

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERA CONTROLADA PARA EL SANEAMIENTO DE TUBÉRCULOS DE PAPAS AFECTADAS POR POLILLA GUATEMALTECA DE LA PAPA (*Tecia solanivora*)



Cabildo Insular de Tenerife
Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural
Centro de Conservación y Biodiversidad Agrícola de Tenerife
Servicio de Agroindustrias e Infraestructura Rural

Gestión del Medio Rural de Canarias

Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
Departamento de Fruticultura Tropical
Laboratorio de postcosecha y Tecnología de los Alimentos

FEBRERO, 2011

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

2.- ANTECEDENTES

3.- OBJETIVOS

4.- MATERIAL Y MÉTODOS

4.1.- EFECTO SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE *Tecia solanivora*.

4.2.- EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.

4.3.- EFECTO SOBRE LA EMERGENCIA, PRODUCCIÓN Y CALIBRES.

5.- RESULTADOS

5.1.- EFECTO SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE *Tecia solanivora*.

5.2.- EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.

5.2.1.- Evaluación de eventuales diferencias de aspecto externo y color de masa sin tratamiento culinario, (en crudo) se presentan troceadas y con piel.

5.2.2.- Evaluación de eventuales diferencias en el componente olfato-gustativo de las papas, mediante pruebas triangulares de los lotes de papas tratados (T1 y T2) frente al testigo.

5.3.- EFECTO SOBRE PRODUCCIÓN (peso, número y calibre de los tubérculos) Y EMERGENCIA.

5.3.1.- Peso de tubérculos.

5.3.2.- Número de tubérculos.

5.3.3.- Porcentaje de los tubérculos por calibres.

5.3.4.- Porcentaje de emergencia.

6.- CONCLUSIONES.

7.- BIBLIOGRAFÍA.

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE ATMÓSFERA CONTROLADA PARA EL SANEAMIENTO DE TUBÉRCULOS DE PAPAS AFECTADAS POR POLILLA GUATEMALTECA DE LA PAPA (*Tecia solanivora*)



Perera González, Santiago D., Trujillo García, Eugenia (1); Lobo Rodrigo, Gloria (2); Ríos Mesa, Domingo (3); Bentabol Manzanares, Antonio (4).

(1) Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife.

(2) Laboratorio de Postcosecha y Tecnología de los Alimentos. Departamento de Fruticultura Tropical. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.

(3) Centro de Conservación y Biodiversidad Agrícola de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife.

(4) Servicio de Agroindustrias e Infraestructura Rural. Valoración de Productos Agroalimentarios. Cabildo Insular de Tenerife.

1.- INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente la polilla guatemalteca es uno de los principales problemas a los que se enfrenta el sector de la papa debido a que esta plaga puede llegar a producir pérdidas superiores al 50% de la cosecha.

Esta plaga impide la exportación de este producto por su condición de plaga cuarentenaria y es por ello por lo que se plantea establecer un método de saneamiento que pueda ser válido para permitir la exportación de la producción. Esto implica la adopción de medidas que garanticen que los tubérculos estén exentos de insectos vivos.

Para que un tratamiento sea considerado de cuarentena ha de provocar una mortalidad del insecto del 99,9968% (Probit 9), no tener efectos perjudiciales en la calidad, almacenamiento o composición del producto tratado, no debe dejar residuo alguno que pueda resultar peligroso para el consumidor, no debe ser peligroso para el personal que lo aplique y ha de ser viable en términos de aplicabilidad y coste. Además ha de ser efectivo en todos los estadios de desarrollo del insecto.

El saneamiento químico de los tubérculos no parece viable, dado que las larvas viven en el interior del mismo, y por lo tanto el insecticida debería penetrar y permanecer en él.

La aplicación de atmósferas modificadas o controladas es de uso rutinario en postcosecha, por lo que su aplicación en este caso no supone impedimento de tipo técnico. El uso de atmósferas modificadas ricas en CO₂ es un sistema que consiste en sustituir la atmósfera que envuelve el producto por otra con una alta concentración de CO₂.

El CO₂ afecta a varias características fisiológicas, metabólicas, biológicas y de comportamiento de los insectos. Una de las causas principales de la toxicidad de CO₂ en los insectos es el efecto que tiene sobre el estímulo de obertura de los espiráculos que regulan la respiración. Este hecho induce de forma indirecta a la pérdida de agua y posterior desecación. También produce acidificación en los fluidos internos lo que provoca modificaciones en muchas vías metabólicas afectando al crecimiento, al desarrollo y a la reproducción.

