



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

PROGRAMA DE POSTGRADO

**“CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ROYA
Melampsora epitea THÜM DEL SAUCE, EN ESPECIES DE
Salix, Y VIRULENCIA A CLONES ESPECÍFICOS, BAJO
CONDICIONES CONTROLADAS EN CHAPINGO, MÉXICO”**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA:

URIEL CLAVIJO CORNEJO



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Chapingo, Texcoco, Edo. de México, diciembre de 2008.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA ROYA *Melampsora epitea* THÜM
DEL SAUCE, EN ESPECIES DE *Salix*, Y VIRULENCIA A CLONES ESPECÍFICOS,
BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN CHAPINGO, MÉXICO

Tesis realizada por **Uriel Clavijo Cornejo** bajo la dirección 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:



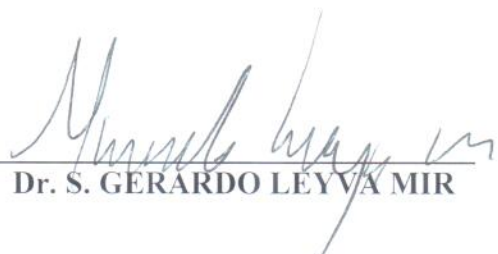
Dr. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ASESOR:



M.C. SILVIA EDITH GARCÍA DÍAZ

ASESOR:



Dr. S. GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:



Dr. JOSÉ TULIO MÉNDEZ MONTIEL

DEDICATORIA

A Dios; por darme el don de la vida y por estar conmigo en todo momento, para dirigir mi camino.

A mi madre Teresa Cornejo Díaz; amiga, compañera y confidente. Gracias por darme la vida, pero sobre todo por vivirla conmigo. Quiero decirte que tus oraciones fueron escuchadas, y por eso este pequeño logro es tuyo y mío, de ambos. Que Dios te bendiga.

A mi padre Santiago Clavijo Velázquez; porque a pesar de la dificultad para expresar tus sentimientos, me has demostrado tu cariño y apoyo en todo momento.

A la persona que a pesar de la distancia me anima a cada momento, quien me ha sabido comprender, a quien quiero y amo y de quien me siento muy orgulloso. Mi esposa María Magdalena Mendoza Díaz.

A mis hermanos: Samuel, Edy, Hilda, Rosario y Lupe. Con quienes he compartido lindos instantes desde la niñez.

A mis sobrinos: Abigail, Aty, Arelly, Fernando, Josué, Kevin, Lennin, Maite, Osmar, Samuel, Vladimir; quienes me llenan de alegría cada vez que sonríen.

A la familia Mendoza Díaz; por todas las muestras de afecto... igualmente correspondidas.

A mis amigos de la maestría: Alan, Alma, Irlanda, Noel, Odi, Rafa, Jesús, Juan, Osyel. Con quienes pase momentos maravillosos e inolvidables en esta etapa de mi vida, nunca los olvidare.

A mis compañeros: Angelica, Lorena, Maira, Mario y Omar. Con quienes pase momentos difíciles pero finalmente gratos gracias a su presencia.

*Con mucho cariño y afecto.
Uriel Clavijo Cornejo*

AGRADECIMIENTOS

A Dios; por darme salud y fuerzas para poder finalizar este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); institución que por medio de su sistema de becas me permitió cursar los estudios de maestría.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO; mi segundo hogar, por darme la oportunidad de encontrar mi vocación y cumplir una más de mis metas.

Al Dr. DAVID CIBRIÁN TOVAR; por la acertada dirección de este trabajo de investigación, a quien admiro mucho como persona, profesional y como investigador, por sus conocimientos, enseñanzas, consejos y paciencia, para la realización de esta tesis.

A la M.C. SILVIA EDITH GARCÍA DÍAZ; por sus valiosas sugerencias y el empeño porque se realizara correctamente este trabajo.

Al Dr. S. GERARDO LEYVA MIR; por su interés y las facilidades que me brindó para la realización de esta tesis.

Al Dr. JOSÉ TULIO MÉNDEZ MONTIEL; por su gran apoyo brindado en la realización de los análisis estadísticos.

A la Dra. Amparo Borja de la Rosa; por creer en mí, por sus consejos oportunos para la realización de este trabajo.

Al Dr. José Artemio Cadena Meneses; por su apoyo invaluable en el análisis e interpretación del análisis estadístico.

Al M.C. Jorge Valdez Valdez; por su tiempo brindado y muy paciente atención en la toma de mediciones de las urediniosporas en el programa de cómputo.

A los laboratoristas Juan Feroso García, Mariana Calzada Millán, Mario Salazar Segura, Greta Rosas Saito; por su amable atención y las facilidades que me brindaron en la realización de esta tesis.

A mi esposa. María Magdalena Mendoza Díaz; por su apoyo moral y emocional en todo momento para la realización de este trabajo.

Muchas gracias.

Uriel Clavijo Cornejo.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el 8 de enero de 1978 en Santa Catarina del Monte, Texcoco, Estado de México. Realizó sus estudios básicos en la misma comunidad; su educación media superior la realizó en la Escuela Preparatoria Texcoco del Municipio de Texcoco y concluyó el Bachillerato Único en 1996; en 1994 ingresó a la Escuela de Bellas Artes del Municipio de Texcoco en la Carrera de músico instrumentista y en 1997 concluyó el tercer grado; inmediatamente ingresó a la Banda de Música del Vigésimo Cuarto Batallón de Infantería de Marina de Guardias Presidenciales de la Secretaría de Marina Armada de México, sin embargo, solicitó su baja en julio de 1999 para ingresar a la Universidad Autónoma Chapingo, en donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola en el año 2004.

Después de su egreso de la UACH trabajó como asesor técnico en el cultivo de maíz en los Municipios de Chalco y Tlalmanalco en el Estado de México en la Empresa de agroquímicos Syngenta S.A. de C.V.

De enero de 2006 a diciembre de 2007, cursó los créditos de la Maestría en Ciencias Forestales en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

De junio a septiembre de 2008 trabajó en el CONACOFI (Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario), su función fue realizar análisis de riesgo para productos y subproductos vegetales que se importan a México.

“Caracterización morfológica de la roya *Melampsora epitea* Thüm del sauce, en especies de *Salix*, y virulencia a clones específicos, bajo condiciones controladas en Chapingo, México”

“Morphological characterization of willow rust *Melampsora epitea* Thüm, in *Salix* species, and specific clones virulence, under controlled conditions in Chapingo, Mexico”

Uriel Clavijo Cornejo¹ David Cibrián Tovar²

RESUMÉN

Con la finalidad de determinar el rango de hospedantes de *Melampsora epitea* de *Salix* *babylonica* L. y de *S. matsudana* Koidz se realizaron pruebas de patogenicidad en cámara de crecimiento a 18° C y con luz, en clones de *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana* y *S. b. var. fastigiata*. Para evaluar la intensidad de la infección se contó el número de uredinios en ¼ cm² de la hoja, para cada tratamiento a los 7, 14, 21 y 28 días después de la inoculación (18-03-08), para lo cual se empleó una técnica no paramétrica de Ckuskal–Wallis, para datos obtenidos en un Diseño Completamente Aleatorizado, con ocho tratamientos:

ABSTRACT

Whit the purpose of determining the range of *Melampsora epitea*, *Salix babylonica* L., and *S. matsudana* Koidz host, were carried out pathogenicity test in growth chambers to 18 °C with light, in *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana* and *S. b. var. fastigiata* clones. The number of uredinias in ¼ cm² of the leave was counted for evaluate the infection intensity for each treatment 7, 14, 21 and 28 days after inoculaton (18-03-08), was used a Ckuskal–Wallis non parametric technique, for data obtained in a Totally Random Design, with eight treatments:

¹ Tesista

² Director de Tesis

T1 (*S. babylonica* con *M. epitea* de *S. babylonica*), T2 (*S. babylonica* con *M. epitea* de *S. matsudana*), T3 (*S. matsudana* con *M. epitea* de *S. babylonica*), T4 (*S. matsudana* con *M. epitea* de *S. matsudana*) T5 (*S. bonplandiana* con *M. epitea* de *S. babylonica*), T6 (*S. bonplandiana* con *M. epitea* de *S. matsudana*), T7 (*S. bonplandiana* var. *fastigiata* con *M. epitea* de *S. babylonica*), y T8 (*S. b.* var. *fastigiata* con *M. epitea* de *S. matsudana*); con cuatro repeticiones para cada uno. Con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ y comparaciones de medianas a través de la prueba de Mann Whitney se encontraron diferencias significativas. La mayor incidencia de urediniosporas se observó a partir de la segunda evaluación en *S. babylonica* inoculado con *M. epitea* de *S. matsudana*. Las especies con susceptibilidad moderada fueron: *S. babylonica* inoculado con *M. epitea* de *S. babylonica*, *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana*.

T1 (*S. babylonica* with *M. epitea* of *S. babylonica*), T2 (*S. babylonica* with *M. epitea* of *S. matsudana*), T3 (*S. matsudana* with *M. epitea* of *S. babylonica*), T4 (*S. matsudana* with *M. epitea* of *S. matsudana*) T5 (*S. bonplandiana* with *M. epitea* of *S. babylonica*), T6 (*S. bonplandiana* with *M. epitea* of *S. matsudana*), T7 (*S. bonplandiana* var. *fastigiata* with *M. epitea* of *S. babylonica*), and T8 (*S. b.* var. *fastigiata* with *M. epitea* of *S. matsudana*); with four replications for each one. With a significance level of $\alpha=0.05$ and mean comparison through Mann Whitney test, were found significant differences. The higher urediniospores incidence was observed in the second evaluation in *S. babylonica* inoculated with *M. epitea* of *S. matsudana*. The species with moderate susceptibility were: *S. babylonica* inoculated with *M. epitea* of *S. babylonica*, *S. matsudana* inoculated with *M. epitea* of *S. babylonica* and *S. matsudana*.

Las especies que mostraron resistencia fueron: *S. bonplandiana* y *S. b. var. fastigiata* con *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana*. Además, se realizó la caracterización morfológica de las urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* y de *S. matsudana*, para ello se empleó, un análisis de varianza multivariado con diez muestras cada población, seleccionadas aleatoriamente, se midieron cinco variables en cada población, las variables evaluadas fueron: área de la espora (μm^2), longitud del eje mayor (μm), longitud del eje menor (μm), densidad de espinas (espinas/ μm^2) y circularidad (factor forma) de las esporas. Mediante MANOVA GLM con nivel de significancia de $\alpha=0.05$. La única diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) fué observada en la densidad de espinas entre ambas poblaciones de *M. epitea*.

The species that showed resistance were: *S. bonplandiana*, *S. b. var. fastigiata* with *M. epitea* of *S. babylonica* and *S. matsudana*. Also, the morphological characterization of *M. epitea* of *S. babylonica* and *S. matsudana* urediniospores was made. For this was used multivariate variance analysis by means of MANOVA GLM with significance level of $\alpha=0.05$. Ten samples of each population, selected randomly, with five variables in each populaton were measured, the evaluated variables were: spores area (μm^2), major axis lenght (μm), minor axis lenght (μm), spine density (spines/ μm^2) and circularity (form factor) of the spores. The sole significative statistical difference ($P < 0.05$) was observed in spine density between both populations of *M. epitea*.

Sin embargo, en el análisis de varianza multivarido las poblaciones resultaron ser diferentes Wallks' lamda, Pillai's Trace, Hotelling – Lawley Trace, Roy's Greates Root $[Pr > F] = 0.0234 < 0.05$.

Palabras clave: *M. epitea*, *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana*, *S. b. var. fastigiata*, patogenicidad, caracterización, morfológica, urediniosporas.

However, in the multivariate variance analysis the populations resulted different Wallks' lamda, Pillai's Trace, Hotelling – Lawley Trace, Roy's Greates Root $[Pr > F] = 0.0234 < 0.05$.

Key words: *M. epitea*, *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana*, *S. b. var. fastigiata*, pathogenicity, characterization, morphological, urediniospores

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	iii
ABSTRACT	iv
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE DE GENERAL	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
 1. INTRODUCCION	 1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis.....	4
 2. REVISION DE LITERATURA.....	 5
2.1 Familia Salicaceae.....	5
2.1.1 Salix babylonica L.....	6
2.1.1.1. Plagas y enfermedades.....	7
2.1.2. Salix matsudana Koidz.....	7
2.1.3. Salix bonplandiana H.B.K.....	8
2.1.3.1. Plagas y enfermedades.....	10
2.2 Roya Melampsora	11
2.2.1. Roya del álamo.....	14
2.2.1.1. <i>Melampsora medusae</i> Thüm.	14
2.2.2. Royas de Sauces.....	15
2.2.2.1. <i>Melampsora epitea</i> Thüm.	15
2.2.2.2. <i>Melampsora coleosporioides</i> Dietel.	19
2.2.2.3. <i>Melampsora paradoxa</i> D. & H. Hedw.....	21
2.2.3. Royas reportadas en <i>S. babylonica</i>	22
2.2.4. Royas reportadas en <i>S. matsudana</i>	23
 3. MATERIALES Y MÉTODOS	 24
3.1. Localización	24
3.2. Recorridos de campo.....	24
3.3. Colecta de material.....	25
3.4. Conservación de inóculo	25
3.5. Pruebas de patogenicidad y virulencia.....	25
3.5.1. Concentración del inóculo.....	25
3.5.2. Inoculaciones.....	26
3.5.3. Diseño experimental.....	27

