

Actualización de la reacción a la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en ciclo de caña planta en Costa Rica durante el año 2014.

Erick Chavarría Soto¹; Julio César Barrantes Mora²; Carlos Luis Villalobos Méndez³; Willy Valverde Araya⁴

Resumen

Con el objetivo de actualizar la información sobre la reacción de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de Costa Rica a la enfermedad de la roya naranja (*P. kuehnii*), se llevó a cabo una evaluación de 51 variedades en tres ambientes de producción diferentes: en los cantones de Puntarenas y Esparza de la Región de Puntarenas, y en la Región Sur de Costa Rica. Los resultados confirman que la Región Sur continua siendo la más indicada para llevar a cabo este tipo de evaluaciones bajo condiciones de inóculo natural. El 60,8% de las variedades evaluadas mostraron resistencia a la roya naranja (*P. kuehnii*), pero llaman la atención la CP72-2086, H77-4643, Q96, B82-333 y la MEX 79-431 que mostraron aumentos importantes en la susceptibilidad a la enfermedad en comparación a la última evaluación 5 años atrás. Los resultados de la interacción entre *P. kuehnii* y la caña de azúcar, y las diferencias entre las mismas variedades con respecto a evaluaciones anteriores, sugiere que el hongo se encuentra en un proceso dinámico de aclimatación que le está permitiendo ampliar la gama de hospederos y extender sus rangos de adaptabilidad a otros ambientes.

Introducción

La aparición de la enfermedad de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en Costa Rica a mediados del 2007 y la consecuente epidemia que se desarrolló en la Región Sur de Costa Rica en la variedad de caña de azúcar SP71-5574 con pérdidas registradas de hasta un 26,7% en tonelaje, motivó la realización de estudios que permitieran tener claridad respecto al comportamiento de las diferentes variedades con el objeto de valorar el riesgo y prevenir epidemias en otras regiones tales como los llevados a cabo durante el 2008 y 2009 (Chavarría y Barrantes, 2009; Chavarría, 2010). Estos estudios revelaron reacciones diferenciadas de las diferentes variedades, tanto en caña planta como en caña soca, determinadas bajo condiciones de inóculo natural en la Región Sur donde las condiciones para la infección por roya naranja son las ideales para el caso de Costa Rica. Los resultados de estos primeros estudios se resumen en los cuadros 1 y 2.

¹ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Programa de Fitosanidad, Área de Fitopatología. E – mail: echavarrria@laica.co.cr. Teléfonos: (506) 2494-1129, (506) 2494-2955, (506) 2494-4451, (506) 2494-7555.

² Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Región Sur, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. E – mail: jbarrantes@laica.co.cr. Teléfono (506) 2771-3739.

³ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)*. Coordinador Regional San Ramón. Alajuela, Costa Rica.

⁴ Ingeniero Agrónomo, funcionario del *Departamento de Operaciones Agrícolas, CoopeAgri R. L.* Peñas Blancas, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. E – mail: wivalverde@coopeagri.co.cr. Teléfono (506) 2738-2284.

Cuadro 1

Resultados preliminares del comportamiento en caña planta de 72 variedades comerciales y promisorias provenientes de las diferentes regiones cañeras de Costa Rica, al ataque de la roya naranja en la localidad de La Fortuna de San Pedro, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. 2008.

Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3
B59-92	-	H83-7206	-	LAICA 04-33	-	PR80-2038	-
B76-259	-	H87-5794	1	LAICA 04-44	-	Q 96	1
B76-385	-	H93-4398	-	LAICA 04-46	-	Q124	1
B77-95	1	LAICA 00-301	-	LAICA 04-48	-	Q132	-
B80-689	-	LAICA 01-213	-	LAICA 07-801	-	Q135	-
B82-333	-	LAICA 01-604	-	LAICA 07-807	-	Q138	1
BJ82-119	1	LAICA 02-35	-	LAICA 07-808	1	RB72-1012	6
CP72-1210	-	LAICA 02-36	-	LAICA 07-809	-	RB73-9735	-
CP72-2086	1	LAICA 04-03	-	LAICA 07-811	-	RD75-11	-
CP80-1743	-	LAICA 04-04	-	LAICA 07-812	-	SABORIANA	-
CP87-1248	-	LAICA 04-10	-	LAICA 87-601	-	SP70-1284	-
CP89-2143	-	LAICA 04-22	-	LCP85-384	-	SP71-1406	-
H61-1721	-	LAICA 04-244	-	MEX79-431	-	SP71-3149	-
H74-1715	-	LAICA 04-249	-	NA56-42	20	SP71-5574	30
H75-6208	-	LAICA 04-250	-	NA85-1602	-	SP71-6180	1
H77-2545	-	LAICA 04-256	-	NCO310	-	SP79-2233	15
H77-4643	1	LAICA 04-261	15	NCO376	-	SP81-2068	-
H78-7750	-	LAICA 04-265	20	PINDAR	-	SP82-1176	-

Fuente: Chavarría y Barrantes, 2009.

Cuadro 2

Resultados de la evaluación del comportamiento en caña soca de 72 variedades comerciales y promisorias provenientes de las diferentes regiones cañeras de Costa Rica, al ataque de la roya naranja en la localidad de La Fortuna de San Pedro, Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. 2009.

Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3	Variedad	Severidad AFA (%) Hoja +3
B59-92		H83-7206		LAICA 04-33		PR80-2038	
B76-259		H87-5794		LAICA 04-44		Q 96	1,61
B76-385	0,40	H93-4398		LAICA 04-46	1,65	Q124	
B77-95	0,46	LAICA 00-301	0,05	LAICA 04-48	3,10	Q132	
B80-689		LAICA 01-213		LAICA 07-801		Q135	
B82-333		LAICA 01-604	3,30	LAICA 07-807		Q138	1,22
BJ82-119	0,13	LAICA 02-35		LAICA 07-808		RB72-1012	16,93
CP72-1210	0,52	LAICA 02-36	7,62	LAICA 07-809		RB73-9735	18,10
CP72-2086	1,37	LAICA 04-03		LAICA 07-811		RD75-11	
CP80-1743	0,75	LAICA 04-04		LAICA 07-812	1,14	SABORIANA	
CP87-1248		LAICA 04-10	0,48	LAICA 87-601		SP70-1284	
CP89-2143		LAICA 04-22		LCP85-384		SP71-1406	
H61-1721		LAICA 04-244		MEX79-431		SP71-3149	3,98
H74-1715	2,75	LAICA 04-249		NA56-42	5,04	SP71-5574	31,43
H75-6208		LAICA 04-250		NA85-1602		SP71-6180	3,29
H77-2545		LAICA 04-256		NCO310		SP79-2233	22,35
H77-4643	0,76	LAICA 04-261	2,66	NCO376		SP81-2068	0,20
H78-7750		LAICA 04-265	16,01	PINDAR	1,09	SP82-1176	0,90

Fuente: Chavarría, 2010.

