

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Variación en la resistencia de clones de teca (*Tectona grandis* L.f.) ante la infección de la roya (*Olivea tectonae* Rac.) en Costa Rica

Marcela Arguedas¹
Olman Murillo¹
Federico Ayuso²
Oscar Madrigal²

Resumen

Se realizó una evaluación de resistencia de diferentes clones de teca (*Tectona grandis* L.f.) ante la infección de la roya (*Olivea tectonae* Rac.), en el jardín clonal de la empresa Expomaderas S.A., San Carlos, Costa Rica. Se evaluaron la incidencia clonal y la incidencia y severidad de la infección de 83 clones seleccionados de árboles plus en tres regiones geográficas de la zona norte del país: a) Los Chiles (San Emilio), b) Upala (Canalete), y c) El Concho (Pocosol, San Carlos) y Altamira de San Carlos. Se determina que hay diferencias altamente significativas entre clones, así como diferencias significativas entre los rametos de un mismo clon con respecto a la infección de *O. tectonae*; para las variables de incidencia y severidad de la infección en el follaje, hay diferencias altamente significativas entre regiones geográficas de origen de los clones, clones dentro de cada región geográfica y clones y rametos dentro de un mismo clon; además, más de un 90% de los clones evaluados se consideran de alta resistencia al ataque de *O. tectonae*.

Palabras clave: Teca, *Tectona grandis*, Reforestación, Roya, *Olivea tectonae*, Resistencia, Jardín clonal, Clones, Costa Rica.

Abstract

Variations in the resistance of teak (*Tectona grandis* L.f.) clones to infection by rust (*Olivea tectonae* Rac.) in Costa Rica. An evaluation of the resistance of different teak clones (*Tectona grandis* L.f.) to rust (*Olivea tectonae* Rac.) infection was carried out in the clonal orchards of the firm Expomaderas S.A., San Carlos, Costa Rica. The clonal frequency and the incidence and severity of infection in 83 selected clones of plus trees in 3 geographical regions of the northern zone of the country were evaluated: a) Los Chiles (San Emilio), b) Upala (Canalete), and c) El Concho (Pocosol, San Carlos) and Altamira de San Carlos. It is found that there are highly significant differences between clones, as well as significant differences between the ramets of a same clone relative to the *O. Tectonae* infection; for the variables incidence and severity of infection in the foliage, there are highly significant differences between the geographical regions of origin of the clones, clones within each geographical region, and clones and ramets within the same clone; in addition, over 90% of the clones evaluated are considered to have high resistance to attack by *O. tectonae*.

Key words: Teak, *Tectona grandis*, Reforestation, Rust, *Olivea tectonae*, Resistance, Clonal orchards, Clones, Costa Rica.

¹ Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. marguedas@itcr.ac.cr, olmuga@yahoo.es
² Expomaderas S.A.

INTRODUCCIÓN

La teca (*Tectona grandis* L.f) es una especie de rápido crecimiento, muy utilizada en la reforestación de las zonas tropicales (Pandey y Brown, 2000). Actualmente es una especie importante para el sector forestal centroamericano, ya que los productos de los raleos silviculturales (madera joven) están siendo comercializados en los mercados internacionales (Moya, 2002); en Centroamérica se informa de aproximadamente 76000 ha plantadas con dicha especie (FAO, 2002).

En noviembre del año 2003, se informa en Panamá de ataques de la roya *Olivea tectonae* Rac. en plantaciones de teca (Esquivel, 2003). Durante ese mismo año y el 2004 se realizaron inspecciones en Costa Rica y Panamá, y se determina que *O. tectonae* se presenta en toda el área de distribución de las plantaciones en ambos países (Arguedas, 2004; Matarrita, 2004).

Según Arguedas (2004) la presencia de *O. tectonae* se ha detectado desde plántulas hasta árboles adultos. En las hojas bajas de pequeñas plántulas de vivero (de 20 cm a 50 cm de altura), se observan grupos de esporas dispersas en el envés y algunas de ellas comienzan a necrosarse (Figura 1a). En plantas de menos de dos metros de altura, el daño se presenta únicamente en las hojas más bajas, con la presencia de cantidades moderadas de esporas en el envés. Las manifestaciones son variadas, ya que en algunos casos se producen manchas necróticas de tamaños variables y en otros quemaduras más generalizadas (Figura 1b). En árboles grandes, las hojas afectadas son las más viejas, especialmente las de las partes bajas; sin embargo, también se observa en las hojas más viejas de las ramas altas y en los rebrotes. Estas hojas presentan inicialmente áreas cloróticas de borde difuso en el haz; en el envés lo que se observa es la coloración naranja de las grandes acumulaciones de esporas; posteriormente, las áreas cloróticas se necrosan en forma generalizada y las hojas severamente afectadas pueden caer (Figura 1c). Estas manifestaciones son similares a las descritas por Sharma *et al* (1985) en India.