3.5.4. Tratamientos.....	28
3.5.5. Variable evaluada.....	28
3.5.6. Análisis estadístico.....	28
3.6. Comparaciones morfológicas.....	29
3.6.1. Preparación de muestras para microscopia de barrido.....	29
3.6.2. Mediciones de las urediniosporas.....	30
3.6.3. Análisis de Varianza Multivariado.....	30
3.6.4. Poblaciones.....	31
3.6.4. Análisis estadístico.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Pruebas de patogenicidad.....	33
4.1.1. Evaluaciones.....	33
4.2. Comparaciones morfológicas.....	39
4.2.1. Resultados del Análisis de varianza Multivariado.....	39
4.2.1.1. Análisis de varianza multivariado.....	39
4.3. Discusión.....	42
4.3.1. Pruebas de Patogenicidad.....	42
4.3.2. Comparaciones morfológicas.....	43
5. CONCLUSIONES.....	45
6. RECOMENDACIONES.....	46
7. BIBLIOGRAFÍA.....	47
8. ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Plagas de <i>S. babylonica</i> en México.....	7
Cuadro 2. Enfermedades de <i>S. babylonica</i> en México	8
Cuadro 3. Plagas de <i>S. bonplandiana</i> en México.	11
Cuadro 4. Enfermedades de <i>S. bonplandiana</i> en México.....	11
Cuadro 5. Intensidad del daño causado por <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> y de <i>S. matsudana</i> , durante las cuatro evaluaciones (7, 14, 21 y 28 DDI). Chapingo, México. 2008.	35
Cuadro 6. Análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas y análisis de varianza multivariado a las 2 poblaciones de urediniosporas de <i>M. epitea</i> de acuerdo al MANOVA (PROC GLM).	39

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Uredinios y urediniosporas.** **A:** Uredinio de *M. epitea* en una hoja de *S. babylonica* tomadas en el microscopio estereoscópico. **B:** Uredinio y urediniosporas de *M. epitea* en una hoja de *S. babylonica* tomadas en el microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el Área de Microscopia electrónica del Colegio de Posgraduados. Montecillo, México..... 18
- Figura 2. Cámara de crecimiento:** **A:** Cámara de crecimiento vista por la parte exterior indicando que esta programada con números verdes a 18 ° C y el número rojo indica a la temperatura que se encuentra en el instante. **B:** Cámara de crecimiento vista por la parte interior con los saucos dentro en la parte inferior. 27
- Figura 3. Urediniosporas:** **A:** Urediniospora de *M. epitea* de *S. babylonica* a 6000 X tomada en el microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. **B:** Urediniospora de *M. epitea* de *S. matsudana* a 6000 X tomada en el microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 31
- Figura 4. Primera evaluación.** **A:** *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **B:** *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **C:** *S. matsudana*, inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **D:** *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **E:** *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **F:** *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **G:** *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **H:** *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*..... 34
- Figura 5. Segunda evaluación.** **A:** *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **B:** *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **C:** *S. matsudana*, inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **D:** *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **E:** *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **F:** *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **G:** *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **H:** *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*..... 36
- Figura 6. Tercera evaluación.** **A:** *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **B:** *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. **C:** *S. matsudana*, inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. **D:** *S. matsudana*

	inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> . E: <i>S. bonplandiana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> . F: <i>S. bonplandiana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> . G: <i>S. b. var. fastigiata</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> . H: <i>S. b. var. fastigiata</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i>	37
Figura 7. Cuarta evaluación.	A: <i>S. babylonica</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> . B: <i>S. babylonica</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> . C: <i>S. matsudana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> . D: <i>S. matsudana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> . E: <i>S. bonplandiana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> . F: <i>S. bonplandiana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> . G: <i>S. b. var. fastigiata</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> . H: <i>S. b. var. fastigiata</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i>	38
Figura 8.	Urediniosporas de <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> tomadas en el microscopio electrónico de barrido a 3500 X de las cuales se tomaron las medidas para las comparaciones morfológicas.....	40
Figura 9.	Urediniosporas de <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> tomadas en el microscopio electrónico de barrido a 3500 X de las cuales se tomaron las medidas para las comparaciones morfológicas.....	41

1. INTRODUCCION

En México se reconocen 571 especies de royas, ubicadas dentro de 48 géneros. Todas son patógenos obligados en plantas vivas; algunas tienen importancia económica en la agricultura y la dasonomía. Los ciclos de las royas son complejos y muchas especies requieren de dos hospedantes no relacionados para completar su ciclo; aunque, otras pueden hacerlo en un solo hospedante (Cibrián, *et al.* 2007).

Las especies de importancia agrícola se han estudiado aceptablemente para lograr su prevención y control; sin embargo, las de importancia forestal se conocen de manera limitada (Cibrián, *et al.* 2007).

La roya de sauces, *Melampsora epitea*, y la roya de álamos, *M. medusae*, son comunes en muchas ciudades del país; su efecto primario es la caída prematura de hojas, con la consecuente pérdida de vigor (Cibrián, *et al.* 2007).

Es probable que ninguna de las 400 o 500 especies de *Salix* del mundo esté completamente libre de infección de royas. En regiones templadas, *Melampsora* spp. es macrocíclica y heteroica con *Tsuga*, *Abies*, *Larix* y *Ribes* spp. siendo descritas como hospedantes eciales. Aunque el género *Saxifraga* ha sido indicada como otro posible

hospedero ecial de *Melampsora* en el ártico, aún es desconocido como es completado el ciclo de vida en esta región (Smith, *et al.* 2004).

En México no se conocen hospedantes alternos, pero en Estados Unidos para *M. epitea* es *Ribes* spp. Los hongos de *M. epitea* tienen la capacidad de sobrevivir en las yemas y la corteza del hospedante, por ello, pueden permanecer por años sin el hospedante alterno. En algunas áreas del centro de México, en sauces, los uredinios se observan durante todos los meses del año, con menor incidencia durante abril y mayo (Cibrián, *et al.* 2007).

El principal problema al familiarizarse con las royas y aprender a identificar sus géneros y especies, es el de que solamente una parte de su ciclo de vida, comúnmente el uredinio, está presente en la muestra. Esto es debido a que los distintos estados de las esporas se desarrollan en diferentes épocas y de aquí que un espécimen puede mostrar únicamente el ecio, el uredinio o el telio. El procedimiento usual, consiste en determinar primero el estado de la espora y su morfología; posteriormente, se consulta el índice de hospedantes (*host index*) (León y Cummins, 1981).

Las royas de sauce de Norte América en el concepto de multiples-especies incluye *M. epitea* f.sp. *tsugae* con el ecio en *Tsuga*, *M. abieti-caprearum* con ecio en *Abies*, *M. artica* con ecio en *Saxifraga*, *M. paradoxa* con ecio en *Larix*, y *M. ribesii-purpureae* con ecio en *Ribes*. Algunos autores han agrupado todas estas dentro de *M. epitea* (Wayne y Howard, 2005).

Aunque se han reconocido cinco especies de *Melampsora* en *Salix* en el oeste de Norte América, sobreponiendo las dimensiones de las esporas y paredes de esporas, en royas de sauces canadienses es difícil o imposible la identificación a nivel de especies, a menos que el estado ecial sea conocido. Por ello, se consideraron las cinco para pertenecer a un complejo de especies, denominadas *M. epitea* (Smith, *et al.* 2004).

Sin embargo, las especies que son complicadas de entender dentro del complejo *M. epitea*, potencialmente son distinguibles; en Europa al menos seis especies de royas en sauce han sido identificadas basado en morfología de las urediniosporas e inoculaciones de hospedantes eciales (Smith, *et al.* 2004).

En Suecia, también como en el Reino Unido, *M. epitea* consiste de al menos tres *formas especiales*. Las poblaciones de royas consisten también de muchos patotipos variando modelos de virulencia y agresividad con hospedantes-específicos dentro de los grupos de las formas especiales (Ramstedt, *et al.* 2002).

En el presente trabajo se pretende caracterizar morfológicamente a *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana*, y probar la virulencia a clones específicos, en cámara de crecimiento; por lo que en la presente investigación se plantean los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos

- Probar la patogenicidad de *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana*, aplicados a sauces específicos, en cámara de crecimiento en Chapingo, México.
- Caracterizar morfológicamente a *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana*.

1.2. Hipótesis

H₀₁: *M. epitea* de *S. babylonica*, presenta la misma patogenicidad a los sauces *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana*, *S. bonplandiana* var. *fastigiata*. y las mismas características morfológicas a *M. epitea* de *S. matsudana*.

H_{a1}: *M. epitea* de *S. babylonica*, no presenta la misma patogenicidad a los sauces *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana*, *S. b.* var. *fastigiata*. ni las mismas características morfológicas a *M. epitea* de *S. matsudana*.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Familia Salicaceae

Familia formada por árboles y arbustos caducifolios con corteza amarga y madera ligera y blanda. Hojas simples, generalmente alternas, pecioladas, estipuladas. Flores unisexuales; con las masculinas y femeninas en pies diferentes (dioecia), reunidas en amentos que aparecen antes o a la vez que las hojas, raras veces después. Las flores nacen en la axila de una bráctea y carecen de perianto. Las flores masculinas tienen de 2 a más de 30 estambres libres o unidos. Las flores femeninas tienen un ovario unilocular con numerosos óvulos y 2-4 estigmas, a veces bilobulados. Fruto deiciente en cápsula que se abre en 2-4 valvas y que contiene numerosas semillas provistas de un penacho de pelos para su dispersión por el viento (López y Sánchez, 1999).

La familia está constituida por 4 géneros y alrededor de 500 especies, abundantes en las regiones templadas del Hemisferio Norte. A ella pertenecen los álamos, chopos y sauces. Aunque los árboles de esta familia no presentan maderas de buena calidad, son muy explotados por la rapidez de su crecimiento, siendo cultivados en muchas partes del mundo. La madera se utiliza para pasta de papel y embalajes. Los sauces se aprovechan para la producción de mimbre. Algunas cortezas tienen propiedades medicinales y numerosas especies tienen grandes valores ornamentales, siendo cultivadas ampliamente en parques, jardines y áreas urbanizadas (López y Sánchez, 1999).

2.1.1. *Salix babylonica* L.

Árbol dioico perennifolio, alcanza de 9 a 12 m de altura, tronco corto, copa ancha semiovoide, abierta e irregular, sombra moderada, ramas quebradizas y colgantes que llegan a alcanzar el suelo, de aquí su nombre de sauce llorón, crecimiento rápido, corta vid. Hojas simples alternas, estrechamente lanceoladas, ápice acuminado, base angosta, margen finamente dentado, algo pubescente cuando jóvenes, glabras cuando maduran, cuelgan de cortos pecíolos; miden de 8 a 12 cm de largo por 0.6 a 1.3 cm de ancho, color verde oscuro por el haz y blanquecinas o grises por el envés; a veces retorcidas, estípulas ausentes por lo general. Flores se presentan en amentos pequeños verdosos, aparecen sobre ramas laterales cortas con hojas; los amentos masculinos son de hasta 4 cm de largo por 0.6 a 0.8 cm de ancho sobre pedúnculos de hasta 2 cm de largo; los amentos femeninos son más pequeños: El fruto es una cápsula ovoide-cónica, de 1.5 cm de largo, color café claro, sésil o casi sésil, glabra, maduran al final de la primavera o principios del verano, la corteza es rugosa, gruesa, profundamente hendida en bordes ramificados largos, color gris. Se utiliza como árbol ornamental, se encuentra distribuida hacia el sur de la ciudad de México en diversos parques, avenidas, calles y baldíos (Martínez y Chacalo, 1994).

El nombre genérico, *Salix*, es el nombre clásico en latín; nombre específico, *babylonica*, refiere erróneamente a su supuesto origen de Babilonia, aunque hoy se reconoce que es nativo de China. Probablemente es una de las muchas especies que introdujeron los españoles en la época de la Colonia. La mayoría de las plantas cultivadas de esta especie son árboles femeninos, por esta razón, en México sus semillas son estériles ya que no

hay fecundación. Desde hace cientos de años se han encontrado diferentes aplicaciones medicinales a los sauces por su rico contenido en salicina, sustancia relacionada con el ácido acetilsalicílico. Este ácido en la actualidad se sintetiza artificialmente y es el ingrediente activo de la aspirina (Martínez y Chacalo, 1994).

2.1.1.1. Plagas y enfermedades

Se reportan 18 plagas y seis enfermedades para *S. babylonica* en México (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Plagas de *S. babylonica* en México.

Especie	Orden	Familia
<i>Macroductylus</i> spp. [†]	Coleoptera	Scarabaeidae
<i>Chrysomela scripta</i> [†]	Coleoptera	Chrysomelidae
<i>Corthylus nudus</i> [†]	Coleoptera	Scolytidae
<i>Malacosoma incurvum</i> var. <i>aztecum</i> [†]	Lepidoptera	Lasiocampidae
<i>Paranthrene dolii</i> [†]	Lepidoptera	Sesiidae
<i>Nymphalis antiopa</i> [¶]	Lepidoptera	Nymphalidae
<i>Corythuca salicata</i> [†]	Hemiptera	Tingidae
<i>Stenomacra marginella</i> [†]	Hemiptera	Pyrrhocoridae
<i>Alebra</i> sp., <i>Empoasca</i> sp. y <i>Edwardsiana</i> sp. ^{†¶}	Hemiptera	Cicadellidae
<i>Tuberolachnus</i> (= <i>Lachnus</i>) <i>salignus</i> [†]	Hemiptera	Aphididae
<i>Pterocomma smithiae</i> [†]	Hemiptera	Aphididae
<i>Chaitophorus essigi</i> [¶]	Hemiptera	Aphididae
<i>Cavariella aegopodii</i> [¶]	Hemiptera	Aphididae
<i>Macrosiphum californicum</i> [¶]	Hemiptera	Aphididae
<i>Hemiberlesia</i> sp. [¶]	Hemiptera	Coccidae
<i>Ceroplastes</i> sp. [¶]	Hemiptera	Coccidae

[†]: Cibrián, et al. 1995.

[¶]: Martínez y Chacalo, 1994.

2.1.2. *Salix matsudana* Koidz.