En estos estudios previos se pudo determinar que además de la SP71-5574, las variedades SP79-2233, RB73-9735, RB72-1012 y LAICA 04-265 se perfilaban como materiales de alto riesgo por su alta susceptibilidad a la enfermedad. Sin embargo por otro lado se determinó con satisfacción que el 93% de las variedades evaluadas estaban en un nivel de reacción de tolerancia o resistencia a la enfermedad; y que el 59,7% de los materiales eran completamente resistentes sin mostrar síntomas de roya naranja (*P. kuehni*).

Luego de un periodo de 5 años se hace necesario realizar una revisión de la reacción de las variedades de caña de las diferentes regiones a la roya naranja (*P. kuehni*), motivado por principalmente por dos situaciones observadas en el entorno productivo: 1) el surgimiento de nuevos materiales promisorios en algunas regiones; y 2) las diferencias observadas en el campo en cuanto a cambios en los patrones de comportamiento de la enfermedad en variedades específicas y/o zonas de producción donde la enfermedad no se desarrollaba como fue el caso de la variedad B89-1351 en la Región Sur (Chavarría y Barrantes, 2011); y como está aconteciendo con la variedad H77-4643 en la zona alta de la Región Turrialba (Chavarría, 2012).

El objetivo principal de este trabajo es brindar una actualización de la reacción que están teniendo las principales variedades comerciales de caña de azúcar en Costa Rica a la enfermedad de la roya naranja (*P. kuehni*) en tres ambientes de producción diferentes. Como aporte complementario se brindará también información acerca del comportamiento de la roya café (*Puccinia melanocephala*) en las mismas variedades, la cual también fue evaluada de manera simultánea.

Metodología

Se seleccionaron un total de 51 variedades entre comerciales y promisorias procedentes de todas las regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica, la lista se detalla en el Cuadro 3 y entre los materiales evaluados se tomó en cuenta la variedad SP71-5574, que fuera ampliamente explotada en el país hasta la llegada de la roya naranja (*P. kuehnii*), como testigo de la presencia de la enfermedad. Se establecieron simultáneamente tres pruebas, una a 600 m sobre el nivel del mar (msnm) en la Región Sur en el distrito de San Pedro, cantón Pérez Zeledón, provincia de San José (9,252189° latitud Norte; 83,528515° longitud Oeste); dos en la costa del Pacífico en la Región de Puntarenas, específicamente en el distrito de Esparza (9,995290° latitud Norte; 84,635902° longitud Oeste) a 241 msnm; la segunda en el distrito de Puntarenas en terrenos de Azucarera El Palmar (10,018534° latitud Norte; 84,777590° longitud Oeste) a 10 msnm. Las pruebas en la Región de Puntarenas a pesar de estar en la misma región y muy cerca entre sí, difieren completamente en condiciones, especialmente en lo que al suelo se refiere debido a que el suelo en el que se ubicó la prueba de Esparza es más pobre y pertenece la orden de los Ultisoles, mientras que en la parte baja de la región predominan Inseptisoles de origen aluvial. La prueba de la Región Sur se ubica en suelos del orden de los Ultisoles. La B80-689 se incorporó de manera extemporánea y se estableció solamente en las pruebas de la Región de Puntarenas por lo que no presenta resultados en la Región Sur. El Cuadro 4 resume las características más sobresalientes de las regiones en las que se evaluaron los materiales así como el resto de las regiones cañeras del país.

En las tres pruebas todas las variedades estuvieron expuestas al inóculo natural de la roya naranja (*P. kuehnii*). La evaluación consistió en estimar de manera sistemática el porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad sobre la hoja +3 de la planta, de acuerdo a la descripción botánica de Kuijper (1915), haciendo diez lecturas visuales por parcela en diez tallos diferentes seleccionados al azar. Las evaluaciones se realizaron de forma mensual, a diferencia de los estudios del 2008 y 2009 que se realizaron cada dos semanas (Chavarría y Barrantes, 2009). Se efectuaron un total de cuatro evaluaciones desde los tres y hasta los seis meses de edad del cultivo en caña planta. Aunque el objetivo principal era la roya naranja (*P. kuehnii*), también se evaluó la roya café (*P. melanocephala*) en los casos en que se evidenciara su presencia.

Los datos se analizaron mediante regresión aplicando los modelos de mejor ajuste según fuera el caso, para determinar la curva de progreso de la enfermedad en el tiempo en las tres zonas evaluadas. La reacción a la enfermedad se definió siguiendo el criterio mostrado en el Cuadro 5, propuesto por Esquivel (1980), recopilado y adaptado por Chavarría (2006).

Cuadro 3

Variedades comerciales y promisorias seleccionadas para la determinación de la reacción a la roya naranja (*P. kuehni*) en Costa Rica. Año 2014.

Variedad	Origen	Región de Cultivo	Variedad	Origen	Región de Cultivo
B80-689*	Barbados	Guanacaste	LAICA 10-804	Costa Rica	Sur
B82-333	Barbados	Guanacaste	LAICA 01-604	Costa Rica	Sur, Norte
B89-138	Barbados	Guanacaste	LAICA 03-805	Costa Rica	Sur, Norte
CG97-100	Guatemala	Guanacaste	LAICA 04-809	Costa Rica	Sur, Norte, Valle Central
LAICA 00-301	Costa Rica	Guanacaste	SP71-5574 (testigo)	Brasil	Sur, Valle Central
LAICA 03-367	Costa Rica	Guanacaste	Q96	Australia	Todo el país
LAICA 04-303	Costa Rica	Guanacaste	RB86-7515	Brasil	Todo el país
LAICA 06-311	Costa Rica	Guanacaste	LAICA 01-213	Costa Rica	Turrialba
LAICA 06-321	Costa Rica	Guanacaste	LAICA 04-261	Costa Rica	Turrialba (zona alta)
NA56-42	Argentina	Guanacaste	LAICA 04-250	Costa Rica	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona alta)
NA85-1602	Argentina	Guanacaste	H61-1721	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
LAICA 07-309	Costa Rica	Guanacaste, Norte	H65-7052	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP00-2150	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H68-1158	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP01-2060	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H74-1715	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP02-1651	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H75-6208	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP72-1210	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H77-2545	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP72-2086	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H77-4643	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP80-1743	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H78-2313	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP89-2143	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	B76-259	Barbados	Turrialba, Norte
SP81-3250	Brasil	Guanacaste, Puntarenas	B76-385	Barbados	Turrialba, Norte
MEX79-431	México	Guanacaste, Valle Central	B77-95	Barbados	Turrialba, Norte
PR79-3009	Puerto Rico	Norte	LAICA 07-26	Costa Rica	Valle Central
PR80-2038	Puerto Rico	Norte	LAICA 07-27	Costa Rica	Valle Central
LAICA 05-805	Costa Rica	Sur	LAICA 08-22	Costa Rica	Valle Central
LAICA 07-801	Costa Rica	Sur	SP78-4764	Brasil	Valle Central
LAICA 08-808	Costa Rica	Sur			

