



# EVALUACIÓN DE EFICACIA DE PRODUCTOS NATURALES PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN DE CORONA (*crown rot*) EN PLÁTANO

## Participantes:

Nayra Cartaya Díaz (Biomusa)  
Esther Domínguez Palarea y Ana Buena Piedra Díaz (Asprocan)  
Manolo Duque Yanes, Jose Manuel Torres Sánchez, Jose Javier Oramas González-Moro,  
Javier Pereyra León (Departamento de Calidad de Coplaca)  
Gloria Lobo Rodrigo (Departamento de Fruticultura Tropical del ICIA)  
Julio Hernández Hernández (Departamento de Protección Vegetal del ICIA)  
Santiago Perera González (Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo de Tenerife)

JULIO 2011

**Biomusa**

## INDICE

- 1.- INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN
- 2.- OBJETIVO
- 3.- MATERIAL Y MÉTODOS
  - 3.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENSAYO
  - 3.2.- APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS
  - 3.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL
  - 3.4.- SIMULACIÓN DEL PROCESO DE TRANSPORTE, MADURACIÓN, CONSERVACIÓN Y PUESTA EN VENTA
  - 3.5.- EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS
  - 3.6.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE RESULTADOS Y SOFTWARE UTILIZADO
- 4.- RESULTADOS
  - 4.1.- PORCENTAJE DE CORONA OCUPADA POR MICELIO.
  - 4.2.- PENETRACIÓN DE PUDRICIÓN EN CORONA
  - 4.3.- ÍNDICE DE PODREDUMBRE SEGÚN ESCALA DE FROSSARD
  - 4.4.- COLOR
  - 4.5.- OTRAS OBSERVACIONES.
- 5.- CONCLUSIONES
- 6.- AGRADECIMIENTOS
- 7.- BIBLIOGRAFIA
- 8.- ANEXO FOTOGRÁFICO

## EVALUACIÓN DE EFICACIA DE PRODUCTOS NATURALES PARA EL CONTROL DE LA PUDRICIÓN DE CORONA (*crown rot*) EN PLÁTANO

### 1.- INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La principal enfermedad de postcosecha en plátano es la conocida como pudrición de corona o *crown rot*. Dicha enfermedad se inicia con un reblandecimiento de los tejidos superficiales en los restos del raquis y en la corona o cojinete que adquiere un color marrón oscuro o negro que puede avanzar hasta afectar a los pedicelos e incluso a los dedos individuales en los casos más graves (Alvindia *et al*, 2000). En el corte de la superficie de la corona se desarrolla un fieltro o capa micelial de color blanquecino, grisácea o rosa. El micelio y la pudrición estropean la apariencia fresca y limpia de la maduración de la fruta (Duque *et al*, 2004). En casos severos la pudrición penetra profundamente en los dedos, que pueden llegar a desprenderse de la corona y alcanzar la pulpa perdiéndose la totalidad del fruto (Muirhead y Jones, 2000).



Foto 1.- Pudrición de corona (*crown rot*)

Esta enfermedad se diferencia del resto de las enfermedades de postcosecha en que su agente causal está constituido por un conjunto o complejo de especies fúngicas catalogadas como “de herida o debilidad”. Estos organismos poseen una escasa capacidad parasitaria ya que por sí mismas son incapaces de producir una enfermedad y necesitan para iniciar el ataque la vía de entrada que representan las heridas y daños de la piel de los frutos y de la corona de las manos, así como condiciones ambientales propicias para su desarrollo. Generalmente son especies fúngicas que forman parte de la microflora del cultivo. Estas especies varían sensiblemente por la influencia zonal y estacional siendo las más comunes en Canarias: *Acremonium* sp., *Alternaria alternata*, *Cladosporium* spp., *Colletotrichum* sp., *C. musae*, *Fusarium* spp., *F. moniliforme*, *F. moniliforme* var. *subglutinans*, *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. roseum*, *Geotrichum* sp., *Gliocladium* sp., *Nigrospora* sp., *Nigrospora oryzae*, *Penicillium* spp., *Stemphylium* sp., *V. theobromae* (Hernández *et al*, 1984; Anónimo, 1994; Perera *et al*, 2004).

Las pérdidas producidas por la enfermedad de pudrición de corona *crown rot* en Canarias han disminuido en los últimos años principalmente por las mejoras incorporadas en el proceso de manipulación en los empaquetados y en el transporte. Sin embargo, aún en la actualidad se estiman pérdidas de un 4-5% debido a esta enfermedad (Dpto. Calidad de Coplaca, comunicación personal).

El control de la podredumbre de corona ha de iniciarse desde el campo con la aplicación de buenas prácticas sanitarias, que van desde la eliminación de las fuentes de inóculo hasta el manejo lo más cuidadoso posible durante la cosecha de la fruta, evitando daños por golpes, roces, etc. Las medidas de control incluyen también el mantener desinfectados y libre de restos de fruta las áreas de manipulación y empaquetado además de la limpieza de los equipos de trabajo (FAO 2006). Sin embargo, y a pesar de estas medidas preventivas, es necesario, en la mayoría

de los casos, actuar de forma directa para el control de la enfermedad. Así, se recurre a la utilización de fungicidas químicos, aunque en los últimos años existe una línea de investigación sobre la utilización de medidas alternativas al uso de productos de síntesis como el empleo de extractos vegetales, atmósferas modificadas y controladas, irradiación y choque térmico y control biológico.