Los trabajos conocidos muestran que se ha utilizado para insectos en granos y otros productos almacenados (*Lasioderma serricorne*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Sitophilus granarius*, *S. oryzae* y *Rhizopertha dominica*), (Corinth et al, 1990; Ulrichs, 1995; El Lakwah et al, 2005; Conyers et al, 2007).

Hay que tener en cuenta que la exposición de la papa a este gas (CO₂) podría producir desórdenes fisiológicos (oscurecimiento interno y externo, punteado...) y afectar a las características organolépticas del tubérculo y cuando se aplica a papas de semilla pueda afectar a la brotación o emergencia.

2.- ANTECEDENTES

En el año 2005 y dentro del convenio marco de colaboración entre el Excmo. Cabildo Insular de Tenerife y la UDI de Fitopatología, Dep. de Biología Vegetal-ULL, se estableció la realización de un estudio de evaluación de eficacia de tratamientos de saneamiento de tubérculos afectados por *Tecia solanivora* con atmósfera saturada de CO₂ (Cabrera, R., 2004). Este ensayo se realizó a muy pequeña escala en laboratorio y los resultados fueron prometedores.

Durante el año 2006 se testaron distintas combinaciones de gases (del 10 al 50% CO₂, con 20 % de O₂ y el resto N₂ durante 48 horas) sobre papas infestadas por polilla guatemalteca en campo y sobre tubérculos inoculados en laboratorio. Las aplicaciones de gases fueron realizadas por el Laboratorio de Postcosecha y Tecnología de los Alimentos (Dpto. Fruticultura Tropical) del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. En esta experiencia se concluyó que la aplicación de atmósfera controlada a partir de un porcentaje de CO₂ del 20% puede ser un método adecuado para garantizar el saneamiento de los tubérculos, siempre y cuando el insecto no llegue en fase de pupa a las cámaras de atmósfera controlada, lo que se podría conseguir con una selección previa en el momento de la recogida y el mantenimiento a bajas temperaturas de dichos tubérculos seleccionados.

En el año 2007 y en base a los resultados obtenidos se testó atmósferas con el 20 ó 30% de CO₂, un 20 % de O₂ y el resto N₂. El tiempo de permanencia en las cámaras fue de 48, 72 y 96 horas obteniéndose los mejores resultados con concentraciones de 30% de CO₂ durante 96 horas.

El Servicio de Agroindustrias e Infraestructura Rural (Valoración de Productos Agroalimentarios) del Cabildo Insular de Tenerife realizó pruebas de cata triangulares conforme a la Norma UNE 87006-92 para evaluar el efecto de estos tratamientos sobre las características organolépticas de las papas. Se concluyó que no existieron diferencias significativas para el aspecto en crudo, para el aspecto cocido ni sobre las características olfatosustativas.

Durante el año 2008 se realizó una evaluación de la eficacia de la atmósfera controlada y tiempo que mejor resultado habían proporcionado en el ensayo realizado en 2007 (30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 96 horas) en condiciones semi-industriales. Se emplearon los contenedores utilizados en las cooperativas para su almacenamiento con capacidad para 400 kilos y una pequeña cámara de aproximadamente 12 m³. Los tubérculos tratados eran papas "bichadas" procedentes de campo y recolectadas en los contenedores de destrío. Por ello, estas papas eran de distintas variedades, incluyendo tanto papas blancas como de color.

En esta experiencia se concluyó que en las condiciones del ensayo, el porcentaje de reducción de papas afectadas por *Tecia solanivora* y *Pthorimaea operculella* con respecto al tratamiento testigo obtenida al aplicar la atmósfera controlada (30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂) durante 96 horas fue del 97.57%.

En base a estos resultados se realizó el siguiente estudio cuyos objetivos son los que seguidamente se detallan.

3.- OBJETIVOS

1.- Evaluar la eficacia de la aplicación de la atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 144 horas en condiciones semi-industriales sobre la supervivencia de *Tecia solanivora* en tubérculos de papa de color afectados en campo por este insecto.

2.- Evaluar el efecto de la aplicación de la atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 144 horas en condiciones semi-industriales sobre las características organolépticas de tubérculos de papa de color de la variedad Negra oro.

