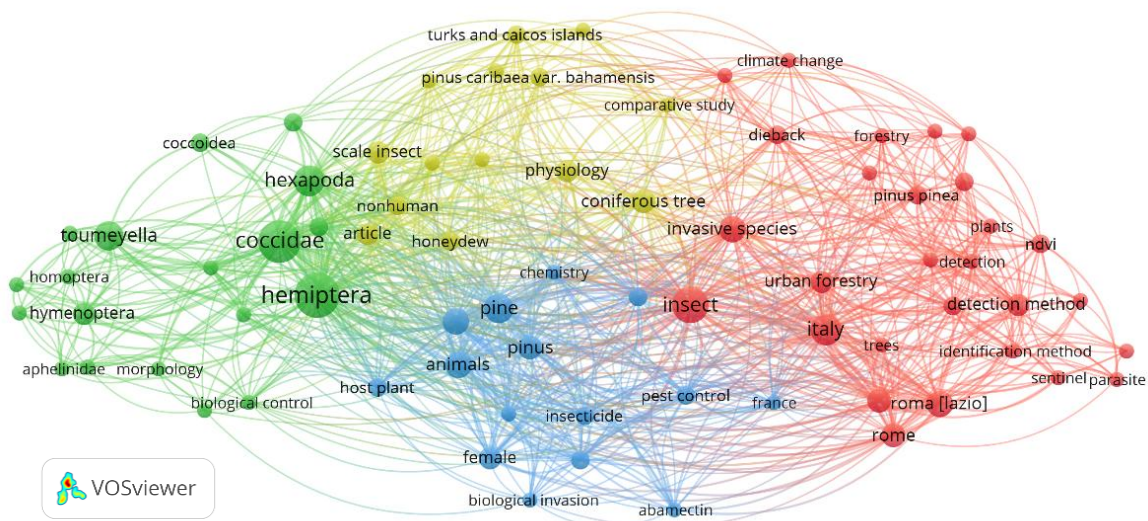


Figura 14. Red bibliométrica

2.4 Conclusiones

La investigación relacionada con las escamas del género *Toumeyella* en general ha tenido muy poco impacto y se le ha dado poca prioridad, sin embargo, en los últimos años los brotes de estos insectos han incrementado considerablemente y también su impacto ecológico y económico.

La revista más importante es The Canadian Entomologist, el autor más destacado es Contarini, Rossin y Speranza, los tres de Italia, por lo que claramente es el país más sobresaliente.

Las tendencias han tenido poco impacto, no obstante, la tendencia actual son los estudios en Italia debido a los fuertes brotes de plaga que han ocurrido en los últimos años.

2.5 Literatura utilizada para el análisis bibliométrico

A continuación, se incluyen las citas de los documentos analizados en la bibliometría, cuyos trabajos pueden ser de interés para quien desee investigar sobre las especies de *Toumeyella*, principalmente *T. parvicornis*.

Bascietto, M., Chirici, G., Mastrogregori, E., Oreti, L., Palma, A., Tiberini, A., & Bertin, S. (2025). Detecting symptoms and dispersal of Pine Tortoise Scale pest

in an urban forest by remote sensing. *Land*, 14, 630. <https://doi.org/10.3390/land14030630>

Bertin, S., Illardi, F., Scapini, C., Simoni, S., & Roversi, P. F. (2022). Alien Pest *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) on *Pinus pinea* L.: Short time evaluation of endotherapeutic treatment. *REDIA*, 105, 11–16. <https://doi.org/10.19263/REDIA-105.22.02>

Bishop, A. D. B., & Bristow, C. M. (2003). Effects of the presence of the allegheny mound ant (Hymenoptera: Formicidae) in providing enemy-free space to Myrmecophilous aphid and soft scale populations. *Annals of the Entomological Society of America*, 96(3), 202–210. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2003\)096\[0202:EOTPOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2003)096[0202:EOTPOT]2.0.CO;2)

Bishop, D. B., & Bristow, C. M. (2001). Effect of Allegheny mound ant (Hymenoptera: Formicidae) Presence on homopteran and predator populations in Michigan Jack Pine Forests. *Ecology and Population Biology*, 94(1), 33–40. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2001\)094\[0033:EOAMAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2001)094[0033:EOAMAH]2.0.CO;2)

Boberg, J., Flø, D., Tuomola, J., Wendell, M., & Bj, N. (2020). Screening potential pests of Nordic coniferous forests associated with trade in ornamental plants. *EPPO Bulletin*, 50(2), 314–332. <https://doi.org/10.1111/epp.12667>

Bradley, G. (1973). Effect of *Formica obscuripes* (Hymenoptera: Formicidae) on the predator-prey relationship between *Hyperaspis congressis* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Toumeyella numismaticum* (Homoptera: Coccidae). *The Canadian Entomologist*, 105(8), 1113–1118. <https://doi.org/10.4039/Ent1051113-8>

Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Serio, F. Di, Gonthier, P., Anton, J., Miret, J., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Stefani, E., Thulke, H., Werf, W. Van Der, Gr, J., Malumphy, C., ... Macleod, A. (2022). Pest categorization of *Toumeyella parvicornis*. *EFSA Journal*, 20. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7146>

Caballero, A., Ramos-portilla, A. A., Nancy, Z., & Benavides, P. (2018). Insectos escama (Hemiptera: Coccoomorpha) en raíces de café de Norte de Santander y Valle del Cauca, Colombia y descripción de una nueva especie. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 120–128. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6757>

Callejas-Chavero, A., Guadalupe, D., Vargas-mendoza, C. F., & Flores-mart, A. (2023). Herbivory in *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae): Do parasitoids provide indirect defense or a direct advantage? *Plants*, 12(47), 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants12010047>

Callejas-Chavero, A., Martínez-Hernández, D., Flores-Martínez, A., Moncada-Orellana, A., Diaz-Quiñones, Y., Vargas-Mendoza, C.F. (2020). Herbivory in Cacti: fitness effects of two herbivores, one tending ant on *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae). In: Núñez-Farfán, J., Valverde, P. (eds) *Evolutionary Ecology of Plant-Herbivore Interaction*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46012-9_6

Clarke, R., & Debarr, L. (1989). The life history of *Toumeyella pini* (King) (Homoptera: Coccidae) in Loblolly Pine seed orchards in Georgia. *The Canadian Entomologist*, 121, 853–860. <https://doi.org/10.4039/Ent121853-10>

Clarke, S. R., & Debarr, G. L. (1996). Impacts of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) on Striped Pine Scale (Homoptera: Coccidae) populations. *Journal of Entomological Science*, 31(3), 229–239. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-31.3.229>

Clarke, S. R., DeBarr, G. L., & Liu, T. X. (1989). Contact toxicities of five pyrethroid and four organophosphorous insecticides to *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) crawlers. *The Canadian Entomologist*, 124(3), 563–564. <https://doi.org/10.4039/Ent124563-3>

Cooper, D. D. & Cranshaw, W. S. (2004). Seasonal biology and associated natural enemies of two *Toumeyella* spp. in Colorado. *Southwestern Entomologist*, 29(1):39-45.

https://www.researchgate.net/publication/279606526_Seasonal_biology_and_associated_natural_enemies_of_two_Toumeyella_spp_in_Colorado

Cuevas-Cruz, J. C., Jiménez-Casas, M., Jasso-Mata, J., Pérez-Rodríguez, P., López-Uptón, J., & Villegas-Monter, A. (2015). Asexual propagation of *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 21(1), 81–95. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.08.033>

Dani, M., Naqqi, B., Blaise, J., Corcoran, M., & Allen, M. (2019). Plant Diversity Conserving and restoring the Caicos pine forests: The first decade. *Plant Diversity*, 41, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2018.05.002>

Di Sora, N., Mario, S., Luca, C., Silvia, R., Federico, T., Metaliaj, R., Vejsiu, I., Peri, L., & Speranza, S. (2025). First report of *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) in Albania and its potential spread in the coastal area of the Balkans. *EPPO Bulletin*, 54(2), 160–165. <https://doi.org/10.1111/epp.13014>

Di Sora, N., Mannu, R., Rossini, L., Contarini, M., Gallego, D., & Speranza, S. (2023). Using species distribution models (SDMs) to estimate the suitability of European Mediterranean Non-Native Area for the establishment of *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae). *Insects*, 14, 46. <https://doi.org/10.3390/insects14010046>

Di Sora, N., Rossini, L., Contarini, M., Mastrandrea, G., & Speranza, S. (2023). *Toumeyella parvicornis* versus endotherapic abamectin: three techniques, 1 year after. *Pest Management Science*, 79, 3676–3680. <https://doi.org/10.1002/ps.7547>

Di Sora, N., Rossini, L., Contarini, M., Virla, E. G. & Speranza, S. (2024). Are the ladybugs *Cryptolaemus montrouzieri* and *Exochomus quadripustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae) candidate predators of *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae)?. *Pest Management Science*, 80(6): 2881-2891. <https://doi.org/10.1002/ps.7996>

- Di Sora, N., Rossini, L., Speranza, S., & Contarini, M. (2022). Endotherapeutic treatment to control *Toumeyella parvicornis* Cockerell infestations on *Pinus pinea* L. *Pest Management Science*, 78, 2443–2448. <https://doi.org/10.1002/ps.6876>
- Di Sora, N., Turco, S., Brugnati, F., Rossini, L., Mazzaglia, A., Contarini, M., & Speranza, S. (2023). Molecular characterization and phylogenetic analysis of the Pine Tortoise Scale Insect *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae). *Forests*, 14(1585), 1–14. <https://doi.org/10.3390/f14081585>
- D’Amico, G. et al. (2023). Multitemporal optical remote sensing to support forest health condition assessment of Mediterranean Pine Forests in Italy. In: Benítez-Andrades, J.A., García-Llamas, P., Taboada, Á., Estévez-Mauriz, L., Baelo, R. (eds) *Global Challenges for a Sustainable Society*. EURECA-PRO 2022. Springer *Proceedings in Earth and Environmental Sciences*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25840-4_15
- Falanga, V., Francini, S., Parisi, F., Cavalli, A., De Fioravante, P., Cucca, B., D’Amico, G., Chirici, G., Lasserre, B., Ottaviano, M., Munafò, M., & Marchetti, M. (2024). Near-real-time detection of insect outbreaks in urban trees using a PlanetScope Time Series. *Forests*, 15(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f15122261>
- Garonna, A., Foscari, A., Russo, E., Somma, S., Cascone, P., & Guerrieri, E. (2018). The spread of the non-native pine tortoise scale *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae) in Europe: a major threat to *Pinus pinea* in Southern Italy. *IForest*, 11, 628–634. <https://doi.org/10.3832/for2864-011>
- Giovannini, L., Mazza, G., Peverieri, G., Lovinella, I., Manco, B., Prosper, D., Blaise, J., May, C., Vandenberg, N., Marianelli, L., & Roversi, P. (2024). Classical biological control of *Toumeyella parvicornis*: Challenges and opportunities for a potential candidate. *REDIA*, 107, 51–61. <https://doi.org/10.19263/REDIA-107.24.08>
- Green, P. W. C., Hamilton, M. A., Sanchez, M. D., & Fang, R. (2017). Phenotypic plasticity in the emission of terpenes by a threatened pine species (*Pinus caribaea*

var. *bahamensis*): effects of scale infestation and environment. *Forestry*, 90, 553–560. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx013>

Green, W. C., Hamilton, M. A., Sanchez, M. D., Corcoran, M. R., Manco, B. N., & Malumphy, C. (2015). The scope for using the volatile profiles of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* as indicators of susceptibility to Pine Tortoise Scale and as predictors of environmental stresses. *Chemistry and Biodiversity*, 12, 652–661. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201400219>

Hudson, C. S., & Sharwood, S. I. (1919). The occurrence of melezitose in honey. *Journal of the American Chemical Society*, 60(1918), 1456–1460. <https://doi.org/10.1021/ja01446a016>

Jones, P. A., & Shenefelt, R. D. (1957). Control of the Pine Tortoise Scale by aerial application of insecticides. *The Canadian Entomologist*, 89(8), 384–388. <https://doi.org/10.4039/Ent89384-8>

Kondo, T. (2007). Taxonomy of *Toumeyella lomagundiae* Hall and *T. obunca* De Lotto, and their transfer to *Hallicoccus* gen. nov. (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Zootaxa*, 1415, 23–33. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1415.1.3>

Kondo, T. (2010). Description of a new coccid (Hemiptera, Coccidae) on avocado (*Persea americana* Mill.) from Colombia, South America. *ZooKeys*, 42, 37–45. <https://doi.org/10.3897/zookeys.42.377>

Kondo, T., & Pellizzari, G. (2011). Description of a new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera, Coccidae) from Mexico, with a taxonomic key to Mexican species. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(2), 229–233. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011005000019>

Kondo, T., & Williams, D. J. (2008). Neotype designation and redescription of *Toumeyella liriodendri* (Gmelin) (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Journal of Insect Science*, 8(56), 1–6. <https://doi.org/10.1673/031.008.5601>

Lasaponara, R., Abate, N., & Masini, N. (2024). Early identification of vegetation pest diseases using sentinel 2 NDVI time series 2016 – 2023: The case of

Toumeyella Parvicorvis at Castel Porziano (Italy). *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 21, 1–5. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2024.3386218>

Malumphy, A., Martin, A., Bryan, N., Paul, W. C., & Michele, D. (2012). *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae), causing severe decline of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* in the Turks and Caicos Islands. *Florida Entomologist*, 95(1), 113–119. <https://doi.org/10.1653/024.095.0118>

Mongue, A. J., Markee, A., Grebler, E., Liesenfelt, T., & Powell, E. C. (2024). Genome report: Genome sequence of tuliptree scale, *Toumeyella liriodendri* (Gmelin), an ornamental pest insect. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 14(12), 1–8. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkae231>

Myartseva, A., Svetlana, N., María, J., & Refugio, J. (2016). Parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Toumeyella* scales (Hemiptera: Coccidae) in the New World, with Description of a New Species from Mexico. *Florida Entomologist*, 99(4), 781–784. <https://doi.org/10.1653/024.099.0434>

Niccoli, F., Piotr, J., Altieri, S., Faugno, S., & Battipaglia, G. (2024). Impact of *Toumeyella parvicornis* outbreak in *Pinus pinea* L. forest of Southern Italy: First detection using a dendrochronological, isotopic and remote sensing analysis. *Forest Ecology and Management*, 566, 122086. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122086>

Nicoletti, R., De Masi, L., Migliozi, A., & Calandrelli, M. (2024). Analysis of dieback in a Coastal Pinewood in Campania, Southern Italy, through High-Resolution Remote Sensing. *Plants*, 13, 182. <https://doi.org/10.3390/plants13020182>

Quesada, C. R., & Sadof, C. S. (2019). Field evaluation of insecticides and application timing on natural enemies of selected armored and soft scales. *Biological Control*, 133(March), 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.03.013>

- Quesada, C. R., Scharf, M. E., & Sadof, C. S. (2020). Chemosphere excretion of non-metabolized insecticides in honeydew of striped pine scale. *Chemosphere*, 249, 126167. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126167>
- Quesada, C. R., Witte, A., & Sadof, C. S. (2018). Factors influencing insecticide efficacy against armored and soft scales. *HORTTECHNOLOGY*, 28(3), 267–275. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH03993-18>
- Rabkin, B., & Lejeune, R. (1954). Some aspects of the biology and dispersal of the Pine Tortoise Scale, *Toumeyella numismaticum* (Pettit and McDaniel) (Homoptera: Coccidae). *The Canadian Entomologist*, 86(12), 570–575. <https://doi.org/10.4039/Ent86570-12>
- Schaffer, B., & Mason, L. (1990). Effects of scale insect herbivory and shading on net gas exchange and growth of a subtropical tree species (*Guaiacum sanctum* L.). *Oecologia*, 84, 468–473. <https://doi.org/10.1007/BF00328162>
- Segarra-carmona, A. E., & Cabrera-Asencio, I. (2010). *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae): A new invasive pest of pine trees in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 94(1–2), 175–177. <https://doi.org/10.46429/jaupr.v94i1-2.2593>
- Sharma, A., David, H., & Eileen, A. (2013). Honeydew-producing Hemipterans in Florida associated with *Nylanderia fulva* (Hymenoptera: Formicidae), an invasive crazy ant. *Florida Entomologist*, 96(2), 538–547. <https://doi.org/10.1653/024.096.0219>
- Telesca, L., Aromando, A., Faridani, F., Lovallo, M., Cardettini, G., Abate, N., Papitto, G., & Lasaponara, R. (2022). Exploring long-term anomalies in the vegetation cover of peri-urban parks using the Fisher-Shannon method. *Entropy*, 24, 1–17. <https://doi.org/10.3390/e24121784>
- Telesca, L., Lovallo, M., Cardettini, G., Aromando, A., Abate, N., Proto, M., Loperte, A., Masini, N., & Lasaponara, R. (2023). Urban and peri-urban vegetation monitoring using satellite MODIS NDVI time series, singular spectrum analysis,

and Fisher – Shannon statistical method. *Sustainability*, 15, 11039. <https://doi.org/10.3390/su151411039>

Von Ellenrieder, N. (2025). New records of scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoomorpha) from California with an updated checklist for the state. *The Pan-Pacific Entomologist*, 101(1), 15-50. <https://doi.org/10.3956/2024-101.1.15>

2.6 Literatura citada

Angarita-Becerra, D. L. (2014). Estudio bibliométrico sobre uso de métodos y técnicas cualitativas en investigación publicada en bases de datos de uso común entre el 2011-2013 Bibliometric study about use of qualitative methods and techniques in research published in commonly used datab. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*, 7(2), 67–76.