Existen numerosos trabajos que han estudiado la eficacia *in vivo* de numerosos extractos de plantas, entre ellos esta el realizado por Umaña, 2009 que evaluó el crecimiento de dos hongos asociados con la podredumbre de corona en Costa Rica, *C. musae* y *F. proliferatum*. Para el extracto de tomillo los resultados de disminución de la lesión fueron semejantes entre el testigo no tratado y la inoculación con *C. musae* obteniéndose mejores resultados sobre *F. proliferatum* (18,64% y 48,24% respectivamente). En ensayos de eficacia *in vitro* de *T. vulgaris* sobre el crecimiento de *C. musae* y *F. proliferatum* este mismo autor encontró una disminución del crecimiento de las colonias de 49,51% para *C. musae* y de 49,28% para *F. proliferatum*.

En ensayo llevados a cabo por Perera *et al* (2004) con plátanos inoculados con especies del *crown rot* de Canarias se aplicaron varios productos naturales tales como lecitina de soja, propóleo y tomillo rojo. El producto que aportó los mejores resultados en el control de la enfermedad fue el tomillo rojo (*Thymus zygis*) a la dosis de 150 cc/hl.

Otro de los extractos ensayados para el control de hongos postcosecha se obtiene de la canela (*Cinnamomun zeylanicum*). En trabajos realizados por Ranasinghe *et al* (2003) se aislaron los hongos patógenos de la podredumbre de corona del plátano de la variedad Émbul (*C. musae*, *F. proliferatum* y *L. theobromae*) y se trataron *in vitro* con el extracto de aceite de la corteza de canela, observándose un efecto fungistático y fungicida en el rango de concentraciones de 0,64-1,00 mg/ml. Win *et al* (2007) también evaluaron la actividad antifúngica de los extracto de canela sobre los hongos *C. musae*, *Fusarium sp.*, *L. theobromae*. Se aplicaron concentraciones de 0; 0,1; 0,5; 1; 5 y 10 g/l del extracto *in vitro* en medio PDA. El extracto de canela inhibió completamente la germinación de conidias y el crecimiento micelial a 5 g/l.

Por su parte, Al Zaemey *et al* (1993) estudiaron el efecto de algunos ácidos orgánicos (ácido oleico, ácido palmítico, láurico y ácido cítrico) sobre *C. musae*. En ensayos *in vitro* los ácidos se incorporaron al medio de cultivo (agar-agar, AA) para determinar su capacidad de inhibición sobre el crecimiento lineal del hongo. La reducción del crecimiento fue significativa para los ácidos cítrico, oxálico y oleico a las dosis de 1-3% (p/v).

Dorta *et al* (2010) estudiaron *in vitro* e *in vivo* la eficacia de varios productos naturales sobre *crown rot* de Canarias entre los que se encontraban el extracto de corteza de canela, extracto de tomillo rojo, extracto de semillas de cítricos y ácidos orgánicos. A dosis máximas el extracto de tomillo rojo produjo reducciones del diámetro de las colonias del orden del 58,53 al 89,40%. Le siguieron, en el grupo de los extractos de semillas de cítricos con un 49,50 al 89,50% y los ácidos orgánicos con 25,20 al 76,57%. *In vivo* los mejores resultados se obtuvieron con extracto de semillas de cítricos con valores de 51,38%, 2,74 para avance de la enfermedad y 8,5 mm para penetración en corona. Los peores resultados se obtuvieron con el extracto de canela con valores para la variable del porcentaje de micelio de 74,15%.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, y la tendencia en los últimos años a evitar la aplicación de productos químicos en los procesos de postcosecha debido a las demandas de los consumidores por productos con niveles mínimos de productos, métodos alternativos al control químico en los tratamientos tras la recolección han tomado una creciente importancia.

Por ello, se planteó la realización de este ensayo con el siguiente objetivo:

## 2.- OBJETIVO

Evaluar la aplicación de cinco productos naturales sobre la pudrición de corona *crown rot*. en postcosecha del plátano.

## 3.- MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENSAYO

Este trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del empaquetado perteneciente a la Cooperativa Agrícola de Norte de Tenerife (FAST) situada en Las Arenas, en el término municipal de La Orotava entre el 30/03/2011 y el 15/04/2011.

Antes de la aplicación de los tratamientos se procedió a la inoculación de la fruta con suspensiones de esporas de las principales especies componentes del *crown rot* que se obtuvieron a partir de la colección de aislados del ICIA que se conserva en glicerol a -80 °C. Se trabajó con las especies *Geotrichum* sp., *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *Penicillium* sp. *Phoma* sp. y *Verticillium theobromae*. Con la finalidad de obtener una cantidad suficiente de inóculo y una concentración media-alta, se realizaron siembras en placas de patata dextrosa agar (PDA) que se incubaron a temperatura ambiente durante 7 días y siembras en caldo de patata glucosado en agitación que se mantuvieron a 25 °C durante 7 días. Transcurrido ese tiempo, los cultivos en caldo de patata se filtraron en doble capa de gasa estéril. En los cultivos en placa se añadieron entre 10-20 cc de agua destilada estéril por placa, se raspó el micelio superficial y se filtró la suspensión obtenida en doble capa de gasa estéril. El inóculo final se preparó mezclando todas las suspensiones. La concentración del inóculo se estimó por conteo en el hematocitómetro. Una vez diluida la suspensión de esporas en las cubetas de aplicación (30 litros) se alcanzó una concentración de 117.000 unidades formadoras de colonias (ufc)/ml.

### 3.2.- APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

La aplicación de los tratamientos fungicidas en postcosecha en la mayoría de los empaquetados en Canarias se realiza por técnicas de ducha o cascada, aunque en los últimos años algunos empaquetados han adoptado sistemas de aplicación mediante pulverización (Dpto. de Calidad de Coplaca, com. pers.). En el ensayo, por motivos de organización y operatividad, así como para poder comparar los resultados con trabajos anteriores, la aplicación de los tratamientos se efectuó mediante sistemas de inmersión, puesto que es el sistema utilizado por la mayoría de los investigadores que han estudiado eficacia de productos fungicidas.