3.- Evaluar la emergencia, producción y calibre de tubérculos de papa de las variedades Negra, Negro oro y Colorada después de ser sometidos a una atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 96 horas.

4.- MATERIAL Y MÉTODOS

4.1.- EFECTO SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE *Tecia solanivora*

En el caso de la evaluación de la eficacia de la atmósfera controlada durante 144 horas en condiciones semi-industriales, la elección de papas afectadas por la polilla guatemalteca se realizó en campo y en las zonas habilitadas por la Consejería de Agricultura del Gobierno de Canarias para la recogida y retirada de papas afectadas por esta plaga. Se seleccionaron mediante observación visual en base a la presencia de galerías recientes, eliminando las que presentaban daños viejos que evidenciaban la ausencia de larvas en su interior.

Estas papas se introdujeron en tres cajoneras plásticas de habitual uso en las cooperativas de la isla y cuyas dimensiones son 0,75 m de alto x 1.15 m de largo x 1.00 m de ancho y con capacidad para aproximadamente 400 kilos. Las cajoneras se estibarón en la cámara del laboratorio de Postcosecha y Tecnología de los Alimentos (Dpto. Fruticultura Tropical) del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias el día 12 de julio de 2010 teniendo dicha cámara unas dimensiones de 2.33 m de alto x 2,40 m de fondo x 2,10 m de ancho. En la foto 1 se muestra la colocación de las cajoneras en la cámara.



Foto 1.- Colocación de las cajoneras en la cámara.

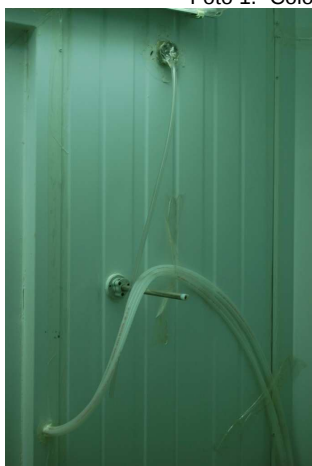


Foto 2.- Punto de entrada de la mezcla de gases.



Foto 3.- Balas de gases puros y mezclador de gases.

Las inyecciones de los gases a la cámara se realizó a través de un orificio situado a aproximadamente 1.5 m de altura y a la izquierda de la puerta de entrada (foto 2). Una vez conseguida la atmósfera deseada (30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂) en la cámara utilizando balas con gases puros y un mezclador de gases (foto 3) la concentración se mantuvo durante 144

horas determinándose diariamente el contenido gaseoso de la misma. Durante este periodo la concentración de CO₂ estuvo entre 20-30% y la temperatura entre 20-23°C, debido a que la cámara no es completamente hermética.

Paralelamente en 7 cajas de cría se introdujeron de 50 a 60 tubérculos afectados por polilla tomados del mismo lote de papas que el que se introdujo en las cajoneras para recibir el tratamiento. Estos tubérculos no recibieron tratamiento, actuando de esta forma como control o testigo.

Pasadas las 144 horas se procedió a separar para su valoración las papas tratadas de la zona central de cada una de las tres cajoneras, para ello y en el momento de introducir las papas en cada cajonera, las papas contenidas en esta zona central se separaron del resto mediante una malla de 1x1 cm (foto 4 y 5). Se evaluaron los tubérculos de esta zona por considerarlos en las peores condiciones de contacto con la atmósfera controlada.



Foto 4.- Malla separadora de la zona central de la cajonera conteniendo las papas de color.



Foto 5.- Cajonera llena de tubérculos.

A la salida de la cámara, los tubérculos de cada cajonera contenidos en cada una de las mallas se introdujeron en 7 cajas de cría con capacidad para 50-60 tubérculos que se dejaron a temperatura ambiente (20-22°C) (foto 6 y 7).



Foto 6.- Aspecto de los tubérculos en las cajas de cría para su evaluación.



Foto 7.- Cajas de cría con tubérculos.

Teniendo en cuenta la duración de los distintos estados del insecto según varios autores (Notz, 1995; Torres *et al*, 1997; Rincón, 2002), se realizaron conteos de adultos en las cajas de cría procedentes de la aplicación del tratamiento y del testigo a los 2, 8, 13 y 21 días tras la salida de la cámara.