Cuadro 4
 Caracterización edafoclimática de las regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica. 2012.

INDICADOR	REGIONES PRODUCTORAS						PROMEDIO NACIONAL
	GUANACASTE	PUNTARENAS (Pacífico Central)	VALLE CENTRAL	NORTE (San Carlos, Los Chiles)	TURRIALBA (Turrialba, Juan Viñas)	SUR (Pérez Zeledón, Buenos Aires)	
Provincias Involucradas	Guanacaste Puntarenas	Puntarenas Alajuela Guanacaste	Alajuela San José Heredia	Alajuela	Cartago	San José Puntarenas	
Latitud (Norte)	10° 11' - 10° 44'	09° 53' - 10° 05'	09° 57' - 10° 08'	10° 19' - 11° 01'	09° 48' - 09° 58'	09° 10' - 09° 22'	09° 10' - 10° 19'
Longitud (Oeste)	84° 57' - 85° 38'	84° 31' - 84° 48'	84° 12' - 84° 30'	84° 20' - 84° 43'	83° 33' - 83° 55'	83° 20' - 83° 42'	83° 20' - 84° 57'
Altitud Plantaciones (msnm)	5 - 160	0 - 350	600 - 1400	40 - 680	480 - 1.500	350 - 750	0 - 1500
Ordenes de Suelo Predominantes	Inceptisol Vertisol Mollisol Entisol	Entisol Inceptisol Alfisol	Inceptisol Andisol Alfisol Ultisol	Inceptisol Ultisol Andisol	Ultisol Andisol Inceptisol	Ultisol Inceptisol	Inceptisol Ultisol Vertisol Andisol
Precipitación Anual (mm)	1.100 - 2.600 (1.700)	1.100 - 2.900 (1.800)	1.450 - 3.900 (2.900)	1.700 - 4.300 (3.200)	2.500 - 3.300 (2.900)	2.400 - 4.300 (3.400)	1.100 - 4.300 (2.700)
Temperatura (°C)							
Máxima	31-34 (32,7)	30-35 (31,8)	27-32 (29,3)	27-33 (30,0)	23-30 (26,5)	26-33 (29,5)	23-35 (29,0)
Media	26-28 (27,5)	25-29 (27)	20-27 (23,3)	23-27 (24,8)	18-23 (21,2)	22-27 (24,5)	18-27 (22,5)
Mínima	21-24 (22,3)	19-24 (21,6)	13-20 (16,5)	18-21 (19,5)	14-19 (16,5)	17-21 (19,2)	13-24 (18,5)
Amplitud	10 (10,4)	11 (10,2)	12-14 (12,8)	9-12 (10,5)	9-11 (10,0)	9-12 (10,5)	10-11 (10,5)
Brillo Solar (Horas y Décimos)	4,9 - 10,2 (7,5)	3,5 - 9,1 (6,3)	4,8 - 9,4 (6,2)	1,4 - 6,9 (3,9)	2,2 - 5,2 (4,2)	3,5 - 7,8 (5,2)	1,4 - 10,2 (5,8)
Radiación Solar (MJ/m ²)	14 - 23,2 (18,6)	13,5 - 20 (16,7)	18	16	10,6 - 19,1 (16,2)	-	10,6 - 23,2 (16,9)
Uso de Riego	Importante	Importante	Ocasional	No	No	En Semilleros	Importante
Relieve	Plano/Ligeramente	Plano/Moderada	Plano/Ondulado	Plano/Ondulado	Ondulado	Plano/Ondulado	Ondulado
Grado de Pendiente (%)	0 - 8	0 - 12	0 - 30	0 - 25	0 - 35	0 - 20	0 - 35
Riesgo de Inundación	Medio-Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Nulo	Medio
Grado de Mecanización	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Alto
Área Sembrada (ha)	30.100	5.700	4.450	7.900	4.700	4.050	57.500
N° Ingenios Activos	3	1	4	2	2	1	13
N° Entregadores	2.971	97	1.252	762	583	2.382	8.047
Ciclo Vegetativo (meses)	12	12	12-16	12	12 - 24	12	12 - 24
Maduración	Buena	Buena	Muy Buena	Deficiente	Muy Buena	Excelente	Buena
Rendimiento Industrial* Promedio kg azúcar/tm	108,84	99,36	110,51	96,73	113,69	128,85	108,85
Caña (tm)* Procesada	2.112.212	337.895	372.460	445.446	261.096	294.007	3.823.114
Azúcar (tm)* Fabricado	229.902	33.575	49.956	43.183	29.576	37.883	415.075
Relación* Caña/Azúcar	9,2	10,1	9,1	10,3	8,8	7,8	9,2

*Valores correspondientes a la Zafra 2011-2012 en 96° POL.

Fuente: Chaves y Bermúdez, 2012.

Escala de evaluación propuesta por IAA/PLANALSUCAR para la evaluación de la resistencia de la caña de azúcar a la Roya (*Puccinia melanocephala*), y su equivalencia con la escala internacional de la ISSCT.

Grado	Reacción	Descripción de los síntomas	Grado ISSCT
1	Immune (I)	Hoja sana.	0
2	Resistente (R)	Sólo manchas cloróticas en las hojas, incluyendo algunos síntomas necróticos, afectando hasta el 5% del área foliar.	2
3	Intermedia (MR)	Manchas cloróticas, necróticas y algunas pústulas en las hojas viejas, afectando hasta el 15% del área foliar.	5
4	Susceptible (S)	Manchas cloróticas, necróticas y pústulas en hojas medias e inferiores, afectando hasta el 30% del área foliar.	7
5	Muy Susceptible (MS)	Manchas cloróticas, necróticas y pústulas en todas las hojas, afectando más del 30% del área foliar. Amarillamiento general de las hojas.	9

Fuente: Esquivel (1980), citado y modificado por Chavarría (2006).

