

Octubre 2023 - Volumen 5 – Número 20

Periodo 09 al 22 de octubre 2023

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) con el apoyo del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar de LAICA (DIECA-LAICA), presenta el boletín agroclimático para caña de azúcar.

En este se incorpora el análisis del tiempo, pronósticos, notas técnicas y recomendaciones con el objetivo de guiar al productor cañero hacia una agricultura climáticamente inteligente.

IMN

www.imn.ac.cr
2222-5616

Avenida 9 y Calle 17
Barrio Aranjuez,
Frente al costado Noroeste del
Hospital Calderón Guardia.
San José, Costa Rica

LAICA

www.laica.co.cr
2284-6000

Avenida 15 y calle 3
Barrio Tournón
San Francisco, Goicoechea
San José, Costa Rica

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 25 DE SEPTIEMBRE AL 08 DE OCTUBRE 2023

En la figura 1 se puede observar, a partir de datos preliminares de 105 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los promedios de lluvia acumulada a nivel diario varían según la región azucarera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 0,72-36,46 mm en la **Región Guanacaste Este**, por su parte **Guanacaste Oeste** registró entre 2,62-44,12 mm, en la **Región Norte** se reportó entre 0,7-27,37 mm. La **Región Puntarenas** presentó entre 0-27,07 mm. La **Región Sur** mostró entre 4,3-76,7 mm, la **Región Turrialba** acumuló lluvias entre 0,12-66,72 mm, mientras la **Región Valle Central** tuvo entre 3,4-53,41 mm.

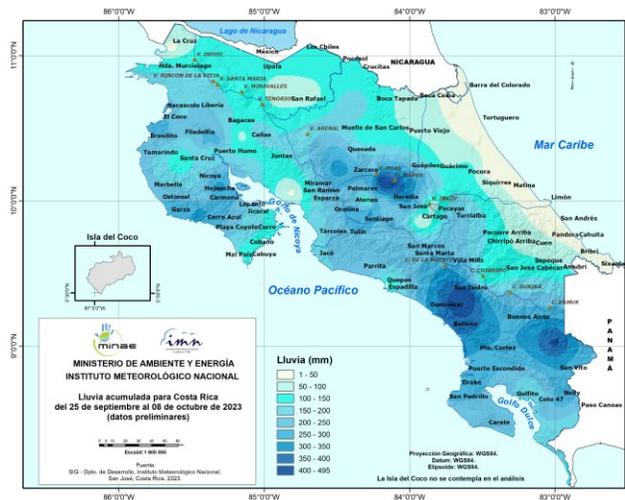


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 25 de septiembre al 08 de octubre del 2023.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 09 AL 15 DE OCTUBRE

De la figura 2 a la figura 8, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones azucareras.

Se prevé condiciones húmedas e inestables, típicas de la época lluviosa, para esta semana. El paso de la Onda Tropical #45 desde primeras horas de este martes y una Zona de Convergencia Intertropical sobre el istmo Centroamericano, serán los factores que generarán las lluvias variables en los periodos vespertino-nocturnos de sectores del eje central de país y para ambas vertientes. Ocasionalmente la inestabilidad marítima, puede presentar lluvias costeras durante las madrugadas y mañanas, en puntos localizados de la Vertiente Pacífico.

Hacia el fin de semana se espera menor humedad, por lo que las lluvias del pacífico serán más dispersas que las presentadas la primera mitad de la semana.

Octubre 2023 - Volumen 5 – Número 20

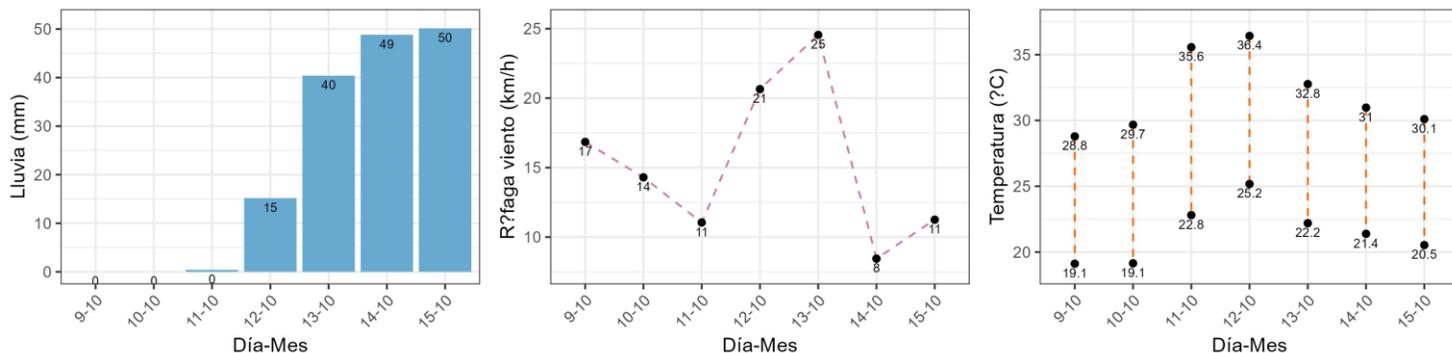


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Guanacaste Este.

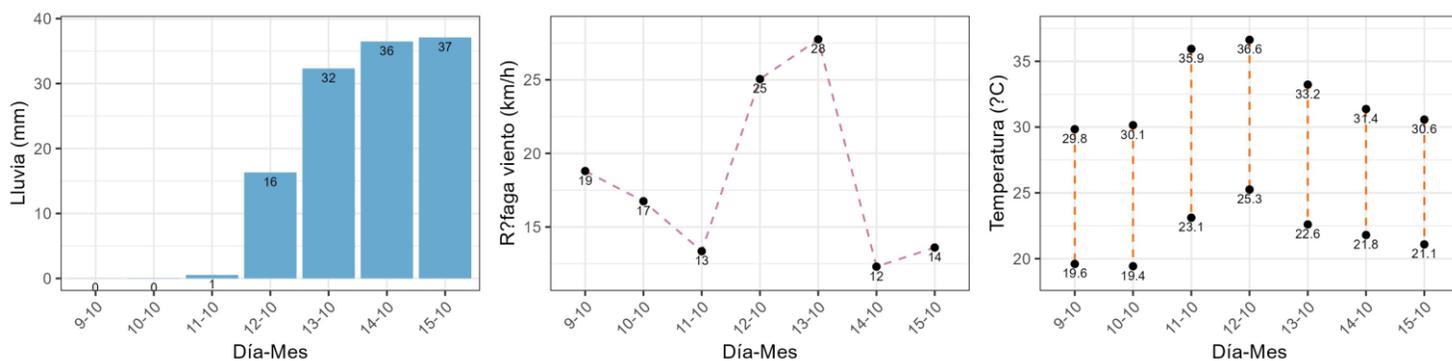


Figura 3 Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Guanacaste Oeste.