Los resultados obtenidos se sometieron mediante el programa estadístico Statistix 9.0 a un Análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los resultados obtenidos y a un test de rango múltiples de Tukey para la separación de medias.

4.2.- EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Para detectar posibles diferencias organolépticas producidas por el tratamiento con atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 144 horas en condiciones

semi-industriales sobre papa de la variedad Negra Oro, se realizó una cata en una sala de la Casa de la Miel (U. Valorización de Productos Agroalimentarios). Dicha sala está dotada de cabinas individuales, conforme a la norma UNE-EN-ISO 8589. Se contó con 6 catadores con experiencia previa en análisis sensorial general y análisis sensorial de papas.

La cata fue realizada sobre tres lotes de papas, dos de ellos tratados con la atmósfera arriba indicada y el tercer lote de papas testigo (sin tratamiento). Las papas fueron almacenadas desde la salida de la cámara hasta la realización de la cata (9 días) en cajas de cartón abiertas a temperatura ambiente ($T^a < 25^{\circ}\text{C}$) y protegidas de la luz.

El día de la cata se procedió previamente a apartar 6 tubérculos por lote para el estudio del aspecto en crudo. Estas muestras se partieron con piel y se conservaron en agua hasta su empleo. El resto de papas, sin pelar (íntegros), se coció en calderos de aluminio, tras el lavado de los tubérculos, y sin adición de sal. La cocción de cada lote se realizó por separado y por períodos similares de tiempo hasta un punto equivalente de dureza ($T_1=15$ min, $T_2=18$ min y $O=17$ min).

Para lograr la máxima homogeneidad del lote a valorar, dentro de cada grupo se trocearon, intentando la máxima igualdad entre los trozos y se mezclaron, asegurándose de que para cada muestra el catador recibiera dos o más trozos distintos.

En las muestras se valoró:

1.- Aspecto externo en crudo por pruebas de comparación A/no A. conforme a la Norma UNE 87016-86.

2.- Estudio de diferencias olfato-gustativas entre los lotes de papas tratadas y el testigo no tratado. Para ello se someten a pruebas triangulares, conforme a la Norma UNE-EN ISO 4120, los dos lotes tratados (T_1 y T_2) frente al testigo.

Las muestras se presentaron a los catadores en placas plásticas de petri y bajo luz roja, para mitigar el efecto del aspecto en la valoración sensorial, e identificadas con códigos aleatorios de tres cifras, y en las proporciones y orden propuesto por la norma UNE 87006 empleada. A los catadores se les indicó que han necesariamente de dar una respuesta (*juicio forzado*).

Para los dos lotes se estableció un orden aleatorio, conforme al cuadro que se acompaña.

Tabla 1.- Código de la muestra, identificación y orden de valoración.

Código de la Muestra	ID	Orden de valoración OLF-GUSTATIVO
Lote 1	TRATADO2	1
Lote 2	TRATADO1	2
Lote 3	NO TRATADO(Testigo)	

La cata físicamente dio comienzo a las 11:30 h, tras reunión previa del grupo para definir objeto y sistemática de trabajo.

4.3.- EFECTO SOBRE PRODUCCIÓN (peso, número y calibre de los tubérculos) Y EMERGENCIA.

Las tres variedades de estudio fueron Negra, Negra oro y Colorada. A dichas variedades se les aplicó un tratamiento con atmósfera controlada compuesta por 30% CO_2 , 20 % de O_2 y 50% de N_2 durante 96 horas en cámaras situadas en el ICIA y con la supervisión de la Dra. Gloria Lobo. Transcurrido el tiempo de tratamiento, las muestras de papas se sacaron de las cámaras, se desbrotaron y se pesaron. Por lo tanto, de cada variedad se dispuso de papas de semilla tratadas con dicha atmósfera controlada y sin tratar. Los tratamientos y las condiciones iniciales de los mismos se presentan en la tabla 2.

Tabla 2.- Características de cada uno de los tratamientos a evaluar.