Se evaluaron 5 productos naturales, utilizando un producto químico de síntesis como tratamiento estándar (imazalil) y dos controles, uno inoculado y otro sin inocular. Los productos naturales evaluados fueron seleccionados por los buenos resultados obtenidos en ensayos *in vitro* e *in vivo* realizados en el ICIA y presentados como Trabajos de Fin de Carrera en la Universidad de La Laguna (Perera *et al*, 2004; Dorta *et al* 2010). En la siguiente tabla se muestran las materias activas, nombres comerciales, dosis recomendadas en etiqueta y dosis utilizadas de los fungicidas y productos naturales aplicados. Como se puede observar en la tabla, en el caso de los productos naturales se aplicaron las dosis máximas indicadas en la etiqueta. Para el producto químico estándar (imazalil) se empleó la dosis mínima, ya que estudios previos indicaron que incluso a dosis inferiores a las indicadas en la etiqueta (0,2-0,3%) se obtenían altas eficacias en el control del *crown rot* tanto en ensayos *in vitro* como *in vivo* (Perera *et al*, 2004; Dorta *et al*, 2010).

Tabla 1.- Tratamientos con materias activas evaluados, nombres comerciales y dosis recomendadas y utilizadas.

MATERIA ACTIVA	NOMBRE COMERCIAL	DOSIS RECOMENDADA EN ETIQUETA (cc/hl)	DOSIS UTILIZADA (cc/hl)
IMAZALIL 7.5% SL	FRUITGARD-IS- 7,5	500-600	500
EXTRACTO DE TOMILLO ROJO	TOMILLO ROJO BIO 75	300-500	500
ACEITE DE CANELA 60%	CINNACODA	50-150	150
ACEITE DE CANELA 60% + BOLSA*	CINNACODA	50-150	150
EXTRACTO SEMILLAS CÍTRICOS	ZYTROSEED	100-200	200
<i>Bacillus subtilis</i>	SERENADE	800-1000	1000
EXTRACTOS Y MICROORGANISMOS	BIO-CLEAN	150-300	300
CONTROL INOCULADO	-	-	-
CONTROL SIN INOCULAR	-	-	-

(\*) La bolsa empleada fue de P.E. baja densidad con 18 micras de espesor y con perforaciones que proporcionan 31 cm<sup>2</sup> de aireación total.

Los frutos seleccionados para la experimentación procedían de condiciones de cultivo similares entre sí, procedentes de una misma zona y explotación, y tomados de racimos con un mismo grado de llenado. Estos racimos sufrieron las manipulaciones habituales del procesado de la fruta a la llegada al empaquetado: tras la descarga de la fruta, ésta se colocó en el cable-carril y se pulverizó con agua potable recién ozonificada. A continuación sufrió un intenso lavado mediante chorros con agua recirculada. El inóculo de esta agua de lavado se estimó, mediante la técnica de dilución en placa, en 60.000 ufc/ml.



Foto 2.- Fruta en cable carril y desmanillado.



Foto 3.- Fruta sometida a intenso lavado mediante chorros de agua.

Tras este proceso y una vez seca, la fruta se sumergió durante 3 minutos en la suspensión de esporas previamente preparada. Transcurrida aproximadamente 1 hora desde la inmersión en dicha suspensión, se aplicaron los distintos tratamientos por inmersión durante 30 segundos. Las manos pertenecientes al tratamiento control inoculado y control no inoculado se sumergieron 30 segundos en agua sin adición de productos fungicidas. Después de la aplicación de cada uno de los tratamientos, las manos tratadas se depositaron en cada una de las cajas debidamente etiquetadas indicando el producto utilizado en el tratamiento y el número de repetición. Estas cajas se colocaron en palets de igual manera que en el proceso habitual de transporte, tras lo cual fueron introducidas en las cámaras de conservación para efectuar la simulación de conservación y transporte habituales.



Foto 4.- Fruta sumergida en uno de los tratamientos.



Foto 5.- Configuración del palet con la fruta después de la aplicación de los tratamientos.



Foto 6.- Bolsa utilizada en combinación con el aceite de canela.

### 3.3.- DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó según un diseño completamente al azar con un solo factor (tratamientos). La unidad experimental considerada fue la caja, conteniendo 5-6 manos cada una, incluyéndose 5 repeticiones por cada uno de los 8 tratamientos. Las cajas de los distintos tratamientos se colocaron al azar sobre dos palets siguiendo los patrones comerciales. La mayoría de las variables se estudiaron en diferentes tiempos, por lo que el análisis se hizo según un modelo de medidas repetidas en el tiempo.

### 3.4.- SIMULACIÓN DEL PROCESO DE TRANSPORTE, MADURACIÓN, CONSERVACIÓN Y PUESTA EN VENTA

Se realizó una simulación del proceso de transporte, maduración y puesta en venta. Aunque en la práctica esta duración es variable ya que está sujeta a leyes de mercado, estado de la fruta, época del año, etc. la duración del proceso fue de 16 días.

La simulación constó de las siguientes fases:

- 1º) Transporte marítimo y terrestre: 5 días a 12-14°C con HR > 90%.
- 2º) Maduración: 3 días.
  - Primer día a 18°-20°C con HR > 90%.
  - Segundo día incorporación de Azethil a 18°-20°C con HR > 90%.
  - Tercer día conservación maduros a 14°-16°C con HR > 90%.
- 3º) Conservación: 4 días a 11°-12°C con HR > 80%.
- 4º) Puesta en venta: 4 días a temperatura y HR ambiente.