Barajas-Ochoa, A., Barajas-Ochoa, Z., & Ramos-Remus, C. (2019). *Análisis bibliométrico de las revistas médicas del Sistema de clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología*. 258–265. <https://doi.org/10.24875/GMM.19005030>

Brookes, B. C. (1985). “Sources of information on specific subjects” by S.C. Bradford. *Journal of Information Science*, 10(4), 173–175. <https://doi.org/10.1177/016555158501000406>

Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production : How great is the impact ? *Scientometrics*, 105(3), 1809–1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>

Túñez-López, M., Valarezo-González, K., & Marín-Gutiérrez, I. (2014). The impact of research and researchers on communication in Latin America: The h-index for scientific journals. *Palabra Clave*, 17(3), 895–919. <https://doi.org/10.5294/pacla.2014.17.3.14>

Urbizagástegui-Alvarado, R. (2016). El crecimiento de la literatura sobre la ley de Bradford. *Investigación Bibliotecológica*, 30(68), 51–72.

<https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.02.003>

Urbizagástegui Alvarado, R. (2005). The scientific productivity of authors: an application model of Lokta's Law by the generalized inverse power method. *Investigaciones Biotecnológicas*, 51–73.

3 REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

3.1 Familia Coccidae

Las especies de esta familia son conocidas como “escamas suaves”, las cuales se encuentran en todo el mundo, aunque la mayoría son nativas de ambientes tropicales, subtropicales y templados. La especie tipo para esta familia es *Coccus hesperidum* (L., 1758). En el mundo son alrededor de 1,100 especies y 160 géneros. Estas tienen una variedad amplia de hospedantes; algunas especies tienen muchos hospedantes, mientras que, otras atacan especies limitadas. Algunas especies de escamas presentan sólo una generación al año, mientras que otras llegan a tener muchas generaciones; otras llegan a tener generaciones superpuestas en cultivos de invernadero (Hamon & Williams, 1984).

Las hembras tienen metamorfosis simple, donde se presentan 3 o 4 estados de desarrollo, son ovíparas u ovovivíparas. La hembra presenta tres estadios ninfales y adulta. El macho tiene metamorfosis completa, y presenta 5 estadios. El primer estadio tanto para hembras como para machos es la etapa más activa, en la cual presentan ojos, placas anales con una seta apical larga, patas y antenas bien desarrolladas, setas espirácules en la mayoría de las especies que se diferencian de las setas marginales, poros multiloculares y ausencia de conductos tubulares. En el segundo estadio el dimorfismo sexual es evidente, por lo que, las hembras tienen una forma ovalada casi circular, con ausencia de conductos tubulares en el dorso, presentan ojos, placas anales, pero sin la seta apical larga, con hendidura anal marcada, patas y antenas reducidas o ausentes (Hamon & Williams, 1984).

Los machos de segundo estadio son de forma alargada oval, con placas anales sin seta apical, presencia de ojos y conductos tubulares dorsales, característica importante que se distingue los de las hembras, en esta etapa el macho presenta una cubierta de cera vítrea. Las hembras de tercer estadio son parecidas a las hembras adultas, pero con menos setas y poros, así como, tener menos segmentos antenales; ausencia de poros multiloculares en parte ventral. Los

machos en el tercer estadio (prepupa), se encuentra debajo de la cubierta de cera vítrea que es producida por el macho del segundo instar; tienen la dermis membranosa y las placas anales son reemplazadas por dos lóbulos esclerotizados de forma cuadrada y hay ausencia de anillo anal, setas espirácules, ojos, poros y conductos; la abertura anal se localiza cerca de la base esclerotizada de la vaina del pene que es corta y redondeada, hay presencia de brotes alares; las patas y antenas miden cerca de $\frac{1}{4}$ de la longitud del cuerpo, con segmentos poco definidos (Hamon & Williams, 1984).

La hembra adulta presenta más setas y poros. Generalmente presenta conductos tubulares y poros multiloculares en la parte ventral, todas las especies presentan setas espirácules diferenciadas, excepto en la especie *Toumeyella parvicornis*, la forma y número de estas setas son de importancia para separar géneros y especies, la mayoría presenta placas anales en forma de triángulos y se encuentran setas en varias partes de las placas anales (Hamon & Williams, 1984).

Los machos de cuarto estadio (pupa) son similares a las prepupas, pero las antenas, patas, estructuras genitales y alas están más desarrolladas, aún hay ausencia de ojos. La vaina del pene es triangular y alargada, las patas y antenas miden más de $\frac{1}{3}$ de la longitud del cuerpo, los segmentos ya son más definidos. Finalmente está el macho del quinto estadio, que presenta cabeza, tórax y abdomen; la cabeza es esclerotizada, presenta de 2 a 5 pares de ojos simples y un par de ocelos a los laterales, no presenta piezas bucales, presenta patas bien desarrolladas de 5 segmentos. El macho sale de la cubierta de cera que produce el macho del segundo estadio y va en busca de la hembra, estos ya no se alimentan y su único propósito es aparearse, por lo que, tienen una vida corta (Hamon & Williams, 1984).

3.1.1 Importancia económica de Coccidae

Las escamas blandas de la familia Coccidae son de importancia económica, ya que son un grupo de insectos que atacan plantaciones agrícolas, invernaderos y

ornamentales en todo el mundo. Se ha subestimado la importancia económica porque cuando muere una planta la causa se atribuye a otros factores. Las escamas blandas se alimentan de la savia de las plantas, excretando así una cantidad de melaza considerable, la cual es rica en azúcares y compuestos nitrogenados, la melaza da lugar al crecimiento del hongo fumagina en la superficie de la planta, causando así la inhibición de fotosíntesis y la disminución de cualidades estéticas de la planta (Hamon & Williams, 1984).

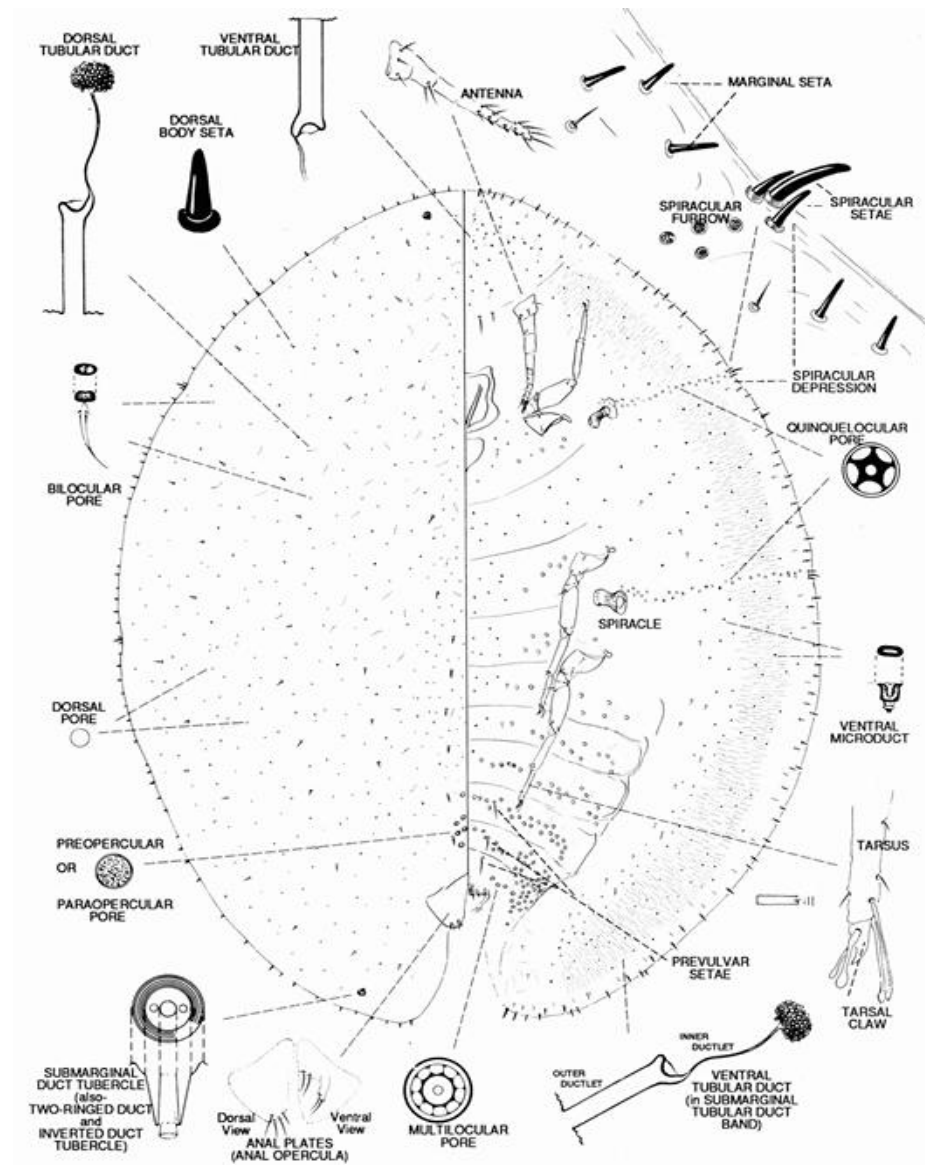


Figura 15. Estructura morfológica de Coccidae (Gill, 1988)

3.2 Género *Toumeyella*

Se designó un neotipo para la escama de tulipán: *Coccus liriodendri* Gmelin, ahora conocida como *Toumeyella liriodendri* (Gmelin, 1790), para aclarar el estado taxonómico y preservar la estabilidad de la especie de *Toumeyella*. La hembra adulta fue redescrita a partir de una colecta en su huésped *Liriodendron tulipifera* (L., 1753) (Magnoliales: Magnoliaceae) también conocido como álamo amarillo, y en su área de distribución nativa (Kondo & Williams, 2008).

Estas son escamas grandes, convexas y la mayoría presenta una forma irregular, la mayoría de las especies de este género en los Estados Unidos están limitadas a pinos, sin embargo, se sabe que hay especies en otros huéspedes (Gill, 1988).

3.2.1 Características de diagnóstico de *Toumeyella*

En hembra adulta

- Cuerpo convexo a globular
- Setas dorsales espinosas, rara vez son romas o lanceoladas
- Ausencia de ojos
- Con presencia de esclerotizaciones tipo bolsillo y ausencia de conductos tubulares en el dorso
- Poros preoperculares bien desarrollados
- Microductos dorsales, uniloculares o biloculares, distribuidos en el dorso
- Setas apicales de las placas anales de 3 a 25
- Las placas anales se encuentran localizadas a de 1/5 a 1/4 de la longitud del cuerpo
- Ausencia o presencia de esclerotización en forma de medialuna alrededor de las placas anales

- Hendiduras estigmáticas poco profundas o ausentes
- Setas estigmáticas en 3 pares habitualmente, en algunas especies ausentes
- Poros perivulvares y espirácules de 4 a 7 lóculos, comúnmente de 5 lóculos
- Presencia de una banda de poros espirácules que se extienden en fila continua desde los espiráculos hasta el margen
- Un solo tipo de conductos tubulares ventrales, limitados al área perivulvar y segmentos del abdomen posteriores, no están presentes en otras partes
- Patas y antenas reducidas

(Kondo & González, 2018)

3.2.2 Especies de *Toumeyella* reportadas en México

Las especies que se presentan en México son: *T. crataegi* (Kondo & González, 2018), *T. erythrinae* (Kondo & Williams, 2003) (Arriola Padilla, 2003), *T. fontanai* (Kondo & Pellizzari, 2011), *T. martinezae* (Kondo & González, 2014), *T. mirabilis* (Cockerell, 1899), *T. parvicornis* (=numismaticum) (Cockerell, 1897) (Myartseva & Ruiz-Cancino, 2000), *T. sallei* (Signoret, 1873) y *T. pinicola* (Ferris, 1920) (Cibrián Tovar et al., 1995).

3.2.2.1 *Toumeyella crataegi*

3.2.2.1.1 Descripción de la hembra adulta

El material sin montar de la especie tiene un cuerpo convexo, de forma ovalada y a menudo con dorso rugoso, dermis de color crema o crema con rosado, con presencia de líneas delgadas de color marrón que van desde la parte media del dorso hasta el margen del cuerpo, con placas anales de color marrón, las hembras adultas oscurecen en la madurez (Kondo & González, 2018).

En material montado (Figura 16); en el dorso se distingue una dermis membranosa, setas espinosas, microductos con un filamento terminal largo, con poros preoperculares muy pequeños, grupo compacto de poros en área anterior a placas anales, en ocasiones se presentan poros fusionados; presencia de conductos tubulares, ausencia de tubérculos y esclerotizaciones en forma de bolsillo. Las placas anales se ubican a $\frac{1}{4}$ de la longitud del cuerpo, juntas forman un cuadrado, a veces con ángulos poco dentados, con 3 setas apicales aproximadamente, alrededor de la placa anal presenta un área esclerotizada. En el margen se presentan setas espinosas, rectas o con el ápice doblado; hendiduras espirácules poco profundas, de 2 a 3 setas espirácules con bases anchas, todas las setas son subiguales o la media es más larga que las laterales; sin presencia de ojos (Kondo & González, 2018).

En vista ventral presenta dermis membranosa; poro discal pregenital mayormente de 5 lóculos, en ocasiones de 3, 4 o 6 lóculos, localizados alrededor del área vulvar; presencia de poros discales espirácules de 5 lóculos, que van en una banda estrecha que va desde los espiráculos al margen del cuerpo; presencia de microductos ventrales dispersos; conductos tubulares alrededor del área vulvar, cada uno con un filamento terminal largo que termina en una pequeña glándula, setas ventrales delgadas, 3 pared de setas largas en área prevulvar; espiráculos bien desarrollados; patas muy reducidas; antenas cortas de 4 a 6 segmentos con setas carnosas en los dos últimos segmentos; piezas bucales bien desarrolladas (Kondo & González, 2018).

3.2.2.1.2 Distribución geográfica

Chiautzingo, San Nicolás Zecalacoayan, Estado de Puebla (Kondo & González, 2018).

3.2.2.1.3 Hospedante

Esta especie de *Toumeyella* se encontró en la especie *Crataegus mexicana* Moc & Sessé ex DC. (Rosaceae) (Kondo & González, 2018).

3.2.2.1.4 Enemigos naturales

Se conoce un parasitoide para *Toumeyella crataegi*, se trata de un himenóptero llamado *Coccophagus funiculatus* de la familia Aphelinidae, que se crío a partir de *T. crataegi* (como *Toumeyella* sp.) (Myartseva et al., 2016)

3.2.2.1.5 Importancia económica

Cuando se reportó como nueva especie fue recolectada en huertos comerciales de *Crataegus* y se considera una plaga potencial del cultivo; también se presentaron infestaciones en niveles variados en algunos huertos de *Crataegus* del área, desde un 12 % hasta un 90 % de árboles infestados (Kondo & González, 2018).

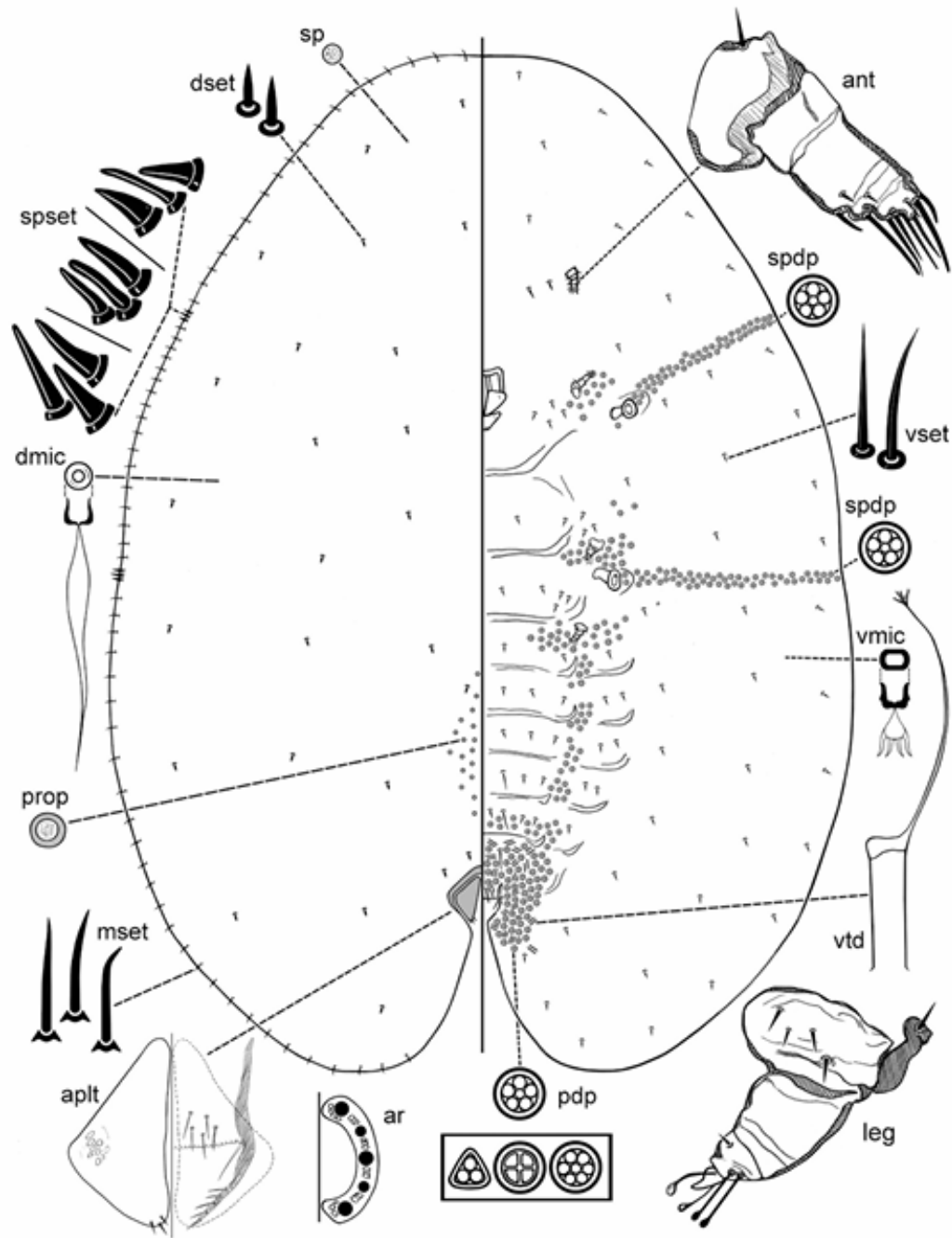


Figura 16. Hembra adulta de *Toumeyella crataegi* (Kondo & González, 2018). aplt = placa anal; ant = antena; dmic = microducto dorsal; dset = setas dorsales; mset = setas marginales; sp = poro simple; pdp = poro discal pregenital; prop = poros preoperculares; spdp = poro discal espiracular; spset = setas espiraculares; vmic = microducto ventral; vset = setas ventrales; vtd = conducto tubular ventral

3.2.2.2 *Toumeyella erythrinae*

3.2.2.2.1 Descripción de la hembra adulta

Material sin montar: esta especie tiene forma sub-circular, ligeramente convexas y son de color blanquecino y amarillo marfil, con un moteado negro y/o café, en algunas ocasiones presenta tonalidades anaranjadas y con textura coriácea (Arriola Padilla, 2003).