Pequeño árbol de hasta 16 m de altura, con la ramificación erecta o extendida y ramillas amarillentas, diminutamente tomentosas al principio, luego lampiñas y de color gris

marrón. Hojas linear lanceoladas, de base cuneiforme y largamente acuminadas en el ápice. Miden 5-10 cm de longitud y 1 – 1,5 cm de anchura, con pecíolo de 2-6 mm de longitud. Margen fina y regularmente aserrado. Haz verde brillante y glauco en el envés, lampiña en ambas caras. Amentos masculinos de 1-2 cm de longitud, con flores de dos estambres. Amentos femeninos de 2.5 cm de longitud. Amentos coetáneos con las hojas. Cápsula cónica, subsentada, lampiña. Especie originaria de zonas áridas del norte de China, Mongolia y Corea. Cultivada ampliamente como planta ornamental, especialmente el cultivar *Tortuosa*. También existen los cultivares *Pendula* y *Umbraculifera* (López y Sánchez, 1999).

Cuadro 2. Enfermedades de *S. babylonica* en México

Especie	Orden	Familia
<i>Melampsora epitea</i> [†]	Uredinales	Melampsoraceae
<i>Cytospora chrysosperma</i> ^{†§}	Sphaeropsidales	Sphaerioidaceae
<i>Valsa sordida</i> ^{†Φ}	Diaporthales	Valsaceae
<i>Phymatotrichum omnivorum</i> ^{†§}	Moniliales	Moniliaceae
<i>Trechispora brikmanni</i> ^{†Φ}	Techisporales	Sistotremataceae
<i>Coriopsis gallica</i> [†]	Polyporales	Polyporaceae
<i>Psittacanthus calyculatus</i> [†]		
<i>Cladocolea loniceroides</i> [†]		

[†]: Cibrián, *et al.* 2007.

[¶]: Martínez y Chacalo, 1994.

[§]: Anamorfo

^Φ: Telemorfo

2.1.3. *Salix bonplandiana* H.B.K.

Árbol monoico caducifolio, que alcanza a medir de 6 a 15 m de altura, la forma cultivada en México tiene copa columnar estrecha con sombra escasa, ramas abundantes, delgadas ascendentes, glabras, reconocido como variedad *fastigiata*; es de rápido crecimiento, vive entre 20 y 30 años. Hojas simples, alternas, estrechamente lanceoladas

a oblongas, o ampliamente lineares, ápice largo-acuminado, base estrecha o ampliamente cuneada, margen finamente serrulado, miden de 7.5 a 15 cm de largo por 1.5 a 3.0 cm de ancho, haz de color verde, glabro; envés color blanco plateado, glabro (pubescente cuando son jóvenes); nervadura central ancha y amarilla, pecíolos de 0.3 a 1.2 cm de largo, estípulas ovadas delgadas, caedizas. Las flores son amentos delgados, cilíndricos, nacen de las ramas con hojas; amentos masculinos de 4 a 6 cm de largo, brácteas glabras o algo pilosas, 3 estambres; amentos femeninos con las brácteas aovadas, ovario cortamente pedicelado, alargado en forma de botella, estigma muy corto. El fruto es una cápsula corta de 6 mm de largo, color amarillento o rojizo claro, semillas numerosas con mucho vello la corteza es de color café oscuro a negruzco, rugosa, fisurada en bordes escamosos (Martínez y Chacalo, 1994).

Se extiende desde los estados de California, Utah y Arizona en los Estados Unidos hasta el sur de México y Guatemala. En México se distribuye en los estados de Sonora, Chihuahua y de Coahuila a Oaxaca. En el valle de México se le encuentra a la orilla de canales, zanjas y arroyuelos; se desarrolla silvestre en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac (Mixquic) del Distrito Federal. Son árboles típicos del paisaje lacustre del sureste de la ciudad; forman una barrera natural contra vientos, sirven como purificadores del aire del sur del Distrito Federal. La madera se usa para hacer graneros, eficaces contra plagas, para mojoneras naturales y sujetadores de bordes desde la época prehispánica. Puede ser utilizado como árbol de alineación en calles y avenidas, en la ciudad de México se le encuentra en parques de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac, en el parque Tezozomoc, el Bosque de Chapultepec, así como en varias avenidas como de los Constituyentes. El nombre específico, *bonplandiana*, es en honor de Aime

Bonpland (1773-1858), botánico francés que hizo numerosos estudios botánicos en América, incluyendo México. Nombre común: ahuejote, viene del náhuatl: “ahuexotl” = escoba, refiriéndose a la forma de su follaje semejante a las escobas de barrer (Martínez y Chacalo, 1994).

Esta especie tuvo una importancia fundamental en la época prehispánica, ya que fue utilizada para la creación de “chinampas” o jardines flotantes que bordeaban las orillas de los antiguos lagos de Xochimilco, Chalco y Texcoco. Las chinampas medían de 6 a 30 m de largo, por 2 a 12 m de ancho; la superficie se cercaba y se fijaba por medio de raíces de ahuejote y carrizos, entretejidas en forma de cesto. En esta base se colocaba limo del fondo del lago, constituyendo con ello una capa de tierra arable. Las chinampas cumplieron una doble función: por un lado producían hortalizas, granos y flores, con un sistema de agricultura intensiva reconocido como uno de las más eficientes de aquella época; y por el otro, tuvieron gran importancia a nivel urbanístico, pues una vez asentados en Tenochtitlán, los aztecas lograron por medio de ellas, ampliar el territorio urbano. En la actualidad se está impulsando el proyecto de Rescate Ecológico de Xochimilco, que contempla el apoyo a las zonas chinamperas, como una forma de conservar esta importante tradición hortícola que data de épocas precolombianas y en donde el ahuejote es parte importante del paisaje (Martínez y Chacalo, 1994).

2.1.3.1. Plagas y enfermedades

Se reportan 13 plagas y cuatro enfermedades para *S. bonplandiana* en México (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3. Plagas de *S. bonplandiana* en México.

Especie	Orden	Familia
<i>Malacosoma incurvum</i> var. <i>aztecum</i> [†]	Lepidoptera	Lasiocampidae
<i>Hylaea punctillaria</i> [†]	Lepidoptera	Geometridae
<i>Nymphalis antiopa</i> [¶]	Lepidoptera	Nymphalidae
<i>Chaitophorus essigi</i> [†]	Hemiptera	Aphididae
<i>Alebra</i> sp. [¶]	Hemiptera	Cicadellidae
<i>Empoasca</i> sp. [¶]	Hemiptera	Cicadellidae
<i>Edwardsiana</i> sp. [¶]	Hemiptera	Cicadellidae
<i>Chaitophorus essigi</i> [¶]	Hemiptera	Aphididae
<i>Cavariella aegopodii</i> [¶]	Hemiptera	Aphididae
<i>Macrosiphum californicum</i> [¶]	Hemiptera	Aphididae
<i>Hemiberlesia</i> sp. [¶]	Hemiptera	Coccidae
<i>Ceroplastes</i> sp. [¶]	Hemiptera	Coccidae
<i>Aculops</i> sp. [‡]	Acari	Eriophyidae

[†]: Cibrián, et al. 1995.

[¶]: Martínez y Chacalo, 1994.

Cuadro 4. Enfermedades de *S. bonplandiana* en México.

Especie	Orden	Familia
<i>Cytospora chrysosperma</i> ^{‡§}	Sphaeropsidales	Sphaerioidaceae
<i>Valsa sordida</i> ^{¶Φ}	Diaporthales	Valsaceae
<i>Coriopsis gallica</i> [‡]	Polyporales	Polyporaceae
<i>Melampsora</i> sp. [¶]	Uredinales	Melampsoraceae
<i>Cladocolea loniceroides</i> [‡]		

[‡]: Cibrián, et al. 2007.

[¶]: Martínez y Chacalo, 1994.

[§]: Anamorfo.

^Φ: Telemorfo.

2.2 Roya Melampsora

La roya Melampsora (Uredinales, Melampsoraceae) ataca a especies de plantas herbáceas y leñosas. Es la enfermedad más importante causada por éste grupo, afecta a *Populus* (álamo, chopo), *Salix* (sauce) y coníferas de la Familia Pinaceae (Wayne y Howard, 2005).

Las royas de la hoja de *Populus* y *Salix* están adquiriendo importancia, especialmente en Europa. En plantaciones intensivas de clones de chopos para madera para construcción y fibra y en clones de sauces para la producción de biomasa que se están usando para la generación de energía. Los daños severos causan senescencia prematura de la hoja y consecuentemente la defoliación del árbol. Lo cual conduce a un desarrollo lento en el siguiente año. Severos daños de royas en varios años consecutivos reduce la producción de fibra conduciendo a la defoliación y muerte asociado con ataques por patógenos oportunistas. Han sido documentadas pérdidas del 30% o más del 50% en volumen y peso seco de madera de chopo y biomasa de sauce. *Melampsora* rara vez causa daño económicamente significativo para coníferas en Norteamérica, aunque ellos ocasionalmente inducen severos daños ocasionando la muerte de puntas y conos (Wayne y Howard, 2005).

Sobre el hospedante ecial (enfaticado aquí en coníferas) la propagación amarillenta sobre tallos verdes aparece un poco antes de la apertura del ecio. Las hojas con numerosos soros de roya tienen un aspecto amarillo, se secan rápidamente después de la maduración ecial y caen. La infección sobre tallos verdes conduce a la distorsión y defoliación de las puntas. La roya sobre los conos mata las partes afectadas. El espermagonio y ecio se forman sobre las hojas y en algunas royas sobre tallos suculentos o conos. El espermagonio aparece como pequeñas ampollas. El ecio aparece en forma de montículo amarillo-naranja sobre indefinidas áreas amarillas a lo largo de la hilera de los estomas. La falta de una prominente capa blanca (peridium) distingue éstos ecios de otras royas sobre coníferas. Las eciosporas son globosas elipsoides u ovaladas, verrucosas y amarillas o anaranjadas-amarillas (Wayne y Howard, 2005).

En el hospedante telial (enfatisados aquí *Populus* y *Salix*), las royas se propagan formando zonas o manchas amarillas en las hojas que más tarde mueren. Severos daños ocasionan secamiento de las hojas las cuales caen prematuramente. Las infecciones de tallos verdes a veces causan pequeños canchros. Las manchas amarillo-dorado de los uredinios aparecen principalmente sobre las partes bajas de las hojas amarillas o a veces en tallos verdes iniciando en primavera y continuando por todo el verano. Ellos se abren y liberan uredinosporas amarillas o doradas. El telio se forma debajo la cutícula o debajo de la epidermis a finales del verano y principios del otoño, y el tejido de alrededor muere. Los telios están compuestos de una capa cobriza de teliosporas orientados perpendicularmente a la superficie de la hoja y atrancados por sus orillas. El telio se ve casi negro cuando se establece en hojas muertas caídas (Wayne y Howard, 2005).

Las royas del género *Melampsora* son heteroicas y completan su ciclo de vida en un año. En el esquema más común, para los hospedantes-alternos de la roya del chopo y la roya del sauce, las teliosporas en hojas muertas en el suelo germinan en primavera, produciendo basidiosporas que son transportadas por el aire e infectan coníferas las cuales son innecesarias para completar su ciclo. El espermagonio y ecio se desarrolla en dos semanas. Las eciosporas son transportadas por el viento infectando chopos o sauces, resultando de éstas, la formación de uredinios después de dos semanas. Las uredinosporas causan repetidos ciclos e incrementan la roya en estos hospedantes. Las hojas son penetradas vía estoma. Las hifas de la roya se desarrollan intercelularmente penetrando las células de la hoja por medio del haustorio, el cual absorbe nutrientes. El telio remplace al uredinio a finales del verano y principios del otoño, y luego inverna,

completando el ciclo. La presencia de hospedantes coníferas cerca de plantaciones de *Salix* o *Populus* le permite avanzar en el incremento anual de la roya (Wayne y Howard, 2005).

Muchas especies de *Salix* en el ártico Europeo y Asiático también han sido reportadas por ser infectadas con la roya *Melampsora*. Es probable que ninguna de las 400 o 500 especies de *Salix* del mundo esten completamente libres de infección de royas. En regiones templadas, *Melampsora* spp. es macrocíclica y heteroica con *Tsuga*, *Abies*, *Larix* y *Ribes* spp., siendo descritas como hospederos eciales. Aunque la especie *Saxifraga* ha sido indicada como otro posible hospedero ecial de *Melampsora* en el ártico, aún es desconocido como es completado el ciclo de vida en esta región. (Smith, *et al.* 2004).

2.2.1. Roya del álamo

2.2.1.1. *Melampsora medusae* Thüm.

Hospedantes

En Nueva Zelanda fue reportada en *Larix decidua*, *Populus deltoides*, *P. deltoides* var *missourensis*, *P. xeuramericana*, *P. maximowiczii* x *berolinensis*, *P. maximowiczii* x *nigra*, *P. maximowiczii* x *truchocarpa*, *P. simoni*, *P. yunnanensis*. (Mckenzie, 1998).

M. medusae en *Populus alba*, *P. deltoides* y *P. tremuloides*. Los hospedantes alternos no se conocen en México, en Estados Unidos los hospedantes alternos son *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* (Cibrián, *et al.* 2007).

Importancia

Es una roya importante debido a que ataca las plantaciones comerciales de alamo, principalmente (Spiers y Hopcroft, 1985).

M. medusae, es común en muchas ciudades del país, su efecto primario es la caída prematura de hojas, con la consecuente pérdida del vigor. Es probable que la pérdida temprana de hojas reduzca la tasa de crecimiento e incremente la susceptibilidad de los árboles al ataque de otros agentes, en especial al hongo *Cytospora*, el cual causa canchros en ramas y troncos. *M. medusae* causa infecciones severas en álamos (Cibrián, *et al.* 2007).

2.2.2. Royas de Sauces

2.2.2.1. *Melampsora epitea* Thüm.

La taxonomía actual coloca todas las royas que se encuentran en el sauce (*Salix* spp.) en Norteamérica en un complejo de la especie, *Melampsora epitea* (Smith, *et al.* 2004).

Hospedantes

Es la roya común de sauce de Europa y Norteamérica y, en Australia ha sido reportada en varios *Salix* spp., principalmente *S. capraea* L. y *S. discolor* Muhl. Esta no ha sido registrada en sauce llorón (Walker, 1978).