Esta etapa del ensayo se realizó en las cámaras que se utilizan para la maduración y conservación de la fruta para venta local, ubicadas en el empaquetado perteneciente a la Cooperativa del Norte de Tenerife (FAST).

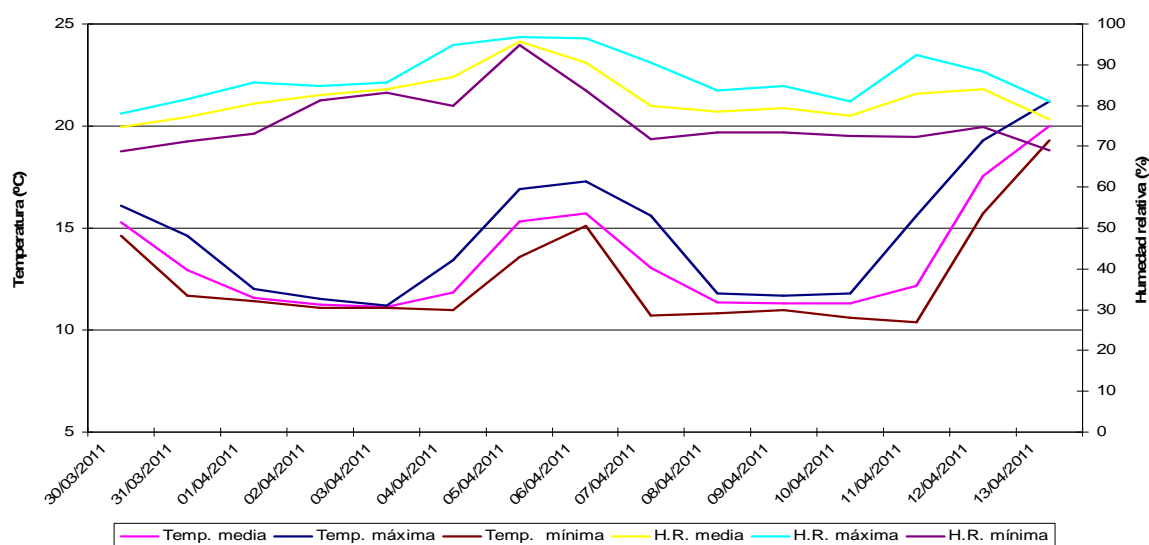


Foto 7.- Vista general de las cámaras de maduración y conservación.



Foto 8.- Cajas correspondientes al ensayo dentro de la cámara.

Para el control de temperatura y humedad durante todo el proceso de simulación y puesta en venta se colocó un registrador (marca SCORT ilog) que tomó datos de estos parámetros cada 30 minutos. Los valores registrados se presentan en la Gráfica 1.



Gráfica 1.- Temperatura y humedad relativa media, máxima y mínima diaria durante la realización del ensayo.



### 3.5.- EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

La toma de datos se realizó a los siguientes momentos después de la aplicación del tratamiento (días después de aplicar el tratamiento, dda):

- A los 5 dda: coincidiendo con el final del periodo de transporte.
- A los 8 dda: correspondiente al final del periodo de maduración.
- A los 12 dda: final del periodo de conservación de fruta madura.
- A los 15 dda: transcurridos 4 del periodo de puesta en venta.

Se evaluaron las siguientes variables:

- Índice de valoración visual de podredumbre según la escala de Frossard, basada en la escala de la United Fruit Corporation.
- Valoración visual del porcentaje de cojinete ocupado por micelio en la superficie de la herida provocada en el desmanillado.
- Penetración de la pudrición en la corona de las manos en milímetros medida en tres puntos de la corona.
- Índice de maduración según escala de color.

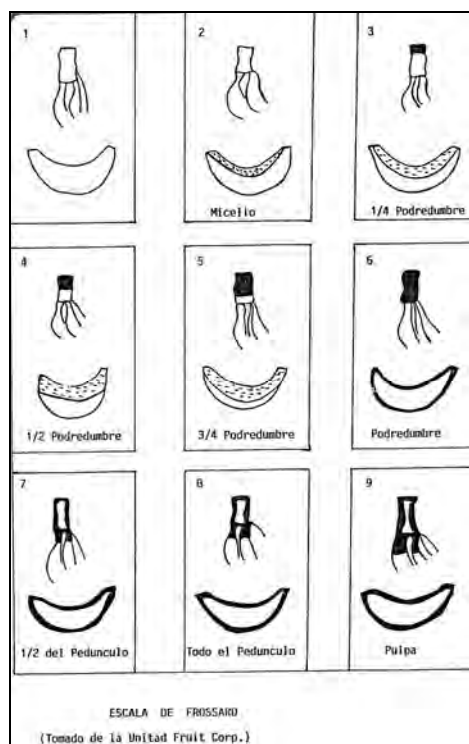


Figura 1.- Índice de podredumbre de corona según escala de Frossard.



Figura 2.- Índice de maduración según escala de color.



Foto 9.- Evaluación de las variables en uno de los tiempos.



Foto 10.- Detalle de la evaluación de parámetros.