El material montado de la especie presenta un cuerpo sub-circular u oval elongado, la abertura anal se encuentra a 1/5 parte de la longitud del cuerpo a partir del margen posterior. El dorso presenta una superficie membranosa, esclerosada ligeramente; setas espinosas y afiladas, rectas o curvadas, son más cortas alrededor del margen del cuerpo; presencia de poros discales; presencia de poros preoperculares de igual tamaño o más largos que los microductos biloculares; microductos biloculares presentes con el borde engrosado y filamento largo; dos placas anales en forma de triángulo, cada placa con 4 setas apicales; anillo anal con 12 a 14 setas (Arriola Padilla, 2003).

En el margen presenta setas marginales espinosas y afiladas, rectas, o curvadas; 3 setas espirácules espinosas y afiladas, con la punta ocasionalmente bifurcada, la seta media más larga que las laterales; ausencia de manchas oculares. La región ventral es membranosa, presenta setas espinosas y afiladas; con 3 pares de setas prevulvares largas; presencia de setas prevulvares largas en una hilera; setas interantennales en grupo de cinco que se encuentra cerca de la base del escapo antenal; antenas cortas de 5 a 7 segmentos; patas reducidas, los tarsos y uñas presentan un par de digítulos delgados; espiráculos largos; poros espirácules en gran cantidad la mayoría de 5 lóculos pero también hay de 3 a 7, formando una banda del espiráculo y estrechándose cerca de las setas espirácules; presencia de ductos tubulares, cada uno presenta un filamento delgado, únicamente se localizan alrededor de la apertura vulvar; gran cantidad de poros perivulvares, de 3 a 5 lóculos, limitados al área vulvar y segmentos abdominales anteriores (Arriola Padilla, 2003).

3.2.2.2.2 Distribución geográfica

Ciudad de México y Estado de México (Arriola Padilla, 2003).

3.2.2.2.3 Hospedantes

Erythrina americana Miller. (Arriola Padilla, 2003) y *Erythrina coralloides* DC. (Kondo & Pellizzari, 2011).

3.2.2.2.4 Daños que ocasiona

En 2000, brotes de los árboles de *Erythrina americana* fueron infestados por ninfas, causando así muerte de tejidos y muerte regresiva de la punta a la base de las ramas. Al encontrarse en un área urbana, la mielecilla producida por el insecto ocasionó daños con efecto corrosivo en automóviles u objetos que llegaba a tocar; también causa debilitamiento de los árboles por el desarrollo de fumagina, lo que tiene por consecuencia la muerte de ramas llevando al árbol a la muerte (Arriola Padilla, 2003).

3.2.2.3 *Toumeyella fontanai*

3.2.2.3.1 Descripción de la hembra adulta

El material de la hembra sin montar de esta especie tiene cuerpo redondeado con el extremo posterior elevado; presenta dermis de color marrón grisáceo, con una banda submarginal angosta de color crema rosado; el dorso presenta una elevación con forma de V de color crema rosado, la cual en sus extremos laterales están deprimidos (Kondo & Pellizzari, 2011).

El material montado de la especie tiene el contorno del cuerpo ovalado (Figura 17). El dorso presenta dermis membranosa, con setas dorsales romas a espinosas, rectas o curvadas ligeramente; presencia de microductos dorsales, con un filamento terminal largo cada uno; se presentan poros simples uniformemente; presencia de muchos poros preoperculares en la línea media del dorso, que se extiende del área anterior a las placas anales hasta la cabeza,

ausentes en el margen y el submargen; presencia de conductos tubulares dorsales, tubérculos, ausencia de esclerotizaciones en forma de bolsillo; las placas anales al juntarse forman un cuadrado, con ángulos redondeados, las placas se ubican a $\frac{1}{4}$ de la longitud del cuerpo, cada placa con 3 setas apicales en el margen interno posterior, anillo anal con 10 setas; presencia de área esclerosada alrededor de las placas anales. En el margen se presentan setas marginales romas a muy espinosas, rectas o ligeramente dobladas, en una sola fila; hendiduras espiraculares poco profundas; presencia de 3 setas espiraculares, la mediana más larga; ausencia de ojos (Kondo & Pellizzari, 2011).

El área ventral tiene dermis completamente membranosa; presencia de poros discales pregenitales, alrededor del área vulvar y en línea submedial que va de la vulva al espiráculo posterior a cada lado; la mayoría de poros discales espiraculares son de 5 lóculos y se presentan en una banda igual de ancho que el peritrema, que se extiende desde el espiráculo hasta el margen del cuerpo, se estrecha cerca de los márgenes; presencia de microductos ventrales; conductos tubulares que se encuentran alrededor de la región vulvar y cada uno con un filamento interno que termina en una glándula pequeña; las setas ventrales son delgadas, rectas o ligeramente dobladas; en los segmentos pregenitales hay 3 pares de setas medianas y 2 pares de setas interantennales; espiráculos bien desarrollados; patas muy reducidas, pero, se distinguen los segmentos, todos los segmentos presentan pocas setas, las patas metatorácicas son más cortas; las antenas son cortas, cada una de 7 segmentos y presentan setas carnosas en los dos últimos segmentos antenales; ausencia de piezas bucales (Kondo & Pellizzari, 2011).

3.2.2.3.2 Distribución geográfica

Esta especie fue encontrada en Cacaloapan, Estado de Puebla, México (Kondo & Pellizzari, 2011).

3.2.2.3.3 Hospedante

Se encontró en una especie de la familia *Fabaceae*, en *Acacia oshanesii* F. Muell & Maiden. (Kondo & Pellizzari, 2011).

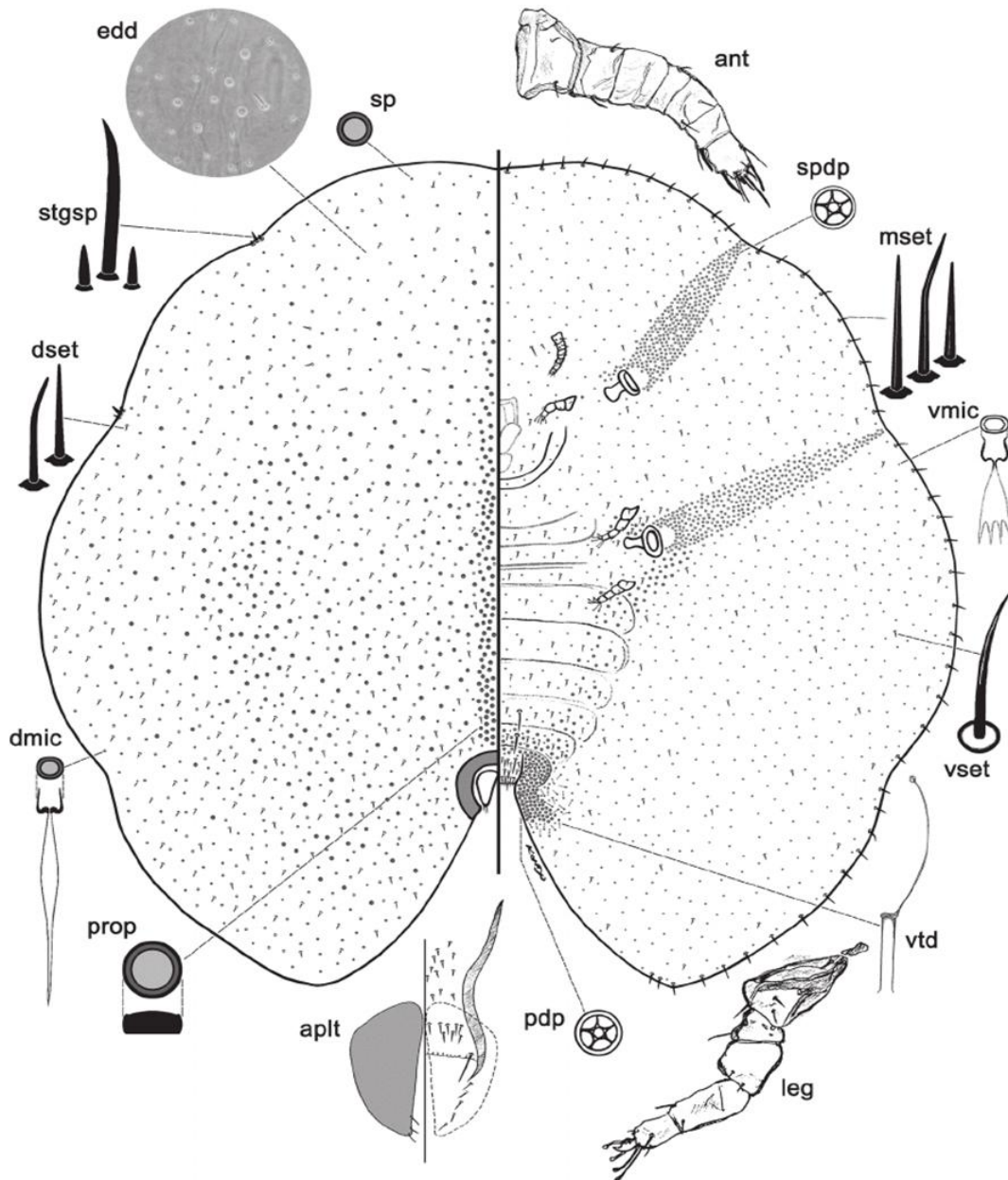


Figura 17. Hembra adulta de *Toumeyella fontanai* (Kondo & Pellizzari, 2011). aplt = placa anal; ant = antena; dmic = microducto dorsal; dset = setas dorsales; edd = ensanchamiento de la dermis dorsal; mset = setas marginales; pdp = poro discal pregenital; prop = poros preoperculares; sp = poro simple; spdp = poro

discal espiracular; stgsp = setas espiraculares; vmic = microducto ventral; vset = setas ventrales; vtd = conducto tubular ventral

3.2.2.4 *Toumeyella martinezae*

3.2.2.4.1 Descripción de la hembra adulta

Material sin montar: la hembra de esta especie tiene cuerpo de forma redonda y convexo, con la dermis de color verde pálido, el margen presenta una banda de color verde más oscuro; el dorso medio es de color más claro, de color naranja a marrón anaranjado, con dos líneas paralelas a la línea dorsal media de color verde más oscuro; con placas anales de color marrón oscuro; las hembras adultas se vuelven de color marrón oscuro a color rojizo (Kondo & González, 2014).

El material montado de la hembra adulta tiene la forma del cuerpo ovalado alargado (Figura 18). El dorso presenta setas en forma de espina, rectas o curvas; microductos dorsales presentes con un filamento terminal largo; ausencia de poros simples; numerosos poros preoperculares acomodados en una línea media que va desde el área anterior a las placas anales hasta la mitad del dorso; conductos tubulares, tubérculos y ausencia de esclerotizaciones en forma de bolsa; placas anales juntas forman un cuadrado, ubicadas a $\frac{1}{4}$ de la longitud del cuerpo aproximadamente, con 3 o 4 setas apicales; anillo anal con 10 setas; en especímenes más viejos se presenta un área esclerótica alrededor de las placas anales (Kondo & González, 2014).

El margen presenta setas romas a espinosas, rectas a curvas, en filas entre las áreas espirácules anterior y posterior; hendiduras espirácules poco profundas; presencia de 2 o 3 setas espirácules, todas de tamaño desigual o la media ligeramente más larga; ausencia de ojos. En vista ventral se presenta la dermis membranosa; poros discales pregenitales de 5 a 7 lóculos ubicados en área vulvar; la mayoría de los poros discales espirácules son de 6 lóculos, algunos con 3, 4 y 5 lóculos, se presentan en una banda estrecha del mismo ancho que el peritrema espiracular; presencia de microductos y conductos

tubulares con un filamento terminal que termina en una glándula (ubicados alrededor de la región vulvar); setas ventrales delgadas, rectas o curvas; espiráculos bien desarrollados; patas muy reducidas, pero la mayoría de los segmentos se distinguen, cada segmento presenta pocas setas, las patas meta torácicas son más grandes; antenas cortas de 6 segmentos; presencia de 3 setas interantennales; piezas bucales bien desarrolladas (Kondo & González, 2014).

3.2.2.4.2 Distribución geográfica

Zequetejé, Huichapan, Estado de Hidalgo, México (Kondo & González, 2014).

3.2.2.4.3 Hospedante

Se encuentra en una cactácea, especie *Myrtillocactus geometrizans* (Mart & Console, 1897) (Kondo & González, 2014).

3.2.2.4.4 Especies asociadas

La hormiga *Liometopum apiculatum* Mayr ha sido observada en una relación mutualista con *T. martinezi* en *M. geometrizans*. La melaza excretada por la escama sirve como alimento para la hormiga, a cambio, la hormiga protege a la escama de sus enemigos naturales, como se ha informado para otras especies de hormigas. *Toumeyella martinezi* se encuentra en la parte media de la planta porque hay tejido fresco (Kondo & González, 2014).

3.2.2.4.5 Enemigos naturales

Se conoce un parasitoide para *Toumeyella martinezae*, se trata del himenóptero *Mexidalgus toumeyellus* de la familia Aphelinidae (Myartseva et al., 2016).

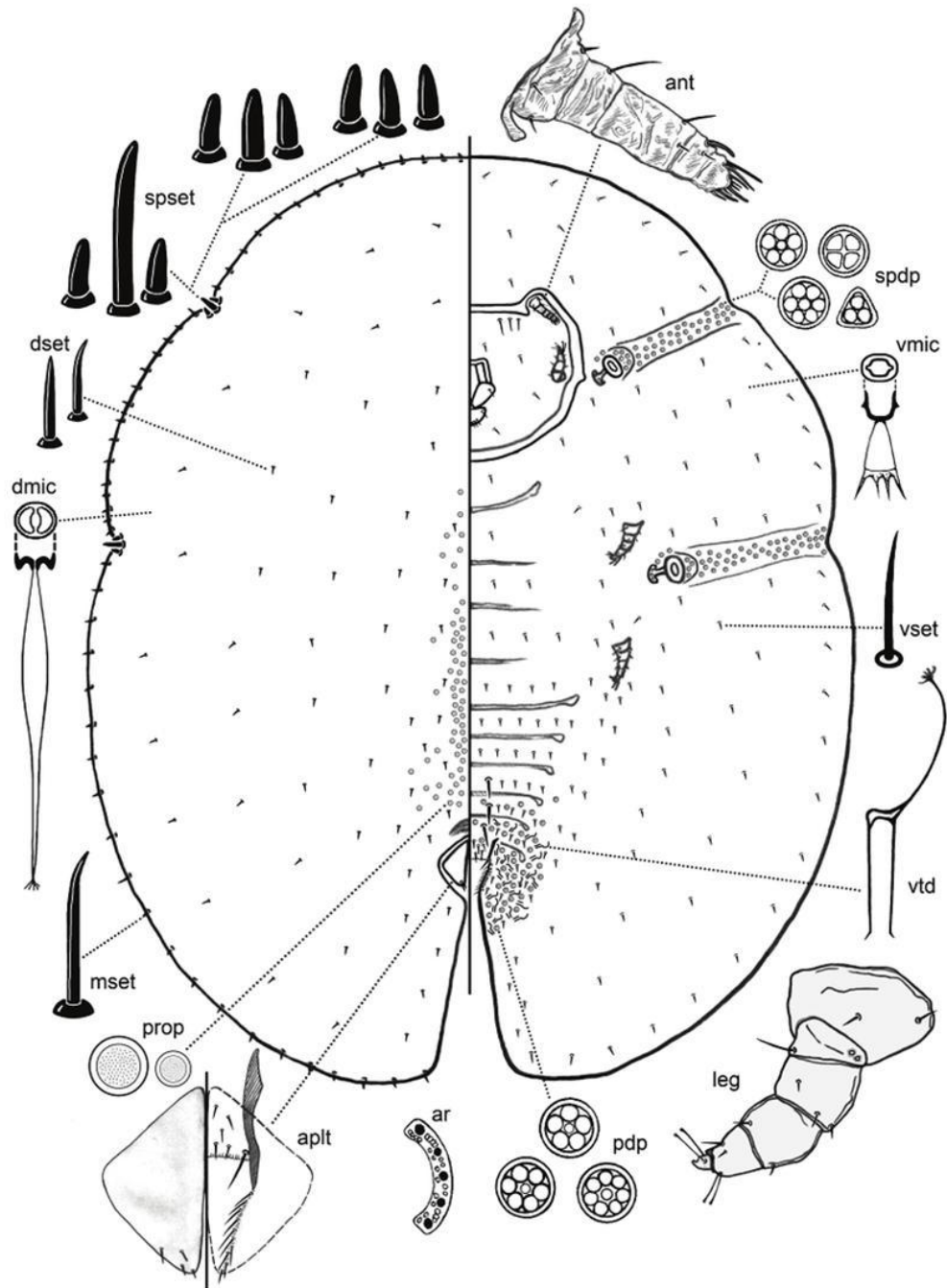


Figura 18. Hembra adulta de *Toumeyella martinezae* (Kondo & González, 2014).
 aplt = placa anal; ant = antena; dmic = microducto dorsal; dset = setas dorsales;
 mset = setas marginales; pdp = poro discal pregenital; prop = poros
 preoperculares; spdp = poro discal espiracular; spset = seta espiracular; vmic =
 microducto ventral; vset = setas ventrales; vtd = conducto tubular ventral.