En Nueva Zelanda fue reportada en *Larix decidua*, *S. aegyptiaca*, *S. aurita*, *S. aurita* var. *philicifolia*, *S. x calodendron*, *S. capraea*, *S. capraea x viminalis*, *S. cinerea*, *S. cinerea oleifolia*, *S. cinerea x viminalis*, *S. dichroa*, *S. hippophaeifolia*, *S. incana discolor*, *S. medemi*, *S. x mollissima*, *S. muscina*, *S. osier*, *S. pipo*, *S. pontederana*, *S. pontederana x glacilistyla*, *S. purpurea*, *S. purpurea x viminalis*, *S. x reichardtii*, *S. x sericans*, *S. seringeana*, *S. silesiaca* (Mckenzie, 1998).

Cibrián *et al.* (2007) reportaron a *M. epitea* en *S. babylonica*.

Distribución

León y Cummins (1981) reportaron a *M. epitea* en *Salix* sp. en el Distrito Federal y Sinaloa. Posteriormente, Cibrián *et al.* (2007) reportaron a *M. epitea* distribuida en Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Michoacán, Puebla, Querétaro, Sinaloa y Tlaxcala.

Importancia

La roya de la hoja de *Salix* está adquiriendo importancia, especialmente en Europ, en plantaciones intensivas para la producción de biomasa que se están usando para la generación de energía. (Wayne y Howard, 2005).

M. epitea es de importancia en el sauce llorón, *S. babylonica*, el follaje infectado de estos árboles produce grandes cantidades de urediniosporas que afectan la calidad visual de la copa; los enormes números de esporas se depositan sobre vehículos y otros objetos y ocasionan molestias a personas. Los árboles con alta susceptibilidad pueden perder prematuramente las hojas, en especial en la parte inferior de la copa. En viveros se tienen infecciones que causan defoliaciones por arriba del 80% y, en meses como julio y agosto, se observan árboles casi desnudos (Cibrián, *et al.* 2007).

Diagnosis

El indicador más obvio de esta enfermedad son las pústulas (uredinios) sobre la superficie de las hojas de sauces. Estos uredinios son conspicuos debido a las masas polvorientas de urediniosporas amarillo-naranja que se encuentran en su interior (Cibrián, *et al.* 2007; León y Cummins, 1981).

Espermagonios generalmente en el haz, apiñado en pequeños grupos, puntiforme, subepidermal (en *Ribes* spp., pero desconocido en México). Ecio en el envés, en pequeños grupos en áreas descoloridas, redondas, de color amarillo brillante cuando fresca; eciosporas globoides o ampliamente elipsoides, de 15 a 20 por 13 a 26 μm ; pared

incolora, con espesor irregular, de 1.5 a 3.0 μm , finamente verrucosa. Uredinio por lo general en el envés de las hojas, redondo, pulvinado, amarillo naranja pálido cuando fresco; urediniosporas globoides o ampliamente ovoides, pequeño, de 13 a 14 por 12 a 20 μm con parafisos, intermezclados; pared incolora con un espesor de 2 a 3.5 μm , dispersamente equinulada verrucosa (Figura 1). Telio generalmente en el envés, redondo, frecuentemente cubriendo toda la superficie, de color cafésoso; teliosporas oblongas, redondas en sus partes terminales, de 7 a 11 por 20 a 35 μm ; pared lisa de color café claro, con espesor uniforme de 1 μm o menos (Cibrián, *et al.* 2007; León y Cummins, 1981).

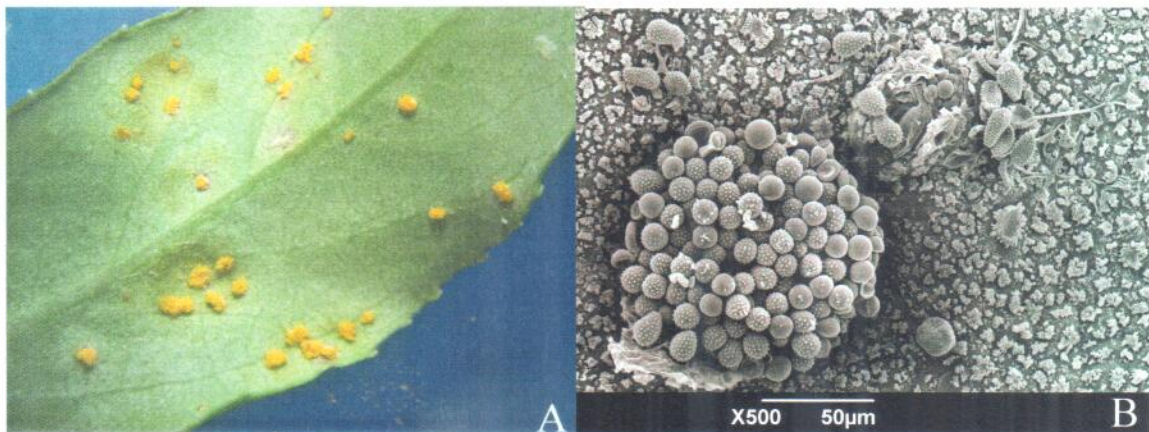


Figura 1. Uredinios y urediniosporas. A: Uredinio de *M. epitea* en una hoja de *S. babylonica* tomadas en el microscopio estereoscópico. B: Uredinio y urediniosporas de *M. epitea* en una hoja de *S. babylonica* tomadas en el microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el Área de Microscopia electrónica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, México.

Esta se distingue de *M. coleosporioides* por ser más pequeña 16-24 μm diam. urediniosporas subglobosas a ampliamente ovales (Walker, 1978).

2.2.2.2. *Melampsora coleosporioides* Dietel.

Hasta 1978, la roya *M. coleosporioides* había sido documentada sólo en Asia, pero en Abril de 1978 fue identificada en el este de Australia (Walker, 1978), y la eventual llegada a Nueva Zelanda fue considerada como inevitable. Fue encontrada en Nueva Zelanda en Noviembre de 1978 en sauce llorón (*S. babylonica*) cerca de Whangarei (Latch, 1980).

Descripción

Uredinio amarillo-naranja, 0.2 – 0.5 mm de diámetro, localizado principalmente en el envés de la hoja aunque algunas emergen por el haz. Las urediniosporas son ovoides o piriformes, algunas subglobosas o irregulares, de 11- 16 x 19 – 29 μm con un promedio de 14 x 23 μm , uniformemente equinulada, con indistintos poros germinales. El uredinio también contiene numerosos parafisos enterrados, lisos y capitados. Telio amarillo cafésoso a café oscuro, localizados principalmente en el envés de las hojas, aproximadamente en forma circular a oval, 0.2 – 0.6 mm de diámetro pero frecuentemente unidas en formas irregulares. Cuando se humedecen adoptan la forma de cojín. Teliosporas principalmente rectangulares o poligonales debido a la mutua presión, de 6 - 11 x 32 – 54 μm con un promedio de 8 x 40 μm . Las teliosporas sobreaglomeradas germinan fácilmente en condiciones húmedas para producir basidios alargados que contienen cuatro basidiosporas en un estigma estrecho cada una. Las basidiosporas son esféricas, de 5 – 7 μm (Latch, 1980).

No hay reportes de un hospedante alternativo para *M. coleosporioides*, pero el organismo fue capaz de invernar en estado uredinal en climas templado de Nueva Zelanda. *S. babylonica*, es el principal hospedero, tiene un corto periodo de dormancia, y a menudo algunos remanentes de hojas viables en el árbol durante todo el invierno. A mediados de agosto en Manawatu, las hojas tuvieron numerosas uredinios, y urediniosporas de estas fueron encontradas teniendo una proporción de germinación del 40%. Nuevos brotes en hojas o inflorescencia se desarrollaron en el mismo árbol y al mismo tiempo y pudieron haber sido susceptibles a la infección de estas urediniosporas invernantes. Los nuevos uredinios fueron encontradas en las primeras y segundas hojas de los brotes nuevos a principios de septiembre (Latch, 1980).

Hospederos

Las siguientes especies de *Salix* han sido reportadas como hospederas de *M. coleosporioides*: *S. amygdalina* L. var. *nipponica* Schneid.; *S. babylonica*; *S. fragilis* L.; *S. glandulosa* Seemen; *S. heteromera* Hand. – Mazz.; *S. matsudana*; y *S. mensneyi* Hance (Latch, 1980; Walker, 1978).

En Nueva Zelanda fue reportada en *Larix kaemferi*, *S. argentinensis*, *S. babylonica*, *S. babylonica x alba*, *S. babylonica* var. *annularis*, *S. babylonica x fragilis*, *S. babylonica x humboldtiana*, *S. burjatica*, *S. chilensis*, *S. coerulea*, *S. elegantissima*, *S. fragilis*, *S. himalayas*, *S. matsudana*, *S. matsudana pendula*, *S. matsudana* var. *tortuosa*, *S. meyeriana*, *S. pendulina*, *S. pentandra*, *S. salamonii*, *S. sepulchralis* (Mckenzie, 1998).

2.2.2.3. *Melampsora paradoxa* D. & H. Hedw.

M. paradoxa pertenece al grupo de especies de *M. epitea*, infecta las hojas de sauces y especies de *Larix* spp. Es llamada roya del alerce-sauce (Anónimo, 1989).

Descripción

Espermagonio anfigino, pequeño, inconspicuo, subcuticular. Ecio (en *Larix* sp., pero desconocido en México), generalmente en el haz, pequeño y oblongo, color amarillo pálido cuando fresco, pulverulento; eciosporas globoides, de 15 a 22 por 18 a 27 μm ; pared incolora, de 2 a 3 μm de espesor, finamente verrucos. Uredinio en el haz de las hojas, redondo, de color amarillo naranja cuando recién formado, algunas veces pulverulento; urediniosporas globoides, de 15 a 19 por 17 a 24 μm , con parafisos intermezclados, pared incolora, de 2.5 a 3.5 μm de espesor, no densamente verrucosa. Telio anfigeno, frecuentemente confluyente, de color amarillo naranja cuando fresco, subepidermal; teliosporas prismáticas u oblongas, de 11 a 14 por 29 a 43 μm , pared lisa de color café canela, con un espesor uniforme de 1 μm (León y Cummins, 1981).

Hospederos

En *S. gooddingii* Ball. reportado para el estado de Sonora. (León y Cummins, 1981).

2.2.3. Royas reportadas en *S. babylonica*

El 10 de abril de 1978, una roya fue encontrada en sauce llorón (*S. babylonica*) en Ridalmere, una colonia del Oeste de Sydney, Australia (Walker, 1978).

La única roya conocida en sauce llorón es *M. coleosporioides*, descrita en Japón y conocida en China y Hong Kong (espécimen IMI 128356 en el herbario del Instituto de Micología de Estado). La examinación de varias colecciones de *M. coleosporioides* de Japón, China y Hong Kong y comparaciones con la roya de Australia han demostrado que es *M. coleosporioides* (Walker, 1978).

Hasta 1978 *M. coleosporioides* sólo había sido registrada en Asia, pero en abril de 1978 fue identificada en el este de Australia y posteriormente arribó a Nueva Zelanda. Esta fue encontrada por primera vez en Nueva Zelanda en noviembre de 1978 en sauce llorón (*S. babylonica*) cerca de Whangarei (Latch, 1980).

Spiers y Hopcroft (1985) reportaron haber colectado a *M. coleosporioides* en *S. babylonica* y a *M. epitea* en *S. hippophaifolia*. Sin embargo, Cibrián *et al.* (2007) reportaron a *M. epitea* en *S. babylonica*. *M. epitea* se distingue de *M. coleosporioides* por tener urediniosporas más pequeñas, diametro de 16-24 µm. subglobosas a ampliamente ovals (Walker, 1978).

2.2.4. Royas reportadas en *S. matsudana*

La única roya reportada en *S. matsudana* es *M. coleosporioides*. (Walker, 1978; Latch, 1980; Mckenzie, 1998).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

Las pruebas de patogenicidad se realizaron en el Laboratorio de Micología Agrícola del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). La caracterización morfológica se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología de la División de Ciencias Forestales (DiCiFo) de la UACH y en el Laboratorio de Microscopia electrónica del Colegio de Posgraduados.

3.2. Recorridos de campo

Se recolectaron ocho estacas de cada una de las siguientes especies: *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana* y *S. bonplandiana* var. *fastigiata*. Las estacas de cada especie fueron colectadas de un mismo árbol (clones). Los clones se colectaron en los siguientes sitios: en el Campus Universitario de la UACH se colectaron *S. babylonica* y *S. bonplandiana*; y en la Comunidad de Santa Catarina del Monte, Texcoco, México se colectaron las estacas de *S. matsudana* y *S. bonplandiana* var. *fastigiata*., el día 22 de febrero de 2008. Las estacas se cortaron de 10 cm de largo y de diámetro de 0.75 a 1.25 cm. Posteriormente, se pusieron a enraizar en agua de la llave, el 16 de marzo se sembraron en vasos de unicel (dos plantas por vaso), el sustrato fue tierra de macetas de estudios anteriores.

3.3. Colecta de material

Se colectaron hojas de sauce en el mes de marzo de 2008, de los siguientes sitios: en el vivero de la UACH se colectaron hojas con roya de *S. babylonica* y en la Comunidad de Santa Catarina del Monte, Texcoco, México se colectaron hojas de *S. matsudana* con *M. epitea*.

3.4. Conservación de inóculo

Las hojas colectadas con síntomas se etiquetaron y se conservaron en refrigeración hasta el día de las inoculaciones, las cuales se realizaron el día 18 de marzo del 2008.