Figura 1: Sintomatología de *Olivea tectonae* en *Tectona grandis*. a: plántulas; b: árboles jóvenes; c: árboles grandes.

En Costa Rica, durante los últimos 5 años, en el programa de mejoramiento genético de teca, se han establecido varios jardines clonales en diferentes regiones del país (Murillo y Badilla, 2004). En noviembre del 2004, se detecta un ataque de *O. tectonae* en el huerto clonal de la empresa reforestadora Expomaderas S.A. Las observaciones cualitativas indicaban que había diferencias en cuanto a la incidencia y severidad de la enfermedad con respecto a los diferentes clones. Es por ello, que se realiza la presente investigación, con el objetivo de cuantificar los niveles de resistencia de los diferentes clones al ataque de *O. tectonae*.

METODOLOGÍA

Descripción del sitio

En el jardín clonal del programa de mejoramiento genético de la empresa EXPOMADERAS, situado en el poblado de Banderas de Pocosol, San Carlos, zona norte de Costa Rica, se presentó una infección generalizada de roya (*Olivea tectonae*), que abarcó toda la zona de viveros y jardines clones de la empresa (Figura 2). Como parte del programa de mejoramiento genético de la empresa, se cuenta con 83 clones seleccionados de árboles plus en tres regiones geográficas de la zona norte del país: a) Los Chiles (San Emilio), b) Upala (Canalete), y c) El Concho (Pocosol, San Carlos) y Altamira de San Carlos. El jardín clonal infectado se localiza a una altitud de poco menos de 100 m, con un período lluvioso definido de mayo a enero o hasta inicios de febrero (2500 mm/año) y temperaturas que oscilan desde 20 hasta 35°C. Cada parcela clonal dentro del jardín contiene un máximo de 64 rametos, establecidos hace 2 años aproximadamente a un espaciamiento de 40 x 40 cm. El material

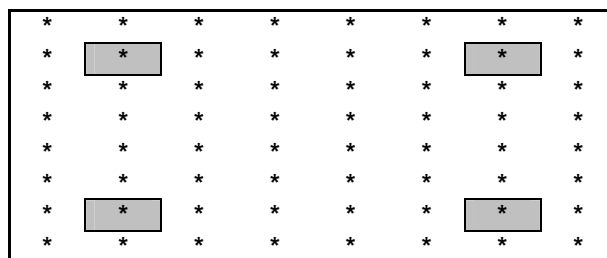
fue reproducido, clon por clon, en los túneles de enraizamiento y plantado con pellet (Jiffy) de 42 a 50 mm de diámetro. El suelo es ligeramente ácido (pH entre 5 y 5,5), pero que ha sido encalado una vez al año y fertilizado regularmente.



Figura 2. Jardín clonal de Expomaderas S.A. Pocosol, San Carlos de Alajuela, Costa Rica.

Procedimiento de evaluación de la infección de roya por muestreo:

Para la determinación de la incidencia clonal, se determinó el porcentaje de rametos enfermos por clon. Para la incidencia y severidad de la infección en el follaje, en cada parcela clonal de 64 rametos se seleccionaron 4 individuos (Figura 3). La incidencia de la infección corresponde al porcentaje de hojas infectadas con respecto al total de hojas de cada uno de estos rametos. La severidad corresponde al porcentaje de follaje necrosado, con base en las categorías de 0,1-25%; 25,1-50%, 50-75% y 75,1-100%).



: rameto; █ : rameto seleccionado

Figura 2: Procedimiento de muestreo de infección por roya (*Olivea tectonae*) en parcelas clones de teca (*Tectona grandis*) del jardín clonal de Expomaderas S.A. en Banderas, Pocosol, San Carlos.

Análisis de la información

Los datos de incidencia y severidad fueron organizados en una hoja electrónica de EXCEL, siguiendo el orden jerárquico del origen de cada clon (Región Geográfica, Clon y Rameto). Previo a su análisis de varianza, los datos fueron transformados para garantizar su normalidad ($y = \arcsen \sqrt{\%}$). Los datos transformados fueron analizados en el paquete estadístico SAS, utilizando el procedimiento PROC GLM. El modelo del análisis de varianza utilizado fue el del diseño anidado (Nested):

$$\% \text{ de incidencia} = \text{RegiónGeográfica} + \text{Clon}(\text{RegiónGeográfica}),$$

donde el término del error fue el Clon(RegiónGeográfica) para el primer nivel jerárquico, y el Rameto(Clon RegiónGeográfica) para el segundo nivel jerárquico.