Toumeyella mirabilis

3.2.2.4.6 Principal característica diagnóstica

Ausencia de hendiduras espirácules, así como la ausencia de setas espirácules (Kondo & González, 2018).

3.2.2.4.7 Hospedantes

Toumeyella mirabilis fue reportada en *Xanthocephalum* Willd. de la familia Asteraceae (Kondo & González, 2018). También se reporta en cuatro especies de la familia Fabaceae, *Bauhinia macrantha* Bolle. (Kondo & González, 2018), *Prosopis* sp. L. (Ferris & Kelly, 1923), *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *P. glandulosa* (Torr.) y *P. velutina* Wooton, 1898 (Kondo & González, 2018).

3.2.2.4.8 Distribución geográfica

En México se encuentra reportada en Baja California Sur (Ferris, 1921), Baja California Norte y Aguascalientes (Ferris & Kelly, 1923).

En los Estados Unidos se reporta en Arizona (Ferris, 1921).

3.2.2.4.9 Enemigos naturales

Se reporta el depredador de la familia Coccinellidae: *Thalassa montezumae* Mulsant, 1850. (Giovannini et al., 2024).

3.2.2.5 *Toumeyella parvicornis*

3.2.2.5.1 Descripción de la hembra adulta

Material sin montar. La escama tortuga se presenta de dos formas; la hembra adulta se establece en brotes o ramas y es de forma ovalada a larga, convexa de color café rojizo con rayas negras hasta café oscuro (Williams & Kosztarab, 1972); la otra se establece en las acículas y son de forma alargada, ajustándose a la forma de las acículas, es de color amarillo verdoso con bandas longitudinales de color gris moteado (Hamon & Williams, 1984).

Material montado, hembra adulta ovalada a alargada (Figura 19), las hembras en forma de aguja son más largos que anchos. En vista dorsal la dermis está esclerotizada únicamente alrededor de las placas anales; presencia de poros biloculares; las setas corporales son parecidas a las marginales, pero son más pequeñas; presencia de poros discoidales grandes en parte anterior de las placas anales; placas anales de forma triangular, de 8 a 12 setas apicales en cada una. En vista ventral, los espiráculos son de igual tamaño o más largos que las patas; poros de 5 lóculos presentes en surcos espiraculares, área vulvar y en una banda que va desde el área vulvar hasta los espiráculos posteriores; presencia de conductos tubulares con filamentos delgados limitados al área vulvar. En el margen las setas son robustas, estrechándose hacia la punta afilada; ausencia de setas espiraculares, es decir, son indistintas de las setas marginales (Hamon & Williams, 1984).

3.2.2.5.2 Distribución geográfica

El origen de *Toumeyella parvicornis* es la región Neártica, se encuentra en México (Myartseva & Ruiz-Cancino, 2000); en los Estados Unidos se encuentra en Illinois, Iowa, Minnesota, Nebraska, Dakota del Norte, Dakota del Sur y posiblemente en los estados al este del río Misisipi y Canadá (Hamon & Williams, 1984), también desde el este de Nueva York, hasta Florida, Colorado y Texas (Clarke, 2013). Se introdujo recientemente en la región del Caribe, en Puerto Rico (Segarra-Carmona & Cabrera-Asencio, 2010), las Islas Turcas y Caicos (Malumphy et al., 2012), en Europa, en Italia (Garonna et al., 2015) y Francia (EPPO, 2021).

3.2.2.5.3 Biología

En las Islas Turcas y Caicos se han observado que ocurren etapas de vida simultáneamente (Malumphy et al., 2012). En Europa se han observado hasta cuatro generaciones debido a las condiciones climáticas, lo que aumenta el daño (Di Sora et al., 2023). En la zona sur de Estados Unidos se ha reportado la forma

de hoja como dominante, en la zona norte la que predomina es la otra forma de la escama en la frontera de Canadá y Estados Unidos (Clarke, 2013).

3.2.2.5.4 Importancia económica

Las infestaciones han causado un gran nivel de mortalidad del Pino caribeño, lo que ha causado que en algunas áreas no hay árboles vivos ni plántulas; las hembras que se encuentran en las acículas representan un alto nivel de infestación, también se ha reducido la producción de conos en árboles maduros, esto amenaza a la reforestación continua de pinos (Malumphy et al., 2012).

En 2023 ocasionó la mortalidad de más de 56 hectáreas de *Pinus pinea* en Italia (Niccoli et al., 2024).

3.2.2.5.5 Hospedantes

Toumeyella parvicornis se alimenta de especies de pinos como: *Pinus echinata*, *P. mugo*, *P. palustris*, *P. sylvestris*, *P. virginiana* (Williams & Kosztarab, 1972); *P. elliotii* (Kondo & González, 2018); *P. glabra* (Hamon & Williams, 1984); *P. contorta*, *P. taeda*, *P. banksiana*, *P. resinosa* (Clarke, 2013); *P. caribaea* (Dueñas-López, 2022), *P. caribaea* var. *bahamensis* (Malumphy et al., 2012) y *P. caribaea* var. *hondurensis* (Segarra-Carmona & Cabrera-Asencio, 2010); *P. nigra* y *P. pinaster* (Pietro Garonna et al., 2018); y *P. pinea* (Garonna et al., 2015).

3.2.2.5.6 Enemigos naturales

Se reportan cinco familias como enemigos naturales.

Especies de la familia Aphelinidae:

Aphytis sp., *Coccophagus albicoxa* (Malumphy et al., 2012); *C. immaculatus* (Myartseva et al., 2016); *C. lycimnia* (Clarke, 2013); y *C. quaestor* (Myartseva & Ruiz-Cancino, 2000).

Especies de la familia Chamaemyiidae

Se encuentra el género *Leucopis* (Clarke, 2013)

Especies de la familia Coccinellidae:

Brachiacantha ursina Fabrizio, 1787., *Hyperaspis conviva* Casey, 1924 (Dueñas-López, 2022); *Chilocorus bivulverus* L., *Coccinella novemnotata* Herbst, 1793., *C. transversoguttata*, *C. trifasciata* Walbaum, 1972., *Hyperaspis* Chevrolat in Dejean, *Hyperaspis binotata*, *H. congressis*, *H. signata*, *Scymnus lacustris* (Malumphy et al., 2012); *Chilocorus stigma*, *Hippodamia convergens* (Clarke, 2013); y *Thalassa montezumae* (Giovannini et al., 2024).

Especies de la familia Encyrtidae:

Encyrtus Walker. (Dueñas-López, 2022); *Metaphycus* (Myartseva et al., 2016); *Metaphycus flavus* (Garonna et al., 2018); y *Microterys fuscicornis* (Malumphy et al., 2012).

3.2.2.5.7 Especies asociadas

De la familia Formicidae se asocian las siguientes especies:

Formica exsectoides Forel, 1886., *Formica obscuripes*, *Solenopsis invicta* Buren, 1972. (Clarke, 2013); y *Wasmannia auropunctata* Roger, 1863. (Bragard et al., 2022).

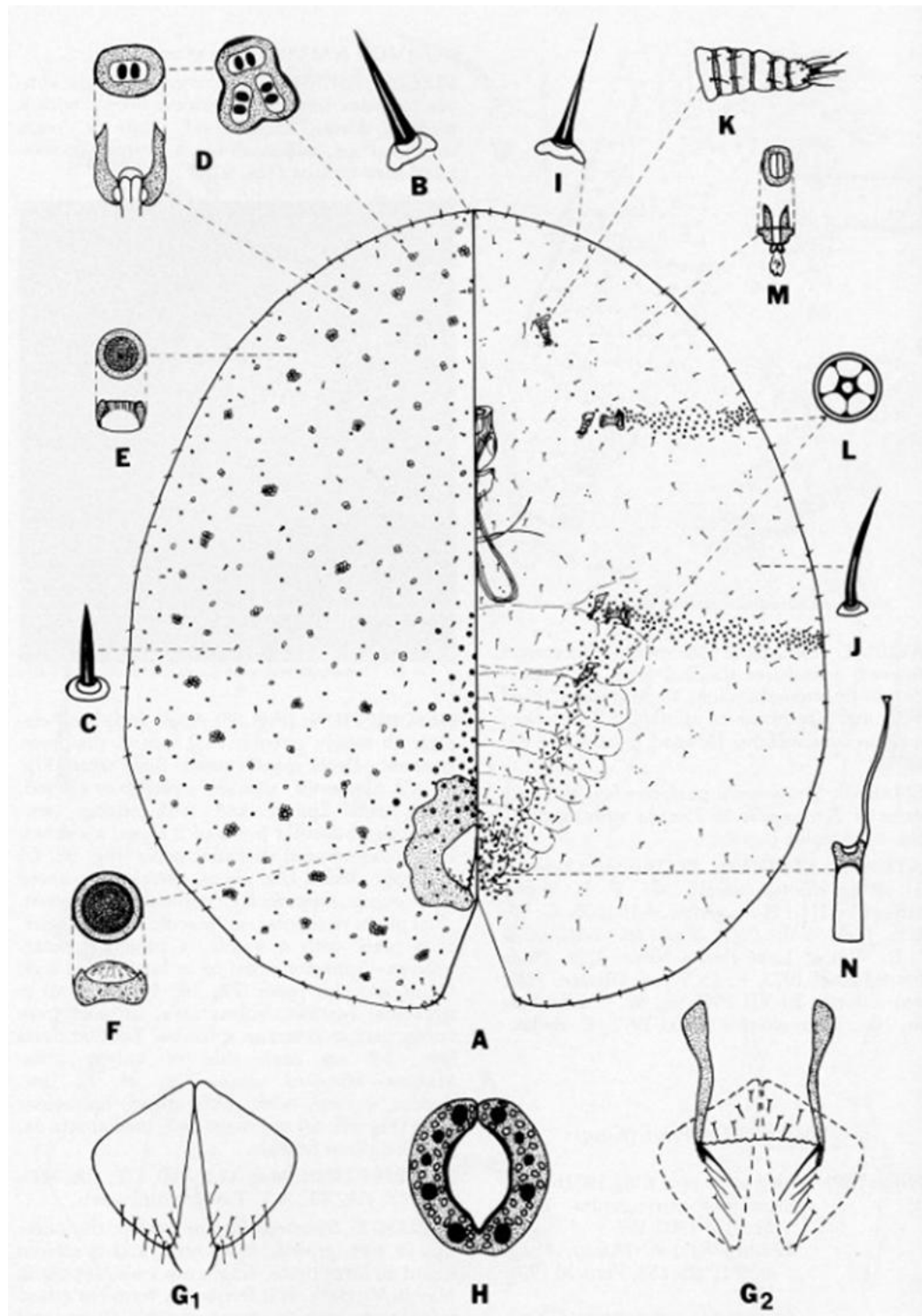


Figura 19. Hembra adulta de *Toumeyella parvicornis* (Williams & Kosztarab, 1972). A= cuerpo, B= seta marginal, C= seta dorsal, D= poros biloculares, E= poros discales, F= Poro discal en placa anal, G1= setas en placa anal, H= anillo anal, I= seta submarginal ventral, J= seta ventral, K= antena, L= poro quinquelocular, M= microductos, N= ductos tubulares.

3.2.2.6 *Toumeyella sallei*

3.2.2.6.1 Descripción de la hembra adulta

Hembra adulta sin montar: Insecto de tamaño monstruoso, mide 2 cm de largo por 1.5 cm de ancho y 0.5 cm de alto; de color marrón con tonalidades pálidas, un poco amarillo; a los lados es rugoso (Signoret, 1873).

Hembra adulta montada (Figura 20): Dorso con la dermis membranosa, ligeramente esclerotizada; setas dorsales marcadamente espinosas; numerosos poros preoperculares cónicos de forma ovalada a oval alargado cónica, que se distribuyen a la mitad del dorso, ausentes en el margen; presencia de poros disciales simples; ausencia de tubérculos submarginales; microductos dorsales biloculares con un filamento largo; placas anales en forma de triángulo, cada una con 3 setas; alrededor de las placas se presenta la dermis poco esclerotizada; hendidura anal aproximadamente a 1/5 de la longitud del cuerpo; anillo anal con 10 setas y muchos poros de cera. El margen es liso, más esclerotizado que el dorso; setas marginales espinosas, rectas o ligeramente curvas; hendidura espiracular bien marcada; no se ven las setas espiraculares, pero hay presencia de alveolos que indica la presencia de 3 setas espiraculares, alveolo del medio más grande; no se detectan manchas oculares. En vista ventral Signoret (1873) menciona que probablemente el espécimen estudiado perdió las patas y antenas, ya que no se le han visto; presenta dermis membranosa; setas ventrales espinosas, setas submarginales en fila; presencia de seta inter-antenal, antenas de 6 segmentos reducidas; presencia de microductos localizados en una areolación; espiráculos grandes; poros espiraculares, la mayoría de 5 lóculos; conductos tubulares ventrales; poros perivulvares de 4-7 lóculos, la mayoría de 5 (Kondo & Williams, 2004).

3.2.2.6.2 Distribución geográfica

Toumeyella sallei se reporta en Guatemala en la localidad de Amatitlán, Ciudad de Guatemala y Solóla: San Lucas Tolimán (Williams, 2010). En México se colectó por el señor Sallé (Signoret, 1873).

3.2.2.6.3 Hospedantes

Se conocen dos familias como hospedantes:

De la familia Anacardiaceae, el género *Spondias*; y de la familia Fabaceae: *Erythrina corallodendron* y *Erythrina droogmansiana* (Williams, 2010).

Los registros que existen de *T. sallei* en *Erythrina* spp. podrían ser una identificación errónea de *T. erythrinae* (Kondo & González, 2018)

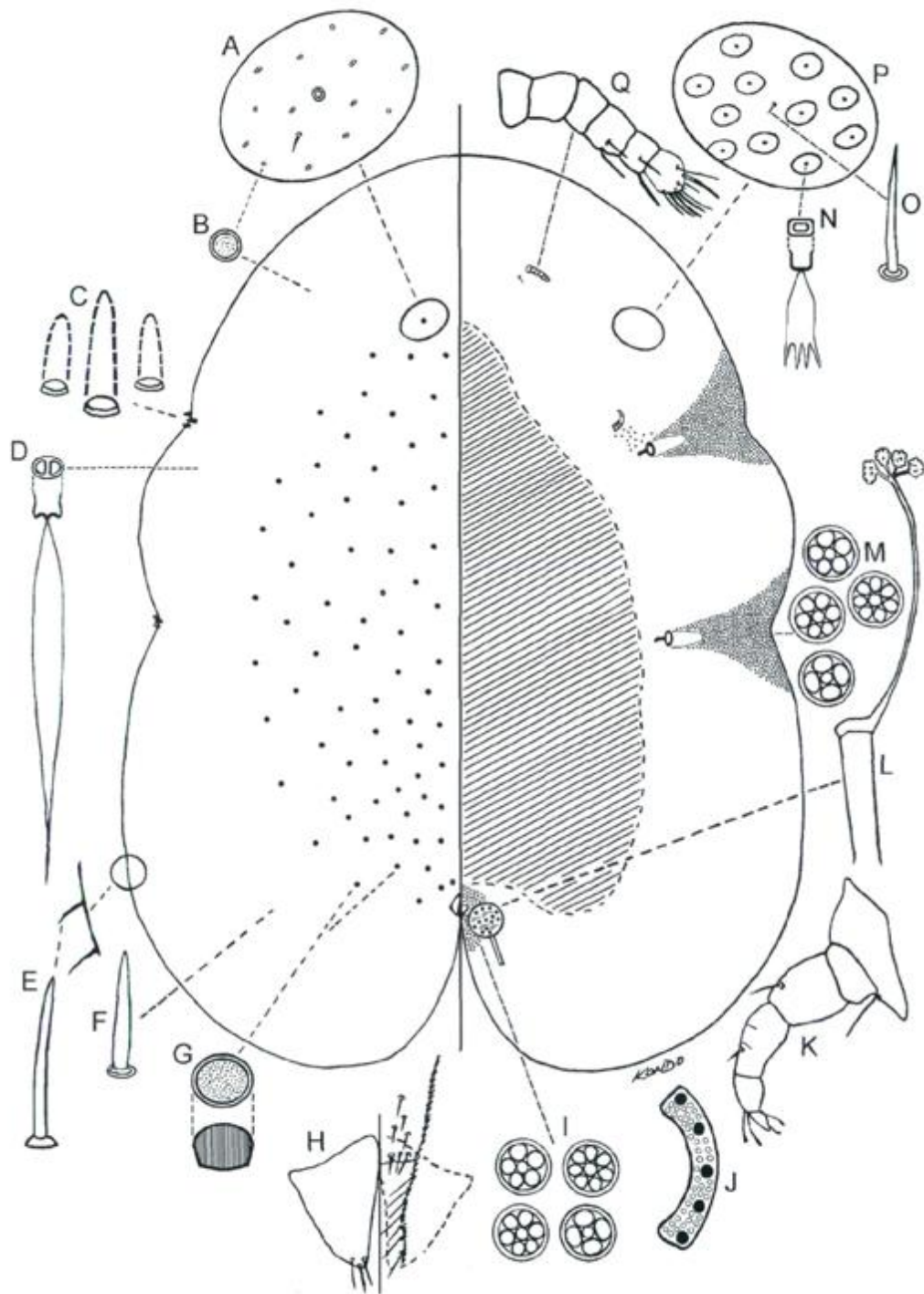


Figura 20. Hembra adulta de *Toumeyella sallei* (Kondo & Williams, 2004).
A=agrandamiento dermis dorsal, B= poro discal simple, C= setas espiraculares,
D= microducto dorsal, E= setas marginales, F= seta dorsal, G= poro preopercular,
H= placan anal, I=poros perivulvares, J= anillo anal, K= pata, L= conducto tubular

ventral, M= poro espiracular, N= microducto ventral, O= seta ventral, P= agrandamiento de la dermis ventral, Q= antena

3.2.2.7 *Toumeyella pinicola*

3.2.2.7.1 Descripción

Hembra adulta sin montar: cuerpo redondo, ligeramente convexo, de forma irregular o asimétrica, de color moteado de amarillo grisáceo y café, algunas áreas tienen color rosa o naranja, alrededor de las placas anales es de color café, las hembras adultas se vuelven más oscuras. Las hembras se encuentran en el tallo y los machos se alargan y se localizan en las acículas (Gill, 1988), la superficie de la hembra está cubierta de una capa de cera (Cibrián Tovar et al., 1995).