### 3.6.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE RESULTADOS Y SOFTWARE UTILIZADO

Los datos obtenidos a lo largo de todo el ensayo se trataron en los siguientes programas:

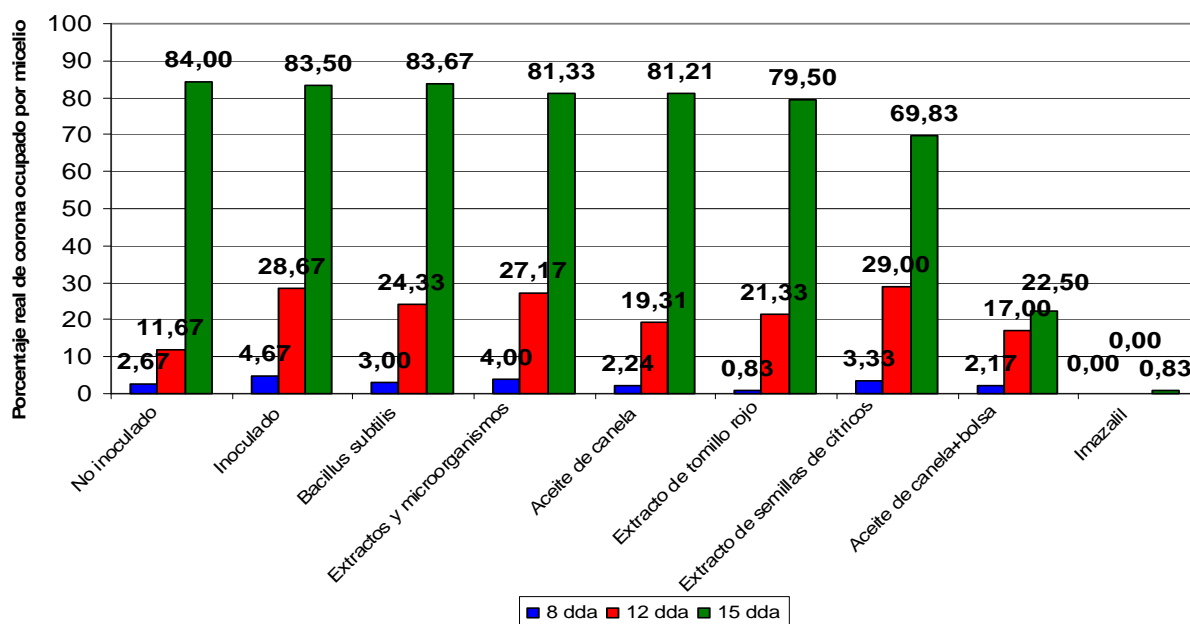
- Hoja de cálculo y gráficos de Microsoft Excel 2003 para Windows.
- Análisis estadístico con STATISTIX 9.0.

Los datos obtenidos en los distintos momentos se estudiaron mediante un análisis de la varianza de medidas repetidas. Puesto que los datos con valores porcentuales tienen una distribución binomial caracterizada por presentar varianzas pequeñas en los extremos y mayores en el centro, se realizó la transformación arcsen de los datos para aproximarla a una distribución normal.

## 4.- RESULTADOS

### 4.1.- PORCENTAJE DE CORONA OCUPADA POR MICELIO.

En el siguiente gráfico se observa el porcentaje real de corona ocupado por micelio para cada uno de los tratamientos evaluados en los tres tiempos de evaluación.



Gráfica 2.- Porcentajes reales de corona ocupada por micelio en los distintos tratamientos y a los distintos tiempos de valoración

Como se observa en la Gráfica 2, el mejor resultado para los tres tiempos de evaluación fue para el tratamiento con imazalil con un 0% de corona ocupada por micelio a los 8 y 12 dda y con un 0,83% a los 15 dda.

Entre los tratamientos con productos naturales, a los 8 dda el extracto de tomillo rojo y el aceite de canela (con y sin bolsa) son los que obtuvieron un menor porcentaje de cojinete ocupado por micelio, siendo el tratamiento inoculado, extractos y microorganismos y el extracto de semillas de cítricos, los que resultaron con los porcentajes más elevados.

A los 15 dda que se corresponde con el momento adecuado de consumo, los productos naturales que mostraron los mejores resultados fueron el aceite de canela en combinación con la bolsa (22,5% de ocupación del cojinete con micelio), seguido por el extracto de semillas de cítricos (69,83%) y el extracto de tomillo rojo (79,5%), mientras que los menos efectivos fueron el tratamiento no inoculado, *Bacillus subtilis* y tratamiento inoculado con porcentajes superiores al 83%. En la tabla 2 se muestran los valores medios de los porcentajes de corona ocupados por micelio transformados para su análisis estadístico.

Tabla 2.- Valores medios y resultados del ANOVA de los porcentajes de cojinete o corona ocupados por micelio a los 15, 12 y 8 días después de la aplicación.

TRATAMIENTOS	DÍAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS		
	15 DDA	12 DDA	8 DDA
No Inoculado	71,78a	18,59c	6,65ab
Inoculado	70,52a	30,68ab	9,02a
<i>Bacillus subtilis</i>	68,65ab	28,36abc	5,95abc
Extractos y microorganismos	67,10ab	29,79ab	7,19ab
Aceite de Canela	67,08ab	23,36abc	4,77abc
Extracto de Tomillo rojo	64,28ab	25,91abc	2,15bc
Extracto de semillas de cítricos	57,56b	31,67a	6,75ab
Aceite de canela con bolsa	25,40c	21,34bc	3,98abc
Imazalil	2,155d	0,00d	0,00c
p	0,0000	0,0000	0,0001
S,E,	2,53	3,10	1,36

Datos sometidos a una transformación de  $\arcsen \sqrt{x}$  para su análisis estadístico. El valor que se presenta en cada tratamiento es media de 29-30 manos. Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p \leq 0.05$ )

Como se observa en la tabla 2 a los 15 dda, el tratamiento imazalil obtuvo el menor porcentaje de cojinete ocupado por micelio con diferencias significativas con el resto de tratamientos seguido del tratamiento de canela con bolsa, que también presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos. En este momento (15 dda) no existen diferencias significativas entre los tratamientos inoculado, no inoculado, *Bacillus subtilis*, extractos y microorganismos, aceite de canela y extracto de tomillo rojo. El extracto de semillas de cítricos sí mostró diferencias significativas con respecto a los tratamientos inoculado y no inoculado.