RESULTADOS

Incidencia clonal

Con base en el análisis de varianza se determina que hay diferencias altamente significativas entre clones, así como diferencias significativas entre los rametos de un mismo clon (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1: ANDEVA para el porcentaje de Severidad de infección de roya en los clones de teca de Expomaderas S.A., Banderas, San Carlos, Zona Norte.

Fuente de variación	G.L.	S.C.Tipo III	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Clon	86	13186.24165	153.32839	1.67	0.0013**
Rameto	3	823.98748	274.66249	3.00	0.0315*
Error	230	21082.74017	91.66409		

Nota: * diferencias significativas al 95%, ** al 0,99%

Cuadro 2: ANDEVA para el porcentaje de incidencia de infección de roya en los clones de teca de Expomaderas S.A., Banderas, San Carlos, Zona Norte.

Fuente de variación	G.L.	S.C.Tipo III	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
Clon	86	22137.88050	257.41722	1.59	0.0033**
Rameto	3	1287.33814	429.11271	2.66	0.0491*
Error	230	37125.42802	161.41490		

Nota: * diferencias significativas al 95%, ** al 0,99%

Incidencia y severidad de la infección en el follaje

Para la incidencia y la severidad de infección, con base en el análisis de varianza se determina que hay diferencias altamente significativas entre las diferentes Regiones Geográficas de origen de los clones, así como diferencias significativas entre los clones dentro de cada Región Geográfica (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3: ANDEVA para el porcentaje de Incidencia de infección de roya, entre las 3 Regiones Geográficas de procedencia, de los clones del programa de mejoramiento genético de teca de Expomaderas S.A., Banderas, San Carlos, Zona Norte.

Fuente de variación	G.L.	S.C.Tipo III	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
RegiónGeográfica	2	3680.30497	1840.15248	8.25	0.0005 ***
Clon(RegiónGeográfica)	84	18745.91102	223.16561	1.35	0.0404 *
Error	233	38412.76616	164.86166		

Nota: * diferencias significativas al 95%, *** al 0,999%

Cuadro 4: ANDEVA para el porcentaje de Severidad de infección de roya (transformado), entre las 3 Regiones Geográficas de procedencia, de los clones del programa de mejoramiento genético de teca de Expomaderas S.A., Banderas, San Carlos, Zona Norte.

Fuente de variación	G.L.	S.C.Tipo III	Cuadrado medio	Valor de F	Pr > F
RegiónGeográfica	2	871.47324	435.73662	4.63	0.0106*
Clon(RegiónGeográfica)	84	12277.50321	146.16075	1.55	0.0053**
Error	233	21906.72766	94.02029		

Nota: * diferencias significativas al 95%, ** al 0,99%

Los clones procedentes de Upala y Los Chiles (sector de San Emilio) fueron los que mostraron mayor incidencia y severidad de infección. Por el contrario, los clones seleccionados en terrenos de la empresa Expomaderas (Altamira 45 de ellos y El Concho) fueron los que registraron menor infección, con diferencias altamente significativas (cuadros 5 y 6).

Cuadro 5: Agrupamiento de las 3 regiones geográficas de procedencia de los clones de teca de Expomaderas S.A., con base en la **incidencia** del ataque de *Olivea tectonae*.

Agrupamiento Waller-Duncan	Promedio	N	Región geográfica de clones
A	14,461	88	Upala
A	14,444	28	Los Chiles y El Concho, Pocosol
B	6,957	204	Altamira y El Concho, Pocosol

Nota: las letras diferentes implican diferencias significativas en la prueba de comparación múltiple de Waller-Duncan (Diferencia Mínima Significativa = 4,3537).

Cuadro 6: Agrupamiento de las 3 regiones geográficas de procedencia de los clones de teca de Expomaderas S.A., con base en la **severidad** del ataque de *Olivea tectonae*.

Agrupamiento Waller-Duncan	Promedio	N	Región geográfica de clones
A	21.975	88	Upala (U)
A	21.834	28	Los Chiles y El Concho (E)
B	12.282	204	Altamira y El Concho (EFF)

Nota: las letras diferentes implican diferencias significativas en la prueba de comparación múltiple de Waller-Duncan (Diferencia Mínima Significativa = 4,8497).