El diagnóstico de la especie, en la hembra adulta (Figura 21), es que presenta 3 setas espiraculares, y de 5 a 7 setas apicales en cada placa anal (Gill, 1988).

La única etapa en que la escama puede desplazarse es en el primer instar. Los machos presentan alas y son de forma alargada, y más pequeños que las hembras (Cibrián Tovar et al., 1995).

3.2.2.7.2 Distribución geográfica

Costa central y sur de California (Gill, 1988).

Es reportada en tres estados de México: Oaxaca, Chihuahua y el Estado de México (Cibrián Tovar et al., 1995).

3.2.2.7.3 Hospedantes

Se limita a los pinos, comúnmente en *Pinus radiata*, *P. muricata*, *P. attenuata*, *P. contorta*, *P. halepensis*, *P. canariensis*, *P. pinea*, *P. mugo* (Gill, 1988), *P. leiophylla* y *P. montezumae* (Cibrián Tovar et al., 1995).

3.2.2.7.4 Enemigos naturales

Se conoce un enemigo natural para *T. pinicola*, de la familia Aphelinidae *Coccophagus lycimnia* (Myartseva et al., 2016).

3.2.2.7.5 Daños e importancia

Esta especie ataca a árboles pequeños, a los que causa muerte de brotes y una reducción en el crecimiento. Estos insectos secretan mielecilla que da lugar a la proliferación de fumagina. Se considera una plaga de mediana importancia (Cibrián Tovar et al., 1995).

En 2011, se reportó una infestación de *T. pinicola* en un huerto semillero sexual de *Pinus leiophylla*, teniendo un 50 % de pérdida de plantas, de tal manera que, se considera una amenaza para las plantaciones forestales (Jiménez Casas & Jasso Mata, 2011).

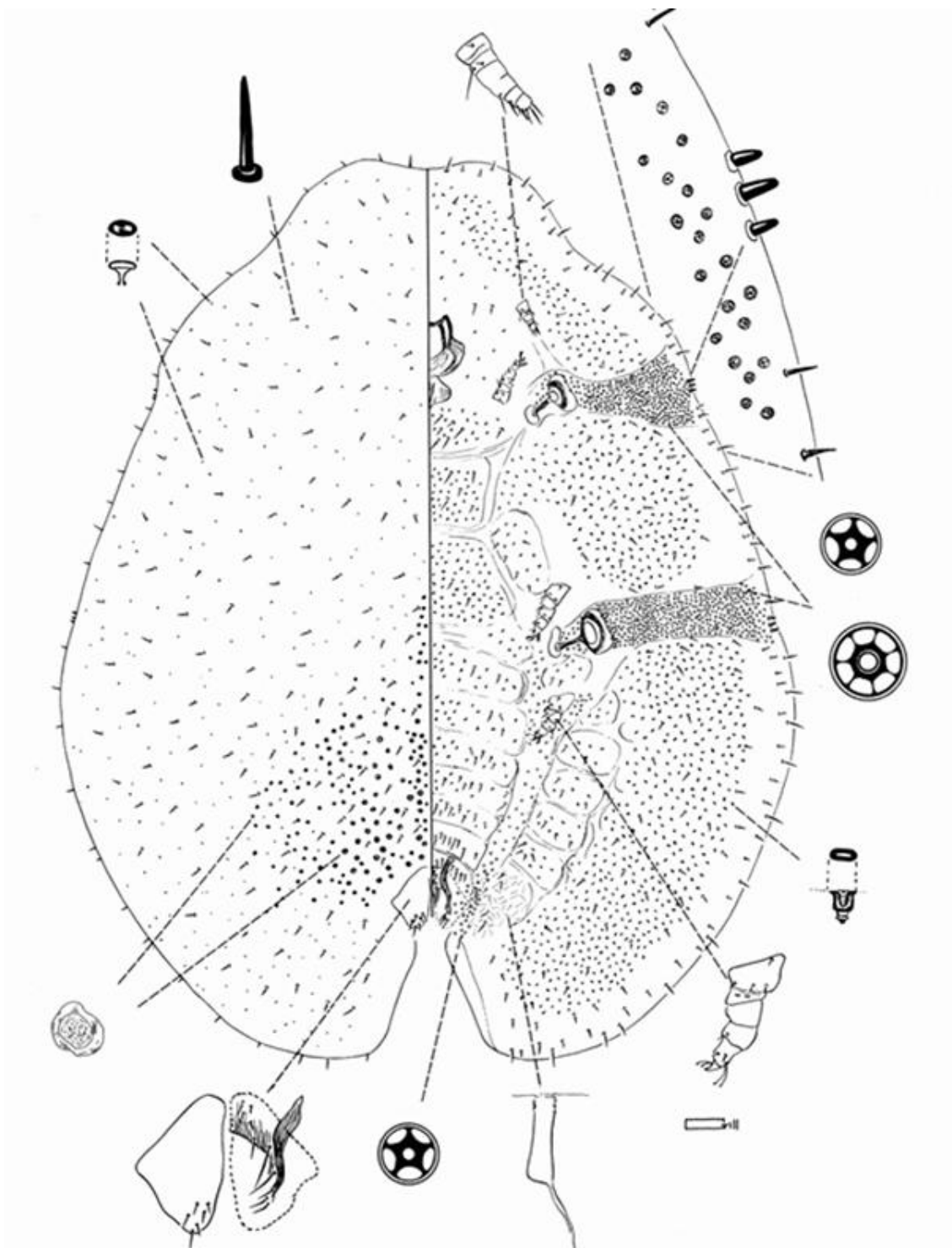


Figura 21. Hembra adulta de *Toumeyella pinicola* (Gill, 1988).

3.3 Literatura citada

- Arriola Padilla, V. J. (2003). Biología de la escama (*Toumeyella erythrinae* Kondo y Williams) del colorín (*Erythrina americana*), en la Ciudad de México, D.F. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México. 79 pp.
- Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Di Serio, F., Gonthier, P., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Stefani, E., Thulke, H. H., Van der Werf, W., Vicent Civera, A., Yuen, J., Zappalà, L., ... MacLeod, A. (2022). Pest categorization of *Toumeyella parvicornis*. *EFSA Journal*, 20(3), 24. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7146>
- Cibrián Tovar, D., Méndez Montiel, J. T., Campos Bolaños, R., Yates III, H. O., & Flores Lara, J. (1995). Insectos Forestales de México - Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México; Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, México; Forest Service USDA EUA; Natural Resources, Canada. Pub. 6 COFAN-FAO
- Clarke, S. R. (2013). Pine Tortoise Scale. *Forest Insect & Disease Leaflet* 57, 8. <https://www.fs.usda.gov/foresthealth/docs/fidls/FIDL-57-PineTortoiseScale.pdf>
- Cockerell, T. D. A. (1899). Order Rhynchota. Hemiptera-Homoptera. *Biologia Centrali-Americana*, II, 37.
- Di Sora, N., Mannu, R., Rossini, L., Contarini, M., Gallego, D., & Speranza, S. (2023). Using species distribution models (SDMS) to estimate the suitability of European Mediterranean non-native area for the establishment of *Toumeyella Parvicornis* (Hemiptera: Coccidae). *Insects*, 14(46). <https://doi.org/10.3390/insects14010046>

- Dueñas-López, M. A. (2022). *Toumeyella parvicornis* (pine tortoise scale). *CABI COMPENDIUM*. <https://doi.org/10.1079/pwkb.species.54232>
- EPPO. (2021). First report of *Toumeyella parvicornis* in France. *Eppo Reporting Service*. <https://gd.eppo.int/taxon/TOUMPA>
- Ferris, G. F. (1921). Report upon a collection of Coccidae from Lower California (Vol. 1, No. 2). Stanford University Press. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.24145>
- Ferris, G., & Kelly, J. (1923). Some Coccidae from about the Gulf of California. *California Academy of Science*, 12(961), 315–318. <https://doi.org/10.1126/science.37.961.833.b>
- Garonna, A. P., Scarpato, S., Vicinanza, F., & Espinosa, B. (2015). First report of *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) in Europe (Hemiptera: Coccidae). *Zootaxa*. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3949.1.9>
- Garonna, A. Pietro, Foscari, A., Russo, E., Jesu, G., Somma, S., Cascone, P., & Guerrieri, E. (2018). The spread of the non-native pine tortoise scale *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae) in Europe: A major threat to *Pinus pinea* in Southern Italy. *IForest*, 11(5), 628–634. <https://doi.org/10.3832/ifor2864-011>
- Gill, R. J. (1988). The Scale Insects of California Part 1, The Soft Scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). *Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology*, 1. <https://dokumen.pub/the-scale-insects-of-california-part-1-the-soft-scales-homoptera-coccoidea-coccidae-1.html>
- Giovannini, L., Mazza, G., Peverieri, G. S., Iovinella, I., Manco, B. N., Prosper, D., Blaise, J., May, C., Vandenberg, N., Marianelli, L., & Roversi, P. F. (2024). Classical biological control of *Toumeyella*

parvicornis: Challenges and opportunities for a potential candidate. *Redia*, 107, 51–61. <https://doi.org/10.19263/REDIA-107.24.08>

Hamon, A. B., & Williams, M. L. (1984). The Soft Scale insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. <https://palmm.digital.flvc.org/islandora/object/uf%3A46687>

Jiménez Casas, M., & Jasso Mata, J. (2011). Infección por escamas en árboles de un huerto semillero sexual de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. *Resumen de Cartel. Memoria Del XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal.*, 226.

Kondo, T., & González, H. (2014). A new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera: Coccidae) on *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae) from Mexico with a checklist of known species of *Toumeyella* in the world. *Insecta Mundi*, 0396, 1–10. <https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0396>

Kondo, T., & González, H. (2018). Description of a new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera: Coccoomorpha: Coccidae) on *Crataegus mexicana* Moc. and Sessé ex DC. (Rosaceae). *Insecta Mundi*, 0634, 1–9. <https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0634>

Kondo, T., & Pellizzari, G. (2011). Description of a new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera, Coccidae) from Mexico, with a taxonomic key to Mexican species. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(2), 229–233. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011005000019>

Kondo, T., & Williams, D. J. (2008). Neotype designation and redescription of *Toumeyella liriodendri* (Gmelin) (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). *Journal of Insect Science*, 8(56), 1–6. <https://doi.org/10.1673/031.008.5601>

- Kondo, T., & Williams, M. L. (2004). Redescription of the Mexican soft scale insect *Toumeyella sallei* (Signoret, 1874), comb. n. (Insecta: Hemiptera: Coccidae). *Annalen Des Naturhistorischen Museums in Wien*, 105 B, 211–215. <https://www.jstor.org/stable/41767286>
- Malumphy, C., Hamilton, M. A., Manco, B. N., Green, P. W. C., Sanchez, M. D., Corcoran, M., & Salamanca, E. (2012). *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae), causing severe decline of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* in the Turks and Caicos Islands. *Florida Entomologist*, 95(1), 113–119. <https://doi.org/10.1653/024.095.0118>
- Myartseva, S. N., & Ruiz-Cancino, E. (2000). Annotated checklist of the Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Mexico. *Folia Entomologica Mexicana*, 109, 7–33. https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Ruiz-Cancino/publication/286335128_Annotated_checklist_of_the_Aphelinidae_Hymenoptera_Chalcidoidea_of_Mexico/links/618d676c61f098772081efdd/Annotated-checklist-of-the-Aphelinidae-Hymenoptera-Chalcidoidea-of-Mexico.pdf
- Myartseva, S. N., Ruíz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J. M., Lomelí-Flores, J. R., & Hernández-De la Cruz, R. C. (2016). Parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Toumeyella* scales (Hemiptera: Coccidae) in the New World, with description of a new species from Mexico. *Florida Entomologist*, 99(4), 781–784. <https://doi.org/10.1653/024.099.0434>
- Niccoli, F., Kabala, J. P., Altieri, S., Faugno, S., & Battipaglia, G. (2024). Impact of *Toumeyella parvicornis* outbreak in *Pinus pinea* L. forest of Southern Italy: First detection using a dendrochronological, isotopic and remote sensing analysis. *Forest Ecology and Management*, 566, 122086. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122086>

- Segarra-Carmona, A. E., & Cabrera-Asencio, I. (2010). *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Homoptera: Coccoidea: Coccidae): A new invasive pest of pine trees in Puerto Rico. *Agricultural Experiment Station*, 94, 175–177. <https://doi.org/10.1177/000169937401700215>
- Signoret, V. (1873). Cochenilles ou gallinsectes (Homoptères - Coccides). In *Annales de la Société Entomologique de France* (pp. 395–448).
- Williams, M. L. (2010). Annotated list of the scale insects of Guatemala. *Entomologia Hellenica*, 19(2), 144. <https://doi.org/10.12681/eh.11583>
- Williams, M. L., & Kosztarab, M. (1972). The Insects of Virginia No 5. Morphology and systematics of the Coccidae of Virginia with notes on their biology (Homoptera: Coccoidea). In *Virginia Polytechnic Institute and State University Research Division Bulletin* (Vol. 74, p. 215). https://www.vmnh.net/content/vmnh/uploads/PDFs/research_and_collections/the_insects_of_virginia/the_insects_of_virginia_no_5.pdf

4 Primer reporte de la escama *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) en *Pinus patula* (Schltdl. & Cham.)

First report of the scale *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae) on *Pinus patula* (Schltdl. & Cham.)

Lizbeth Morales-Figueroa¹, Pablo Martínez-Gil¹, Víctor Javier Arriola-Padilla², Lizeth Guadalupe Durán Espinosa³, David Cibrián-Tovar^{1*}, Alejandro Corona-Ambriz¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Km. 38.5 Carretera México Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Progreso 5, Santa Catarina, Coyoacán, 04010 Ciudad de México, CDMX.

³Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Carretera Federal Pachuca - México Km 37.5, Centro, 55740 Tecámac de Felipe Villanueva, Méx.

Autor de correspondencia: dcibrian48@gmail.com

4.1 Aspectos destacados

Es el primer reporte de la escama *Toumeyella parvicornis* en *Pinus patula* y se detecta su presencia en el centro de México.

El impacto de la escama es considerable desde el punto de vista ecológico y económico.

La identificación molecular de la escama constituyó una herramienta confiable para la determinación de su identidad.

4.2 RESUMEN

Introducción. El género *Toumeyella* son fitófagas, afectan el crecimiento de la planta hospedante, ocasionan mortalidad y generan pérdidas económicas.

Objetivo. Caracterizar la escama *Toumeyella* que causa infestaciones en *Pinus patula* en el Vivero REFAURESTA de Puebla, Puebla.

Materiales y métodos. La determinación taxonómica se realizó con claves del género, se colectaron escamas y se realizaron preparaciones de diferentes etapas de desarrollo en el laboratorio; para la determinación molecular se colectaron ninfas del primer instar, se extrajo ADN y se hizo PCR. El producto fue enviado para su secuenciación al Laboratorio de Servicios Genómicos del IPN (Langebio-Cinvestav).

Resultados y Discusión. Las características morfológicas coinciden con *T. parvicornis*, tales como la ausencia de setas espirácules y la agrupación de poros biloculares; la secuencia de la escama también emparejó con *T. parvicornis* disponible en GenBank.

Conclusión. Es el primer reporte de esta escama en *Pinus patula* como hospedante en el centro de México.

Palabras clave: Coccidae, ADN, pino patula, Reacción en Cadena de la Polimerasa, escama blanda

4.3 ABSTRACT

Introduction. The *Toumeyella* genus are phytophagous insects that affect the growth of their host plants, causing mortality and economic losses.

Objective. To characterize the *Toumeyella* scale that causes infestations in *Pinus patula* at the REFAURESTA pine nursery in Puebla, Puebla.

Materials and methods. Taxonomic determination was performed using genus keys, scales were collected, and preparations of different stages of development were made in the laboratory. For molecular determination, first instar nymphs were collected, DNA was extracted, and PCR was performed. The product was sent for sequencing to the IPN Genomic Services Laboratory (Langebio-Cinvestav).

Results and Discussion. The morphological characteristics match those of *T. parvicornis*, such as the absence of spiracular setae and the grouping of bilocular pores; the scale sequence also matched that of *T. parvicornis* available in GenBank.

Conclusion. This is the first report of this scale in *P. patula* as a host in central Mexico.

Keywords: Coccidae, DNA, patula pine, Polymerase Chain Reaction, soft scale

4.4 INTRODUCCIÓN

Toumeyella parvicornis es una escama blanda, con alta fecundidad, hasta 1014 huevos/hembra, vive sobre especies de *Pinus*. Es nativa del este de Norteamérica, también presente en el Caribe. En el Noreste de México se tiene confirmada su presencia, en 2000 la determinaron como *T. numismaticum* que ahora se considera un sinónimo de *T. parvicornis* (Myartseva & Ruíz-Cancino, 2000). Accidentalmente se introdujo a Europa en donde se convirtió en plaga de importancia, en 2014 se detectó en Italia y en 2021 en Francia, en el primer país se identificaron tres generaciones anuales (Bragard et al., 2022).

En algunas regiones del mundo provoca daños severos en *Pinus*, especialmente en *P. pinea* en Italia, afectando la salud del árbol, fotosíntesis y regeneración. Es capaz de causar mortalidad, crecimiento de moho negro y alteración del

ecosistema al modificar su dinámica (Bragard et al., 2022). En 2022, *T. parvicornis* fue categorizada como una plaga cuarentenaria de la Unión Europea ya que cumple con todos los criterios, tales como alto potencial de impacto y dispersión, aunque su distribución era limitada (Bragard et al., 2022). Un año después, un brote ocasionó mortalidad en al menos 56 hectáreas de *Pinus pinea* en Italia, con potencial de afectación de 248 hectáreas (Niccoli et al., 2024).