Resultados y Discusión

Los resultados de severidad obtenidos de la estimación del porcentaje de daño en la hoja +3 para cada variedad que se muestran en los cuadros 6, 7 y 8, indican que hay presencia de la *P. kuehni* en los tres sitios de evaluación y claramente se puede observar que hay diferencias marcadas en cuanto al daño de la enfermedad entre localidades. Esto confirma el hecho de que el daño de la roya naranja en Costa Rica está muy relacionado con las condiciones propias de producción del sitio de siembra y de la interacción de la variedad – enfermedad con una fuerte influencia del ambiente, siendo la Región Sur la que presenta las condiciones ideales para que la roya naranja se exprese con su mayor potencial de daño, circunstancia que se manifiesta con mucha claridad en el comportamiento del testigo SP71-5574 con valores de severidad bastante distintos y comportamiento diferenciado del daño de la enfermedad en el tiempo (Figura 1). Este resultado ratifica a la Región Sur de Costa Rica como la mejor localidad referente para la valoración de la reacción de las variedades de caña de azúcar a la enfermedad de la roya naranja, en condiciones de inóculo natural.

El Cuadro 6 detalla los materiales que de acuerdo a los niveles estimados de daño en la Región Sur, estarían mostrando reacción de resistencia o inmunidad de acuerdo a los criterios del Cuadro 5. Estas variedades (31 en total) se mantuvieron por debajo del 5% del AFA en los valores máximos de severidad estimados durante los cuatro meses de evaluación; constituyen el 60,8% del total de las variedades evaluadas, valor bastante alejado del 93% obtenido en el primer grupo evaluado en el periodo 2008 – 2009. Del total de variedades clasificadas como resistentes apenas el 9,7% no manifestaron síntomas, valor que contrasta bastante con el 59,7% obtenido 5 años atrás.

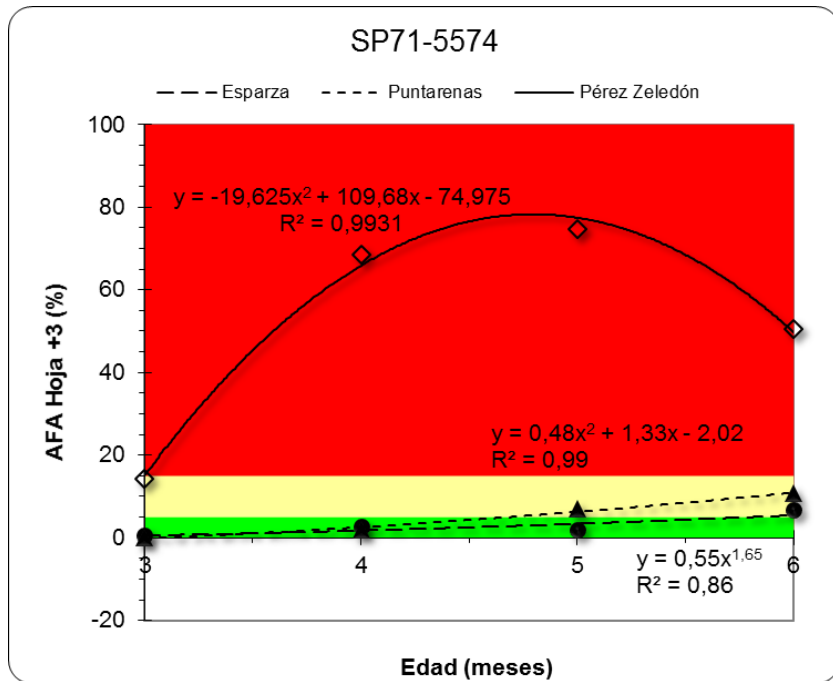


Figura 1
 Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad SP71-5574 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

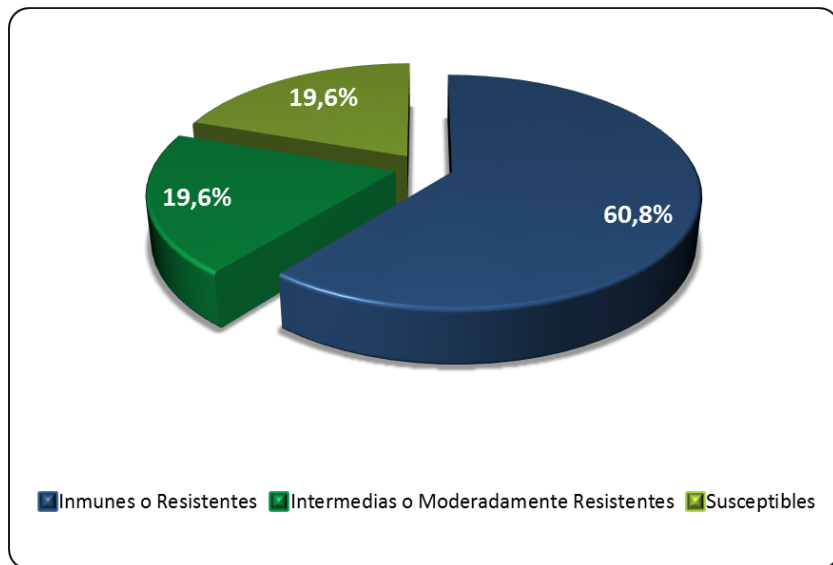


Figura 2
 Distribución de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) comerciales y promisorias de Costa Rica en las diferentes categorías de reacción a la roya naranja (*P. kuehni*) durante el 2014.