## 4.2.- PENETRACIÓN DE PUDRICIÓN EN CORONA

En la tabla 3 se detallan los valores de la penetración de pudrición en corona (mm) evaluadas a los 15 dda.

Tabla 3.- Valores medios y resultado del ANOVA para la penetración de pudrición en corona a los 15 días después de la aplicación.

TRATAMIENTOS	PENETRACIÓN DE PUDRICIÓN EN CORONA (mm) a los 15 días después de la aplicación
Inoculado	8,85a
Extractos y microorganismos	8,78a
No Inoculado	7,82ab
<i>Bacillus subtilis</i>	7,63ab
Aceite de canela con bolsa	6,97ab
Extracto de Tomillo rojo	6,78ab
Extracto de semillas de cítricos	6,54ab
Aceite de canela	6,53ab
Imazalil	5,67b
p	0,0091
S,E,	0,61

El valor que se presenta en cada tratamiento es media de 29-30 manos. Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p \leq 0.05$ )

En la tabla 3 se observa que el tratamiento con imazalil obtuvo la menor penetración de pudrición en corona (5,67 mm), no existiendo diferencias significativas con los tratamientos de aceite de canela sin bolsa, extractos de semillas de cítricos, extracto de tomillo rojo, aceite de canela con bolsa, *Bacillus subtilis* y no inoculado.

Asimismo, el tratamiento inoculado obtuvo la mayor penetración de pudrición en corona (8,85 mm) sin diferencias significativas con los tratamientos extractos y microorganismos, no inoculado, *Bacillus subtilis*, aceite de canela con bolsa, extractos de semillas de cítricos y aceite de canela.

Se observó que a pesar de que la penetración de la pudrición en las coronas pertenecientes al tratamiento con aceite de canela combinado con la bolsa fue de 6,97 mm, ésta no fue provocada por el crecimiento micelial ya que el porcentaje medio de corona ocupado por micelio fue la segunda más baja de los 9 tratamientos evaluados.



Foto 11.- Penetración de corona en el tratamiento canela con bolsa



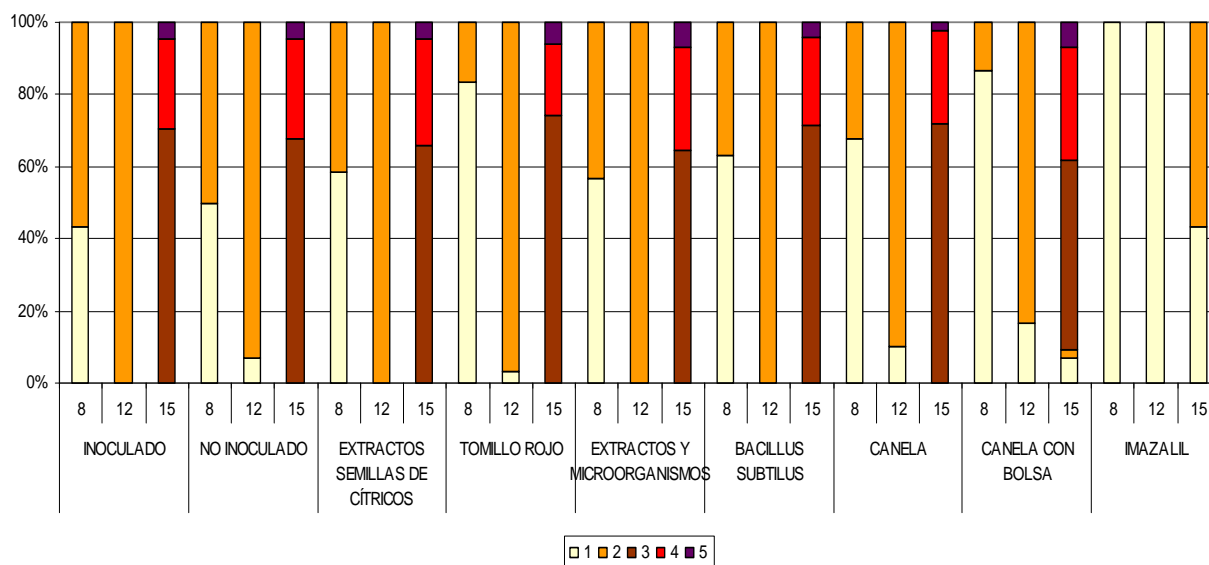
Foto 12.- Penetración de corona en el tratamiento inoculado.



Foto 13.- Penetración de corona en el tratamiento imazalil.

#### 4.3.- ÍNDICE DE PODREDUMBRE SEGÚN ESCALA DE FROSSARD

La distribución porcentual de los valores del índice de podredumbre por tratamiento y a los diferentes días después de la aplicación se muestra en el siguiente gráfico.