Fue identificada como especie cuarentenaria en las Islas Turcas y Caicos en 2012, por ocasionar una severa declinación del bosque de *P. caribaea* var *bahamensis*. Puede ocasionar costos económicos por el saneamiento que van desde 5.1 millones hasta 280 millones de dólares en diferentes periodos reportados (Malumphy et al., 2012).

Los huevos son ovoides, rosáceos, casi transparentes y de unos 0.4 mm de longitud. Las ninfas del primer estadio, comúnmente llamadas reptantes, son ovales, rojizas y tienen 6 patas cortas. Las ninfas mayores no tienen patas, son ovaladas y convexas. Las hembras adultas tienen forma ovalada cuando se alimentan de la corteza, o alargada cuando lo hacen de las acículas, fuertemente convexas, de color marrón rojizo con rayas negras o marrón oscuro, o moteadas con manchas oscuras. Se vuelven marrón oscuro uniforme con la madurez. Cuando están presentes en alta densidad, las hembras adultas se superponen unas a otras en las ramitas o acículas. Alcanzan una longitud máxima de 4.4 mm y 3.9 mm de ancho. La cubierta pupal del macho (una cubierta de cera que protege los estadios inmaduros) es ovalada, blanca, translúcida y de unos 3.0 mm de longitud. Los machos adultos son alados, pero rara vez se ven (Malumphy et al., 2012).

Toumeyella parvicornis se describió originalmente en Florida, Estados Unidos de América, en *Pinus taeda* y en *P. australis* (Pinaceae); se reportó la presencia de esta escama en Canadá, Estados Unidos y en México (Williams & Kondo, 2008), por lo que, representa un riesgo para la producción de planta en vivero y un probable problema para los bosques naturales.

El objetivo de esta investigación fue determinar la identidad de la escama encontrada en planta de dos años de *Pinus patula* de un vivero forestal del estado de Puebla, utilizando taxonomía tradicional y técnicas de biología molecular. La identificación correcta de las especies de plagas es un paso fundamental para el diagnóstico y posteriormente su manejo integrado (Cibrián-Tovar & Macías-Samano, 2021).

4.5 MATERIALES Y MÉTODOS

4.5.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el vivero REFAURESTA ubicado en el municipio de Puebla, Puebla, con coordenadas geográficas 18° 58' 26.1" N y 98° 10' 33.0" W, tiene una capacidad de producción de 12,000 a 17,000 árboles cada año, la planta se utiliza en proyectos de reforestación en el estado de Puebla. El sistema de producción de planta utiliza el método tradicional, que consiste en bolsas de polietileno con tierra de monte como sustrato principal (Aguilera-Rodríguez et al., 2023).

La determinación morfológica y molecular de la especie se realizó en el Laboratorio de Entomología y el Laboratorio de Biología molecular, de la División de Ciencias Forestales (DICIFO), Universidad Autónoma Chapingo, así como el Laboratorio de Entomología del INIFAP, Coyoacán, Ciudad de México.

4.5.2 Recolección, montaje y determinación morfológica

Se eligieron plantas de *Pinus patula* de dos años con presencia de la escama, las cuales se trasladaron al Vivero del Área de Entomología de la DICIFO, una vez establecidas, se recolectaron ejemplares de la escama *Toumeyella* en septiembre de 2024 y se conservaron en etanol al 96 % para ser procesadas y poder realizar la determinación.

Se realizaron preparaciones fijas con las hembras adultas, de las dos formas, alargada y pequeña, y de forma redonda y más grande. Para el aclarado de los ejemplares, se realizó una incisión o punción al costado del cuerpo,

posteriormente se sumergieron en hidróxido de potasio (KOH) al 10 % y se colocaron a baño María durante una hora para ejemplares de la forma alargada hasta que el tejido se ablandara. Hasta 24 horas sin baño maría y hasta 72 horas para hembras adultas parasitadas. Posteriormente se realizó el enjuague con etanol al 70 %. Se realizó la técnica de alcohol-ácido la cual consiste en utilizar una solución de: 20 partes de ácido láctico al 80 %, 4 partes de ácido acético glacial, 2 partes de fenol, 1 parte de agua destilada. Las escamas se sumergieron durante 10 minutos en la solución y se transfirieron, para su tinción, a fucsina ácida al 5 % durante 5 min, se realizaron enjuagues con etanol al 70 %, 80 %, 90 % y 96 % durante 5 min cada uno; finalmente, se conservaron en aceite de clavo hasta su montaje en medio rápido que consta de un polímero de acrilatos mezclados que se solubilizan en xileno poder ser vista en el microscopio óptico.

La determinación morfológica se realizó siguiendo las Claves taxonómicas de Howell y Williams (1976), “Las escamas de California” de Raymond J. Gill (1988) y “Las escamas blandas de Florida” de Hamon y Williams (1984).

4.5.3 Extracción de DNA, PCR y secuenciación

La extracción de DNA se realizó siguiendo el método del cloruro de cetiltrimetilamonio al 2 % (modificado de Doyle & Doyle, 1987). Se utilizaron escamas de primer instar, para evitar la contaminación por parasitoides. Los ejemplares colectados fueron colocados en tubos esterilizados de 1.5 mL, uno por cada tubo, se agregó 250 µL de agua libre de nucleasas y se maceraron con un micropistilo esterilizado. Se tomaron 200 µL del macerado y se colocó en un tubo limpio y estéril de 1.5 mL al cual se le agregaron: 600 µL de *buffer* CTAB al 2 % + 30 µL de solución SDS al 10 % + 4 µL de proteinasa K, los tubos se incubaron en un baño seco (Corning® LSE™ Digital Dry Bath) a 65 °C durante 30 min.

Transcurrida la incubación, los tubos se enfriaron a -20 °C durante 2 min, después, se añadieron 500 µL de cloroformo: alcohol isoamílico (24:1) y se mezcló por inversión durante 5 min, se centrifugó a 10,000 rpm (revoluciones por

minuto) por 10 min, se recuperaron 600 µL del sobrenadante y se transfirió a un tubo nuevo y se agregó un volumen de isopropanol igual al volumen recuperado, se mezcló por inversión y se incubó durante 1 h a -20 °C. Se centrifugó a 13,000 rpm por 15 min a temperatura ambiente para formar el *pellet*.

Se realizaron lavados al *pellet* con 500 µL de etanol al 70 %, se centrifugó a 13,000 rpm por 5 min a temperatura ambiente, se decantó y se dejó secar el *pellet* durante 2 h, finalmente, se resuspendió en 30 µL de agua libre de nucleasas.

Amplificación mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) convencional: se realizó la amplificación de un fragmento de 710 pares de bases del gen codificante a la enzima Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) del DNA mitocondrial (DNA) con los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198 (Folmer et al., 1994)

La mezcla de reacción utilizada para la PCR se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Mezcla de reacción para la amplificación con los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198.

Reactivo	Concentración inicial	Concentración final	Volumen 1X (µL)
Agua libre de nucleasas PCR	-	-	17.05
PCR Buffer -Mg ⁺²	10X	1X	2.5
MgCl ₂	50 mM	1.5 mM	0.75
dNTP	10 mM	200 µM	0.5

Primer (LCO1490)	directo	10 µM	0.4 µM	1
Primer (HCO2198)	reverso	10 µM	0.4 µM	1
TaqPlatinum polimerasa	DNA	5 U/µL	0.4 U/µL	0.2
DNA		100 ng/µL	8 ng/µL	2
Volumen final:				25

Las condiciones de amplificación en el termociclador Multigene® fueron: 1 ciclo de 2 minutos a 94 °C, 40 ciclos de 3 tiempos: 30 segundos a 94 °C, 30 segundos a 48 °C y 40 segundos a 72 °C; 1 ciclo de 7 minutos a 72 °C y, finalmente a 4 °C.

Electroforesis en gel de agarosa: el producto de amplificación se visualizó a través de un gel de agarosa al 1.5 % teñido con GelRed®.

Secuenciación y análisis bioinformático: Los amplicones generados fueron enviados al Laboratorio de Servicios Genómicos (Langebio-Cinvestav) para su secuenciación (Método de Sanger). El análisis de las secuencias se realizó comparando con bases de datos (GenBank). Se realizó un alineamiento al azar de la secuencia de interés con la base de datos mediante el servidor nBLAST.

4.5.4 Porcentaje de parasitismo

Se hizo un conteo total de 547 escamas y se determinó cuantas de ellas presentaron orificio de salida para realizar los cálculos correspondientes. Adicionalmente, se realizó la determinación a nivel de familia del parasitoide.

Se obtuvo el porcentaje de parasitismo con la siguiente fórmula:

% de parasitismo = (Núm. de escamas parasitadas / Núm. total de escamas contadas) x 100

4.6 RESULTADOS

4.6.1 Determinación morfológica

De acuerdo con la Clave para las familias de cochinillas de América, al norte de México Howell & Williams (1976) basada en características de la hembra adulta se llegó a la familia Coccidae, utilizando una de las características más importantes, la apertura anal cubierta con 2 placas anales triangulares. Posteriormente, se utilizó la clave para los géneros de Coccidae de California de Gill (1988) para la determinación a nivel de género *Toumeyella*, con patas y antenas reducidas, y espiráculos torácicos. Para la especie se utilizó la Clave de las escamas blandas de Florida Hamon & Williams (1984), y se determinó que se trata de *Toumeyella parvicornis*, las características que la distinguen de otras especies son: ausencia de setas espiraculares, es decir, que no se diferencian de las setas del margen, además, la agrupación de poros biloculares en vista dorsal es distintiva de la especie (Figura 22). Estas características distintivas de la especie se reconocieron en las dos formas de la escama hembra.

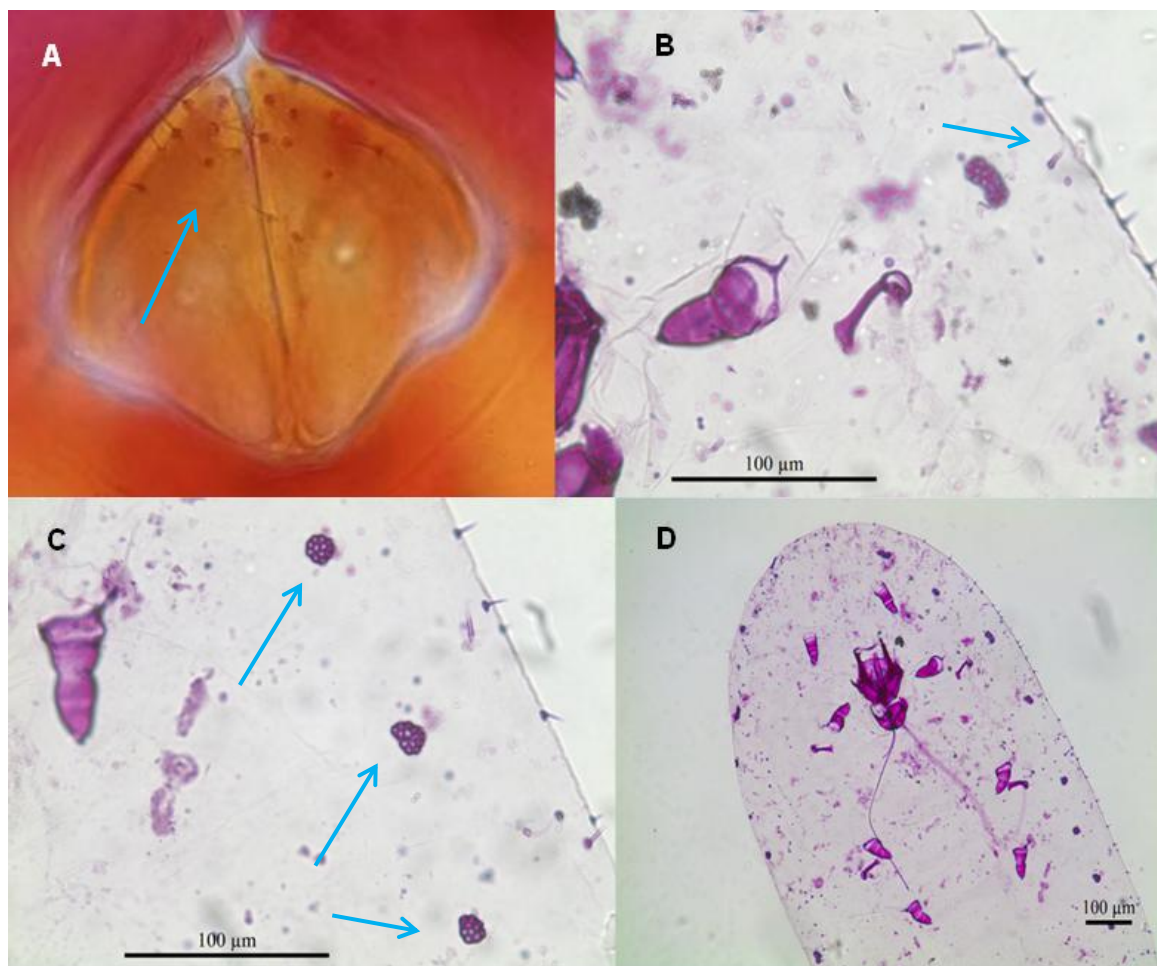


Figura 22. *Toumeyella parvicornis*. A: Placas anales triangulares con 9 setas apicales en cada una. B: Vista ventral del margen, ausencia de setas espirácules. C: Agrupación de poros biloculares en submargen, vista dorsal. D: Vista ventral, forma pequeña y alargada.

4.6.2 Determinación molecular

El alineamiento al azar de la secuencia generada y la comparación con la base de datos mediante el servidor nBLAST consideró el porcentaje de cobertura, identidad, el valor estadístico E (indica el número de alineamientos distintos que tienen puntajes iguales o mayores a la puntuación bruta que se espera que surjan aleatoriamente en la búsqueda dentro de una base de datos. Un valor E menor sugiere que la puntuación y la alineación son más relevantes) y la homogeneidad de los alineamientos obtenidos para determinar un resultado confiable. El análisis

de la secuencia de la muestra de DNA indicó que la región flanqueada (región del gen COI) por los oligonucleótidos LC01490/HC02198, presentó un 100 % de cobertura y 97.33 % de identidad, así como un valor de $E = 0.0$ para *Toumeyella parvicornis* (Número de acceso: OR797509.1 con 675 bp linear DNA del GenBank), lo que permite aceptar que la especie mexicana corresponde a *T. parvicornis*. En otras secuencias publicadas en GenBank se muestran datos que corresponden a *T. parvicornis*, pero con menor cobertura e identidad, lo cual es esperable dada la gran variabilidad intraespecífica o el origen geográfico diferente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coincidencias de secuencias con *Toumeyella parvicornis*

País	Aislado / Voucher	Accession	Cobertura (%)	Identidad (%)	E- value
Albania	isolate TIR	OR797509.1	100	97.33	0.0
Italia	isolate CF	OQ996415.1	87	97.26	0.0
Canadá	voucher EAC084- 10	KR041198.1	96	90.31	0.0
Canadá	voucher EAC083- 10	HQ974643.1	96	90.31	0.0

4.6.3 Hábitos de la escama

Este grupo de insectos encontrados en Puebla, demostraron un hábito diferente al mencionado por Hamon & Williams (1984) quienes indican que *T. parvicornis* presenta dos formas, la forma pequeña y alargada generalmente se hospeda en las acículas de pino, pero en este caso ambas formas se encontraban alimentándose en el tallo (Figura 23). Se encontró la presencia de todos los estadios durante septiembre de 2024 a enero de 2025, así como la presencia de un parasitoide que pertenece a la familia Encyrtidae.



Figura 23. Hembras alargadas (flecha roja) y redondas (flecha azul) de la escama *Toumeyella parvicornis* en rama de *Pinus patula*.

4.6.4 Porcentaje de parasitismo

Se obtuvo un conteo total de escamas de 547 en siete plantas de *Pinus patula*, 77 de ellas (14.08 %) tuvieron un orificio de salida de un parasitoide (Figura 24) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de parasitismo total.

Escamas por planta	Escamas con orificio de salida	% de parasitismo/ escamas por planta
105	5	4.76
97	7	7.22
121	21	17.36
41	11	26.83
56	6	10.71
127	27	21.26



Figura 24. Hembras de *Toumeyella parvicornis* con orificio (flecha) de salida de parasitoide.

4.7 DISCUSIÓN

Se realizó la determinación confiable de secuencias de *T. parvicornis* con el protocolo empleado por el Laboratorio de Entomología, únicamente mediante el análisis del fragmento flanqueado con los primers LC01490/HC02198 de 710 pb. con un solo evento de secuenciación. Es importante recordar que la determinación molecular debe considerar el estado de desarrollo, esto es, partir de ninfas de primer instar, puesto que se observó que las ninfas II se encontraban parasitadas.

Es importante conocer la identidad de las plagas que afectan a *Pinus patula*. Al saber que se trata de *T. parvicornis* la cual es una plaga de importancia en pinos de diferentes especies, se pueden implementar estrategias de control. Esta

investigación contribuye al conocimiento de *T. parvicornis* en viveros de *Pinus patula* del centro de México. Las infestaciones registradas fueron de importancia y permitieron calificar al insecto como plaga que requiere de actividades de prevención y control. Al identificar la importancia de la especie en otras partes del mundo en donde se ha introducido y causado infestaciones de gran magnitud, concluimos que nuestro país también requiere de actividades de manejo. En este trabajo la citamos por primera vez en *Pinus patula* y en un estado del centro del país. Se asume que se encuentra en el norte de México ya que Myartseva & Cancino (2000) registraron parasitoides en esta especie, aunque la reportaron como *Toumeyella numismaticum*, especie que posteriormente se consideró sinónimo de *T. parvicornis* (Williams & Kosztarab, 1972).