TRAT.	VARIEDAD	P. TOTAL	P. MEDIO	Nº TUBÉRCULOS
1	Negra tratada	1550 gr.	67 gr.	23 papas
2	Negra SIN tratar	1630 gr.	77 gr.	21 papas
3	Negra Oro tratada	1680 gr.	32 gr.	52 papas
4	Negra Oro sin tratar	1490 gr.	27 gr.	54 papas
5	Colorada tratada	1485 gr.	35 gr.	42 papas
6	Colorada SIN tratar	1555 gr.	33 gr.	46 papas

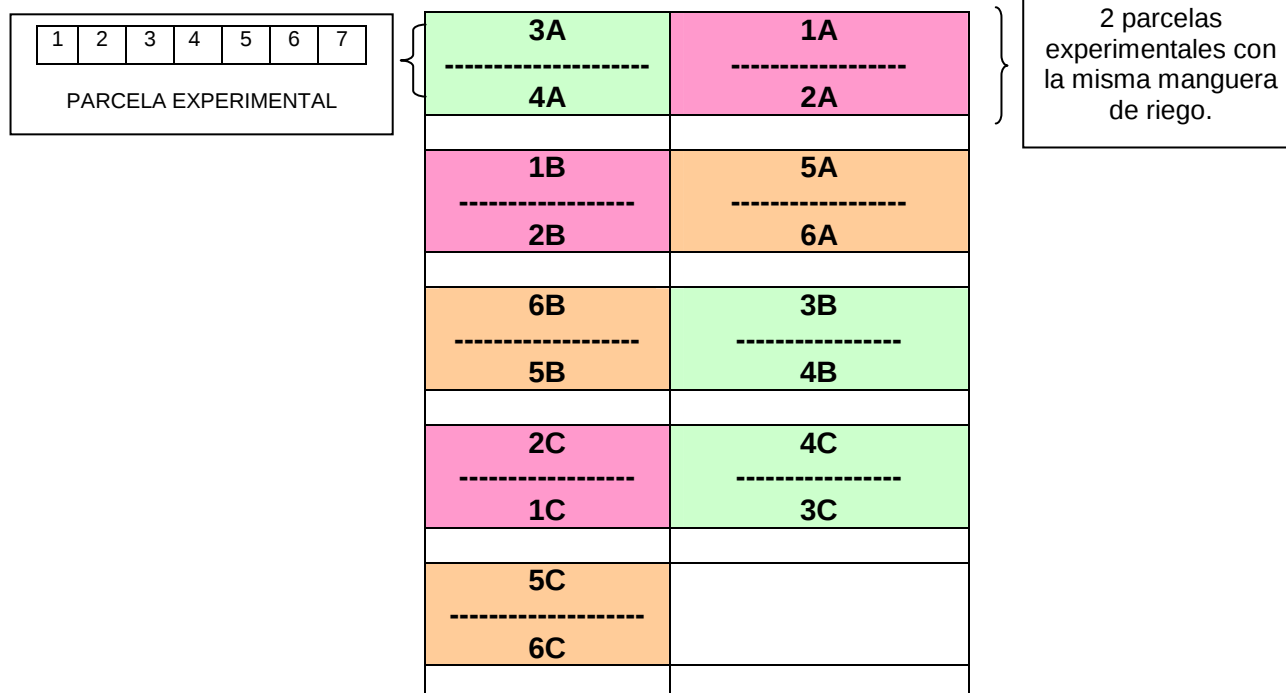
Las muestras se mantuvieron a temperatura de ambiente hasta el momento de la siembra durante 3 días.

Inicialmente, la plantación se realizó en macetas de 22 cm de diámetro, bajo invernadero, en la finca experimental de Araya (Candelaria), el día 17 de Marzo del 2010. La proporción de la mezcla tierra/turba para la preparación de las mismas fue de 2:1. El diseño de la plantación se hizo en bloques al azar y con 3 repeticiones, formando un total de 18 parcelas experimentales. Cada parcela experimental estuvo formada por 7 plantas, es decir, un total de 21 plantas por variedad tratada y sin tratar.

Los tubérculos se plantaron en posición horizontal a una profundidad de 8 cm. y en el centro de cada maceta. Se les aplicó el primer riego el día 17 de Marzo de 2010.

El diseño de plantación dentro del invernadero fue el siguiente:

Sistema en Split- Plot (parcelas divididas)



1 NEGRA/2 NEGRA TRATADA/3 NEGRA ORO/4 NEGRA ORO TRATADA/
5 COLORADA/6 COLORADA TRATADA

A, B, C, diferencian las 3 repeticiones.

El día 19 de abril se trasladaron las macetas a campo donde fueron plantadas en bloques al azar.