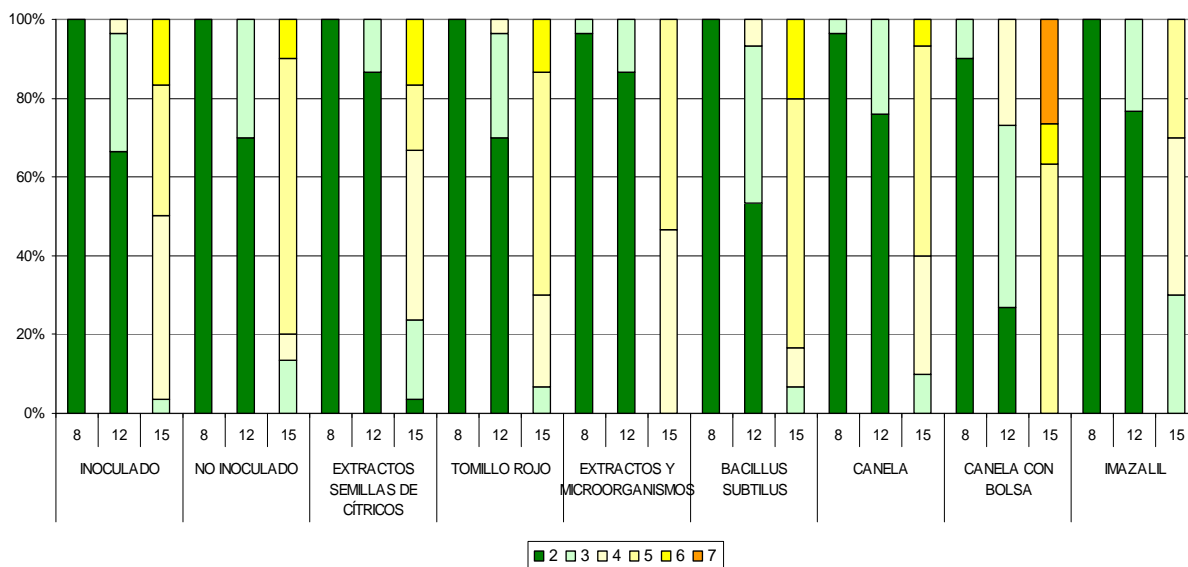


Gráfica 3.- Distribución porcentual de los valores del índice de podredumbre por tratamiento y a diferentes días tras la aplicación.

A los 15 dda el tratamiento con imazalil no superó el nivel 2 de la escala (que va de 0 a 9). El resto de tratamientos alcanzaron el nivel 5, sin observarse diferencias importantes entre los porcentajes alcanzados para cada uno de los niveles de la escala.

#### 4.4.- COLOR

En el gráfico 4 se detalla la distribución porcentual de los valores del índice de maduración según la escala de color en cada evaluación.



Gráfica 4.- Distribución porcentual de los valores del índice de maduración según escala de color a diferentes dda

Según el gráfico 4, el tratamiento de aceite de canela con bolsa fue el único que alcanzó el valor 7 (amarillo moteado). Dicho valor fue observado en el 26,6% de las manos evaluadas a los 15 dda. Los tratamientos en los que se obtuvo el nivel más bajo de maduración a los 15 dda fueron imazalil y extractos y microorganismos (30 y 53,4% de las manos, respectivamente, en el nivel 5=punta verde). El resto de tratamientos alcanzó el nivel 6 (amarillo) a los 15 dda.

#### 4.5.- OTRAS OBSERVACIONES.

Se observó que a los pocos minutos de la aplicación del tratamiento con extracto de tomillo rojo a la dosis de 500 cc/hl sobre las manos de las primeras cajas que fueron sumergidas en la solución de dicho extracto apareció una reacción de fitotoxicidad consistente en manchas irregulares de color oscuro, casi negro. Estas manchas produjeron incluso depresiones sobre el tejido, que se observaron en la evaluación realizada a los 8 dda. Se debe tener en cuenta, sin embargo, que en las aplicaciones de este producto que se realizan actualmente en algunos empaquetados de plátanos no se supera la dosis de 300 cc/hl, sin observarse ningún tipo de fitotoxicidad. Asimismo es importante indicar que se debe asegurar una buena homogenización del producto para evitar que se concentre en la superficie del agua (foto 17), lo cual puede producir fitotoxicidad al entrar en contacto con el producto.



Foto 14.- Manchas oscuras en manos minutos después de la inmersión en el extracto de tomillo rojo.



Foto 15.- Detalle de las manchas oscuras en manos minutos después de la inmersión en el extracto de tomillo rojo.



Foto 16.- Manchas oscuras deprimidadas a los 8 dda.

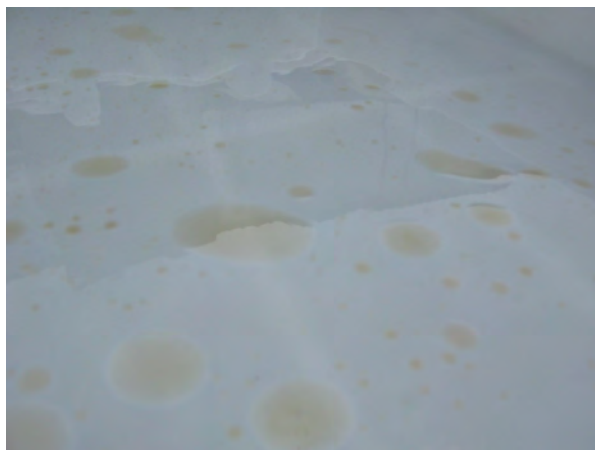


Foto 17.- Concentración del extracto de tomillo rojo en la superficie del caldo minutos después de la disolución del producto en agua.

## 5.- CONCLUSIONES

1.- A los 15 días después de la aplicación (dda) de los tratamientos, los productos naturales que fueron más efectivos para reducir el porcentaje de cojinete ocupado por micelio fueron el aceite de canela en combinación con la bolsa (22,5% de ocupación de micelio), el extracto de semillas de cítricos (69,83%) y el extracto de tomillo rojo (79,5%), mientras que los que resultaron con mayores porcentajes fueron tratamiento inoculado, el tratamiento no inoculado y *Bacillus subtilis* con porcentajes superiores al 83%.