La determinación morfológica de escamas resulta complicada por el tamaño de las especies, los diferentes procedimientos que se deben llevar a cabo para observar las características diagnósticas y la escasa investigación al respecto; sin embargo, las técnicas moleculares son una herramienta que brinda un soporte importante, ya que con ellas se puede corroborar la determinación morfológica. Por otro lado, se debe considerar que, aun con estas técnicas, surgen inconvenientes que resolver, ya que no existen muchos estudios de este tipo, por lo que la información molecular de estas especies es limitada. Di Sora et al. (2023) realizaron caracterización molecular de *T. parvicornis* con 5 genes diferentes, mencionan que antes de dicho estudio existía solamente un gen secuenciado disponible, el Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI), el cual se utilizó en esta investigación, la secuencia emparejó con el número de accesoión OR797509.1 con 675 bp linear DNA disponible en GenBank.

Di Sora et al. (2023) encontraron a *T. parvicornis* atacando árboles de *P. pinea* de aproximadamente 10 años con 9 cm de diámetro y 3 m de alto, habiendo una diferencia considerable en la edad del hospedante de esta investigación, ya que eran plantas de 2 años, por lo que el rango de edad de los hospedantes es amplio. Estos autores también utilizaron como principales características para la identificación de las hembras adultas la presencia típica de grupos de poros

biloculares dorsales evidentes en la región del dorso y las placas anales triangulares.

Para el proceso de extracción del ADN Di Sora et al. (2023) utilizaron únicamente el contenido corporal de las hembras adultas, compuesto principalmente por huevos, con el fin de evitar la contaminación de la parte externa en el proceso, a diferencia de esta investigación en la cual se utilizaron solamente escamas del primer instar.

Existen cuatro especies de *Toumeyella* que atacan a árboles del género *Pinus*, estas son *T. parvicornis*, *T. pini*, *T. pinicola* y *T. virginiana* (Garonna et al., 2015). Sin embargo, *T. parvicornis* no se había reportado anteriormente en *P. patula*, por lo que este es el primer reporte a nivel mundial, considerando que *P. patula* es una especie mexicana pero que ha sido establecida en diferentes países (Dlamini et al., 2025).

En algunos de los países de Europa, en donde se comporta como plaga de gran importancia en ambientes forestales fue necesario aplicar técnicas de detección con sensores remotos (Falanga et al., 2024; Lasaponara et al., 2024). En México es problema en los viveros forestales y al desconocer su identidad fue preciso utilizar técnicas de identificación morfológica y molecular. Reconocer que se trata de *Toumeyella parvicornis* nos permite calificarla como plaga forestal de importancia y justificar el desarrollo de estudios adicionales al presente.

Respecto al hallazgo del parasitoide, se logró identificar que pertenece a la familia Encyrtidae. En Italia Garonna et al. (2018) encontraron a *Metaphycus flavus* también de la familia Encyrtidae parasitando a *T. parvicornis*, alcanzando un porcentaje de parasitismo de 38 % en contraste con lo encontrado en esta investigación que fue 14.08 %.

CONCLUSIÓN

Esta investigación proporciona una nueva secuencia genética de la población *T. parvicornis*, y sobre todo encontrada en poblaciones de *Pinus patula* en viveros.

Este hallazgo servirá como referencia y poder implementar un plan de manejo adecuado para evitar la dispersión de esta escama que no había sido reportada en *Pinus patula*.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Rodríguez, M., Aldrete, A., Sánchez-Velázquez, J. R. & Prieto-Ruíz, J. A. (2023). Instalaciones e insumos para la producción. En: Aldrete, A., Sánchez-Velázquez, J. R., Aguilera-Rodríguez, M., Cibrián-Tovar, D. & García-Díaz, S. E. (Eds.). Manual de buenas prácticas para el manejo de la salud de planta en viveros forestales (pp. 41-90). Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México.
- Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Di Serio, F., Gonthier, P., Jaques Miret, J. A., Justesen, A. F., Magnusson, C. S., Milonas, P., Navas-Cortes, J. A., Parnell, S., Potting, R., Reignault, P. L., Stefani, E., Thulke, H. H., Van der Werf, W., Vicent Civera, A., Yuen, J., Zappalà, L., MacLeod, A. (2022). Pest categorization of *Toumeyella parvicornis*. *EFSA Journal*, 20(3), 24. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7146>
- Cibrián-Tovar, D. & Macías-Sámano, J. 2021. Marco conceptual y desarrollo del manejo integrado de plagas forestales (MIPF). En: Cibrián-Tovar, D. (ed.). 2021. *Fundamentos para el manejo integrado de plagas forestales MIPF*. (pp. 115-118) Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México.
- Di Sora, N., Turco, S., Brugneti, F., Rossini, L., Mazzaglia, A., Contarini, M., Speranza, S. (2023). Molecular characterization and phylogenetic analysis of the pine tortoise scale insect *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae). *Forests*, 14, 1585. <https://doi.org/10.3390/f14081585>
- Dlamini, L. X., Lévêque, J., Thevenot, M., Feig, G. T., Mathieu, O., & Kotzé, E. (2025). Afforestation and wildfire-induced grassland degradation: Impact

- on soil carbon dynamics in temperate grasslands, Drakensberg, South Africa. *Catena*, 252(March). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.108886>
- Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. In *Phytochemical Bulletin* 19(1), 11–15. https://webpages.charlotte.edu/~jweller2/pages/BINF8350f2011/BINF8350_Readings/Doyle_plantDNAextractCTAB_1987.pdf
- Falanga, V., Francini, S., Parisi, F., Cavalli, A., De Fioravante, P., Cucca, B., D'Amico, G., Chirici, G., Lasserre, B., Ottaviano, M., Munafò, M., & Marchetti, M. (2024). Near-real-time detection of insect outbreaks in urban trees using a planet scope time series. *Forests*, 15(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/f15122261>
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3, 294–299. https://www.mbari.org/wp-content/uploads/2016/01/Folmer_94MMBB.pdf
- Garonna, A. P., Foscari, A., Russo, E., Jesu, G., Somma, S., Cascone, P., Guerrieri, E. (2018). The spread of the non-native pine tortoise scale *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae) in Europe: a major threat to *Pinus pinea* in Southern Italy. *iForest* 11: 628-634. <https://doi.org/10.3832/ifor2864-011>
- Garonna, A. P., Scarpato, S., Vicinanza, F., & Espinosa, B. (2015). First report of *Toumeyella parvicornis* (Cockerell) in Europe (Hemiptera: Coccidae). *Zootaxa*, 3949(1), 142–146. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3949.1.9>
- Gill, R. J. (1988). The Scale Insects of California Part 1 The Soft Scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). *Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology*, 1. <https://dokumen.pub/the-scale->

insects-of-california-part-1-the-soft-scales-homoptera-coccoidea-coccidae-1.html

Hamon, A. B., & Williams, M. L. (1984). The Soft Scale insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. <https://palmm.digital.flvc.org/islandora/object/uf%3A46687>

Howell, J. O., & Williams, M. L. (1976). An annotated key to the families of Scale Insects (Homoptera: Coccoidea) of America, North of Mexico, based on characteristics of the adult female. *Annals of the Entomological Society of America*, 69, 181–189. <https://doi.org/10.1093/aesa/69.2.181>

Lasaponara, R., Abate, N., & Masini, N. (2024). Early identification of vegetation pest diseases using sentinel 2 NDVI time series 2016 – 2023: The case of *Toumeyella Parvicorvis* at Castel Porziano (Italy). *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 21, 1–5. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2024.3386218>

Malumphy, C., Hamilton, M. A., Manco, B. N., Green, P. W. C., Sánchez, M. D., Corcoran, M., & Salamanca, E. (2012). *Toumeyella parvicornis* (Hemiptera: Coccidae), causing severe decline of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* in the Turks and Caicos Islands. *Florida Entomologist*, 95(1), 113–119. <https://doi.org/10.1653/024.095.0118>

Myartseva, S.N., & Ruíz-Cancino, E. (2000) Annotated checklist of the Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of México. *Folia Entomológica Mexicana*, 109: 7-33. https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Ruiz-Cancino/publication/286335128_Annotated_checklist_of_the_Aphelinidae_Hymenoptera_Chalcidoidea_of_Mexico/links/618d676c61f098772081efdd/Annotated-checklist-of-the-Aphelinidae-Hymenoptera-Chalcidoidea-of-Mexico.pdf

- Niccoli, F., Kabala, J. P., Altieri, S., Faugno, S., & Battipaglia, G. (2024). Impact of *Toumeyella parvicornis* outbreak in *Pinus pinea* L. Forest of Southern Italy: First detection using a dendrochronological, isotopic and remote sensing analysis. *Forest Ecology and Management*, 566, 122086. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122086>
- Williams, M. L., & Kondo, T. (2008). Status and current composition of the soft scale insect genus *Toumeyella* (Hemiptera: Coccidae). *XI International Symposium on Scale Insect Studies*, 29–32.
- Williams, M. L., & Kosztarab, M. (1972). The Insects of Virginia No 5. Morphology and systematics of the Coccidae of Virginia with notes on their biology (Homoptera: Coccoidea). In *Virginia Polytechnic Institute and State University Research Division Bulletin* (Vol. 74, p. 215). https://www.vmnh.net/content/vmnh/uploads/PDFs/research_and_collections/the_insects_of_virginia/the_insects_of_virginia_no_5.pdf

5 Identificación morfológica y molecular de una nueva especie de *Toumeyella* (Cockerell, 1895), en viveros de *Pinus patula* en Atlacomulco, Estado de México

Lizbeth Morales-Figueroa¹, Pablo Martínez-Gil¹, Víctor Javier Arriola-Padilla²,
Lizeth Durán Espinosa³, David Cibrián-Tovar^{1*}, Alejandro Corona-Ambríz¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Km. 38.5 Carretera México Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Av. Progreso 5, Santa Catarina, Coyoacán, 04010 Ciudad de México, CDMX.

³Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF), Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Carretera Federal Pachuca - México Km 37.5, Centro, 55740 Tecámac de Felipe Villanueva, Méx.

Autor de correspondencia: dcibrian48@gmail.com

5.1 RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue identificar y describir la escama *Toumeyella* que causó una infestación severa en plantas de *Pinus patula* en el Vivero Atlacomulco de PROBOSQUE en Atlacomulco, Estado de México. La identificación taxonómica se realizó siguiendo las claves correspondientes para el género *Toumeyella*. Se colectaron escamas de los pinos afectados y se realizaron preparaciones fijas de las escamas de diferentes etapas en el Laboratorio de Entomología de la División de Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo y en el INIFAP, en Coyoacán, Ciudad de México; en cuanto a la identificación molecular se colectaron hembras maduras y se hizo la extracción de ADN y la amplificación mediante PCR en el Laboratorio de Biología Molecular de la División de Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo. La secuencia de la escama no emparejó con las escamas que están registradas en el GenBank, en cuanto a las características

morfológicas no coincidieron con las escamas descritas del género, por lo tanto, se llegó a la conclusión de que la escama que afectó a los pinos del vivero Atlacomulco se trata de una especie no descrita.

Palabras clave: ADN, Coccidae, *Pinus patula*, taxonomía, vivero forestal

5.2 ABSTRACT

The objective of this research was to identify and describe the *Toumeyella* scale that caused a severe infestation on *Pinus patula* plants at PROBOSQUE's Atlacomulco nursery in Atlacomulco, State of Mexico. Taxonomic identification was performed following the corresponding keys for the genus *Toumeyella*. Scales were collected from affected pines and permanent preparations of scales from different stages were made at the Entomology Laboratory of the Forestry Sciences Division at the Universidad Autónoma Chapingo and at Inifap, Coyoacán, Ciudad de México; for molecular identification, mature females were collected, and DNA extraction and PCR amplification was performed at the Molecular Biology Laboratory of the Forestry Sciences Division at the Universidad Autónoma Chapingo. The sequence of the scale did not match with the scales registered in GenBank, and the morphological characteristics did not coincide with the described scales of the genus; so, it was concluded that the scale that affected the pines of the Atlacomulco nursery is a non-described species.

Keywords: Coccidae, DNA, forest nursery, *Pinus patula*, taxonomy

5.3 INTRODUCCIÓN

Las escamas del género *Toumeyella* se han reportado en México desde 1873, siendo *T. sallei* la primera en describirse a partir de un espécimen que fue recolectado por el señor Sallé, aunque se desconoce el hospedante (Signoret, 1873). En mayo de 1899 se reportó a *T. mirabilis* en Aguascalientes, México infestando *Prosopis* (Cockerell, 1899). En 1919 se volvió a reportar en Baja California en la misma especie (Ferris, 1921). *T. pinicola* se reportó en tres estados del país: Chiapas, Chihuahua y Estado de México, afectando a *Pinus*

leiophylla y *P. montezumae* (Cibrián Tovar et al., 1995), en 2011 se tuvo otro reporte en un huerto semillero de *P. leiophylla* en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, de tal manera que se tuvo una pérdida del 50 % de plantas (Jiménez Casas & Jasso Mata, 2011). *T. parvicornis* se reportó en México como *Toumeyella numismaticum* como hospedante de un parasitoide de la familia *Aphelinidae* (Myartseva & Ruiz-Cancino, 2000). *T. erythrinae* se reportó como nueva especie en la Ciudad de México y en el Estado de México, como una plaga de gran importancia en árboles de *Erythrina americana* (Arriola Padilla, 2003); *T. fontanai* se reporta en Cacaloapan, Estado de Puebla, se describió como nueva especie y se encontró en *Acacia oshanesii* (familia Fabaceae) (Kondo & Pellizzari, 2011). *T. martinezae* se describe e ilustra como especie nueva de escama blanda en México, se colectó en *Myrtillocactus geometrizans*, en el Estado de Hidalgo, Huichapan y Zaquetejé (Kondo & González, 2014); *T. crataegi* se describe e ilustra como una especie nueva de escama blanda en México, se colectó en Chiautzingo, San Nicolás Zecalacoayan, Estado de Puebla, en *Crataegus mexicana*, considerándose una plaga potencial del cultivo, presentes desde un 12 % hasta un 90 % de la población de árboles (Kondo & González, 2018).

En la presente investigación se tiene una descripción preliminar de la especie encontrada en Atlacomulco, Estado de México, se considera una especie nueva ya que las características desde el punto de vista taxonómico no coinciden con las especies de escamas previamente descritas, se realizó también un análisis molecular, el cual dio como resultado que las secuencias de esta escama no coinciden con las escamas registradas en GenBank, por lo que, la investigación de esta especie continúa.

5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

5.4.1 ZONA DE ESTUDIO

El Vivero Forestal de PROBOSQUE en Atlacomulco, Estado de México se encuentra en Boulevard Dr. Salvador Sánchez Colín S/N, Colonia Industrial, Carretera Atlacomulco-El Oro, Atlacomulco, Estado de México, México. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 19° 46' 34" N y 99° 53' 22" W, la altitud es de 2,528 msnm con una superficie total de 2.7 hectáreas. El clima es templado y subhúmedo. Cuenta con una capacidad de producción: 1,500,000 plantas.

La identificación morfológica de la escama se realizó en el Laboratorio de Entomología de la División de Ciencias Forestales (DICIFO), Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, así como el laboratorio de Entomología del INIFAP, Coyoacán, Ciudad de México. La extracción de ADN se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular de la División de Ciencias Forestales (DICIFO), Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.

5.4.2 Recolección e identificación morfológica de especímenes de la escama *Toumeyella*

En el vivero de Atlacomulco se realizó una selección de plantas de *Pinus patula* que estaban infestadas de la escama *Toumeyella*, estas fueron trasladadas al Vivero del área de Entomología de la División de Ciencias Forestales (DICIFO) de la Universidad Autónoma Chapingo, una vez ahí, se recolectaron ejemplares de la escama *Toumeyella* y fueron conservados en alcohol al 96 % para ser procesadas y poder realizar la identificación.

Una vez seleccionadas las hembras que se encontraban en el tallo en la parte baja, se realizaron preparaciones fijas del insecto; que consiste en hacerles una incisión o punción al costado del cuerpo, para después sumergirlas en KOH al 10 % durante 30 minutos sin que hierva, esto es para conseguir que el contenido del

cuerpo se ablandara y poder retirarlo, ya que las escamas estaban limpias se lavaron con alcohol al 70 % y se procedió a realizar la técnica de alcohol ácido que consiste en mezclar: 20 partes de ácido láctico al 80 % + 4 partes de ácido acético glacial + 2 partes de fenol + 1 parte de agua destilada; en esta mezcla se sumergieron las escamas durante 10 minutos, posteriormente se sumergieron en fucsina ácida al 5 % durante 5 minutos para lograr la tinción de las estructuras que ayudan a identificar a las especies de *Toumeyella*, después se lavaron con alcohol al 70 %, 80 %, 90 % y al 96 % durante 5 minutos en cada uno; al final se conservaron en aceite de clavo hasta su montaje.

Para el montaje se utilizó un medio de montaje rápido que consta de un polímero de acrilatos mezclados que se solubilizan en xileno, se agregó una gota de esta a un portaobjetos y posteriormente la escama. Para la identificación morfológica se realizó siguiendo la Clave taxonómica de Howell & Williams (1976) “Las escamas de California” de Gill (1988) y “Las escamas blandas de Florida” de Hamon & Williams (1984).

5.4.3 Extracción de ADN, PCR y secuenciación

La extracción de DNA se realizó siguiendo el método del cloruro de cetiltrimetilamonio al 2 % (modificado de Doyle & Doyle, 1987). Se utilizaron hembras adultas y se coloraron en tubos Eppendorf de 1.5 mL, una escama por cada tubo nuevo y se le agregaron 250 µL de agua libre de nucleadas, después fueron maceradas, de ese producto macerado se tomaron 200 µL y se transfirió a otro tubo limpio y estéril de 1.5 mL, a ese tubo se le agregaron: 600 µL de buffer CTAB al 2%, 30 µL de solución SDS al 10% y 4 µL de proteinasa K; estos tubos fueron incubados en baño seco a 65° C durante 30 minutos (Corning® LSE™ Digital Dry Bath), una vez pasado ese tiempo, se enfriaron en el congelador durante 2 minutos, posteriormente se añadieron 500 µL de cloroformo (alcohol isoamílico 24:1) y durante 5 minutos se mezcló por inversión, después se centrifugó 10,000 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente (Thermo scientific IEC MicroCL 17R Centrifuge), después del centrifugado se recuperaron 500 µL del sobrenadante y se transfirió a un nuevo tubo Eppendorf, para agregarle un

volumen de isopropanol igual al volumen que se recuperó, se mezcló por inversión y se incubó durante 60 minutos a -20° C, posteriormente se centrifugó a 13,000 rpm durante 15 minutos a temperatura ambiente, al terminar el centrifugado se decantó y se obtuvo una pastilla, la cual se dejó secar durante 2 horas, por último se re-suspendió en 30 µL de agua libre de nucleasas.