3.5. Pruebas de patogenicidad y virulencia

3.5.1. Concentración del inóculo

Para determinar la concentración de urediniosporas se siguió el siguiente proceso: en una caja petri se agregó 50 ml de agua destilada, en ese recipiente se introdujeron 15 hojas infectadas de *S. babylonica* cortadas en trozos pequeños, posteriormente, se agitó con un pincel para disolver las esporas en el agua, de ésta mezcla se tomó una pipeta de 10 ml y se colocó una gota en la cámara de Neubauer con calibración de 0.0025 mm^2 para la cuantificación de urediniosporas. La cuantificación se realizó mediante un microscopio compuesto en el aumento de 40 X, se realizaron 5 conteos, uno por cuadrante y se sumó el total de los cinco conteos, el total se le multiplicó por un factor de 2000 y se obtuvo el número de urediniosporas por ml. De la misma forma se procedió

para calcular la concentración de urediniosporas de la roya de *S. matsudana*. La concentración aplicada fue de 384000 urediniosporas por ml para *M. epitea* de *S. babylonica* y para *M. epitea* de *S. matsudana*. fue de 362000 urediniosporas por ml.

3.5.2. Inoculaciones

Las inoculaciones se realizaron poniendo dichas suspensiones, cada una de las dos, en cajas petri y por medio de un pincel se untó sobre las hojas de plantas sanas de *S. babylonica*, *S. matsudana*, *S. bonplandiana* y *S. b. var fastigiata* para probar la patogenicidad y virulencia de cada roya en cada tipo de sauce, los cuales estaban plantados en vasos de unicel a una densidad de dos plantas por vaso, dichos vasos colocados sobre la tapa inferior de una caja petri para evitar el escurrimiento del riego dentro de la cámara de crecimiento, el cual se aplicó cada 7 días.

Las plantas se taparon con una bolsa transparente y se humedecieron con un atomizador que contenía agua destilada, dichas bolsas se amarraron a la parte superior del vaso de unicel con papel parafilm a manera de hilo.

Finalmente, se colocaron en la cámara de crecimiento a 18° C con luz las 24 horas del día (Figura 2). Este procedimiento fue reportado por Ramstedt *et al.* (2002) pero aplicado sobre pedacitos de hoja colocados en papel filtro humedecido con agua destilada en cajas petri .



Figura 2. Cámara de crecimiento: A: Cámara de crecimiento vista por la parte exterior indicando que esta programada con numeros verdes a 18 ° C y el número rojo indica a la temperatura que se encuentra en el instante. B: Cámara de crecimiento vista por la parte interior con los sauces dentro en la parte inferior.

Posteriormente, se realizaron observaciones durante cuatro semanas; se midió la intensidad de la infección en los tratamientos que resultaron positivos, para ello, se contó el número de uredinios de cada tratamiento en $\frac{1}{4}$ cm² de la hoja más infectada de la planta.

3.5.3. Diseño experimental

En las pruebas de patogenicidad, se aplicaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. El diseño utilizado fue Completamente al Azar (Infante y Zárate, 1984).

3.5.4. Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron fueron los siguientes:

1. *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
2. *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.
3. *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
4. *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.
5. *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
6. *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.
7. *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
8. *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

3.5.5. Variable evaluada

Con el fin de evaluar la intensidad se contaron el número de urediniosporas en $\frac{1}{4}$ cm² de la hoja, para cada tratamiento a los 7, 14, 21 y 28 días después de la inoculación.

3.5.6. Análisis estadístico

Los datos de patogenicidad se analizaron utilizando la prueba de Cruskal–Wallis y la prueba de Mann Whitney, con un $\alpha=0.05$ en un diseño completamente al Azar. Debido a la suposición de normalidad como de homogeneidad de varianzas que pudieron no cumplirse, se utilizó la Prueba de Cruskal–Wallis (técnica no paramétrica) para datos obtenidos en un Diseño Completamente al Azar (Infante y Zárate, 1984).

Posteriormente, se compararon los ocho tratamientos aplicando la Prueba de Mann-Whitney la cual compara sus medianas para ordenar los tratamientos de mayor a menor intensidad de daño (Infante y Zárate, 1984).

3.6. Comparaciones morfológicas

3.6.1. Preparación de muestras para microscopia de barrido

Las imágenes de las urediniosporas se obtuvieron usando un microscopio con el siguiente procedimiento. Se tomaron cinco muestras de hoja con urediniosporas de *Melampsora* spp. recortados en forma de cuadro de 5 mm de longitud por cada lado; posteriormente, se pusieron en una solución fijadora FFA Gluteraldehído al 3% durante 72 h. Las muestras se lavaron tres veces con agua y una vez con amortiguador de fosfatos (pH = 7.2). Después las muestras se deshidrataron con soluciones graduales de alcohol (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100%) durante 30 minutos en cada una de ellas. Después, las muestras se secaron a punto crítico con CO₂ en una secadora Samdri – 780 A (TOUSIMIS Research Corporation, Rockville, USA) y finalmente, se colocaron en un portamuestras y se recubrieron con oro en una ionizadora de metales JFC – 1100 (JEOL LTD, Tokio, Japón). Las muestras se observaron en un microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el cual se tomaron las imágenes digitales de los uredinios y las urediniosporas en el laboratorio de Microscopia Electrónica del Colegio de Postgraduados en Montecillo, México.

3.6.2. Mediciones de las urediniosporas

Para las comparaciones morfológicas, se examinaron a 10 urediniosporas fotografiadas en el microscopio electrónico a 3500 X de aumento de *M. epitea* de *S. babylonica* y 10 urediniosporas a 3500 X de aumento de *M. epitea* de *S. matsudana* de las cuales se analizaron las características morfológicas de las urediniosporas que probaron utilidad en comparaciones taxonómicas de *M. epitea* de *S. artica*, *S. bebbiana*, *S. interior* y *S. nigra*. Estas son área de la espina (μm^2), longitud del eje mayor (μm), densidad de espinas (espinas/ μm^2) y circularidad (factor forma) de las esporas (Smith, *et al.* 2004). Agregando a estas la longitud del eje menor (μm). Las imágenes digitales se midieron con el programa de computo Image Tool for Windows ver. 3.0. en el área de Fitopatología del Colegio de Posgraduados.

En el laboratorio de Patología Forestal de la DiCiFo de la UACH bajo la asesoría de la M.C. Silvia Edith García Díaz se realizaron muestras de urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* y urediniosporas de *M. epitea* de *S. matsudana*. Se midió la longitud del eje mayor (μm) y la longitud del eje menor (μm) a 100 urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* y 100 urediniosporas de *M. epitea* de *S. matsudana* en el microscopio compuesto para corroborar las medidas tomadas en el microscopio electrónico.

3.6.3. Análisis de Varianza Multivariado

Para la caracterización morfológica se usó un Análisis de Varianza Multivariado (Zamudio y Alvarado, 2000) a dos poblaciones de *M. epitea*, con 10 muestras cada

población, seleccionadas aleatoriamente, una proveniente de *S. babylonica* y la otra de *S. matsudana*. Se midieron las cinco variables: área de la espora (μm^2), longitud del eje mayor (μm), longitud del eje menor (μm), densidad de espinas ($\text{espinas}/\mu\text{m}^2$) y circularidad (factor forma) de las esporas.

3.6.4. Poblaciones

Las poblaciones fueron las siguientes: urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* (Figura 3A) y urediniosporas de *M. epitea* de *S. matsudana* (Figura 3B).

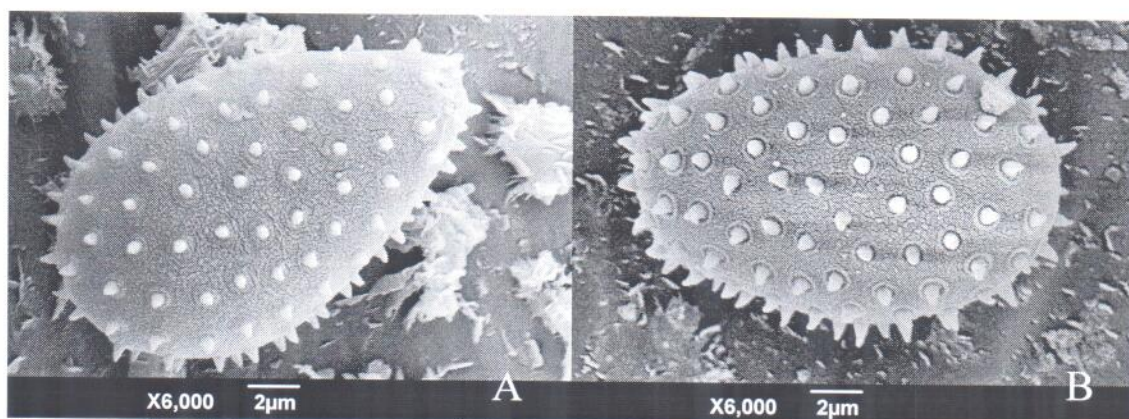


Figura 3. Urediniosporas: A:Urediniospora de *M. epitea* de *S. babylonica* a 6000 X tomada en el microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. B: Urediniospora de *M. epitea* de *S. matsudana* a 6000 X tomada en el microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón) en el Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

3.6.4. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza multivariado MANOVA (PROC GLM), con un $\alpha=0.05$ en un diseño completamente al azar. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Pruebas de patogenicidad

4.1.1. Evaluaciones

En la Prueba de Kruskal–Wallis se detectó la existencia de diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 1). Por lo que se procedió a efectuar la comparación de poblaciones utilizando las medianas mediante la prueba de Mann y Whitney con una confiabilidad del 95%, encontrando lo siguiente:

En la primera evaluación se obtuvieron dos grupos de significancia (Cuadro 5). El primer grupo formado por las especies que fueron moderadamente susceptibles evaluadas en los tratamiento de uno a cuatro y el segundo grupo formado por las especies que fueron resistentes que conformaron los tratamientos cinco, seis, siete y ocho (Figura 4).

En la segunda tercera y cuarta evaluación con la aplicación de la Prueba de Kruskal – Wallis, se detectó la existencia de diferencias significativas entre tratamientos (Anexos 2, 3 y 4). Por lo que se procedió a efectuar la comparación de poblaciones utilizando las medianas mediante la prueba de Mann y Whitney con una confiabilidad del 95% en las cuales se obtuvieron tres niveles de significancia (Cuadro 5).

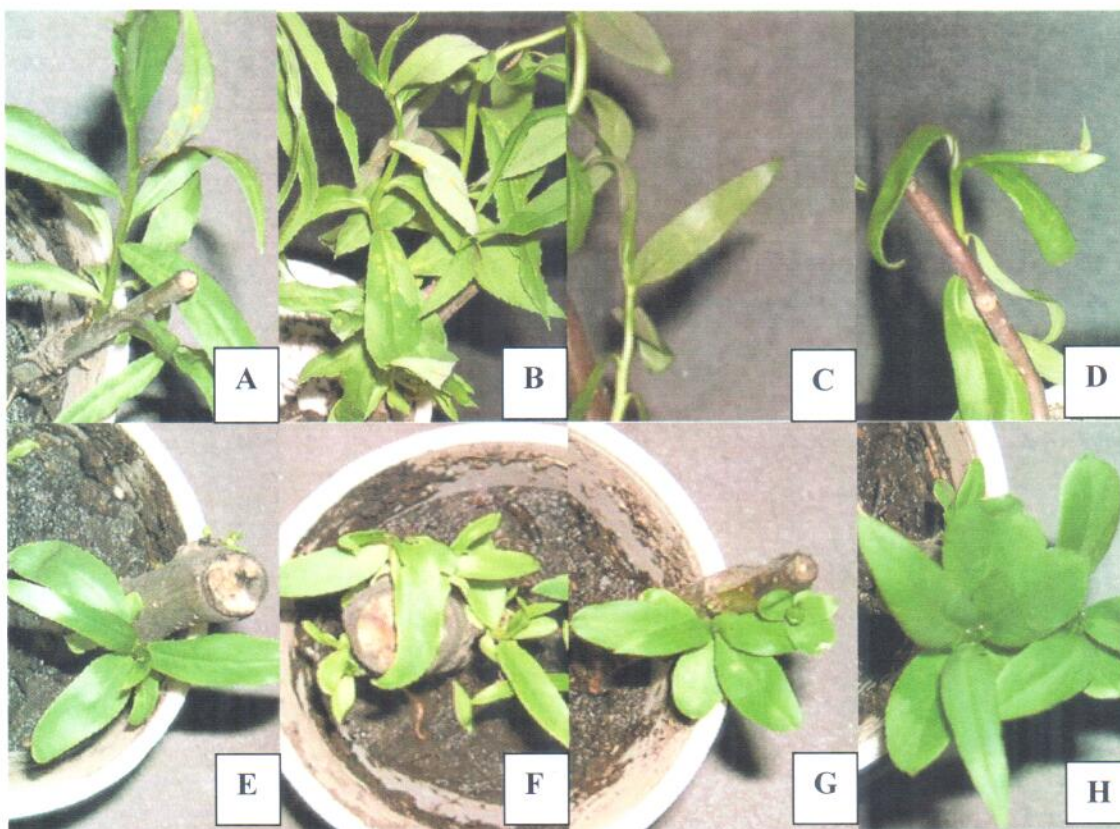


Figura 4. Primera evaluación. A: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. B: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. C: *S. matsudana*, inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. D: *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. E: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. F: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. G: *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. H: *S. b. var. fastigiata*, inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

En la segunda, tercera y cuarta evaluación se obtuvieron tres grupos de significancia (Cuadro 5). El primer grupo formado por la especie altamente susceptible y fue *S. babylonica* inoculada con *M. epitea* de *S. matsudana*, el segundo grupo formado por las especies moderadamente susceptibles (T_1 , T_3 , T_4) y el tercer grupo formado por las especies que no fueron susceptibles (T_5 , T_6 , T_7 , T_8) (Figuras 5, 6 y 7).

Cuadro 5. Intensidad del daño causado por *M. epitea* de *S. babylonica* y de *S. matsudana*, durante las cuatro evaluaciones (7, 14, 21 y 28 DDI). Chapingo, México. 2008.