Se realizó un *ranking* de todos los clones evaluados de acuerdo a la incidencia y severidad de la infección en el follaje, asignándolos en dos grupos: Baja resistencia (I) y Alta resistencia (II) a *Olivea tectonae* (Cuadro 7).

Un alto porcentaje de los clones (90,8%) se incluyen en el grupo II con respecto a la incidencia y el 92% con respecto a la severidad. El 49% de los clones presentan menos del 10% de incidencia y menos del 15% de severidad, lo que indica que los niveles de infección son muy bajos, inclusive, tres clones (“cg”, “ci” y “cj”) presentaron cero en ambos parámetros en el momento de la evaluación.

Cuadro 7: Ranking de los clones de Expomaderas S.A., según su porcentaje de severidad e incidencia de infección de roya en Banderas de Pocosol, San Carlos.

		Incidencia (%) (Valor mínimo significativo 22,67%)	Clon		Clon	Severidad (%) (Valor mínimo significativo 25,2%)		
	A	30,90	g	Grupo I: baja resistencia a <i>O. tectonae</i> ↑	A	50,00		A
	A	29,31	q		b	43,47	B	A
B	A	28,08	A		c	43,47	B	A
B	A	27,59	h		d	43,47	B	A
B	A C	24,84	ñ		e	37,06	B	A C
B	A C	24,77	añ		f	30,87	B	A C
B	A C	23,60	ak		g	30,87	B	A C
B	A C	23,38	f		h	25,00	B	D A C
B	D A C	22,09	u		i	25,00	B	D A C
B	D A C	21,82	e		j	25,00	B	D A C
B	D A C	21,56	o	k	25,00	B	D A C	
B	D A C	21,56	y	L	25,00	B	D A C	
B	D A C	21,42	bk	m	25,00	B	D A C	
B	D A C	21,10	ae	n	25,00	B	D A C	
B	D A C	21,05	Ai	ñ	25,00	B	D A C	
B	D A C	20,48	X	o	25,00	B	D A C	
B	D A C	19,78	S	p	25,00	B	D A C	
B	D A C	19,50	T	q	25,00	B	D A C	
B	D A C	19,14	C	r	25,00	B	D A C	
B	D A C	19,14	J	s	25,00	B	D A C	
B	D A C	18,52	V	t	25,00	B	D A C	
B	D A C	17,20	D	u	25,00	B	D A C	
B	D A C	16,47	aL	v	25,00	B	D A C	
B	D A C	16,39	Ad	x	25,00	B	D A C	
B	D A C	16,34	Aa	y	25,00	B	D A C	
B	D A C	15,98	Ac	z	25,00	B	D A C	
B	D A C	14,92	M	aa	25,00	B	D A C	
B	D A C	14,84	at	ab	25,00	B	D A C	
B	D A C	14,73	Ab	ac	25,00	B	D A C	
B	D A C	14,59	an	ad	25,00	B	D A C	
B	D A C	14,27	K	ae	25,00	B	D A C	
B	D A C	14,00	Z	af	25,00	B	D A C	
B	D A C	13,94	L	ag	25,00	B	D A C	
B	D A C	13,61	Ag	ah	25,00	B	D A C	
B	D A C	12,98	I	ai	25,00	B	D A C	
B	D A C	12,88	am	aj	25,00	B	D A C	
B	D A C	12,54	bq	ak	25,00	B	D A C	
B	D A C	11,99	bf	aL	25,00	B	D A C	
B	D A C	11,95	aj	am	25,00	B	D A C	
B	D A C	11,80	aq	an	19,56	B	D A C	
				↓				
				Grupo II: alta resistencia a <i>O. tectonae</i>				