Los parámetros evaluados fueron:

- 1.- Emergencia: partir del día 26 de Marzo de 2010 en la plantación en macetas se midió el porcentaje de emergencia. Se hicieron mediciones dos días a la semana.
- 2.- Peso de la producción y número de tubérculos por variedad. La recolección se realizó los días 16 y 20 de julio del 2010
- 3.- Calibrado de la producción. Ya en laboratorio se procedió al calibrado de la producción en tubérculos >20 mm, entre 20 y 30 mm, entre 30 y 40 mm y finalmente entre 40 y 60 mm.

5.- RESULTADOS

5.1.- EFECTO SOBRE LA SUPERVIVENCIA DE *Tecia solanivora*

En la siguiente tabla se detalla el número total de adultos registrados en las cámaras de cría correspondientes al tratamiento testigo y a cada una de las cajoneras que han recibido el tratamiento con la atmósfera controlada.

Tabla 3.- Número de adultos por caja de cría en el control y en cada una de las tres cajoneras tratadas.

	CONTROL	30%CO ₂ + 20% O ₂ +50% N ₂ /144 horas. CAJONERA 1	30% CO ₂ +20% O ₂ +50% N ₂ /144 horas. CAJONERA 2	30% CO ₂ + 20% O ₂ +50% N ₂ /144 horas. CAJONERA 3
Número de adultos por caja de cría	12	1	1	1
	10	0	4	2
	18	0	2	2
	15	0	0	3
	13	1	0	2
	10	0	0	2
	10	1	0	2
Media	12,571	0,4286	1,0000	2,0000
Error estándar	1,1518	0,2020	0,5774	0,2182
% reducción con respecto al control.		96,5906	92,0452	84,0904

La siguiente tabla detalla los resultados del ANOVA que indican que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Asimismo la comparación de medias muestran existen diferencias significativas entre los resultados correspondientes al tratamiento control y los de las tres cajoneras tratadas y que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre las tres cajoneras que han sido sometidas al tratamiento con atmósfera controlada.

Tabla 4.- Número medio de adultos vivos en los tubérculos evaluados en cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTO	Nº adultos vivos
Control	12,571 ± 1,1518 a
Cajonera A	0,4286 ± 0,2020 b
Cajonera B	1,0000 ± 0,5774 b
Cajonera C	2,0000 ± 0,2182 b
p (ANOVA)	0,0000

Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey (p<0.05).

La eficacia media del tratamiento resultó ser del 90.91%, ligeramente inferior a la obtenida en el ensayo realizado en el 2008 posiblemente debido a una mayor fuga de los gases durante el tratamiento.

5.2.- EFECTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

5.2.1.- Evaluación de eventuales diferencias de aspecto externo y color de masa sin tratamiento culinario (en crudo) se presentan troceadas y con piel.

Se realizó una prueba de comparación A/no A. Los resultados se recogen en la tabla 5.

Tabla 5.- Resultados Prueba A/no A-. Aspecto en crudo.

Respuestas	La muestra es		
	A	No A	
Muestra es A	3	8	11
Muestra es No A	3	16	19
	6	24	30

$$X^2_{ns} = -25,88516746 < 3.84$$

$$(p=95\%), \alpha=0.05$$

Los resultados de la prueba a/no A no evidencian diferencias significativas (p=95%) en el aspecto en crudo entre las papas tratadas y el lote testigo.

5.2.2.- Evaluación de eventuales diferencias en el componente olfato-gustativo de las papas, mediante pruebas triangulares de los lotes de papas tratados (T1 y T2) frente al testigo.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en las pruebas triangulares.

Tabla 6.- Resultados pruebas triangulares. Evaluación olfato-gustativa.

	Sensación Olfato Gustativa	
	Lote	Aciertos/total respuestas
Serie I	Lote 2 vs testigo	3/6
Serie II	Lote 1 vs testigo	1/6

$$*5/6(p=95\%) \alpha=0.05;$$

Según los resultado no se evidencian diferencias sensoriales significativas (p=95%) entre las características olfato-gustativas de los dos lotes de papas tratadas y el testigo de papas no tratadas.

5.3.- EFECTO SOBRE PRODUCCIÓN (peso, número y calibre de los tubérculos) Y EMERGENCIA

En las siguientes tablas se muestran los resultados del ANOVA para cada una de los parámetros evaluados.