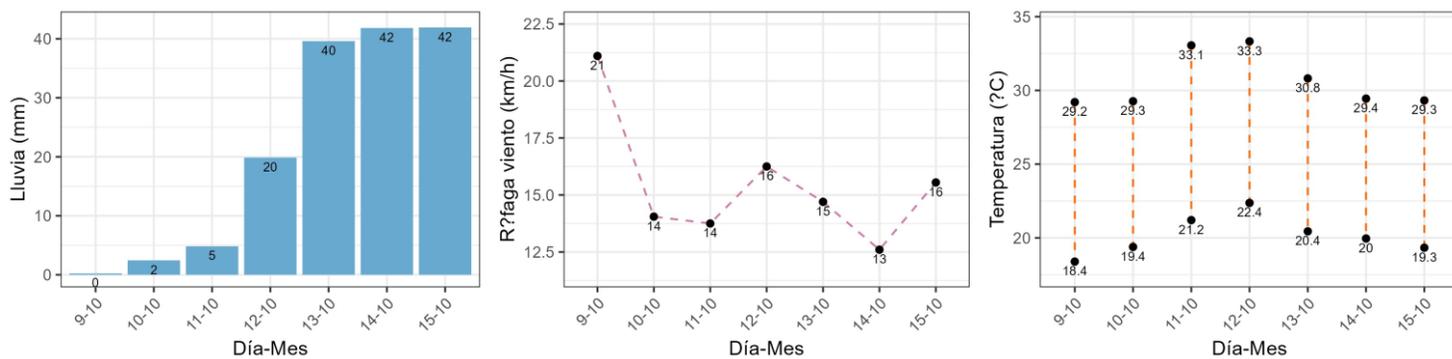


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Puntarenas.

Octubre 2023 - Volumen 5 – Número 20

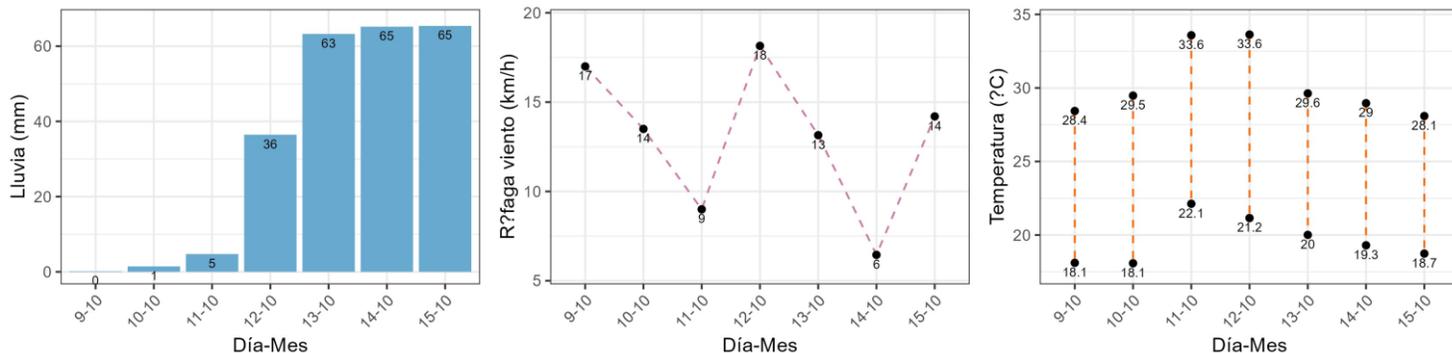


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Región Norte.

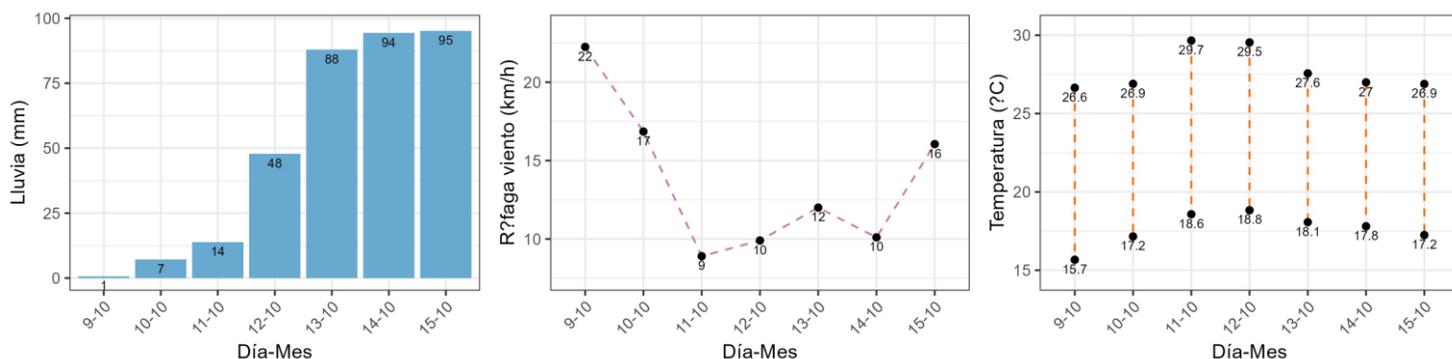


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

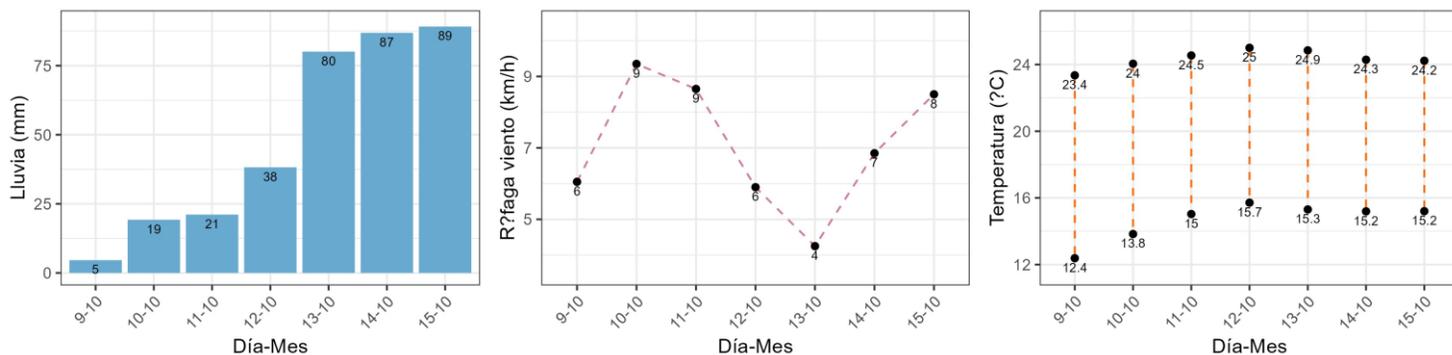


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

Octubre 2023 - Volumen 5 – Número 20

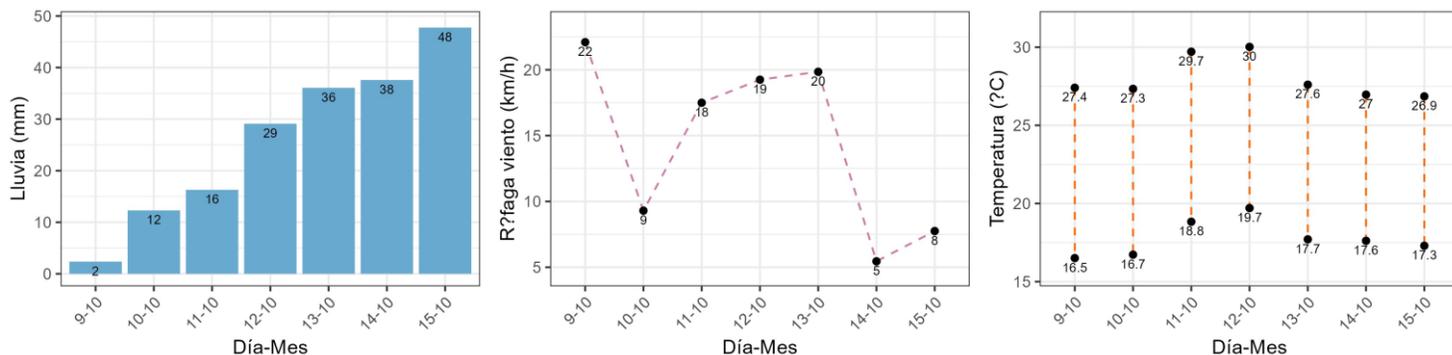


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 09 al 15 de octubre en la región cañera Región Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 16 AL 22 DE OCTUBRE