2.- Los resultados del análisis estadístico referentes al porcentaje de corona ocupado por micelio y a los 15 dda indican que no existen diferencias significativas entre el tratamiento inoculado, no inoculo, *Bacillus subtilis*, extractos y microorganismos, aceite de canela y extracto de tomillo rojo. Los resultados del extracto de semillas de cítricos, aceite de canela con bolsa e imazalil tuvieron los menores porcentajes de corona ocupado por micelio con diferencias significativas con respecto al tratamiento inoculado y no inoculado.

3.- En cuanto a la penetración de pudrición en corona y a los 15 dda, el tratamiento con imazalil obtuvo la menor penetración de pudrición en corona con 5,67 mm no existiendo diferencias significativas con el tratamiento aceite de canela, extractos de semillas de cítricos, extractos de tomillo rojo, aceite de canela con bolsa, *Bacillus subtilis* y no inoculado.

4.- A los 15 dda el tratamiento con imazalil no superó el nivel 2 (presencia de micelio) de los 9 establecidos en la escala de podredumbre de corona según Frossard. El resto de tratamientos alcanzaron el nivel 5 (3/4 de podredumbre) sin diferencias importantes entre los porcentajes alcanzados para cada uno de los niveles de la escala.

5.- El tratamiento de aceite de canela con bolsa fue el único que alcanzó el valor 7 (amarillo moteado) en la escala de maduración según escala de color a los 15 dda. Los tratamientos en los que se obtuvo el nivel más bajo de maduración fueron imazalil y extractos y microorganismos con nivel 5 (punta verde). El resto de tratamientos alcanzó el nivel 6 (amarillo).

6.- En las condiciones en las que se ha realizado este ensayo, la aplicación del extracto de tomillo rojo a la dosis de 500 cc/hl ha producido una fitotoxicidad grave y visible a los pocos minutos de recibir el tratamiento.

7.- En base a los resultados obtenidos, se considera que la mejor alternativa a la utilización de fungicida químico es el empleo de la técnica combinada de un producto natural, que obtengan las mejores eficacias, y bolsa.

## 6.- AGRADECIMIENTOS

A la Cooperativa FAST del Norte de Tenerife por ofrecernos sus instalaciones y colaboración para la realización de este ensayo.

## 7.- BIBLIOGRAFIA

Al Zaemey, A.B., Magan, N. y Thomson, A.K. (1993). Studies on the effect of fruit-coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* in vitro and on post harvest control of anthracnose of bananas. *Mycological Research* 97(12): 1463-1468.

Alvindia, D. G., Kobayashi, T., Natsuaki, K.T. y Tanda, D. (2004). Inhibitory influence of inorganic salts on banana postharvest pathogens and preliminary application to control crown rot. *Journal of General Plant Pathology* 70 (1): 61-65.

Anónimo (1994). Postcosecha del plátano. Pp. 69. Ed. COPLACA. Tenerife.

Dorta, E., Marrero, A., Lobo, G. Hernández, J. (2010) Evaluación de cuatro extractos de plantas, una sal inorgánica y un fungicida para el control de la podredumbre de corona del plátano. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

Duque, M., Torres, J.M., Oramas, J.J. y Fernández, J. (2004) Pudrición de corona en el plátano canario. pp. 41. Ed. Coplaca, Tenerife.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2006). Banano. Banano Estadística 2005. [www.fao.org](http://www.fao.org).

Hernández, J., Sala, L., Gallo L. (1984a). Crown rot del plátano. I. Patogenicidad de cepas y resistencia a productos. En "Resúmenes III. Congreso de Fitopatología", Tenerife.

Muirhead, I.F. y Jones, D.R. (2000). Diseases of banana, abaca and enset. En "Postharvest disease" (D.R. Jones, ed.), pp. 190-206. CABI Publishing, U.K.

Perera, S., Marrero, A., Hernández, J. (2004). Evaluación de la eficacia de seis fungicidas sobre la pudrición de corona del plátano. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universidad de La Laguna.

Ranasinghe, L.S., Bimali, J. y Krishanthi, A. (2003) Use of waste generated from cinnamon bark oil (*Cinnamomum zeylanicum*) extraction as a post Harvest treatment for Embul banana. *Journl of Food, Agriculture and Environment* 1 (2): 340-344.

Umaña, G. (2009). Estudio de la podredumbre de corona en postcosecha de plátano de producción convencional y ecológica en la región del Caribe de Costa Rica. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.

Win, N.K.K., Jitareerat, P., Kanlayanarat, S. y Sangchote, S. (2007). Effect of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 45(3): 333-340.



## 8.- ANEXO FOTOGRÁFICO.



Foto 18.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento inoculado a los 15 dda.



Foto 19.- Aspecto de los cojinetes procedentes del tratamiento no inoculado a los 15 dda.



Foto 20.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento extractos y microorganismos a los 15 dda.



Foto 21.- Cojinetes procedentes del tratamiento imazalil a los 15 dda.



Foto 22.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento extractos de semillas de cítricos a los 15 dda.



Foto 23.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento canela con bolsa a los 15 dda.



Foto 24.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento canela a los 15 dda.



Foto 25.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento *Bacillus subtilis* a los 15 dda.



Foto 26.- Aspectos de los cojinetes procedentes del tratamiento extractos de tomillo rojo a los 15 dda.



Foto 27.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y extractos de tomillo rojo a los 15 dda



Foto 28.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y extractos y microorganismos a los 15 dda



Foto 29.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y imazalil a los 15 dda



Foto 30.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y extractos y microorganismos a los 15 dda



Foto 31.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y canela con bolsa a los 15 dda



Foto 32.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y canela a los 15 dda



Foto 33.- Aspectos de la fruta con tratamiento no inoculado, inoculado y *Bacillus subtilis* a los 15 dda