

## **Estudio de la dinámica de distribución del Anhídrido Sulfuroso en una caja con punnets de arándanos y separadores de cartón.**

Departamento Técnico de Quimas S.A. Sebastian.caceres@quimas.cl, Sofia.maldonado@quimas.cl

### **Resumen.**

El formato de exportación de arándanos a Inglaterra consiste en cestas abiertas conteniendo entre 150 a 250 gramos cada uno dentro de una caja de cartón de 40x60 centímetros. Estos punnets se sostienen sobre separadores de cartón, los cuales permiten maximizar el número de punnets por caja. Este estudio pretende determinar el efecto de estos separadores de cartón en la disponibilidad de Anhídrido Sulfuroso en los distintos niveles de estas cestas, evaluando la efectividad de tratamientos con 1, 2 y 3 láminas liberadoras de  $\text{SO}_2$  en el control de desarrollo de *Botrytis cinerea*.

Las láminas son capaces de inhibir significativamente el desarrollo de hongos en el nivel de punnets más próximo a la fuente de  $\text{SO}_2$ , lo que demuestra la limitada capacidad del gas para moverse a través de estos separadores de cartón.

A partir de la data contenida en este estudio, se recomienda el uso de una lámina SmartPac por cada nivel de punnets como el método más efectivo para controlar el desarrollo de *B. cinerea*, sin afectar negativamente la firmeza y sin producir efectos fitotóxicos sobre la fruta.

### **Objetivos del Estudio.**

Determinar la distribución del Anhídrido Sulfuroso en una caja con arándanos embalados en punnets y separadores de cartón.

Objetivos específicos:

1. Determinar la concentración de  $\text{SO}_2$  por cada nivel de punnets, separados con láminas de cartón.
2. Determinar la capacidad de las distintas combinaciones y modelos de láminas SmartPac para controlar del desarrollo de infección por Pudrición Gris en cada uno de los niveles de punnets y la incidencia de frutos con daño por concentración excesiva de  $\text{SO}_2$ .

### **Diseño Experimental**

**Descripción del embalaje:** Caja de cartón de 40x60 cms con 42 punnets de 150 gramos de arándanos, separados en 3 niveles de 14 punnets cada uno por una lámina de cartón (Fotografía 1) y envueltos con una bolsa camisa con 0,2% del área ventilada.



**Fotografía 1.** Caja de cartón 40x60 cms. con separadores de cartón.

### Tratamientos:

**T0: 1xPTLAM003.** Una lámina PTLAM003 sobre el nivel superior de punnets.

**T1: 2xPTLAM606A.** Una lámina smartpac PTLAM606A sobre cada nivel de punnets; en los dos niveles superiores

**T3: 3xPTLAM606A.** Una lámina smartpac PTLAM606A sobre cada nivel de punnets; en todos los niveles de punnets

**Número de repeticiones por tratamiento: 3**

**Material Vegetal:** Arándanos variedad Duke, sometidos a gasificación inicial y embalados en la planta de Del Monte, Curicó.

### Metodología:

Los arándanos embalados y enfriados se llevaron en transporte refrigerado desde Curicó al laboratorio de Quimas S.A. (Los Yacimientos 1301, Maipú), donde se colocaron las láminas de acuerdo con la descripción de los tratamientos. Durante el montaje de los tratamientos, se incorporó en el fondo de la caja y sobre cada separador de cartón una manguera de silicona de 6mm para tomar la muestra de aire y obtener las lecturas de concentración de  $SO_2$ . Para el cálculo de deshidratación medido como pérdida de peso, se registró el peso inicial de 6 punnets por cada nivel y en dos de ellos se incorporó una baya artificialmente inoculada con una suspensión conidial de *Botrytis cinerea* y síntomas evidentes de infección. Las cajas embaladas y etiquetadas se mantuvieron en cámara frigorífica a 0°C y >90% HR, desde donde se obtuvieron las lecturas de concentración de  $SO_2$  por nivel cada 2 o 3 días.