Se tendrá precipitaciones típicas de la época lluviosa, para las regiones del Pacífico y Valle Central.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, durante el periodo del 02 al 08 de octubre se tuvieron porcentajes altos de saturación en las regiones Guanacaste Oeste, Región Norte y Sur; en las demás regiones cañeras la humedad fue baja.

Como se observa en la figura 09, la Región Guanacaste Oeste presenta entre 45% y 90%, la Región Guanacaste Este está entre 30% y 75%, Puntarenas tiene entre 30% y 60%. La Región Valle Central Oeste presenta entre 45% y 75%, la Región Valle Central Este está entre 45% y 60% de saturación.

La Región Norte tiene entre 30% y 90%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 30% y 90%, la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) presenta entre 30% y 75%. La Región Sur varía entre 30% y 100% de humedad.

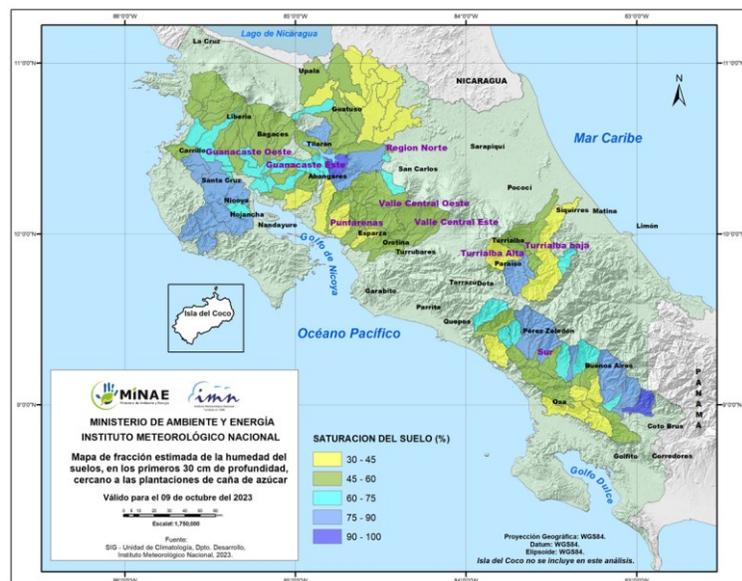


Figura 9. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 09 de octubre de 2023.

LAICA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:

- @IMNCR
- Instituto Meteorológico Nacional CR
- www.imn.ac.cr

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición del Departamento de Desarrollo

Meteoróloga Karina Hernández Espinoza

Ingeniera Agrónoma Katia Carvajal Tobar

Geógrafa Nury Sanabria Valverde

Geógrafa Marilyn Calvo Méndez

Modelos de tendencia del Departamento de
Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

NOTA TÉCNICA

Roya de la caña de azúcar: características y particularidades de la enfermedad.

Erick Chavarría Soto¹

echavarría@laica.co.cr

Organismos Causales

Las royas en el cultivo de la caña de azúcar son ocasionadas por dos especies de hongos que pertenecen al mismo grupo conocido como el grupo de los basidiomicetes. La especie *Puccinia kuehnii* ocasiona la enfermedad conocida como la roya naranja, y por su parte la especie *Puccinia melanocephala* ocasiona la enfermedad denominada como roya común o roya café.

El hongo *Puccinia melanocephala* ha sido el principal causante de los casos de epidemias más importantes alrededor del mundo, mientras que *P. kuehnii* se había considerado como causante de una “enfermedad menor” en la caña de azúcar hasta el año 2007 en el que el hongo cambió su comportamiento, tanto en agresividad como en su capacidad de distribución a nivel mundial.

Principales Características de los Hongos Causantes de la Roya

Los hongos pertenecientes al género *Puccinia* spp. comparten algunas características en cuanto a adaptabilidad y comportamiento en relación al hospedero, y en este caso específico comparten particularidades similares como estructuras anatómicas, tipo de reproducción, mecanismos de dispersión, y afinidad por algunos hospederos, como en este caso la caña de azúcar. Sin embargo, existen diferencias que distinguen a una especie de la otra.

Una de las diferencias más notables en el caso de las dos especies de roya es la patogenicidad y la virulencia del hongo, las cuales van a estar estrechamente ligadas a la relación patógeno – hospedero – ambiente. Estas características no son indicativas de la afinidad de alguna de las dos especies con respecto a una variedad específica, es decir, el hecho de que una variedad sea susceptible a la *P. melanocephala* no implica que igualmente lo sea para *P. kuehnii* o viceversa, no obstante, por pertenecer al mismo género, existe la posibilidad de que la situación se presente.

En el cuadro 1, se ilustran y se describen algunas de las características típicas observadas en Costa Rica de las dos

especies, con el fin de que puedan ser reconocidas y diferenciadas en el campo.

Origen y Distribución de la Enfermedad

A nivel mundial, la existencia de dos especies causantes de la roya ha llevado a errores de identificación y a confusiones en cuanto a los reportes de la presencia de la enfermedad en diversos países. No obstante, el avance en el diagnóstico, identificación y el reconocimiento de ambos agentes causales ha contribuido a ubicar bien ambas especies.

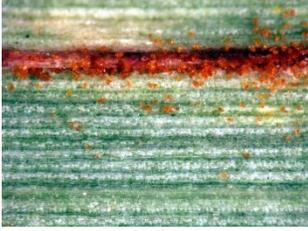
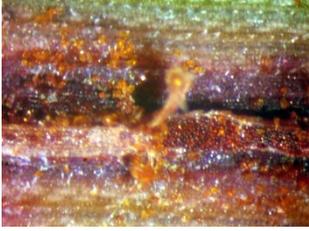
1. Roya naranja (*Puccinia kuehnii*)

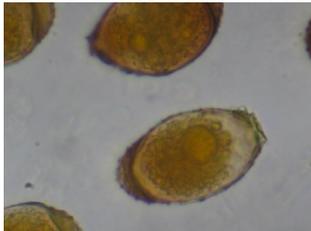
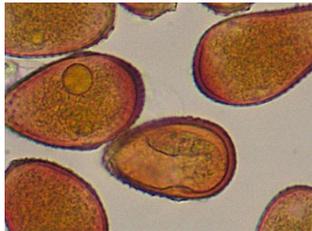
El primer reporte y caracterización de la *P. kuehnii* a nivel mundial lo realizó Kruger y se remonta a 1890 en la isla de Java y posteriormente la ubicó en cañas silvestres en la India. Hasta el año 2007 esta especie se consideraba confinada a las regiones asiáticas (India, China, Pakistán, Malasia, Taiwán, Tailandia, Vietnam, y Japón), el Pacífico y Oceanía (Australia, Filipinas, Nueva Guinea y Nueva Zelanda), y África (Sur África y Mauricio). Se presume que la llegada de la roya naranja a África se dio a través de la isla de Mauricio en 1964, en donde la enfermedad se estableció junto con la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*) y la peca amarilla (*Mycovellosiella koepkei*) después de una temporada fuerte de ciclones en el Océano Índico que azotaron considerablemente en el área.