Cuadro 6

Valores de área foliar afectada en porcentaje (AFA) estimada sobre la hoja +3 de las variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con reacción inmune o resistente a la roya naranja (*P. kuehni*) en tres localidades productoras en Costa Rica en el 2014.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
B76-259	-	-	0,50	0,13	0,50	0,20
B76-385	0,10	0,03	0,20	0,10	2,30	1,55
B77-95	0,30	0,08	1,30	0,35	1,80	0,85
B80-689	0,40	0,18	-	-	N/D	N/D
B89-138	0,10	0,03	-	-	1,90	0,85
CG97-100	0,10	0,03	-	-	3,60	1,18
CP00-2150	0,30	0,10	0,80	0,20	4,70	1,28
CP01-2060	-	-	0,10	0,03	0,40	0,23
CP72-1210	3,70	2,15	4,70	1,85	3,30	1,03
CP89-2143	0,20	0,05	0,60	0,15	3,90	0,98
H61-1721	0,10	0,03	-	-	0,10	0,03
H68-1158	0,10	0,03	-	-	0,20	0,05
H75-6208	-	-	0,10	0,03	0,60	0,23
H78-2313	-	-	0,20	0,05	0,70	0,18
LAICA 00-301	0,30	0,13	1,20	0,60	1,60	0,63
LAICA 01-604	-	-	0,10	0,03	4,50	1,30
LAICA 03-805	0,20	0,10	-	-	1,60	0,83
LAICA 04-250	0,10	0,03	0,40	0,10	-	-
LAICA 05-805	-	-	-	-	0,20	0,10
LAICA 06-321	0,10	0,03	0,70	0,18	2,70	0,68
LAICA 07-26	-	-	0,20	0,05	0,70	0,23
LAICA 07-27	-	-	-	-	0,40	0,10
LAICA 07-80	-	-	-	-	0,90	0,40
LAICA 08-22	0,10	0,03	-	-	0,10	0,05
LAICA 08-808	-	-	0,10	0,03	-	-
LAICA 10-804	1,10	0,33	0,20	0,05	2,20	0,75
PR79-3009	0,10	0,03	0,10	0,05	-	-
PR80-2038	0,10	0,03	0,20	0,05	1,50	0,58
RB86-7515	-	-	-	-	0,80	0,38
SP78-4764	-	-	0,20	0,10	1,70	0,73
SP81-3250	-	-	0,90	0,43	1,00	0,45

Los materiales genéticos con reacción intermedia a la enfermedad (de 5 a 15% de AFA) se consignan en el Cuadro 7. Este grupo representa el 19,6% del total de variedades evaluadas, y se caracterizan por mostrar valores máximos de severidad dentro del rango indicado durante el periodo de evaluación en la localidad referente, que corresponde a la Región Sur. Por otro lado, el Cuadro 8 detalla las variedades que se clasifican dentro del rango que las define como susceptibles o altamente susceptibles en concordancia con los resultados de la evaluación.

Cuadro 7

Valores de área foliar afectada en porcentaje (AFA) estimada sobre la hoja +3 de las variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con reacción intermedia o moderadamente resistente a la roya naranja (*P. kuehni*) en tres localidades productoras en Costa Rica en el 2014.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
B82-333	-	-	1,10	0,48	14,30	4,88
CP02-1651	0,20	0,08	-	-	10,50	6,78
H74-1715	0,20	0,05	1,30	0,73	5,70	2,78
H77-2545	0,10	0,03	0,50	0,15	5,60	3,00
LAICA 04-303	0,10	0,03	1,40	0,68	7,40	2,30
LAICA 04-809	-	-	-	-	9,00	3,15
LAICA 07-309	0,10	0,05	0,20	0,05	8,90	2,78
MEX79-431	0,30	0,13	-	-	10,10	5,28
NA56-42	0,30	0,10	1,10	0,28	9,00	3,63
NA85-1602	-	-	1,20	0,33	5,50	2,38

Cuadro 8

Valores de área foliar afectada en porcentaje (AFA) estimada sobre la hoja +3 de las variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con reacción de susceptibilidad a la roya naranja (*P. kuehni*) en tres localidades productoras de Costa Rica en el 2014.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
CP72-2086	0,90	0,50	2,70	1,20	22,10	16,33
CP80-1743	3,80	1,58	6,60	2,35	37,40	23,78
H65-7052	2,40	1,33	5,20	2,23	32,40	21,65
H77-4643	5,00	2,55	9,00	5,08	39,40	24,85
LAICA 01-213	0,10	0,03	0,10	0,03	36,00	23,23
LAICA 03-367	5,30	1,60	15,20	6,28	68,30	38,23
LAICA 04-261	2,80	1,88	4,40	1,83	34,80	23,93
LAICA 06-311	0,70	0,25	1,90	0,80	15,50	9,08
Q96	0,20	0,13	0,60	0,25	18,10	13,23
SP71-5574	6,70	2,95	10,70	4,88	74,80	52,03

En términos generales el valor promedio estimado de AFA de las variedades evaluadas registró un incremento de 1,3 en el 2009 a 6,0 para esta evaluación, con una contribución importante de algunos materiales que han variado en cuanto a su comportamiento con respecto a la enfermedad. El Cuadro 9 resume las variaciones más significativas de algunas de las variedades importantes a nivel nacional, donde se puede apreciar que, además del testigo SP71-5574 que presenta un incremento de la severidad de un 24,09% del AFA, variedades de importancia como la CP72-2086, H77-4643, y Q96 mostraron un aumento bastante evidente en la susceptibilidad a la enfermedad. También son notables la B82-333 y la MEX 79-431 que se mostraron completamente inmunes a la roya naranja (*P. kuehni*) hace 5 años y para el 2014 presentan un incremento a casi un 5% de AFA que llama la atención.

Cuadro 9

Variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) que muestran incrementos en la magnitud del daño por roya naranja (*P. kuehnii*) en el periodo que comprende entre los años 2009 y 2014 durante la determinación de la reacción a la enfermedad en Costa Rica.

Variedad	Severidad (% AFA hoja +3)		
	2009	2014	Diferencia
B82-333	-	4,88	4,88
CP72-2086	1,22	16,33	15,11
CP80-1743	0,17	23,78	23,61
H74-1715	2,44	2,78	0,33
H77-4643	0,42	24,85	24,43
LAICA 04-261	1,18	23,93	22,74
MEX79-431	-	5,28	5,28
NA56-42	2,24	3,63	1,39
NA85-1602	-	2,38	2,38
Q96	0,54	13,23	12,69
SP71-5574 (testigo)	27,93	52,03	24,09

En relación a la roya café (*P. melanocephala*) se puede observar en los datos del Cuadro 10 que el comportamiento no difiere al de la roya naranja (*P. kuehnii*) en las diferencias de la expresión del daño entre los tres sitios de evaluación. La principal diferencia observada con la roya naranja (*P. kuehnii*) radica en la magnitud de los daños, que para el caso de la roya café (*P. melanocephala*) tienden a ser menores, lo que sugiere que las características agroclimáticas de Costa Rica favorecen mayormente a *P. kuehnii* que a la *P. melanocephala* bajo las mismas condiciones de cultivo. Entre la información que se brinda en el Cuadro 10 se destaca el comportamiento de las variedades LAICA 06-311, LAICA 10-804, NA56-42 y SP78-4764 como las de mayor afección por el ataque de *P. melanocephala*, sin llegar a los niveles de severidad alcanzados por la *P. kuehnii* en otras variedades susceptibles a la roya naranja. Sigue mostrándose la variedad NA56-42 como el material más susceptible a la roya café (*P. melanocephala*) que se tiene dentro de la oferta varietal de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Costa Rica.