				Incidencia (%) (Valor mínimo significativo 22,67%)	Clon					Clon	Severidad (%) (Valor mínimo significativo 25,2%)				
B	D	A	C	11,58	ao	añ	19,56	B	D	A	C				
B	D	A	C	11,35	ba	ao	19,56	B	D	A	C				
B	D	A	C	10,98	bd	ap	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	10,43	p	aq	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	9,81	bn	ar	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	9,66	ah	as	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	9,56	av	at	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	9,14	n	au	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	8,14	au	av	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	8,07	bi	ax	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,92	ax	ay	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,76	be	az	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,56	bo	ba	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,56	af	bb	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,52	as	bc	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,49	ap	bd	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,42	bm	be	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,29	bb	bf	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,28	r	bg	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,10	bp	bh	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	7,10	az	bi	14,64	B	D	A	C				
B	D	A	C	6,12	ar	bj	10,33	B	D	A	C				
B	D	A	C	5,14	ay	bk	10,33	B	D	A	C				
B	D	A	C	4,89	bh	bL	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	4,66	bc	bm	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	4,36	br	bn	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	4,13	bt	bñ	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	4,06	ca	bo	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	4,01	bj	bp	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	3,54	bg	bq	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	3,15	bL	br	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	2,87	bz	bs	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	2,79	bx	bt	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	2,69	by	bu	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	2,09	bñ	bv	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	1,70	ce	bx	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	1,52	bv	by	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	1,10	b	bz	6,70	B	D	A	C				
B	D	A	C	1,03	cd	ca	3,81	B	D		C				
B	D	A	C	1,01	cf	cb	1,70		D		C				
B	D	A	C	0,99	bs	cc	1,70		D		C				
B	D	A	C	0,89	bu	cd	1,70		D		C				
B	D		C	0,54	cb	ce	1,70		D		C				

		Incidencia (%) (Valor mínimo significativo 22,67%)		Clon			Severidad (%) (Valor mínimo significativo 25,2%)		Clon		
D	C	0,17		cc	cf		1,70		D	C	
D		0,00		cg	cg		0,00		D		
D		0,00		ci	ci		0,00		D		
D		0,00		cj	cj		0,00		D		

Notas:

- Se establecieron dos grupos: Baja resistencia (I) y Alta resistencia (II) a *Olivea tectonae*.
- Mismas letras indican que no hay diferencias significativas (Prueba de comparación múltiple Waller-Duncan).

CONCLUSIONES

Hay diferencias altamente significativas entre clones, así como diferencias significativas entre los rametos de un mismo clon con respecto a la infección de *O. tectonae*.

Para las variables de incidencia y severidad de la infección en el follaje, se determina que hay diferencias altamente significativas entre los siguientes parámetros:

- Regiones geográficas de origen de los clones,
- Clones dentro de cada región geográfica,
- Clones y rametos dentro de un mismo clon.

Más de un 90% de los clones evaluados se consideran de alta resistencia al ataque de *O. tectonae*.

La presencia de diferencias significativas entre los clones con respecto a la resistencia a *O. tectonae*, conlleva a la posibilidad de poner en práctica programas de manejo integrado de la enfermedad, incorporando el control filogenético.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración recibida durante el desarrollo de este proyecto por la empresa reforestadora Expomaderas S.A., Costa Rica.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguedas, M. 2004. La roya de la teca *Olivea tectonae* (Rac.): consideraciones sobre su presencia en Panamá y Costa Rica. (en línea). Kurú: Revista Forestal (CR). 1(1):5 p. Consultado 30 oct. 2005. Disponible en <http://www.itcr.ac.cr/revistaKuru/antiores/anterior1/pdf/MARGUEDASfeb.pdf> (Nota técnica)
- Esquivel, E. 2003. La roya de la teca (*Tectona grandis* L.; Verbenaceae) causada por *Olivea tectonae* (T.S. & K. Ramak) Mulder (Chaconiaceae) en Panamá – primer reporte en América. Agrociencia Panamensis 25. Hoja Informativa Técnica sobre Ciencias Agrícolas en la República de Panamá (3)4. 2 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2002. Roma, IT, FAO. 468 p. (Informe principal. Estudio FAO Montes, N°140).



- Matarrita, L. 2004. Prevalencia de la roya de la teca *Olivea tectonae* (Rac.) en Costa Rica, C.A. Tesina. Maestría Tecnológica. Texcoco, Mx, Colegio de Postgraduados. 48 p.
- Moya, R. 2002. Influencia del cambium, tasa de crecimiento y nivel de precipitación sobre la densidad básica de la teca en Costa Rica. *Madera y Bosques* 8(1):39-49.
- Murillo, O; Badilla, Y. 2004. Breeding teak in Costa Rica. *In* IUFRO (International Union of Forest Research Organizations; US). *Forest Genetics and Genomics*, (2004, South Carolina, US). Meeting. South Carolina, US, IUFRO. 7p. (This document is also available on CD-ROM)
- Pandey, D; Brown, C. 2000. Teak: a global overview. *Unasylva* 51(2):3-13.
- Sharma, JK; Mohanan, C; Florence, EJM. 1985. Disease survey in nurseries and plantations of forest tree species grown en Kerala. Kerala, IN, *Forest Res. Inst.* 275 p.