Los reportes de la presencia de la *P. kuehnii* en el Hemisferio Occidental habían sido erráticos y confusos debido a fallas y dudas en la identificación del patógeno, hasta que en junio del 2007 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) reportó por primera vez la presencia de la enfermedad en el estado de La Florida; éste se considera el primer reporte de la roya naranja (*P. kuehnii*) en el Hemisferio Occidental; posteriormente en septiembre del 2007 Guatemala reporta la presencia de una sintomatología similar a la de la roya naranja en plantaciones comerciales de caña de azúcar, la cual confirmaron en marzo del 2008 que efectivamente se trataba de *P. kuehnii*.

¹ Programa de Fitosanidad, Área de Fitopatología, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).

Cuadro 1. Principales características observadas en los hongos del género *Puccinia* spp. causantes de las royas en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.

Características	<i>Puccinia kuehnii</i>	<i>Puccinia melanocephala</i>
	<p>Por el haz (parte superior) de la hoja se pueden observar lesiones un tanto irregulares de color café claro con bordes amarillos conocidos o halo clorótico, las lesiones pueden ser muy pequeñas y se extiende con una forma ovalada a lo largo de la hoja en el sentido de los haces vasculares. Varias lesiones pueden unirse para producir lesiones más grandes y bastante irregulares.</p>  <p>Por el envés (parte inferior de la hoja), las lesiones tienen la particularidad de que cuando hay esporulación presentan una textura aterciopelada y un color naranja intenso.</p> 	<p>Por el haz (parte superior) de la hoja se produce lesiones de color café oscuro, rodeadas de un borde clorótico. Las lesiones tienden a ser más definidas y no tan irregulares como los de la roya naranja, sin embargo, esta manifestación podría variar de acuerdo a la variedad.</p>  <p>Por el envés (parte inferior) de la hoja las lesiones presentan una textura aterciopelada cuando hay esporulación y mantiene las mismas características que las descritas anteriormente para el haz.</p> 
<p>Estructuras de reproducción</p>	<p>Principalmente por esporas conocidas con el nombre de uredósporas, aunque también puede producir un tipo de espora de mayor resistencia a las condiciones ambientales denominadas teliósporas.</p> <p>Las uredósporas se producen en el envés de la hoja y son visibles con lupa. Son de color naranja o amarillo.</p> 	<p>También se reproduce por uredósporas, las cuales se producen por el envés de la hoja y tienden a ser de un color café oscuro.</p> <p>Al igual que <i>P. kuehnii</i>, se puede reproducir por teliósporas si las condiciones le favorecen. Las esporas se pueden observar con ayuda de una lupa</p> 

Características	<i>Puccinia kuehnii</i>	<i>Puccinia melanocephala</i>
Descripción de las esporas	<p>Tienen forma alargada semejante a un huevo (elipsoidal u ovoide). Las más maduras presentan un engrosamiento muy característico de la pared en su extremo apical. Tienen un color amarillento al microscopio, aunque la tonalidad puede variar dependiendo de su estado de madurez. La pared presenta espinas.</p> 	<p>Tienen forma ovoide, más redondeada que las de la <i>P. kuehnii</i>. Son de color café o canela. Presenta pared más gruesa y uniforme cuando están bien maduras. La pared presenta también espinas que tienden a ser más densas que las de la <i>P. kuehnii</i>.</p> 
Mecanismo de dispersión	Principalmente por viento a grandes distancias	

En Costa Rica la enfermedad apareció en julio del 2007 en la Región Sur y Norte del país, y en noviembre del 2007 se logró distinguir que se trataba de una especie diferente de roya común (*P. melanocephala*) debido a las diferencias en la morfología de las estructuras reproductivas del hongo. Análisis por marcadores moleculares llevados a cabo por la Colección Nacional de Hongos (dependencia del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) confirmaron que se trataba de la especie *Puccinia kuehnii*.

2. Roya común o café (*Puccinia melanocephala*)

Se identificó por primera vez en la India en 1907 y es de amplia distribución a nivel mundial. El primer reporte en caña de azúcar de una epidemia de consecuencias económicas de *P. melanocephala* data de la India en el año de 1949.

Se considera que la *P. melanocephala* cuenta con mayor potencial destructivo que la *P. kuehnii*, por lo que la mayor parte de los centros de investigación y mejoramiento genético alrededor del mundo, han enfocado los esfuerzos en la resistencia varietal al ataque de la *P. melanocephala*.

En Costa Rica la roya común ha estado presente en las plantaciones comerciales de caña de azúcar, y los primeros daños serios a nivel comercial se remontan a principios de la década de los 80'.

Importancia Económica

La especie *Puccinia melanocephala* conocida como roya común o café es la que ha protagonizado las mayores epidemias con

consecuencias económicas a nivel mundial. Se sospecha que desde 1941 y hasta inicios de los 50's ocasionó problemas en la variedad CO 301 en Sur África, aunque no se confirmó que se tratara de *P. melanocephala* hasta 1979 por Bailey.

En la India se la roya común (*P. melanocephala*) fue reportada por primera vez en 1907 (Cummins 1971). Se reportaron (sin estimaciones de pérdidas) epidemias serias de *P. melanocephala* en la variedad CO 475, afectando el 50% de las áreas sembradas con esta variedad en el año 1949 (Patel *et al* 1950; Chona and Munjal 1950); posteriormente variedades como la COS 510 y CO 876 debieron ser reemplazadas debido a la susceptibilidad a la *P. melanocephala* (Tiwari and Singh 1962).

En varios países del continente americano la variedad B 43-62 presentó pérdidas de hasta un 50% en tonelaje debido a ataques severos de *P. melanocephala* (Esquivel 1980). Por otro lado, Australia ha estimado pérdidas por roya común (*P. melanocephala*) de hasta un 33% en tonelaje en la variedad Q105 (Taylor *et al* 1986).

En Costa Rica la roya común ocasionó serios problemas en la década de los 80's en variedades como la L 60-14, BT 65-152, B 43-62, B 47-44, y H 44-3098. Más recientemente, se localizó en la Región Sur en la variedad en la época en que se sembró la variedad SP 71-5574, mostrando comportamientos diferentes de un año a otro. Ocasionalmente se produjeron brotes en el pasado en Guanacaste (NA 56-42) y San Carlos (PINDAR, CP 57-603, SP 79-2233, y Q 138), pero el reemplazo de las áreas comerciales con variedades resistentes ha disminuido el avistamiento de brotes de *P. melanocephala*.