La Figura 3 ilustra los resultados de la correlación entre la severidad de los síntomas de roya café y los de roya naranja. El resultado muestra que no hay relación aparente entre la magnitud de la severidad de los síntomas de ambas enfermedades por lo que la manifestación es presuntamente independiente entre las dos bajo las condiciones evaluadas en Costa Rica.

Cuadro 10

Valores de severidad de roya café (*P. melanocephala*), estimada como porcentaje de área foliar afectada (AFA) en la hoja +3, obtenidas en el estudio de la reacción a la enfermedad de 51 variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) provenientes de las diferentes regiones productoras de Costa Rica, evaluadas en tres diferentes localidades.

Variedad	Esparza		Puntarenas		Pérez Zeledón	
	AFA (%)		AFA (%)		AFA (%)	
	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio	Máxima	Promedio
B76-259	1,70	0,43	0,10	0,03	0,20	0,10
B76-385	-	-	-	-	1,00	0,30
B77-95	0,10	0,03	-	-	-	-
B80-689	0,10	0,03	0,10	0,03	N/D	N/D
B82-333	-	-	-	-	0,70	0,18
B89-138	0,80	0,25	-	-	0,40	0,18
CG97-100	-	-	-	-	1,20	0,50
CP00-2150	-	-	-	-	1,50	0,55
CP01-2060	0,30	0,08	0,10	0,03	1,00	0,33
CP02-1651	0,20	0,05	0,10	0,03	-	-
CP72-1210	-	-	-	-	0,20	0,05
CP72-2086	0,10	0,03	-	-	-	-
CP80-1743	0,10	0,03	6,80	1,98	-	-
CP89-2143	0,40	0,10	-	-	-	-
H61-1721	-	-	-	-	0,10	0,03
H65-7052	-	-	-	-	-	-
H68-1158	-	-	-	-	-	-
H74-1715	-	-	-	-	0,10	0,03
H75-6208	1,20	0,30	-	-	0,90	0,23
H77-2545	-	-	-	-	-	-
H77-4643	0,10	0,03	-	-	-	-
H78-2313	0,30	0,08	-	-	0,70	0,28
LAICA 00-301	0,60	0,15	-	-	0,20	0,05
LAICA 01-213	0,20	0,05	-	-	1,20	0,30
LAICA 01-604	-	-	0,20	0,05	1,20	0,73
LAICA 03-367	-	-	-	-	1,60	0,40
LAICA 03-805	-	-	-	-	1,10	0,28
LAICA 04-250	-	-	-	-	-	-
LAICA 04-261	-	-	2,60	0,78	-	-
LAICA 04-303	0,20	0,05	-	-	-	-
LAICA 04-809	0,70	0,18	-	-	1,80	0,50
LAICA 05-805	-	-	-	-	1,50	0,68
LAICA 06-311	0,10	0,03	-	-	9,20	2,30
LAICA 06-321	-	-	-	-	1,10	0,50
LAICA 07-26	1,30	0,33	-	-	0,90	0,30
LAICA 07-27	0,10	0,03	-	-	0,60	0,25
LAICA 07-309	0,30	0,08	-	-	1,70	0,43
LAICA 07-80	-	-	-	-	0,70	0,18
LAICA 08-22	0,50	0,13	-	-	0,60	0,23
LAICA 08-808	0,20	0,05	-	-	0,50	0,18
LAICA 10-804	-	-	0,10	0,03	12,70	5,68
MEX79-431	-	-	-	-	-	-
NA56-42	-	-	3,00	1,25	20,60	12,33
NA85-1602	-	-	-	-	0,50	0,13
PR79-3009	0,70	0,20	0,50	0,35	0,50	0,25
PR80-2038	0,30	0,08	-	-	3,30	1,65
Q96	0,10	0,03	-	-	0,40	0,10
RB86-7515	0,40	0,10	-	-	0,90	0,23
SP71-5574	-	-	-	-	-	-
SP78-4764	2,10	0,53	0,10	0,03	4,20	1,28
SP81-3250	0,70	0,18	-	-	1,10	0,48

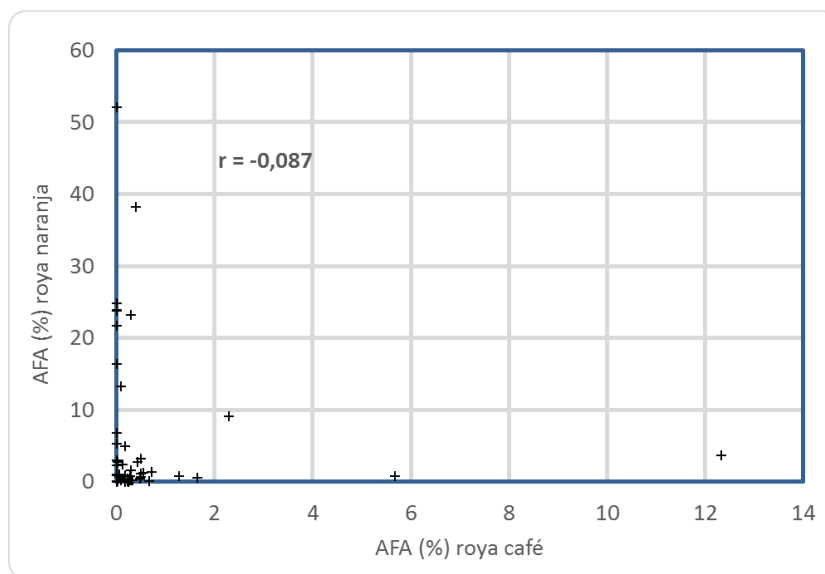


Figura 3
Correlación entre los niveles de severidad promedio de la roya café (*P. melanocephala*) y la roya naranja (*P. kuehni*) expresada como porcentaje de área foliar afectada (AFA) en la hoja +3 de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Costa Rica. Año 2014.

Conclusiones

Es evidente que debido a la heterogeneidad en las condiciones edafoclimáticas que hay entre las diferentes regiones productoras de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) de Costa Rica, ambas royas (*P. kuehni* y *P. melanocephala*) exhiben comportamientos distintos en cuanto a la expresión de la severidad de los síntomas. La Región Sur de Costa Rica es definitivamente la que presenta condiciones favorables para ambas enfermedades y en especial para la roya naranja (*P. kuehni*), lo que contribuye al establecimiento de este tipo de evaluaciones en condiciones de inóculo natural.