5.3.1.- Peso de los tubérculos.

Los resultados correspondientes a la producción referida en peso de tubérculos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7.- Resultado del ANOVA para la variable peso de tubérculos (gramos).

Tratamientos		
Variedad	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada
Negra Oro	690,94	669,57
Negra	703,65	761,39
Colorada	890,77	900,23

ANOVA

Tratamiento (T); $p = 0,8710ns$

Variedad (V); $p = 0,1219ns$

Tratamiento x Variedad (T x V); $p = 0,9172ns$

Según el análisis estadístico no existen diferencias ni entre tratamientos ni entre variedades y la interacción no es significativa.

5.3.2.- Número de tubérculos.

En cuanto al número de tubérculos obtenidos para cada variedad y tratamiento son los que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8.- Resultados del ANOVA para la variable número de tubérculos.

Tratamientos		
Variedad	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada
Negra Oro	95	93,3
Negra	79,66	95,3
Colorada	62,33	64,33

ANOVA

Tratamiento (T); $p = 0,5681ns$

Variedad (V); $p = 0,0005^{**}$

Tratamiento x Variedad (T x V); $p = 0,2304ns$

Se observa que para dicha variable no existen diferencias para el factor tratamiento, pero si existen diferencias significativas entre variedad y la interacción no es significativa.

Tabla 9.- Resultado de la separación de medias para la variable número de tubérculos.

Variedad	Número de tubérculos
Negra Oro	94,17a
Negra	87,50a
Colorada	63,33b

Valores medios seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de rango múltiple de Tukey ($p < 0.05$).

En cuanto al número de tubérculos, el comportamiento fisiológico de las variedades Negra y Negra Oro es similar, mientras que se presentan diferencias significativas con Colorada. Esto se ha demostrado en los diferentes ensayos realizados hasta el momento, donde la variedad Negra

tiende a emitir tubérculos de todos los calibres con numerosas papas de calibres pequeños, mientras que la variedad Colorada tiene tendencia a producir tubérculos de calibres más grandes, y un número menor de tubérculos de calibres pequeños. Esto explica también la distribución de calibres que se presenta posteriormente en una tabla.

5.3.3.- Porcentaje de tubérculos por calibres.

La tabla siguiente muestra los resultados del ANOVA referidos al porcentaje de tubérculos por calibres.

Tabla 10a.- Resultado del ANOVA para la variable porcentaje de tubérculos por calibres.

Tratamientos Variedad	MENOR DE 20 mm		ENTRE 20 Y 30 mm		ENTRE 30 Y 40 mm	
	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada
Negra Oro	17,83	18,11	45,41	51,66	39,16	31,34
Negra	16,04	17,41	46,67	47,71	39,23	45,50
Colorada	10,11	8,32	41,08	38,07	42,58	50,66
ANOVA	Tratamiento(T);p= 0,9717ns Variedad (V);p= 0,0001 (T x V); p= 0,3622ns		Tratamiento(T);p= 0,7541ns Variedad (V);p= 0,0539ns (T x V); p= 0,4115ns		Tratamiento(T);p= 0,4188ns Variedad (V);p= 0,1390ns (T x V); p= 0,2878ns	

Los datos fueron sometidos para su análisis estadístico a una transformación de $\sqrt{x}$.

Tabla 10b.- Resultado del ANOVA para la variable porcentaje de tubérculos por calibres.

Tratamientos Variedad	ENTRE 40 Y 60 mm	
	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada
Negra Oro	0,00	4,53
Negra	4,40	6,61
Colorada	13,36	0,00
ANOVA	Tratamiento(T);p= 0,6687ns Variedad (V);p= 0,6479ns (T x V); p= 0,1880ns	

Los datos fueron sometidos para su análisis estadístico a una transformación de $\sqrt{x}$.

Para los porcentajes de calibres superiores a 20 mm no existen diferencias significativas ni entre variedades ni entre tratamientos. Para los porcentajes obtenidos en los calibres menores a 20 mm no existen diferencias significativas entre tratamientos y si existen diferencias entre variedades.

5.3.4.- Porcentaje de emergencia.

Los porcentajes de emergencia se muestran en las tablas 11a y 11b para diferentes días tras la plantación, obteniéndose como resultado del ANOVA que no existen diferencias significativas entre tratamientos ni entre variedades para ninguno de los tiempos evaluados.