Al cabo del período de almacenamiento (35 días), se registró el peso de los 6 punnets pesados al inicio del experimento; se midió el porcentaje de bayas infectadas con Pudrición Gris en los dos punnets con inóculo y 4 punnets sin inóculo por nivel y se midió la incidencia de frutos con síntomas de deshidratación, exposición a concentraciones excesivas de  $SO_2$  y se midió la firmeza de 100 frutos por repetición tomados aleatoriamente desde los distintos niveles de punnets.

### Resultados.

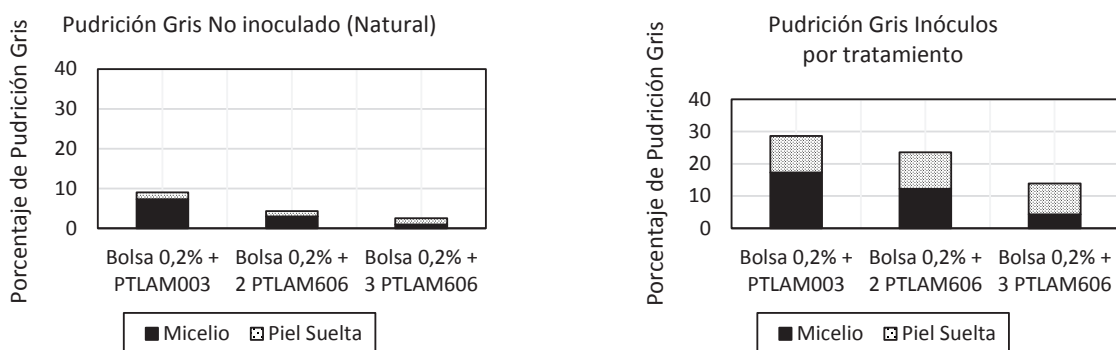
#### 1. Pudrición Gris.

La presencia de bayas infectadas con pudrición gris fue calculada como el porcentaje de bayas infectadas en el peso total de la muestra. Se midió separadamente la presencia de pudrición gris asociada a los envases donde se inoculó la baya enferma, de los envases donde no hubo inoculación (pudrición natural). Además, se separó de acuerdo con los síntomas observados; bayas con desarrollo aéreo de micelio y bayas con desarrollo sub-epidermal de la infección (piel suelta).

Se midió separadamente el nivel de pudrición en cada uno de los niveles para determinar el efecto de la posición de las láminas sobre el control de pudriciones.

Para determinar la significancia estadística de los resultados se realizó una transformación “Arc Sen” de los resultados porcentuales, se sometieron a ANOVA y luego una prueba de comparaciones múltiples de Fisher y validada por test de Duncan ( $p>0,05$ ). Se analizó la diferencia en la incidencia de pudriciones entre cada nivel de punnets dentro del mismo tratamiento y una comparación entre tratamientos.

### 1.1 Pudrición Gris en punnets inoculados y no inoculados de cada tratamiento



#### Pudrición Gris Natural

##### LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T0	Bolsa 0,2% + PTLAM003	7,28	b
T1	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	2,96	a
T2	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	0,98	a

##### LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T0	Bolsa 0,2% + PTLAM003	1,73	a
T1	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	1,33	a
T2	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	1,58	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ )

#### Pudrición Gris Inóculos

##### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

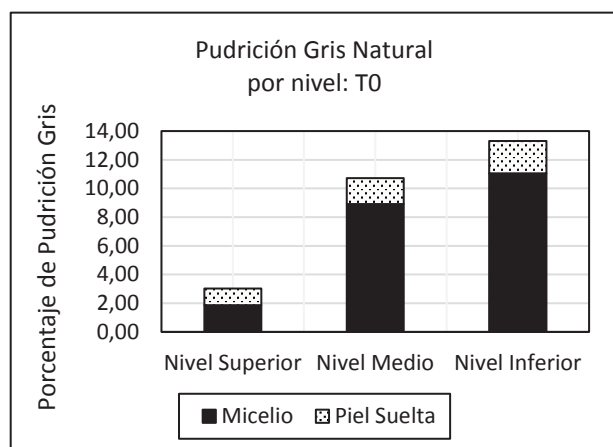
Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T0	Bolsa 0,2% + PTLAM003	17,32	b
T1	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	12,20	b
T2	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	4,35	a