Es favorable el hecho de que una gran mayoría de los materiales evaluados presentan resistencia a la roya naranja (*P. kuehni*), no obstante hay variedades muy importantes para algunas regiones productoras que han empezado a mostrar cambios en su patrón de comportamiento con respecto al ataque de la enfermedad en un periodo relativamente corto de tiempo (5 años). Esta situación sugiere que se está dando una dinámica de cambio en la población del hongo que le está permitiendo aclimatarse mejor a las condiciones locales de Costa Rica para generar daños en variedades que no manifestaban problemas con la enfermedad, aparentando tener mejor adaptabilidad y potencial para generar daño la roya naranja (*P. kuehni*) que la roya café (*P. melanocephala*).

Los resultados observados en estas pruebas constituyen una herramienta importante para comprender el comportamiento que tienen las diferentes variedades en la interacción con ambas royas. Brindan una guía del riesgo potencial que eventualmente puedan tener las variedades con respecto a la roya naranja (*P. kuehni*), pero hay que tomar en cuenta que el factor ambiental juega un papel muy importante, por lo que es necesario tener prudencia con la interpretación de estos resultados para no descartar innecesariamente variedades que todavía pueden ser muy útiles. Un ejemplo de esto es la CP72-2086 que ha sido reportada como susceptible roya naranja (*P. kuehni*) en Florida y Guatemala, no obstante en Costa Rica ha tenido un comportamiento favorable debido a que el clima en la región de cultivo no ha favorecido el ataque fuerte de la enfermedad aunque haya presencia de la misma.

Del grupo evaluado en esta oportunidad se requiere poner especial atención en la H77-4643 que representa un material especial debido a la especificidad de las condiciones de producción de la zona en la que está establecido como comercial y que ya ha sido descrito anteriormente por Chavarría (2013). Los valores de severidad obtenidos en esta prueba son consistentes con los estimados a nivel de campo en la zona de cultivo y la evolución negativa de

la interacción de esta variedad con la roya naranja ha sido muy rápida, por lo que resulta prudente tomar medidas de cautela durante el uso de este material y su expansión a nivel comercial.

Agradecimiento

Un agradecimiento al personal agrícola de Azucarera El Palmar S. A. por su valioso aporte y colaboración en la realización del trabajo de campo para esta investigación, en especial al Ing. Alberto Morales Morales, gerente del departamento agrícola de Azucarera El Palmar S. A.

Literatura citada

- CHAVARRÍA, E. 2006. Escalas descriptivas para la evaluación de enfermedades de la caña de azúcar. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica. pp 53.
- CHAVARRÍA, E. 2010. Estado actual de las enfermedades de la caña de azúcar en Costa Rica: un repaso de los principales problemas de los últimos 10 años. *In*: IV Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). 22 al 24 de septiembre del 2010. Salón de Asambleas de CoopeVictoria, Grecia. Alajuela, Costa Rica.
- CHAVARRÍA, E. 2012. Distribución de la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en plantaciones de caña de azúcar de la zona alta de la Región Turrialba. *In*: V Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). 5 al 7 de septiembre del 2012, Sala de Asambleas de CoopeVictoria, Grecia. Alajuela, Costa Rica.
- CHAVARRÍA, E. 2013. Actualidad del Comportamiento de la Roya Naranja (*Puccinia kuehni*) en Costa Rica. *In*: XIX Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA). XX Congreso de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Del 11 al 13 de septiembre del 2013. Centro Internacional de Convenciones. Hotel Wyndham Herradura, La Asunción de Belén. Heredia, Costa Rica.
- CHAVARRÍA, E.; BARRANTES, J. C. 2009. Situación de la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en Costa Rica. 2007 – 2009. *In*: Memorias XVII Congreso Nacional Azucarero de ATACORI (CD-ROM). 2 – 3 septiembre del 2009. Colegio de Ingenieros Agrónomos. Moravia, San José. Costa Rica.
- CHAVARRÍA, E.; BARRANTES, J. C. 2011. Informe: Situación de la variedad B89-1351 respecto a la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en la Región Sur. Informe del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). San José, Costa Rica. Noviembre del 2011. 12 p. Consultado 15 de julio del 2015. Disponible en: <http://www.laica.co.cr/biblioteca2/servlet/DownloadServlet?c=443&s=2524&d=6541>.
- CHAVES, M. A.; BERMÚDEZ, A. Z. 2012. Dinámica de cultivo comercial de las variedades de caña de azúcar en Costa Rica: análisis histórico. *In*: Memorias Tomo I Campo VIII Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC); IX Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA). Centro de Eventos Valle del Pacífico, Santiago de Cali, Colombia. ATALAC/TECNICAÑA. 12 al 14 de septiembre del 2012. p: 151-169.
- ESQUIVEL, E. A. 1980. La roya de la caña de azúcar (*Puccinia* spp.): Aspectos básicos y revisión de la situación actual. Boletín GEPLACEA No 14.
- KUIJPER, J. 1915. Desarrollo de la lámina foliar, la vaina y el tallo de la caña de azúcar. Arch Suikerind Ned Indië. 23: 528–556.

Anexos

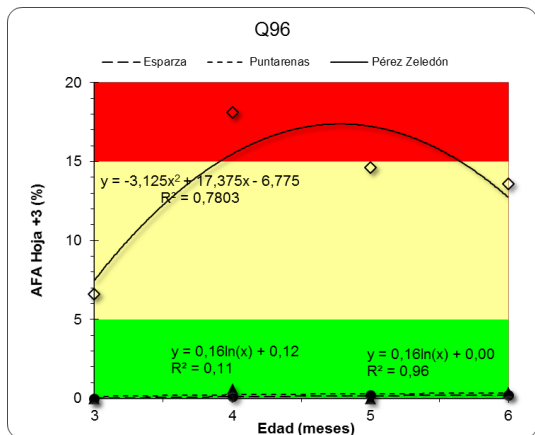


Figura A 1

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad Q96 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