Amplificación mediante Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) convencional: se realizó la amplificación de un fragmento de 710 pares de bases del gen codificante a la enzima Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) del DNA mitocondrial (DNA) con los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198 (Folmer et al., 1994); y por duplicado de un fragmento de 348 pares de bases (bp) del factor de elongación 1 alfa (EF-1α) del tRNA con los oligonucleótidos M3-rcM44.9 (Cho et al., 1995).

La mezcla de reacción utilizada para la PCR se indica en el Cuadro 5., tomando en cuenta el número de muestras que se iban a procesar y realizar el cálculo correspondiente para cada uno de los reactivos y así obtener el volumen final de 25 µL teniendo en cuenta que para cada ejemplar se utilizan 2 µL de ADN y que se tiene un control negativo.

Cuadro 5. Mezcla de reacción para la amplificación con los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198 y M3-rcM44.9, con la enzima TaqPlatinum

Reactivo	Concentración inicial	Concentración final	Volumen (µL)
Agua grado PCR	-	-	17.05
PCR Buffer -Mg⁺²	10X	1X	2.5
MgCl₂	50 mM	1.5 mM	0.75
dNTP	10 mM	200 µM	0.5

Primer directo (M3 y LCO1490)	10 μ M	0.4 μ M	1
Primer reverso (rcM44.9 y HCO2198)	10 μ M	0.4 μ M	1
TaqPlatinum polimerasa	DNA 5 U/ μ L	0.4 U/ μ L	0.2
DNA	100 ng/ μ L	8 ng/ μ L	2
Volumen final:			25

Las condiciones de amplificación en el termociclador Multigene® para los oligonucleótidos M3-rcM44.9 fueron: 1 ciclo de 15 minutos a 95 °C (desnaturalización inicial), 40 ciclos de 3 tiempos: 30 segundos a 94 °C, 90 segundos a 48 °C y 60 segundos a 72 °C; 1 ciclo de 10 minutos a 72 °C y, finalmente a 4 °C.

Las condiciones de amplificación en el termociclador Multigene® para los oligonucleótidos LCO1490/HCO2198 fueron: 1 ciclo de 2 minutos a 94 °C, 40 ciclos de 3 tiempos: 30 segundos a 94 °C, 30 segundos a 48 °C y 40 segundos a 72 °C; 1 ciclo de 7 minutos a 72 °C y, finalmente a 4 °C.

Para saber si la amplificación de ADN mediante PCR fue exitosa, se realizó una electroforesis en gel de agarosa de 30 mL a 1.5%, al que se le agregaron 4 μ L de Gel Red. Cuando el gel estaba listo, se colocó en la cámara de electroforesis con *TAE buffer* 1X; posteriormente se agregó a cada pozo lo siguiente: 4 μ L de marcador de 100 pares de bases (pb) y 2 μ L de buffer de carga, 4 μ L del producto de PCR de cada muestra y 2 μ L de buffer de carga, finalmente se agregó un control negativo al cual se le agregaron 4 μ L de PCR y 2 μ L de buffer de carga

Se corrió a 95 volts durante 1 hora y media, teniendo cuidado de que la primera banda no saliera del gel.

5.5 RESULTADOS

5.5.1 Identificación morfológica

Se llegó a familia Coccidae siguiendo: Clave para las familias de cochinillas de América, al norte de México, basada en las características de la hembra adulta de (Howell & Williams, 1976), en la cual se menciona que la apertura anal está cubierta con 2 placas anales triangulares corresponde a la familia antes mencionada.

Se determinó que pertenece al género *Toumeyella*, ya que de acuerdo con la clave para los géneros de Coccidae de California (Gill, 1988) presenta patas, antenas reducidas y espiráculos torácicos.

Para la especie se utilizó la clave: Las escamas blandas de Florida” (Hamon & Williams, 1984), en la cual se descartó que sea *Toumeyella parvicornis*, ya que la escama *Toumeyella* de esta investigación tiene setas espiraculares diferenciadas; siguiendo la clave, se tuvo un parecido a *Toumeyella pini*, sin embargo, las escamas revisadas presentan de 4 a 7 setas apicales en la placa anal. Se realizó otra comparación con *Toumeyella pinicola* Ferris, 1920. La cual es descrita en: Clave para los géneros de Coccidae de California (Gill, 1988), pero presenta de 5 a 7 setas apicales en la placa anal, diferente a la escama de la investigación.

5.5.2 Descripción preliminar de la escama del género *Toumeyella* (Cockerell, 1895) del Vivero Atlacomulco en plantas de *Pinus patula*.

Descripción basada en la hembra adulta.

Material sin montar

Cuerpo redondeado, convexo; con márgenes ligeramente curvados.

Dermis de color café-amarillento, en el medio una línea más clara, con puntuaciones más claras en todo el dorso.

Placas anales de color café

Material montado

Contorno del cuerpo ligeramente ovalado de 0.66-1.28 mm de largo y 0.47-1.11 de ancho.

Dorso: Pocas setas dorsales en forma de espina de 10.03-39.6 μm de longitud. Ductos tubulares dorsales de 2.7-3.8 μm de diámetro. Poros discales dorsales (Figura 25) alrededor de placa anal de 6.36-13.21 μm de diámetro. Placas anales visibles, triangulares, se encuentran localizadas en $\frac{1}{4}$ del cuerpo; cada placa con medidas de 86.2-238.4 μm de longitud, 43.4-133.1 μm de ancho, margen cefalolateral de 59.2-189.9 μm y margen caudolateral de 58.6-154.8 μm ; con 4-7 setas apicales (Figura 26). Anillo anal con 6-8 setas, área esclerotizada alrededor de la placa anal en hembras más viejas.

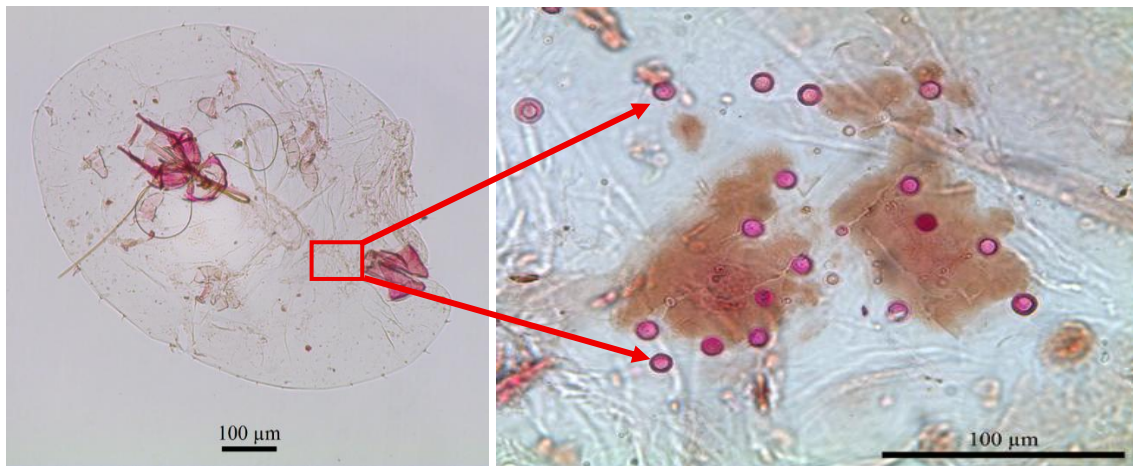


Figura 25. *Toumeyella* sp. A) Material montado de hembra adulta, B) Poros discales (**flechas**) en región abdominal



Figura 26. Placa anal de hembra adulta, se distinguen orificios (**flechas**) en cada una, esto indica que hubo setas.

Margen:

Setas marginales (Figura 27) en forma de espina, algunas un poco curvadas en la punta de 8.5-17.2 μm de largo; hendidura espiracular débil, con tres setas espirácules (Figura 28) de 16-19 μm siendo la media ligeramente más grande de hasta 25 μm . Sin presencia de ojos.



Figura 27. Setas marginales (flechas)

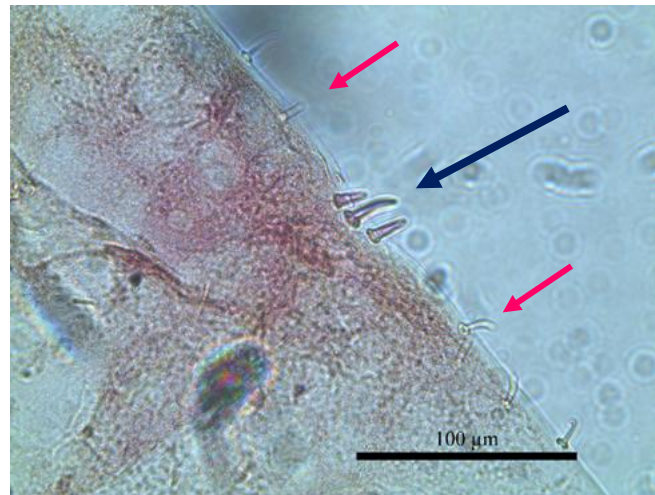


Figura 28. Setas espirácules (flecha) diferenciadas de setas marginales (flechas)

Ventral:

En hembras adultas, patas y antenas reducidas. Piezas bucales bien desarrolladas.

Poros espirácules de cinco lóculos (quinqueloculares) (Figura 29), cada poro de 5.5-8.5 μm de diámetro, los cuales se localizan en una banda que va desde

los espiráculos hasta el margen corporal, espiráculos de 88.8-90.6 μm de diámetro. Setas ventrales en forma de espina de 9.7-17.7 μm de largo.

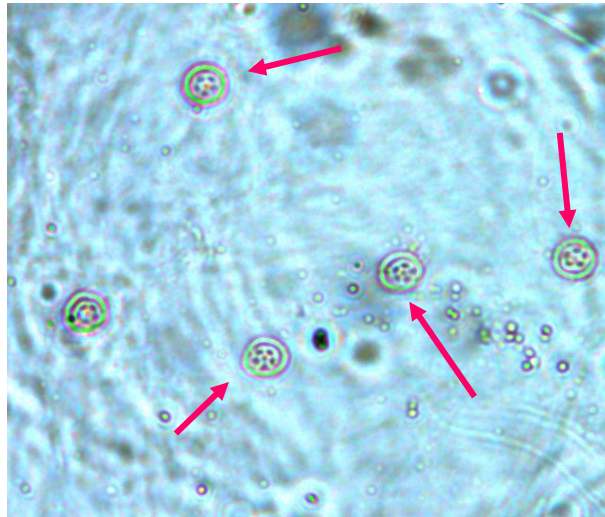


Figura 29. Poros espiraculares de cinco lóculos (quineloculares) (flechas)

5.5.3 Identificación molecular

De acuerdo con el protocolo descrito en la sección de Materiales y Métodos, se extrajeron 492.4 ng/ μL de ADN genómico de las hembras adultas, la amplificación mediante PCR obtuvo proporciones de 260/230 nm y 260/280 nm, las secuencias tuvieron una longitud de 384 bp del factor de elongación 1 alfa (EF-1 α) del tRNA. Las secuencias de EF-1 α no coinciden con las secuencias registradas de especies del género *Toumeyella* que se encuentran disponibles en la base de datos del GenBank

5.5.4 Hábitos de la escama

Durante mayo y junio 2023 se tuvo la presencia de ninfas del primer instar, así como de pupas de machos presentes en las acículas, sin embargo, ya no se llegaron a ver en su etapa adulta. Las hembras excretaban una gran cantidad de mielecilla, por ello, se tuvo la presencia de hormigas. Las poblaciones de estas escamas se concentraron en la base de las plántulas, en los primeros tres a cuatro cm de altura, en contraste las hembras de *T. parvicornis* de Puebla se concentraron en la parte alta de las plántulas, principalmente en el brote líder.

Durante agosto de 2023 a finales de septiembre 2023, no se tuvo la presencia de escamas, sin embargo, para noviembre de 2023 comenzó un nuevo ciclo, en el que se pudo observar la presencia de hembras de tercer instar y hembras maduras, así como prepupas de machos, pero no se pudo identificar la fecha exacta en la que hubo ninfas de primer instar. No se presentaron agentes de control biológico.

5.6 DISCUSIÓN

La identificación morfológica indica con alta probabilidad que se trata de una especie no descrita para el género *Toumeyella*, se tiene una descripción preliminar, sin embargo, se realizará un análisis más a detalle con un especialista en el género. En cuanto a la identificación molecular se tuvieron obstáculos, ya que el mismo ADN no lograba amplificar; cuando se obtuvo un buen resultado de la amplificación se envió a secuenciar, pero esta secuencia no coincide con ninguna especie del género *Toumeyella* registrada en GenBank.

La población de escamas fue difícil de establecerse en el invernadero de la División de Ciencias Forestales.

Se seguirá trabajando con los ejemplares colectados para poder describirla con mayor detalle y se realizará el registro correspondiente para la nueva especie del género *Toumeyella* en plántulas de *Pinus patula* como hospedante.

5.7 CONCLUSIÓN

Las poblaciones de escamas son muy variables dependiendo de la especie que se encuentre, ya que normalmente estos insectos chupadores de savia se reportan en grandes poblaciones, y algunas son de importancia económica. Sin embargo, esta especie que se encontró en el Vivero de PROBOSQUE de Atlacomulco en el Estado de México, es una población que es difícil de mantener, por lo que se tendrá que realizar una investigación más detallada de esta y poder conocer las condiciones óptimas que requiere para poder establecerse. Esta

investigación servirá como antecedente para poder describir y nombrar a esta nueva especie de escama *Toumeyella* reportada en México.

5.8 LITERATURA CITADA

Arriola Padilla, V. J. (2003). Biología de la escama (*Toumeyella erythrinae* Kondo y Williams) del colorín (*Erythrina americana*), en la Ciudad de México, D.F. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México. 79 p.

Cho, S., Mitchell, A., Regier, J. C., Miller, C., Poole, R. W., Friedlander, T. P., & Zhao, S. (1995). A highly conserved nuclear gene for low-level phylogenetics: elongation factor-1 α recovers morphology-based tree for Heliothine moths. *Molecular Biology and Evolution*, 12(4), 650–656. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Cibrián Tovar, D., Méndez Montiel, J. T., Campos Bolaños, R., Yates III, H. O., & Flores Lara, J. (1995). Insectos Forestales de México - Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México; Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, México; Forest Service USDA EUA; Natural Resources, Canada. Pub. 6 COFAN-FAO

Cockerell, T. D. A. (1899). Order Rhynchotha. Hemiptera-Homoptera. *Biologia Centrali-Americana*, II, 37.

Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. In *Phytochemical Bulletin*, 19 (1): 11–15.

https://webpages.charlotte.edu/~jweller2/pages/BINF8350f2011/BINF8350_Readings/Doyle_plantDNAextractCTAB_1987.pdf

Ferris, G. F. (1921). Report upon a collection of Coccidae from Lower California (Vol. 1, No. 2). *Stanford University Press*.
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.24145>

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3, 294–299. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7881515/>

Gill, R. J. (1988). The Scale Insects of California Part 1, The Soft Scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). *Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology*, 1. <https://dokumen.pub/the-scale-insects-of-california-part-1-the-soft-scales-homoptera-coccoidea-coccidae-1.html>

Hamon, A. B., & Williams, M. L. (1984). The Soft Scale insects of Florida (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry.
<https://palmm.digital.flvc.org/islandora/object/uf%3A46687>

Howell, J. O., & Williams, M. L. (1976). an annotated key to the Families of Scale Insects (Homoptera:Coccoidea) of America, North of Mexico, based on characteristics of the adult female. *Annals of the Entomological Society of America*, 69, 181–189. <https://doi.org/10.1093/aesa/69.2.181>

Jiménez Casas, M., & Jasso Mata, J. (2011). Infección por escamas en árboles de un huerto semillero sexual de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. *Resumen de Cartel. Memoria Del XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal.*, 226.

- Kondo, T., & González, H. (2014). A new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera: Coccidae) on *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae) from Mexico with a checklist of known species of *Toumeyella* in the world. *Insecta Mundi*, 0396, 1–10. <https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0396>
- Kondo, T., & González, H. (2018). Description of a new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera: Coccoomorpha: Coccidae) on *Crataegus mexicana* Moc. and Sessé ex DC. (Rosaceae). *Insecta Mundi*, 0634, 1–9. <https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0634>
- Kondo, T., & Pellizzari, G. (2011). Description of a new species of *Toumeyella* Cockerell (Hemiptera, Coccidae) from Mexico, with a taxonomic key to Mexican species. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(2), 229–233. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262011005000019>
- Myartseva, S. N., & Ruiz-Cancino, E. (2000). Annotated checklist of the Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Mexico. *Folia Entomologica Mexicana*, 109, 7–33. https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Ruiz-Cancino/publication/286335128_Annotated_checklist_of_the_Aphelinidae_Hymenoptera_Chalcidoidea_of_Mexico/links/618d676c61f098772081efdd/Annotated-checklist-of-the-Aphelinidae-Hymenoptera-Chalcidoidea-of-Mexico.pdf
- Signoret, V. (1873). Cochenilles Ou Gallinsectes (Homoptères - Coccides). In *Annales de la Société Entomologique de France* (pp. 395–448).

6 CONCLUSIONES GENERALES

En México las especies de *Toumeyella* que se han reportado han sido de gran importancia causando daños en diferentes cultivos. De las dos encontradas en los viveros de México, solo una de ellas *T. parvicornis*, estuvo previamente descrita pero no reportada en *Pinus patula*, por lo que es el primer reporte en esta especie, así como su secuencia genética registrada en GenBank.

La escama del Estado de México seguirá en investigación debido a que por características morfológicas que presenta no coinciden con escamas del género previamente reportadas, y la secuencia no coincide con las disponibles en GenBank y se considera una especie no descrita.