No	Tratamiento	Nivel de significancia de las evaluaciones			
		1ra	2da	3ra	4ta
T ₂	<i>S. babylonica</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> .	b	a	a	a
T ₁	<i>S. babylonica</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> .	b	b	b	b
T ₃	<i>S. matsudana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> .	b	b	b	b
T ₄	<i>S. matsudana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> .	b	b	b	b
T ₅	<i>S. bonplandiana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> .	c	c	c	c
T ₆	<i>S. bonplandiana</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> .	c	c	c	c
T ₇	<i>S. b. var. fastigiata</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. babylonica</i> .	c	c	c	c
T ₈	<i>S. b. var. fastigiata</i> inoculados con <i>M. epitea</i> de <i>S. matsudana</i> .	c	c	c	c

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Mann y Whitney, $\alpha=0.05$)

Los resultados en las cuatro evaluaciones no coinciden con varios autores, entre ellos:

Walker, 1978; Latch, 1980; Spiers y Hopcroft, 1985; McKenzie, 1998.

Walker (1978) mencionó que *M. coleosporioides* es la única roya registrada en *S. babylonica* y también la reportó en *S. matsudana* y otros sauces en Japón, China, Hong Kong y Australia. Además, reportó a *M. epitea* en otras especies del género *Salix*, sin embargo, no la mencionó en *S. babylonica*.

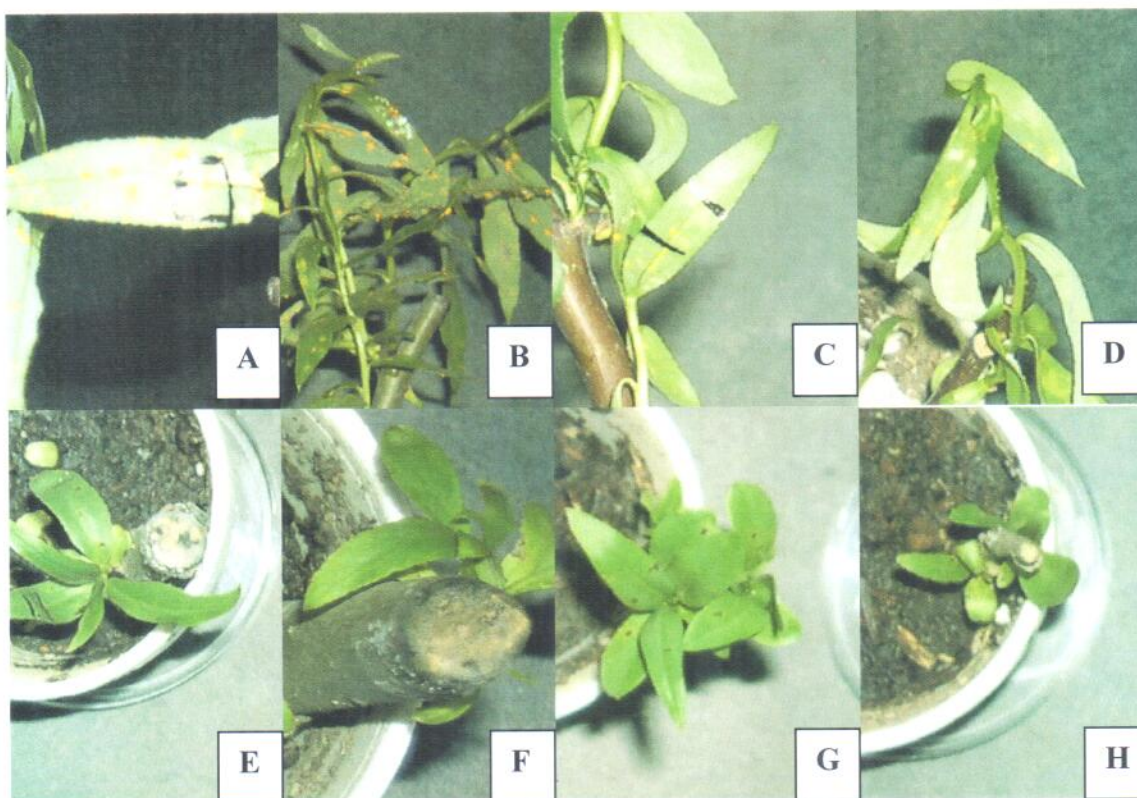


Figura 5. Segunda evaluación. A: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. B: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. C: *S. matsudana*. inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. D: *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. E: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. F: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. G: *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. H: *S. b. var. fastigiata*. inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Latch (1980) documentó a *S. babylonica*, *S. matsudana* y otros sauces como hospederos de *M. coleoporoides* en Asia y Australia y por otro lado registró a *M. epitea* en sauces arbustivos pero no presente en *S. babylonica*.

Spiers y Hopcroft (1985) colectaron en Nueva Zelanda a *M. coleosporioides*. en *S. babylonica*. y a *M. epitea* en *S. hippophaefolia*.

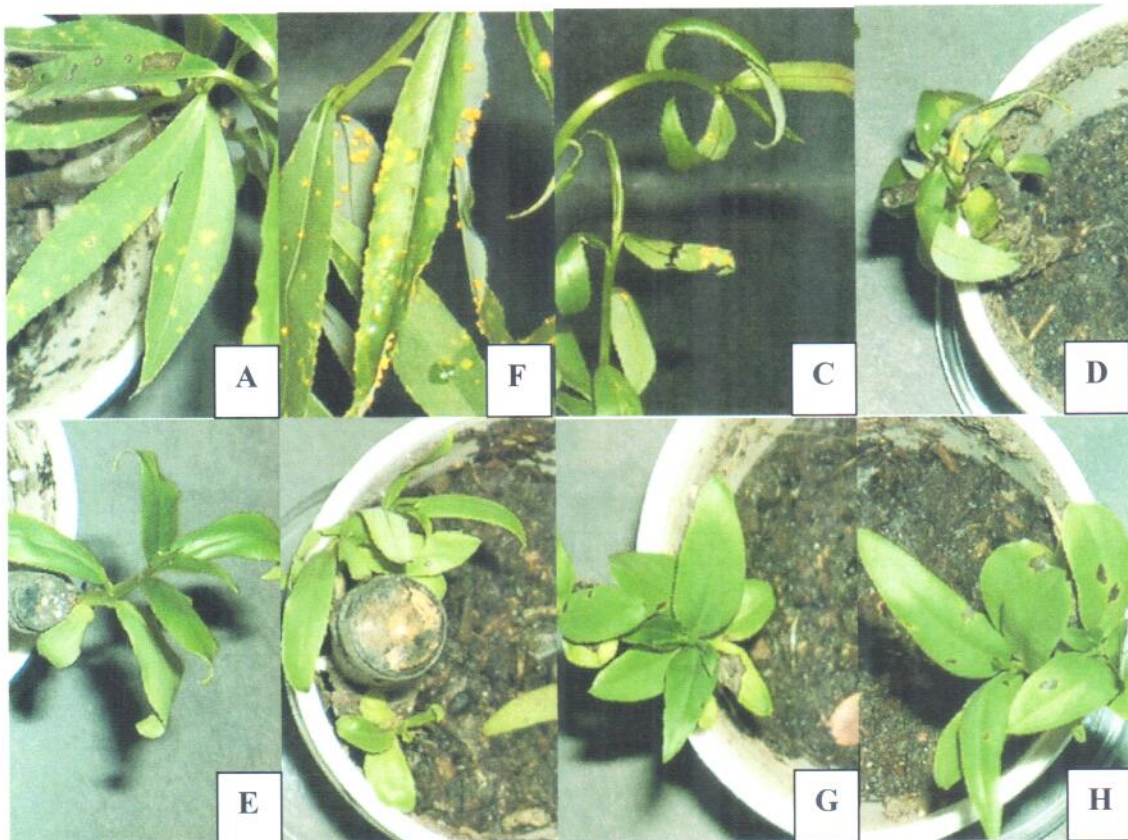


Figura 6. Tercera evaluación. A: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. B: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. C: *S. matsudana*, inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. D: *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. E: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. F: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. G: *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. H: *S. b. var. fastigiata*, inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Mckenzie (1998) registró en Nueva Zelanda a *S. babylonica* y *S. matsudana* cómo hospederos de *M. coleoporoides* y reportó a *M. epitea* en otros sauces pero no en *S. babylonica* ni en *S. matsudana*.

Pero si concuerda con los siguientes autores: (Walker, 1978; Smith, *et al.* 2004; Cibrián *et al.* 2007).

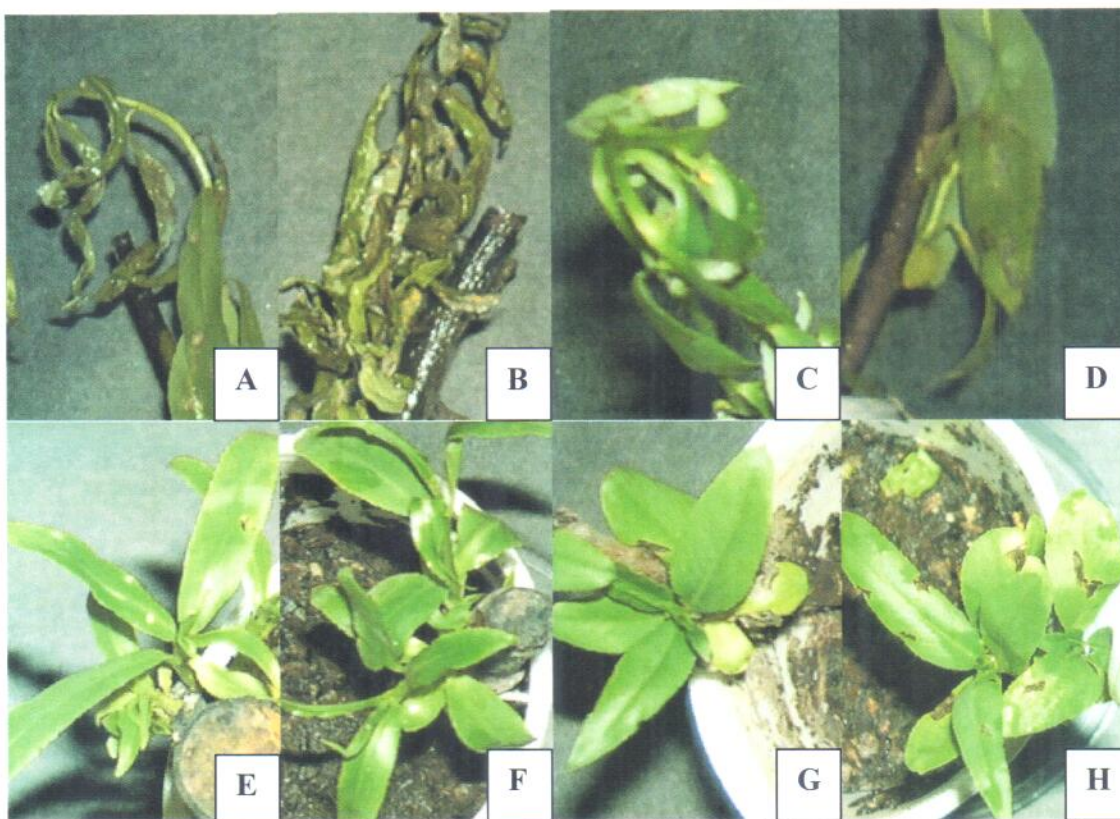


Figura 7. Cuarta evaluación. A: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. B: *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. C: *S. matsudana*, inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. D: *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. E: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. F: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*. G: *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*. H: *S. b. var. fastigiata*, inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Walker (1978) menciona que *M. epitea* es la roya común de Europa y Norteamérica.

Smith, *et al.* (2004) reportaron a todas las royas que se encuentran en *Salix* spp. en Norteamérica dentro del complejo, *M. epitea*, además, reportaron a cinco especies en el oeste de Norteamérica y seis especies en Europa.

Cibrián *et al.* (2007) reportaron a *M. epitea* en *S. babylonica*.

4.2. Comparaciones morfológicas

Las mediciones realizadas con el programa Image Tool for Windows ver. 3.0 de *M. epitea* de *S. babylonica* y de *S. matsudana* se pueden ver en el (Anexo 8).

4.2.1. Resultados del Análisis de varianza Multivariado

4.2.1.1. Análisis de varianza multivariado

En el análisis de varianza multivariado sobre las urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* si tuvieron diferencia significativa ($P < 0.05$) comparadas con las urediniosporas de *S. matsudana*. La densidad de espinas fue el carácter informativo para la clasificación de grupos (Anexo 8). Wallks' lamda, Pillai's Trace, Hotelling – Lawley Trace, Roy's Greates Root [$Pr > F$] = 0.0234 < 0.05 (Anexo 5) (Cuadro 6), (Figura 8 y 9).

Cuadro 6. Análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas y análisis de varianza multivariado a las 2 poblaciones de urediniosporas de *M. epitea* de acuerdo al MANOVA (PROC GLM).

Variables	Urediniosporas de <i>M. epitea</i> Colectadas en		Significancia
	<i>S. babylonica</i>	<i>S. matsudana</i>	
Área de la espora (μm^2).	139.820±13.121a [†]	137.438±7.768a	NS
Longitud del eje mayor (μm).	16.966±0.916a	16.378±0.703a	NS
Longitud del eje menor (μm).	10.544±0.787a	10.649±0.465a	NS
Densidad de espinas (espinas/ μm^2).	1.473±0.579a	1.321±0.068b	S
Circularidad (factor forma) de las esporas.	0.114±0.018a	0.146±0.045a	NS
Análisis de varianza multivariado	a	B	S

[†]: Medias seguidos por la misma letra, en cada columna de cada población, no son diferentes estadísticamente según Wilks' Lamda, Pillai's Trace, Hotelling – Lawley Trace y Roy's Greatest Root ($p \leq 0.05$).

Los resultados si concuerdan con los siguiente autores: Smith *et al.* (2004) reportan que la densidad de espinas fue el carácter más informativo para la clasificación de grupos al caracterizar morfológicamente a *M. epitea* de *S. artica*, *S. bebbiana*, *S. interior* y *S. nigra* basado en el análisis discriminante de Wilks' lamda.