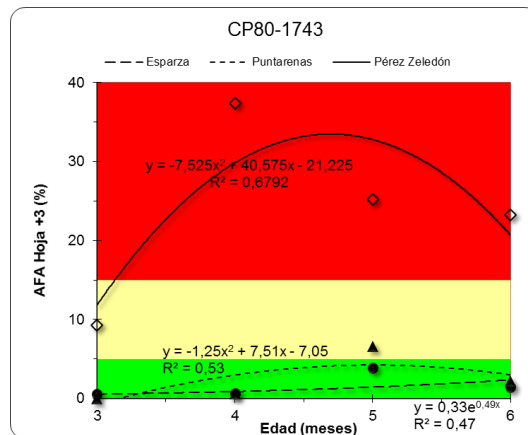


Figura A 3

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad CP80-1743 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

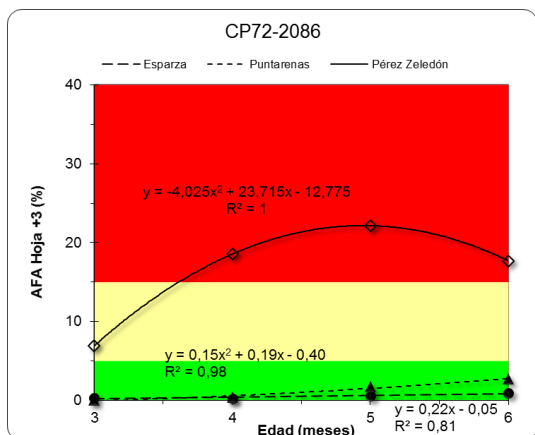


Figura A 2

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad CP72-2086 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

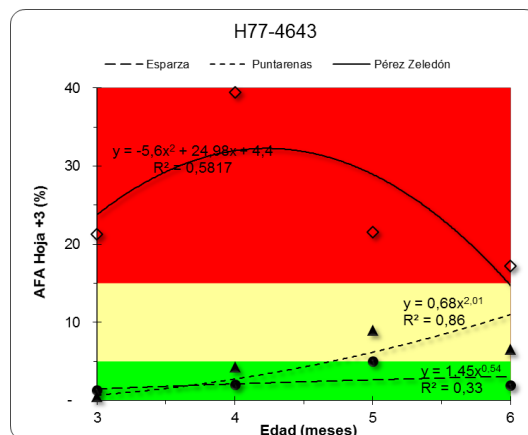


Figura A 4

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad H77-4643 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

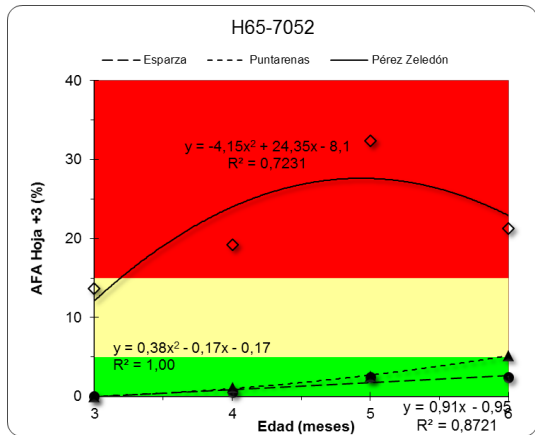


Figura A 5

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad H65-7052 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

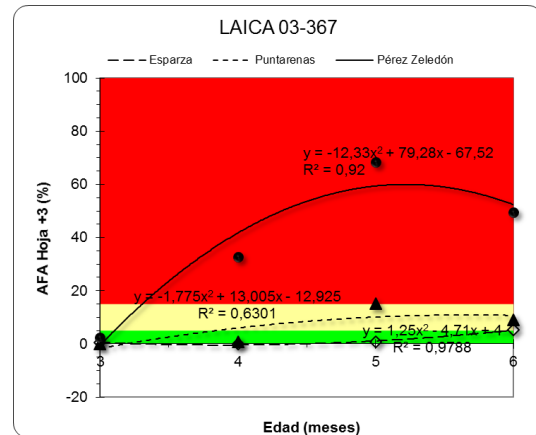


Figura A 7

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad LAICA 03-367 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

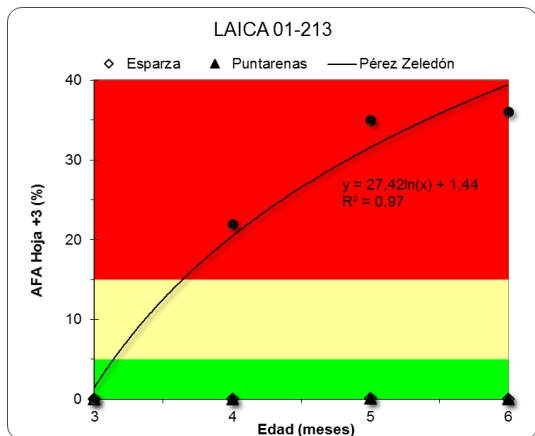


Figura A 6

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad LAICA 01-213 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

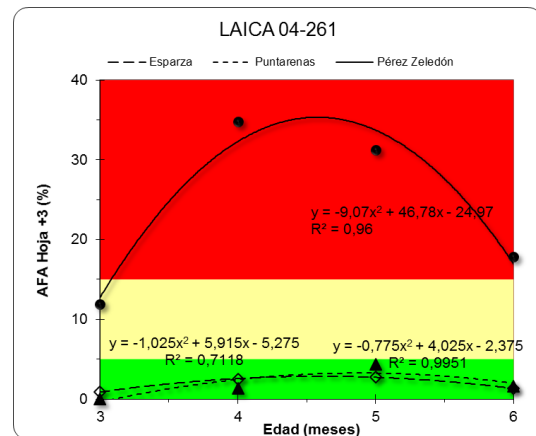


Figura A 8

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad LAICA 04-261 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.

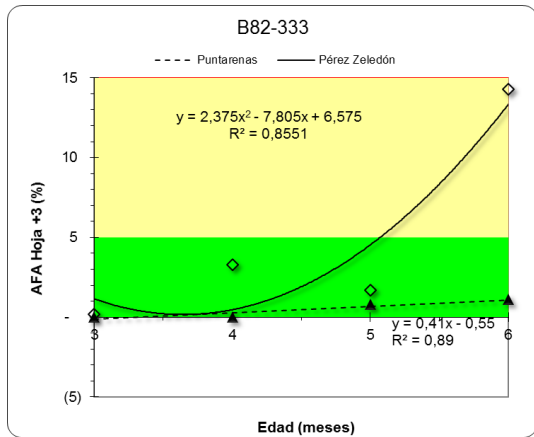


Figura A 9

Curva de progreso en el tiempo de la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad B82-333 evaluada en tres localidades productoras de caña de Costa Rica durante el 2014.