##### % y arcosen: Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T0	Bolsa 0,2% + PTLAM003	11,34	a
T1	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	11,39	a
T2	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	9,56	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ )

## 1.2 Pudrición Gris Natural por nivel en cada tratamiento: Superior, Medio e Inferior

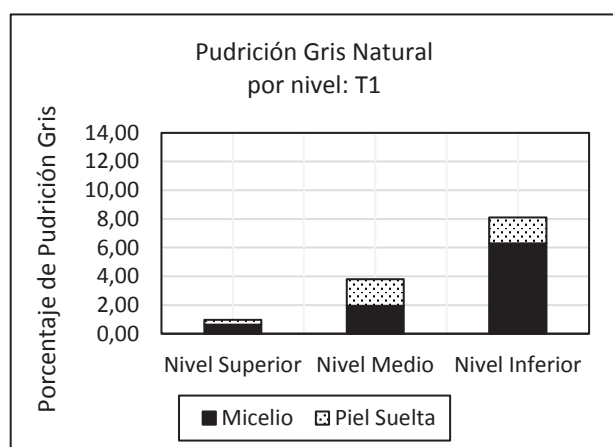


### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T0s	N. Superior	1,86	a
T0m	N. Medio	8,91	a b
T0i	N. Inferior	11,06	b

### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T0s	N. Superior	1,15	a
T0m	N. Medio	1,80	a
T0i	N. Inferior	2,24	a

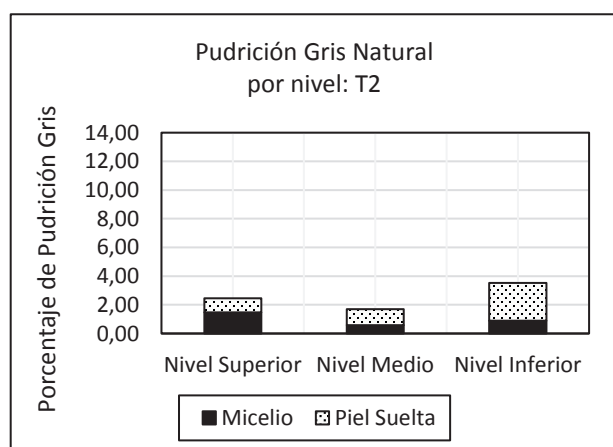


### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T1s	N. Superior	0,62	a
T1m	N. Medio	1,95	a b
T1i	N. Inferior	6,29	b

### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T1s	N. Superior	0,34	a
T1m	N. Medio	1,84	b
T1i	N. Inferior	1,82	b



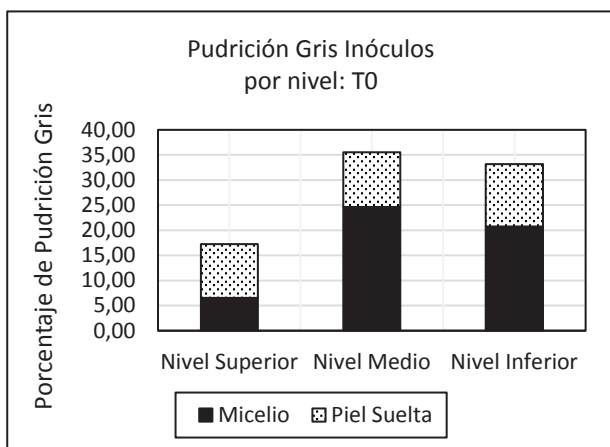
### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T2s	N. Superior	1,47	a
T2m	N. Medio	0,59	a
T2i	N. Inferior	0,89	a

### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T2s	N. Superior	1,00	a
T2m	N. Medio	1,12	a
T2i	N. Inferior	2,63	a

### 1.3 Pudrición Gris por nivel en punnets inoculados de cada tratamiento: Superior, Medio e Inferior

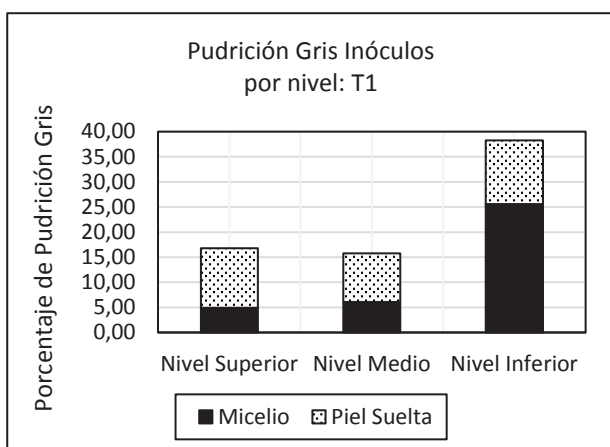


Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T0s	N. Superior	6,56	a
T0m	N. Medio	24,65	b
T0i	N. Inferior	20,74	b

Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T0s	N. Superior	10,71	a
T0m	N. Medio	10,88	a
T0i	N. Inferior	12,43	a

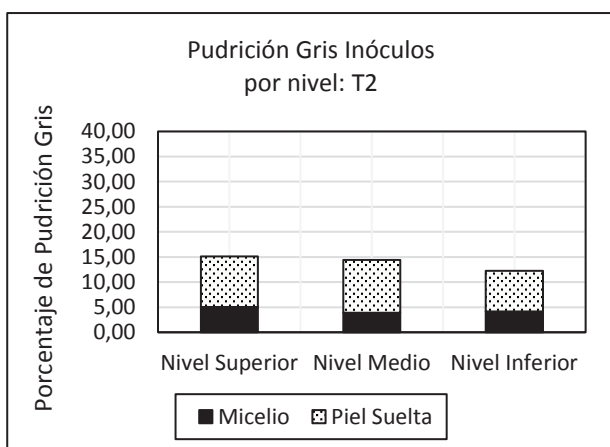


Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T1s	N. Superior	4,95	a
T1m	N. Medio	6,09	a
T1i	N. Inferior	25,57	b

Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T1s	N. Superior	11,84	a
T1m	N. Medio	9,65	a
T1i	N. Inferior	12,67	a



Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Micelio	Significancia
T2s	N. Superior	5,03	a
T2m	N. Medio	3,90	a
T2i	N. Inferior	4,13	a

Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	$\bar{x}$ Piel Suelta	Significancia
T2s	N. Superior	10,06	a
T2m	N. Medio	10,54	a
T2i	N. Inferior	8,08	a

Los resultados indican que la lámina generadora de Anhídrido Sulfuroso es capaz de inhibir significativamente el desarrollo de micelio aéreo solo en el nivel de punnets sobre la cual fue colocada; lo que demuestra la baja movilidad del gas a través de los separadores de cartón.

No se observó un efecto de la lámina en el control de las infecciones sub-epidermales.