Tabla 11a.- Resultado del ANOVA para la variable porcentaje de emergencia en cada tiempo de medición.

		DÍAS TRAS LA PLANTACIÓN					
		8 Y 11 DIAS		13 DIAS		20 DIAS	
		Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada
Tratamientos	Variedad						
	Negra Oro	0,00	0,00	21,04	10,78	75,23	75,23
	Negra	0,00	0,00	30,02	10,78	68,49	82,64
	Colorada	0,00	0,00	43,65	30,02	90,05	90,05
	ANOVA	Tratamiento(T);p= 0,3659ns Variedad (V);p= 0,3389ns (T x V): p= 0.9491ns				Tratamiento(T);p= 0,5900ns Variedad (V);p= 0,1111ns (T x V): p= 0.5325ns	

Los datos fueron sometidos para su análisis estadístico a una transformación de $\arcsen \sqrt{x}$.

Tabla 11b.- Resultado del ANOVA para la variable porcentaje de emergencia en cada tiempo de medición.

		DÍAS TRAS LA PLANTACIÓN			
		22 DIAS		26 Y 32 DIAS	
Tratamientos		Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada	Control (sin tratar)	Con atmósfera controlada
Variedad					
Negra Oro		75,23	82,64	75,23	82,64
Negra		71,86	82,64	82,64	82,64
Colorada		90,05	90,05	90,05	90,05
ANOVA		Tratamiento(T);p= 0,4997ns Variedad (V);p= 0,1280ns (T x V); p= 0,6693ns		Tratamiento(T);p= 0,7418ns Variedad (V);p= 0,1197ns (T x V); p= 0,6830ns	

Los datos fueron sometidos para su análisis estadístico a una transformación de $\arcsen \sqrt{x}$.

6.- CONCLUSIONES

- 1.- En las condiciones de este ensayo, el porcentaje de reducción de papas afectadas por *Tecia solanivora* con respecto al tratamiento testigo obtenido al aplicar la atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 144 horas fue del 90,91%.
- 2.- No se observaron diferencias significativas en la supervivencia de *Tecia solanivora* en las papas procedentes de las tres cajoneras sometidas a la atmósfera controlada (30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂) durante 144 horas, pero sí entre ellas con la no tratada.
- 3.- La aplicación del tratamiento con atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 144 horas sobre papa de la variedad Negra Oro no produjo diferencias organolépticas, en el aspecto ni en el componente olfato-gustativo de éstas con respecto al lote de papas no tratadas.
- 4.- La aplicación del tratamiento con atmósfera controlada compuesta por 30% CO₂, 20 % de O₂ y 50% de N₂ durante 96 horas sobre tubérculos de la variedad Negra, Negra oro y Colorada no produjo diferencias significativas en producción (peso comercial, número de tubérculos y calibre) y emergencia con respecto al lote de tubérculos no tratados.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, R. 2004. Seguimiento de poblaciones de *Tecia solanivora*, evaluación de medidas de control y de métodos de saneamiento de tubérculos. 69pp. Sin publicar.
- Conyers, S.T., Bell, C.H. 2007. A novel use of modified atmospheres: storage insect population control. *Journal of Stored Products Research*. 43(4): 367-374.
- Corinth, H.G., Rau, G. 1990. Protection of stored grain by means of carbondioxide. *Anzeiger fuer Schaedlingskunde*. 63(7): 121-123.
- El Lakwah, F.A.M., Gharib, M.S.A. (2005). Efficacy of diatomaceous eart dust under modified atmospheres against some stored grain insects. *Annals of Agricultural Science*. Moshtohor. 43(1): 449-460.
- Notz, A. 1996. Influencia de la temperatura sobre la biología de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) criadas en tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. *Boletín Entomología Venezolana*. 11 (1): 49-54.
- Torres, F., Notz., A., Valencia, L. 1997. Ciclo de vida y otros aspectos de la biología de la polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el Estado Táchira, Venezuela. *Boletín Entomología Venezolana* 12 (1): 95-106.
- Ulrichs, C. 1995. Influence of temperature on the effectiveness of control of the tobacco beetle with CO₂ under high pressure. *Mitteilunger der Deutschen Gesellschaft fur Allgemeine und Angeeandte Entomologie*. 10: 1-6, 263-264.