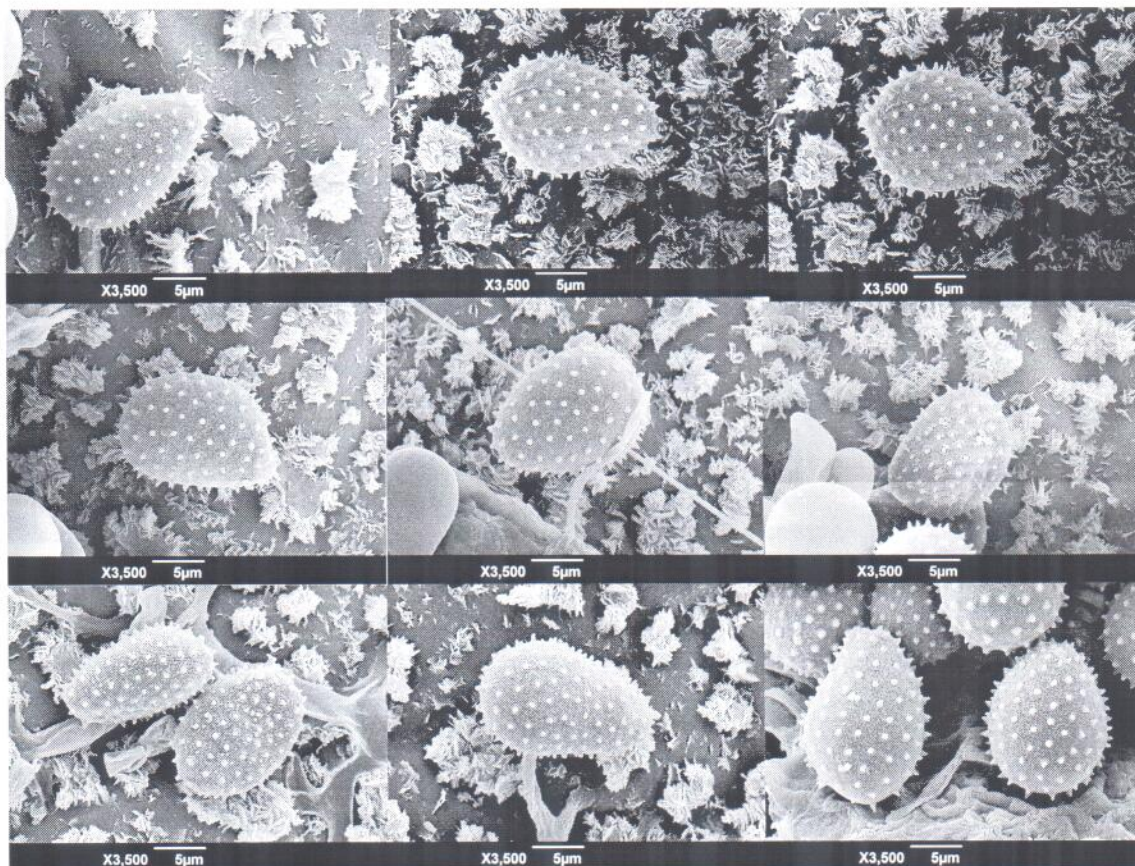


Figura 8. Urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* tomadas en el microscopio electrónico de barrido a 3500 X de las cuales se tomaron las medidas para las comparaciones morfológicas.

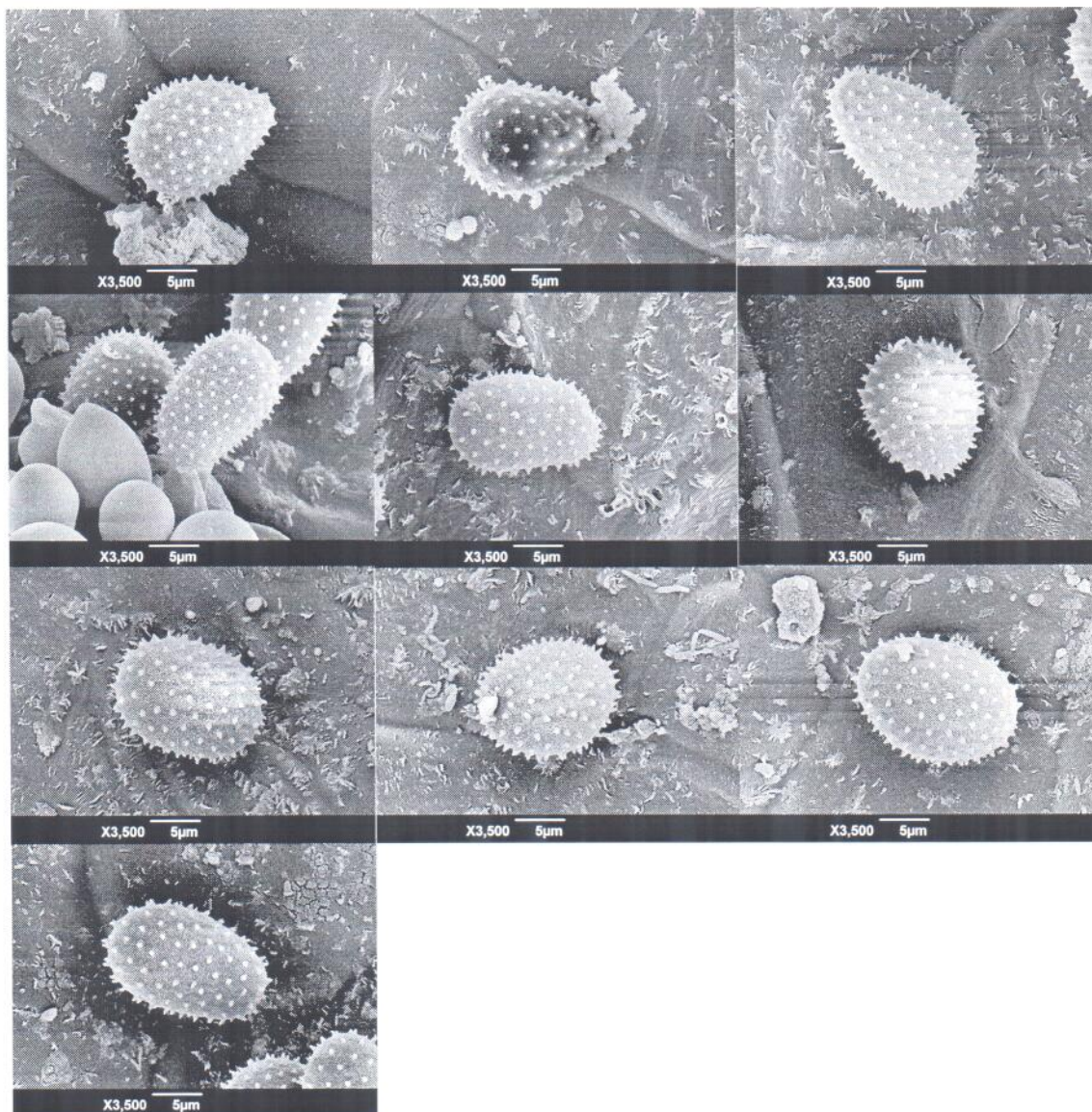


Figura 9. Urediniosporas de *M. epitea* de *S. matsudana* tomadas en el microscopio electrónico de barrido a 3500 X de las cuales se tomaron las medidas para las comparaciones morfológicas.

Las mediciones que se realizaron en el laboratorio de Patología Forestal en el microscopio compuesto a 100 urediniosporas de *M. epitea* de *S. babylonica* y 100 urediniosporas de *M. epitea* de *S. matsudana*; tanto la longitud del eje mayor y menor (μm), resultaron ser similares a los datos obtenidos en el microscopio electrónico de barrido. Los cuales tuvieron las siguiente medias: un promedio de 17 μm para la

longitud del eje mayor y un promedio de 12 μm para la longitud del eje menor para *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana*.

4.3. Discusión

4.3.1. Pruebas de Patogenicidad

Los resultados mostraron que la especie que resultó altamente susceptible a *M. epitea* fué *S. babylonica* inoculado con *M. epitea* de *S. matsudana*, las especies que resultaron moderadamente susceptibles fueron *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*, *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*, *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana* y las especies que mostraron resistencia a *M. epitea* fueron: *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*, *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*, *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Los resultados de las cuatro evaluaciones no coinciden con varios autores. Walker (1978) mencionó que *M. coleosporioides* es la única roya registrada en *S. babylonica* y también la reportó en *S. matsudana* y otros sauces en Japón, China, Hong Kong y Australia. Además, reportó a *M. epitea* en otras especies del género *Salix*, sin embargo, no la mencionó en *S. babylonica*; Latch (1980) documentó a *S. babylonica* y *S. matsudana* y otros sauces como hospederos de *M. coleosporioides* en Asia y Australia y por otro lado registró a *M. epitea* en sauces arbustivos pero no presente en *S. babylonica*; Spiers y Hopcroft (1985) colectaron en Nueva Zelanda a *M. coleosporioides* en *S.*

babylonica y a *M. epitea* en *S. hippophaifolia*; y McKenzie (1998) registró en Nueva Zelanda a *S. babylonica* y *S. matsudana* como hospederos de *M. coleoporoides* y reportó a *M. epitea* en otros sauces pero no en *S. babylonica* ni en *S. matsudana*.

Pero si concuerda con los siguientes autores. Walker (1978) menciona que *M. epitea* es la roya común de Europa y Norte América; Smith *et al.* (2004) reportaron a todas las royas que se encuentran en *Salix* spp. en Norte América dentro del complejo, *M. epitea*. Además reportaron a cinco especies en el oeste de Norte América y seis especies en Europa; y Cibrián *et al.* (2007) reportaron a *M. epitea* en *S. babylonica*.

La moderada susceptibilidad de *S. babylonica* inoculado con *M. epitea* de *S. babylonica* quizás se deba al método de inoculación en las pruebas de patogenicidad ya que en condiciones de campo se observa una alta susceptibilidad.

4.3.2. Comparaciones morfológicas

En el análisis realizado a las poblaciones de *M. epitea* se observó en el análisis de varianza multivariado, las poblaciones fueron diferentes con un $\alpha=0.05$. Los resultados de las comparaciones morfológicas si concuerdan con los siguientes autores: Smith, *et al.* (2004.) caracterizó cuatro muestras de *M. epitea* una proveniente del Ártico de Canadá y las otras 3 muestras procedentes de zonas templadas de Minnesota, Estados Unidos de Norte América, todas las especies fueron diferentes acorde a la especie hospedera. Examinando cuatro características las cuales fueron área, circularidad (factor forma), longitud del eje mayor y densidad de espinas. Las diferencias significativas

($P < 0.05$) fueron observadas por la densidad de espinas entre todas las especies hospederas (*S. artica*, *S. bebbiana*, *S. interior*, *S. nigra*) excepto para *S. nigra* y *S. bebbiana*. Sin embargo, la longitud del eje mayor fue diferente entre estas especies.

5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que la especie que resulto ser altamente susceptible fue: *S. babylonica* inoculado con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Las especies que resultaron moderadamente susceptibles fueron: *S. babylonica* inoculado con *M. epitea* de *S. babylonica*, *S. matsudana* inoculado con *M. epitea* de *S. babylonica* y *S. matsudana* inoculado con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Las especies que resultaron ser resistentes fueron: *S. bonplandiana* y *S. b. var. fastigiata* fueron resistentes a *M. epitea* de *S. babylonica* y de *S. matsudana*.

Aunque en condiciones de campo se ha observado que *S. babylonica* es altamente susceptible a *M. epitea* de *S. babylonica*, en el experimento no se observó posiblemente, por el método de inoculación.

En el análisis realizado a las poblaciones de *M. epitea* se observó que las variables área de la espina (μm^2), longitud del eje mayor (μm), longitud del eje menor (μm) y circularidad (factor forma) resultaron ser iguales, la única diferencia fue en la densidad de espinas (espinas/ μm^2). Sin embargo, en el análisis de varianza multivariado, las poblaciones fueron diferentes y por su tamaño pertenecen al complejo *M. epitea*.

6. RECOMENDACIONES

En estudios posteriores que involucre inoculaciones de *M. epitea* en sauces existe también la posibilidad de utilizar un humidificador como fuente de humedad, bajo condiciones de invernadero en un área pequeña de aproximadamente 2 m de largo, 1 m de ancho y 1.5 m de alto, para facilitar la toma de datos ya que ésta técnica fue probada en el presente estudio con excelentes resultados en las pruebas de patogenicidad; en la cámara de crecimiento se dificulta la toma de datos y los diseños más grandes resultarían casi imposibles de llevarlos a cabo.

No se recomienda realizar inoculaciones de *M. epitea* en hojas de sauce recortadas en trozos y colocadas sobre papel filtro húmedo a 18 °C debido a que en el experimento no se obtuvieron resultados.

Se recomienda tener mucho cuidado en el control de microorganismos, las condiciones óptimas propician el desarrollo de otros hongos que podrían ocasionar la muerte de las plantas del experimento.

No se recomienda quitar las bolsas de plástico a las plantas en la cámara de crecimiento ya que por la presencia de luz, las plantas se deshidratarían rápidamente y podrían morir.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1989. Leaf Rusts of Poplars and Willows in the Midwest. University of Illinois. (en línea). Consultado 24 oct. 2008. Disponible en <http://www.ipm.uiuc.edu/diseases/series600/rpd605/>
- Cibrián T., D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. Flores L. 1995. Insectos Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. United States Department of Agriculture, Forest Service, United States of America. Natural Resources Canada, Canada. Comisión Forestal de América del Norte. 453 p.
- Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. 2007. Enfermedades Forestales en México. Universidad Autónoma Chapingo. Comisión Nacional Forestal. Forest Service, United States Department of Agriculture. U.S.A. Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. Comisión Forestal de América del Norte. 587 p.