La roya naranja (*P. kuehni*) se había considerado siempre una enfermedad menor en la caña de azúcar, aunque en 1978 se reportó un ataque importante en Australia; en donde la variedad TRITON resultó la más afectada. Desde el año 2000 y hasta el 2007 Australia reportó serios daños debido a la roya naranja (*P. kuehni*) con niveles que llegaron a alcanzar el 60% de pérdidas en la variedad Q 124 (BSES 2007).

Florida que la roya naranja (*P. kuehni*) se estableció en las variedades comerciales CP 80-1743 y CP 72-2086, aunque el impacto no se ha medido, hubo preocupación debido a que los ataques se mostraron severos en un 25% del área comercial de Florida (Rott *et al* 2017).

En Guatemala se valoraron ataques de la roya naranja (*P. kuehni*) en plantaciones comerciales de la variedad CP72-2086 que alcanzaron un nivel cercano al 8% de reducción de la productividad (Ovalle *et al* 2011).

En Costa Rica la roya naranja (*P. kuehni*) se ha distribuido en casi todas las regiones comerciales, el mayor impacto se registró en la variedad SP71-5574 en la Región Sur (cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires) con niveles de daño promedio superiores al 37% del AFA en la hoja +3. Contrario al caso de Guatemala, la roya naranja (*P. kuehni*) no ha ocasionado problemas en plantaciones comerciales de la variedad CP72-2086 debido a que esta variedad se siembra predominantemente en la Región del Pacífico Seco (Guanacaste), las condiciones de clima de esta región no favorecen el desarrollo de la enfermedad. Actualmente los mayores problemas con *P. kuehni* se manifiestan en la zona alta de la región de Turrialba, entre los 900 y 1.500 msnm, en la variedad H 77-4643.

Cuadro 2. Severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) en las zonas cañeras con la mayor incidencia observada de la enfermedad en Costa Rica en el 2007.

Zona	Varietades	Área Foliar Afectada (AFA)
Sur	SP71-5574	5 a 37%
San Carlos	SP71-5574, Q138, Q132, PINDAR	3 a 18%
Los Chiles	SP79-2233, SP71-5574, Q132	10 a 22%
Valle Central	SP71-5574	2 a 6%

Epidemiología

Tanto *P. melanocephala* como *P. kuehni* se transmiten por medio del viento a largas distancias. En el caso de *P. melanocephala* desde el año 1982 se propuso que llegó a la región del Caribe por medio de corrientes de viento con esporas provenientes desde África. Esta teoría se fundamentó en la observación satelital de nubes de polvo y frentes climáticos. Sin embargo, esta teoría no brinda respuestas al por qué de las fluctuaciones entre epidemias

repentinas en variedades susceptibles que permanecieron libres de la enfermedad por mucho tiempo, y la súbita desaparición de la enfermedad en determinadas épocas. Situación que se ha presentado en Costa Rica en la Región Sur con la variedad SP71-5574, en donde se observaron en el pasado años con alta incidencia y temporadas con muy baja presencia de la enfermedad en forma alterna. Parte de las respuestas a este comportamiento se le atribuyen a condiciones de clima que pueden estimular o desfavorecer a la enfermedad.

Se supone que la roya naranja (*P. kuehni*) utilizó el mismo corredor para llegar al hemisferio occidental (Purdy 1985), desfavorecida en años anteriores probablemente por la combinación de factores como la baja adaptabilidad a las condiciones, ausencia de corrientes de viento favorables, baja cantidad de inóculo y ausencia de variedades susceptibles.

La roya naranja (*P. kuehni*) es un patógeno que necesita de altas temperaturas para esporular, combinadas con condiciones de viento para poder liberar las esporas. Al mismo tiempo necesita de humedad en la superficie de la hoja para que las esporas que se depositan puedan germinar y producir la infección.

Actualmente en las condiciones de la Región Sur se está presentando una situación de alta cantidad de inóculo de roya naranja (*P. kuehni*), debido a que las lesiones se observan muy fructíferas en cuanto a la cantidad de esporas que producen; prevalecen condiciones ambientales muy favorables por los vientos de la temporada, alta humedad y fuerte condensación durante las primeras horas del día; y finalmente la presencia de una variedad altamente susceptible SP71-5574, establecida en el 95% del área comercial sembrada en la región.

En este momento todo pareciera indicar que, bajo las condiciones de la Región Sur de Costa Rica, la roya naranja (*P. kuehni*) puede constituir un problema mayor que el que históricamente ha presentado su homóloga la roya café, por cuanto la incidencia y la severidad de la roya naranja (*P. kuehni*) es mayor en comparación con la roya café.

Todavía no existe evidencia de que la roya naranja (*P. kuehni*) haya sufrido cambios genéticos que le permitan aumentar su virulencia, sin embargo, tampoco se puede descartar la hipótesis. En la relación patógeno – hospedero – ambiente se pueden presentar cambios que inducen variaciones en la manifestación de algunas enfermedades, los cuales normalmente son atribuidos solamente al patógeno, ya que regularmente los cambios en el hospedero son controlados y en caña de azúcar se presentan mayormente cuando hay una sustitución de la variedad; y en lo que se refiere al ambiente muchas veces se considera que no cambia, aunque hoy en día se sabe que han habido cambios muy importantes en los patrones climáticos globales de los últimos 50 años.

En el estudio y manejo de enfermedades es muy importante aclarar que hay que tratar con poblaciones de un patógeno y no individuos aislados. Bajo esta premisa se sabe que la población de un patógeno, en este caso la roya naranja (*P. kuehni*), pudo haber sufrido cambios que favorecieron la multiplicación (o supervivencia) de los grupos o cepas del hongo más virulentas, ocasionando las repentinas e importantes epidemias que se han reportado desde el año 2000 alrededor del mundo.

Métodos de Combate de la Roya

• Resistencia Varietal

La resistencia de las variedades constituye la principal herramienta en el cultivo de la caña de azúcar para reducir los efectos de las enfermedades, y está directamente relacionada por la composición genética de las diferentes variedades.

La resistencia a las enfermedades es un carácter heredable que en la mayoría de los casos es dominante, y se puede traspasar a la progenie durante el proceso de cruzamiento de diferentes variedades con el fin de encontrar nuevos híbridos. Según estimaciones, la resistencia de la caña de azúcar a la roya tiene una probabilidad que va de un 51 a un 70% de ser heredada a la progenie, por lo que es relativamente fácil obtener individuos resistentes durante un programa de mejoramiento, siempre y cuando uno de los progenitores presente resistencia.

La resistencia puede estar definida por un gen o por varios genes, y en el caso de la resistencia de la caña de azúcar a la roya aparentemente está gobernada por unos pocos genes que activan diversos mecanismos de defensa bioquímicos para contrarrestar el efecto de la infección del patógeno, lo que es una característica muy conveniente ya que para un patógeno es más difícil vencer los efectos de un grupo de genes que los de uno solo para quebrar la resistencia de la variedad.