- Latch, B. J. 1980: Weeping willow rust in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 23: 535–538. (en línea). Consultado 04 de set. 2008. Disponible en http://books.google.com.mx/books?id=yOY3AAAAIAAJ&pg=RA1-PA537&lpg=RA1-PA537&dq=Weeping+willow+rust+in+New+Zealand.&source=web&ots=8LszochdOr&sig=RQyDJMaNCBV5XEgzSyEd6H86-Nc&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=6&ct=result#PRA1-PA538.M1
- León G., H. M y G. B. Cummins. 1981. Uredinales (Royas) de México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos Campo Agrícola Experimental del Valle de Culiacán Km 23 Carretera Culiacán-El dorado. Apdo. Postal 356 Culiacán, Sinaloa, México. Volumen II. Pp. 2-18, 316 y 321.
- López L., A y J. M. Sánchez de L. C. 1999. Árboles en España: Manual de identificación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona y México. pp. 230-236.
- Martínez G., L. y A. Chacalo H. 1994. Los Árboles de la Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana. Primera edición. pp. 279-285.
- Mckenzie, E. H. C. 1998. Rust Fungi of New Zealand –An introduction, and list of recordes species. *New Zealand Journal of Botany*, 36(2):233-271. (en línea).

Consultado 25 set. 2008. Disponible en
<http://www.royalsociety.org.nz/Site/publish/Journals/nzjb/1998/21.aspx>

Ramstedt*, M., S. Hurtado, and B. Åström. 2002. Pathotypes of *Melampsora* rust on *Salix* in short-rotation forestry plantations. *Plant Pathology* 51(2): 185–190. (en línea). Consultado 07 ago. 2008. Disponible en
<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118944584/PDFSTART>

Infante G., Said y G. P. Zárata de L. 1984. Métodos estadísticos. Trillas. México.

Smith, J. A., R. A. Blanchette, and G. Newcombe. 2004. Molecular and morphological characterization of the willow rust fungus, *Melampsora epitea*, from arctic and temperate hosts in North America. *Mycologia*, 96(6):1330–1338. (en línea). Consultado 07 de ago. 2008. Disponible en
<http://forestpathology.cfans.umn.edu/pdf/willowrust.pdf>

Spiers, A. G. and D. H. Hopcroft. 1985. Ultrastructural studies of pathogenesis and uredinial development of *Melampsora larici-populina* and *M. medusae* on poplar and *M. coleosporioides* and *M. epitea* on willow. *New Zealand Journal of Botany*, 23:117-133. (en línea). Consultado 08 de ago. del 2008. Disponible en <http://www.rsnz.org/publish/nzjb/1985/10.php>

Walker, J. 1978. Rust on Weeping Willow in Australia. *Australasian Plant Pathology*, 7(3):34. (en línea). Consultado 03 de set. 2008. Disponible en http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=APP978-3.pdf

Wayne A., Sinclar and Howard H. Lyon. 2005. *Diseases of Trees and Shrubs*. Second Edition. pp. 284-286.

Wilcox D., B. Dove, D. McDavid & D. Greer. 2002. UTHSCSA Image Tool for Windows ver. 3.0. The University of Texas. Health Science Center in San Antonio. U.S.A.

Zamudio S., J. F. y A. Alvarado S. 2000. *Notas de metodos multivariados parte I*. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México.

8. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de Kruskal–Wallis en la primera evaluación de las pruebas de patogenicidad.

En la primera evaluación se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para verificar si al menos un tratamiento es diferente.

Hipótesis en la prueba de Kruskal–Wallis

H₀: Los efectos de los tratamientos son iguales

H_a: Al menos el efecto de un tratamiento es distinto.

Estadístico de prueba T*

$$T^* = \frac{T}{\left[1 - \sum_{j=1}^r \frac{e_j(e_j^2 - 1)}{N(N^2 - 1)}\right]}$$

$T^* = 22.30$

Regla de decisión:

Se rechaza H₀ si $T^* > X^2_{\alpha}(t-1)$

$$X^2_{0.05}(7) = 14.0671$$

Como $T^* = 22.30 > X^2_{0.05}(7) = 14.0671$ se rechaza H₀.

Y se concluyó que al menos un tratamiento fue diferente. Con una $\alpha = 0.05$. Por lo que se procedió a utilizar la Prueba de Mann Whitney.

Tratamientos ordenados de mayor a menor en la primera evaluación por la prueba no paramétrica de Mann Whitney.

Tratamientos
1ª. evaluación
T ₁ b
T ₂ b
T ₃ b
T ₄ b
T ₅ c
T ₆ c
T ₇ c
T ₈ c

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Mann y Whitney, $\alpha = 0.05$).

Anexo 2. Prueba de Kruskal–Wallis en la segunda evaluación de las pruebas de patogenicidad.

En la primera evaluación se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para verificar si al menos un tratamiento es diferente.

Hipótesis en la prueba de Kruskal–Wallis

H₀: Los efectos de los tratamientos son iguales

H_a: Al menos el efecto de un tratamiento es distinto.

Estadístico de prueba T^*

$$T^* = \frac{T}{\left[1 - \sum_{j=1}^r \frac{e_j(e_j^2 - 1)}{N(N^2 - 1)}\right]}$$

$T^* = 22.30$

Regla de decisión:

Se rechaza H_0 si $T^* > X^2_{\alpha}(t-1)$

$$X^2_{0.05}(7) = 14.0671$$

Como $T^* = 22.30 > X^2_{0.05}(7) = 14.0671$ se rechaza H_0 .

Y se concluyó que al menos un tratamiento fue diferente. Con una $\alpha=0.05$. Por lo que se procedió a utilizar la Prueba de Mann Whitney.

Tratamientos ordenados de mayor a menor en la primera evaluación por la prueba no paramétrica de Mann Whitney.

2^a. evaluación
T _{2a}
T _{1b}
T _{3b}
T _{4b}
T _{5c}
T _{6c}
T _{7c}
T _{8c}

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Mann y Whitney, $\alpha=0.05$).

Anexo 3. Prueba de Kruskal–Wallis en la tercera evaluación de las pruebas de patogenicidad.

En la primera evaluación se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para verificar si al menos un tratamiento es diferente.

Hipótesis en la prueba de Kruskal–Wallis

H₀: Los efectos de los tratamientos son iguales

H_a: Al menos el efecto de un tratamiento es distinto.

Estadístico de prueba T*

$$T^* = \frac{T}{\left[1 - \sum_{j=1}^r \frac{e_j(e_j^2 - 1)}{N(N^2 - 1)}\right]}$$

$T^* = 22.30$

Regla de decisión:

Se rechaza H₀ si $T^* > X^2_{\alpha}(t-1)$

$$X^2_{0.05}(7) = 14.0671$$

Como $T^* = 23.51 > X^2_{0.05}(7) = 14.0671$ se rechaza H₀.

Y se concluyó que al menos un tratamiento fue diferente. Con una $\alpha = 0.05$. Por lo que se procedió a utilizar la Prueba de Mann Whitney.

Tratamientos ordenados de mayor a menor en la primera evaluación por la prueba no paramétrica de Mann Whitney.

3ª. evaluación
T _{2a}
T _{1b}
T _{3b}
T _{4b}
T _{5c}
T _{6c}
T _{7c}
T _{8c}

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Mann y Whitney, $\alpha = 0.05$).

Anexo 4. Prueba de Kruskal–Wallis en la cuarta evaluación de las pruebas de patogenicidad.

En la primera evaluación se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis para verificar si al menos un tratamiento es diferente.

Hipótesis en la prueba de Kruskal–Wallis

H₀: Los efectos de los tratamientos son iguales

H_a: Al menos el efecto de un tratamiento es distinto.

Estadístico de prueba T*

$$T^* = \frac{T}{\left[1 - \sum_{j=1}^r \frac{e_j(e_j^2 - 1)}{N(N^2 - 1)}\right]}$$

$T^* = 22.30$

Regla de decisión:

Se rechaza H₀ si $T^* > X^2_{\alpha}(t-1)$

$$X^2_{0.05}(7) = 14.0671$$

Como $T^* = 23.38 > X^2_{0.05}(7) = 14.0671$ se rechaza H₀.

Y se concluyó que al menos un tratamiento fue diferente. Con una $\alpha = 0.05$. Por lo que se procedió a utilizar la Prueba de Mann Whitney.

Tratamientos ordenados de mayor a menor en la primera evaluación por la prueba no paramétrica de Mann Whitney.

4ª. evaluación
T _{2a}
T _{1b}
T _{3b}
T _{4b}
T _{5c}
T _{6c}
T _{7c}
T _{8c}

Nota: Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (Mann y Whitney, $\alpha = 0.05$)

Anexo 5. Análisis de varianza multivariado de *M. epitea* de *S. babylonica* *S. matsudana*
Chapingo, Méx. 2008.

Estadístico	Valor	F - Valor	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lamda	0.42841952	3.74	5	14	0.0234
Pillai's Trace	0.57158048	3.74	5	14	0.0234
Hotelling - Lawley Trace	1.33416069	3.74	5	14	0.0234
Roy's Greates Root	1.33416069	3.74	5	14	0.0234

Hay diferencia entre F. V. si $[Pr > F] < \alpha = 0.05$

Anexo 6. Distribución de los tratamientos de las pruebas de patogenicidad en la cámara de crecimiento.

T ₁ r ₁	T ₁ r ₂	T ₁ r ₃	T ₁ r ₄	T ₂ r ₁	T ₂ r ₂	T ₂ r ₃	T ₂ r ₄
T ₃ r ₁	T ₃ r ₂	T ₃ r ₂	T ₃ r ₄	T ₄ r ₁	T ₄ r ₂	T ₄ r ₃	T ₄ r ₄
T ₅ r ₁	T ₅ r ₂	T ₅ r ₃	T ₅ r ₄	T ₆ r ₁	T ₆ r ₂	T ₆ r ₃	T ₆ r ₄
T ₇ r ₁	T ₇ r ₂	T ₇ r ₃	T ₇ r ₄	T ₈ r ₁	T ₈ r ₂	T ₈ r ₃	T ₈ r ₄

T=Tratamiento, r=repeticón.

Tratamientos.

1. *S. babylonica* inoculados *M. epitea* de *S. babylonica*.
2. *S. babylonica* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.
3. *S. matsudana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
4. *S. matsudana* inoculados con *M. epitea*. de *S. matsudana*.
5. *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
6. *S. bonplandiana* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.
7. *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. babylonica*.
8. *S. b. var. fastigiata* inoculados con *M. epitea* de *S. matsudana*.

Anexo 7. Materiales

Los materiales utilizados se listan a continuación:

- Ocho estacas de *S. babylonica*.
- Ocho estacas de *S. matsudana*.
- Ocho estacas de *S. bonplandiana*.
- Ocho estacas de *S. b. var. fastigiata*.
- Agua destilada.
- Agujas de disección.
- Alcohol.
- Amortiguador de fosfatos (pH= 7.2)
- Atomizador.
- Cajas petri de 9 cm de diámetro
- Cámara de crecimiento.
- Cámara de Neubauer de 0.0025 mm².
- Cámara fotográfica.
- CO₂
- Hojas infectadas con *M. epitea* colectada de *S. babylonica*.
- Hojas infectadas con *M. epitea* colectada de *S. matsudana*.
- Ionizadora de metales JFC – 1100 (JEOL LTD, Tokio, Japón).
- Microscopio electrónico de barrido JSM – 35C (JEOL LTD, Tokio, Japón).
- Microscopio compuesto.
- Oro.
- Pinceles.
- Pipetas graduadas de 10 mililitros
- Portaobjetos y cubreobjetos.
- Portamuestras.
- Refrigerador.
- Secadora Samdri – 780 A (TOUSIMIS Research Corporation, Rockville, USA).
- solución fijadora FFA Gluteraldeído al 3%.
- Sustrato (tierra de monte).
- Vasos de unicel.
- Bolsas de plástico transparentes.

Anexo 8. Datos obtenidos con el programa de computo Image Tool for Windows ver. 3.0 de las variables evaluadas para las comparaciones morfológicas de las urediniosporas de *M. epitea*.

M. epitea de *S. babylonica*.

	Área de la espora (μm^2).	Longitud del eje mayor (μm)	Longitud del eje menor (μm)	Densidad de espinas (espinas/ μm^2)	Circularidad (factor forma) de las esporas
1	142.869	18.130	10.429	1.569	0.170
2	148.738	17.724	10.895	1.599	0.098
3	151.649	17.733	11.269	1.531	0.138
4	148.635	16.940	10.839	1.564	0.092
5	154.022	16.894	11.637	1.571	0.101
6	118.117	14.713	9.876	1.406	0.105
7	103.740	15.743	7.900	1.092	0.097
8	121.930	15.361	10.053	1.451	0.133
9	152.084	18.224	10.941	1.256	0.091
10	156.414	18.200	11.600	1.700	0.120
Media	139.820$\pm$13.121	16.966$\pm$0.916	10.544$\pm$0.787	1.473$\pm$0.579	0.114$\pm$0.018
S	18.339	1.281	1.100	0.181	0.026

M. epitea de *S. matsudana*.

	Área de la espora (μm^2).	Longitud del eje mayor (μm)	Longitud del eje menor (μm)	Densidad de espinas (espinas/ μm^2)	Circularidad (factor forma) de las esporas
1	133.395	16.142	10.623	1.307	0.078
2	135.951	16.445	10.813	1.332	0.087
3	148.234	17.829	10.686	1.335	0.066
4	126.958	15.789	9.731	1.123	0.078
5	125.107	16.050	9.605	1.289	0.226
6	127.911	14.953	11.292	1.266	0.155
7	142.714	16.240	10.920	1.399	0.202
8	131.228	15.245	11.024	1.286	0.171
9	159.015	17.434	11.635	1.458	0.225
10	143.868	17.654	10.164	1.424	0.174
Media	137.438$\pm$7.768	16.378$\pm$0.703	10.649$\pm$0.465	1.321$\pm$0.068	0.146$\pm$0.045
S	10.858	0.983	0.649	0.095	0.064