Es muy importante distinguir entre los términos de resistencia y tolerancia a enfermedades, que tienden a confundir debido a que frecuentemente se utilizan como sinónimos, pero tienen significados distintos. Se habla de **resistencia** o **inmunidad** cuando una variedad determinada del todo no se enferma bajo condiciones de la presencia de la enfermedad, por lo que no producen síntomas, de lo contrario se dice que **no es resistente**. Cuando una variedad no es resistente a una enfermedad, existe la posibilidad de que sea **tolerante**. Se habla de **tolerancia** a una enfermedad cuando una variedad produce los síntomas de la enfermedad sin sufrir efectos negativos considerables en la producción, y en este sentido hay diferentes niveles de tolerancia. Por otro lado, una variedad es **susceptible** cuando definitivamente desarrolla los síntomas de la enfermedad y sufre los efectos reflejados en pérdidas económicas significativas. En

lo que a la interacción patógeno – hospedero se refiere, es más fácil para un patógeno romper la tolerancia que la resistencia. De igual manera, las condiciones de manejo y de adaptabilidad de la variedad al entorno productivo pueden alterar el grado de tolerancia en ambos sentidos, es decir, pueden ayudar a la variedad a soportar el ataque o pueden favorecer a la enfermedad.

Para ilustrar lo anterior se puede citar el caso específico de la Región Sur de Costa Rica, en donde la SP71-5574 muestra una alta susceptibilidad a la roya naranja (*P. kuehni*), pero en condiciones de buen manejo de la plantación los efectos no son tan drásticos, o sea desarrolla cierto nivel de tolerancia debido a condiciones que favorecen el desarrollo de la planta, la producción, y la renovación de tejido foliar nuevo. Se tiene el caso de la Q96 y la RB 98-710 como alternativas para la región, las cuales desarrollan síntomas de la enfermedad, pero en menor grado que la SP71-5574, y manteniendo su producción. En este caso se puede decir que la Q96 tolera mejor los efectos de la roya naranja (*P. kuehni*). Finalmente está el caso de la CP87-1248, otra alternativa para la Región Sur la cual no muestra los síntomas de la enfermedad, por lo que es una variedad resistente.

Actualmente se han identificado las variedades LAICA 03-805, LAICA 04-825, PR79-39, B89-1351 y CP87-1248 como resistentes a la roya naranja (*P. kuehni*) bajo condiciones favorables para la enfermedad en la Región Sur, por lo que constituyen alternativas de producción para la región. A la vez, estos materiales indican que en el país existen fuentes de resistencia para ser utilizadas en futuros programas de cruzamientos.

Es importante explicar que la resistencia a enfermedades que no existen en una región determinada es una característica difícil de establecer, ya que se necesita de la presencia del patógeno para que se manifieste la enfermedad, de ahí que en el caso específico de Costa Rica hasta el 2007 era imposible determinar la reacción de las variedades ante la infección de la roya naranja (*P. kuehni*), y la posibilidad de realizar pruebas de inoculación artificial está fuera de discusión por las implicaciones cuarentenarias que ello conlleva en una región libre del patógeno.

La resistencia a la roya (*P. kuehni* y *P. melanocephala*) es una característica que es medible en el campo, ya sea en condiciones experimentales o comerciales. La medición se lleva a cabo mediante la estimación visual del área foliar afectada por la enfermedad, o mediante la comparación de escalas visuales descriptivas. Las estimaciones para determinar la reacción de la variedad ante la roya, normalmente se realizan en la hoja +3 (tercera hoja verdadera contada a partir de la primera hoja con la lígula visible), y se compara con un esquema gráfico establecido por el PLANALSUCAR el cual le asigna un coeficiente

que, dependiendo de su valor, establece la reacción a la roya (Chavarría 2006).

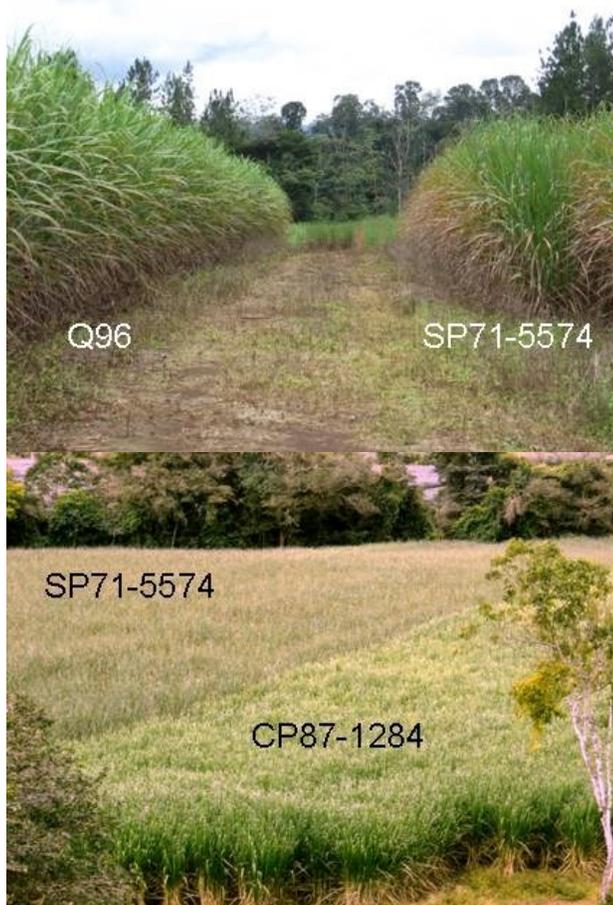


Figura 1. Ejemplo de la reacción de las variedades Q96 (tolerante) y CP87-1248 (resistente) al ataque de la roya naranja (*P. kuehni*) en la Región Sur de Costa Rica durante el 2007.

A nivel experimental se ha practicado con mucha frecuencia las inoculaciones artificiales con esporas de roya para determinar el comportamiento de una variedad. Esta es una práctica muy utilizada bajo condiciones que no son del todo favorables para el desarrollo de la enfermedad, o cuando no hay evidencia de inóculo suficiente; sin embargo, ocasionalmente genera controversia debido a que los detractores estiman que se está forzando al hospedero a desarrollar la enfermedad en condiciones diferentes a las naturales, lo que podría generar resultados confusos o imprecisos. En este aspecto, siempre es más recomendable evaluar las variedades bajo condiciones de inóculo natural, no obstante, si las circunstancias así lo ameritan, será necesario realizar inoculaciones artificiales.

Establecimiento de Alternativas Varietales Resistentes

Hasta el momento se ha podido constatar que las regiones más afectadas por la roya naranja (*P. kuehni*) en Costa Rica son la

Región Sur y la Norte (específicamente el Cantón de Los Chiles), y en ambos casos la variedad que se ha visto más perjudicada ha sido la SP71-5574, también se observaron brotes en la Región del Valle Central sin consecuencias aparentes. No se tiene certeza de la presencia de la roya naranja (*P. kuehni*) en otras variedades de importancia comercial en las restantes regiones, por lo se tiene previsto realizar evaluaciones de campo sometiendo a las principales variedades comerciales del país a condiciones favorables para la enfermedad para estudiar su comportamiento. Esto es factible estableciendo parcelas de evaluación en la Región Sur para medir la reacción a la enfermedad en condiciones de inóculo natural.

La sustitución de variedades comerciales susceptibles por alternativas resistentes es la medida más recomendable para reducir el impacto de la roya naranja (*P. kuehni*) en una determinada región, no obstante es una solución que requiere tiempo y esfuerzo, dada la necesidad de incrementar el material reproductivo mediante técnicas que aseguren la calidad de la semilla, como la reproducción *in vitro* y el uso de hidrotermoterapia, con el objeto de no distribuir otras enfermedades con amplio potencial destructivo mediante el uso de semilla contaminada.

En la Región Sur de Costa Rica la SP71-5574 llegó a ocupar el 96% del área y debido a la *P. kuehni* fue sustituida por alternativas como la LAICA 04-825, LAICA 05-805, LAICA 04-809, RB 99-381, CP 87-1248, RB 98-710, LAICA 05-802, Q 96, RB 86-7515, B 76-259 principalmente. La variedad RB 98-710 presenta un comportamiento interesante con respecto a la enfermedad; esta variedad es muy productiva, presenta susceptibilidad a la *P. kuehni*, pero no se ve afectada en su desempeño por lo que se sigue reproduciendo en la región.

El poseer variedades comerciales tradicionales de alto rendimiento en una determinada región o unidad productiva, promueve en el tiempo un sesgo, y el incremento selectivo y favorecido, del material de mejores características y rendimiento bajo las condiciones naturales y variables de producción, en una reacción que se puede considerar que es natural, hasta generar una dependencia de la variedad. Consecuentemente la identificación de materiales alternativos que superen al o los tradicionales se convierte en un reto difícil de alcanzar. Esto acarrea en forma paralela, el riesgo de que en determinado momento ocurra una situación que comprometa la producción y el futuro de la variedad en el esquema productivo. El establecimiento de una o varias alternativas varietales requiere de decisiones responsables que determinen con claridad los beneficios y el costo de sustituir variedades de alto rendimiento por otros materiales que presenten resistencia a la roya naranja (*P. kuehni*), pero que tal vez muestren otras características no deseables que a la larga perjudiquen su desempeño, con todas las consecuencias resultantes.

Octubre 2023 - Volumen 5 – Número 20

Cuadro 3. Comportamiento de las variedades de caña de azúcar a la roya café (*Puccinia melanocephala*), en áreas comerciales consolidadas que totalicen o superen las 200 ha en Costa Rica de acuerdo a los datos del censo del 2022.

Variiedad	Reacción* a roya café (<i>Puccinia melanocephala</i>)	Variiedad	Reacción* a roya café (<i>Puccinia melanocephala</i>)
B 59-92	N/D	LAICA 05-802	N/D
B 76-259	Resistente	LAICA 05-805	Resistente
B 76-385	Resistente	LAICA 07-801	Resistente
B 77-95	Resistente	LAICA 08-390	Resistente
B 80-689	Inmune	LAICA 09-374	N/D
B 82-333	Resistente	LAICA 10-207	Intermedia
CP 00-2150	Inmune	LAICA 12-340	Inmune
CP 14-1518	Resistente	MEX 79-431	Inmune
CP 72-1210	Resistente	NA 56-42	Intermedia
CP 72-2086	Inmune	NA 85-1602	Inmune
CP 87-1248	Inmune	PR 80-2038	Inmune
CP 88-1165	Inmune	Q 96	Inmune
CP 88-1696	N/D	RB 86-7515	Intermedia
H 77-4643	Inmune	RB 98-710	Inmune
LAICA 00-301	Inmune	RB 99-381	Inmune
LAICA 01-604	Resistente	SP 78-4764	Resistente
LAICA 04-250	Resistente	SP 81-3250	Inmune
LAICA 04-809	Resistente	TW 08-110	Inmune
LAICA 04-825	Intermedia		

*Escala de PLANALSUCAR.

*Referencia: 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.Cuadro 4. Comportamiento de las variedades de caña de azúcar a la roya naranja (*Puccinia kuehnii*), en áreas comerciales consolidadas que totalicen o superen las 200 ha en Costa Rica de acuerdo a los datos del censo del 2022.

Variiedad	Reacción* a roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>)	Variiedad	Reacción* a roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>)
B 59-92	Inmune	LAICA 05-802	N/D
B 76-259	Inmune	LAICA 05-805	Inmune
B 76-385	Resistente	LAICA 07-801	Resistente
B 77-95	Resistente	LAICA 08-390	Resistente
B 80-689	Inmune	LAICA 09-374	N/D
B 82-333	Inmune	LAICA 10-207	Inmune
CP 00-2150	Resistente	LAICA 12-340	Inmune
CP 14-1518	Resistente	MEX 79-431	Inmune
CP 72-1210	Resistente	NA 56-42	Resistente
CP 72-2086	Susceptible	NA 85-1602	Resistente
CP 87-1248	Inmune	PR 80-2038	Resistente
CP 88-1165	Intermedia	Q 96	Intermedia
CP 88-1696	N/D	RB 86-7515	Inmune
H 77-4643	Susceptible	RB 98-710	Susceptible
LAICA 00-301	Resistente	RB 99-381	Inmune
LAICA 01-604	Inmune	SP 78-4764	Resistente
LAICA 04-250	Inmune	SP 81-3250	Resistente
LAICA 04-809	Intermedia	TW 08-110	N/D
LAICA 04-825	Resistente		

*Escala de PLANALSUCAR.

*Referencia: 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.

enfermedades, ha convertido el tema del combate químico en algo extraño y poco usual de aplicar en los paquetes tecnológicos de producción de caña de azúcar. Sin embargo, ante la perspectiva de un problema con potencial de ocasionar pérdidas, y ante la necesidad de establecer medidas de manejo integradas de la roya naranja (*P. kuehni*), el combate químico resulta en una alternativa atractiva en el muy corto plazo y que no se puede dejar de lado.

La experiencia en la utilización de fungicidas para el combate de la roya se había orientado más fuertemente hacia la *P. melanocephala*, debido a que históricamente ha sido la especie de roya más problemática a nivel mundial. Como resultado de estas experiencias se ha concluido que es viable la utilización de fungicidas como alternativa de combate, pero que resulta poco práctico y antieconómico. No obstante, en Australia a partir del

año 2000, se ha implementado la aplicación de fungicidas de las familias de los triazoles y estrobilurinas como alternativas de combate de la roya naranja (*P. kuehni*) en la variedad Q124 (Magarey *et al* 2004). Como complemento en el manejo de la roya naranja (*P. kuehni*) en Australia, se han implementado sistemas de monitoreo, ya sea por análisis espacial o de campo, de los niveles de roya naranja (*P. kuehni*) con el fin de realizar las aplicaciones con base a un criterio técnico.

En Costa Rica se implementó del combate químico de la roya naranja (*P. kuehni*), con resultados bastante satisfactorios desde el punto de vista estricto del combate de la enfermedad. En coordinación con Coopeagri, CAFESA, Geotec, Bayer y Syngenta, se realizaron en la Región Sur pruebas con 11 mezclas de fungicidas en la variedad SP71-5574.

Cuadro 5. Características básicas de los fungicidas evaluados como alternativa para el combate de la roya (*Puccinia kuehni*) en la variedad de caña SP71-5574. Finca La Presa, Coopeagri, Pérez Zeledón, Costa Rica. 2007.

Nombre Genérico	Nombre Comercial	Grupo	Acción	Mecanismo de Acción
mancozeb	Dithane M45	ditiocarbamato	de contacto	interfieren con grupos SH
azoxistrobina	Amistar 50WG	estrobilurina	sistémica	inhibidores de la respiración
trifloxistrobina	Flint 50WG	estrobilurina	sistémica	inhibidores de la respiración
ciproconazol	Atemi 10SL	triazol	sistémica	inhibidores de la biosíntesis del ergosterol
propiconazol	Tilt 25EC	triazol	sistémica	inhibidores de la biosíntesis del ergosterol
triadimefon	Bayleton	triazol	sistémica	inhibidores de la biosíntesis del ergosterol
triadimenol	Caporal 25DC	triazol	sistémica	inhibidores de la biosíntesis del ergosterol

Cuadro 6. Resultado de la evaluación de 11 mezclas de fungicidas como alternativas para el combate de la roya (*Puccinia kuehni*) en la variedad de caña SP71-5574. Finca La Presa, Coopeagri, Pérez Zeledón, Costa Rica. 2007.

Descripción de los Tratamientos	Área Foliar Afectada (%)		
	+1	+2	+3
Infección inicial en el lote	3,7	11,1	21,4
Infección a los 15 días después de aplicados los tratamientos:			
Tilt 1L/ha	5,3 ab	11,3 abc	20,6 ab
Caporal 0,7L/ha + Flint 200g/ha	2,1 d	5,3 e	11,9 e
Atemi 0,75L/ha	3,1 dc	7,8 de	15,6 de
Amistar 300g/ha	4,4 abc	8,8 cd	16,7 bdc
Bayleton 1kg/ha	4,6 abc	10,9 abc	20,7 ab
Testigo (sin aplicar)	6,2 a	11,7 ab	20,3 abc
Atemi 0,5L/ha	5,9 ab	11,9 a	21,1 a
Mancozeb 1,5kg/ha	4,3 bc	8,8 cd	16,3 cd
Amistar 200g/ha	4,2 bc	9,0 bcd	15,1 de
Bayleton 0,7kg/ha	5,2 ab	10,2 abcd	18,0 abcd
Caporal 1kg/ha + Flint 200g/ha	5,5 ab	11,0 abc	19,8 abc
Tilt 0,75L/ha	5,8 ab	11,8 ab	22,2 a

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente al 0,01.

Los valores de las celdas sombreadas mostraron diferencias estadísticas significativas en relación al nivel de la roya antes de la aplicación de los tratamientos.

Los resultados revelan que alternativas como el triadimenol, trifloxistrobina, y el ciproconazol presentan una reducción del AFA bastante considerable en relación al testigo sin aplicar, y a la

vez redujeron entre 5,8 y 9,5% el daño en la hoja +3 en relación a los niveles iniciales de infección.

Conclusiones

Es definitivo con respecto a la roya que a partir de julio del 2007 se está ante un caso de una nueva especie diferente a la *P. melanocephala*, la cual ha estado por mucho tiempo en el país y está distribuida en prácticamente todas las regiones cañeras a nivel mundial, y ha sido protagonista de epidemias importantes. No es posible determinar cuál fue la vía que utilizó la roya naranja (*P. kuehni*) para llegar al hemisferio occidental, se presume que utilizó el mismo corredor que la *P. melanocephala*, pero aún no se confirma.

La roya naranja (*P. kuehni*) no era una enfermedad común en el hemisferio occidental y Costa Rica permaneció libre del patógeno por mucho tiempo, sin embargo, las características de diseminación del hongo hacen difícil detenerlo por medio de medidas cuarentenarias efectivas, ya que las esporas pueden trasladarse libremente en el aire y producir infecciones si las condiciones ambientales y del hospedero se lo permiten. Actualmente la *P. kuehni* se ha establecido de manera endémica

en Costa Rica ocasionando más daño y pérdidas que la *P. melanocephala*.

Es altamente recomendable someter a los principales materiales comerciales de las diferentes regiones a condiciones de alta presencia de la enfermedad para evaluar el comportamiento de las variedades en relación a la roya. La Región Sur de Costa Rica presenta condiciones ideales para la evaluación de las variedades con respecto a las royas.

El impacto de la roya naranja (*P. kuehni*) en la Región Sur de Costa Rica fue del 21,6% de pérdidas a nivel regional.

Ante niveles de ataque con proyecciones de pérdidas altos, la utilización del combate químico para contrarrestar los efectos es una práctica viable, no obstante, debe realizarse a tiempo y sin descuidar el manejo general del cultivo, ya que bajo condiciones de mal manejo se podría tornar en una práctica con un efecto meramente cosmético y de alto valor económico sin los resultados esperados en los rendimientos. Es necesario recordar que la caña de azúcar es una planta que en condiciones normales

de desarrollo emite una hoja nueva cada semana aproximadamente, y esta capacidad de renovación de tejido fotosintético le permite compensar parcialmente el daño ocasionado por el ataque de enfermedades foliares. Cualquier

situación que retrase, detenga o altere el desarrollo normal de la planta, va a favorecer a la enfermedad y a comprometer los rendimientos.

Literatura citada

Bailey, R.A. (1979). Sugarcane rust in South Africa. Sugarcane Pathology Newsletter 22:12-13.

BSES. 2007. Final Report – SRDC Project BSS267. BSES Limited. Australian Government. 133 p.

Chavarría, E. 2006. Escalas descriptivas para la evaluación de enfermedades de la caña de azúcar. DIECA (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar), LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar), San José, Costa Rica. 54 p.

Chona B.L., Munjal, R.L. (1950) *Puccinia kuehnii* (Krueger) Butler on sugarcane in India. Current Science 19:151-152.

Cummins GB (1971). The rust fungi of cereals, grasses and bamboos. Springer- Verlag, Berlin, 507 pp.

Esquivel, E.A. 1980. La roya de la caña de azúcar (*Puccinia* spp.) – aspectos básicos y revisión de la situación actual. Boletín Tecnológico GEPLACEA. No 14.

Magarey, R.; Nielsen, W.A. and Bull, J. (2004). The effect of orange rust on sugarcane yield in breeding selection trials in central Queensland:1999.2001. Proceedings. Australian Society of Sugar Cane Technologist. Vol 26.

Ovalle, W.; Orozco, H.; Quemé, J.; Melgar, M.; García, S. 2011. Estrategia para el manejo de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en Guatemala y resultados de tres años. En XII Congreso ATAGUA, Guatemala, 8 al 11 de agosto 2011.

Patel M.K., Kamat M.N., Padhye Y.A. (1950). A new record of *Puccinia* on sugarcane in Bombay Current Science 4:121-122.

Purdy, L. H., Krupa, S. V., and Dean, J. L. 1985. Introduction of sugarcane rust into the Americas and its spread to Florida. Plant Disease 69:689-693.

Taylor, P.W.J., Croft, B.J., Ryan C.C. (1986) Studies into the effect of sugarcane rust (*Puccinia melanocephala*) on yield ISSCT, 411- 419.

Tiwari M.M., Singh K. (1962). Chemical control of sugarcane rust: Indian J Sugarcane Res Dev 6:179-180.

Recuerde que puede acceder los boletines en
www.imn.ac.cr/boletin-agroclima y en
www.laica.co.cr