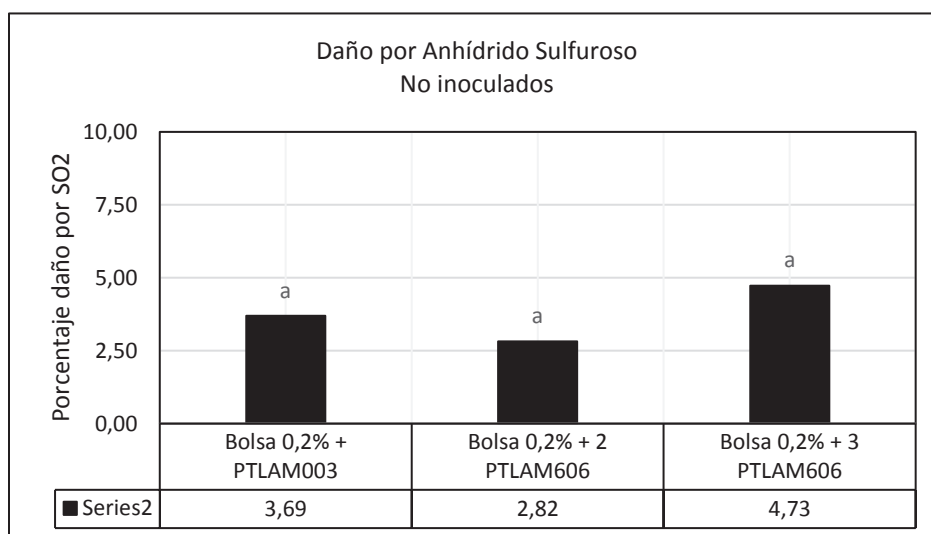
## 2. Daño por Anhídrido Sulfuroso

Los frutos que presentaron síntomas de haber sido expuestos a concentraciones excesivas de Anhídrido Sulfuroso fueron separados y pesados para obtener el porcentaje de incidencia respecto al peso neto de la muestra. Se consideró sintomatología atribuible al Anhídrido Sulfuroso a todos los frutos cuya zona de inserción peduncular mostraba algún nivel de decoloración, enrojecimiento y/o hundimiento (ver Fotografía 2).



**Fotografía 2.** Frutos con síntomas considerados como daño por Anhídrido Sulfuroso.

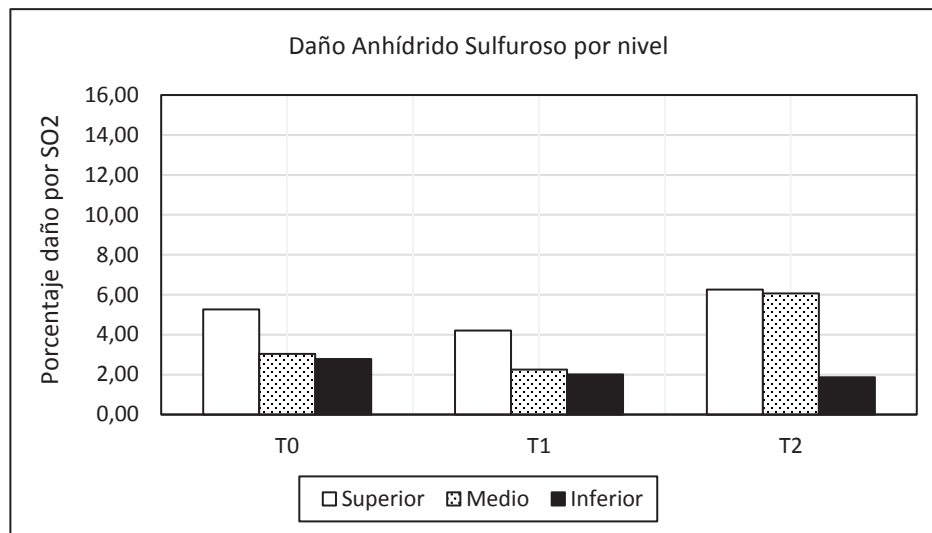
### 2.1 Frutos con sintomatología asociada a la presencia de Anhídrido Sulfuroso por tratamiento



LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
<b>T0</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	3,69	a
<b>T1</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	2,82	a
<b>T2</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	4,73	a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)			

## 2.2 Frutos con sintomatología asociada a la presencia de Anhídrido Sulfuroso por nivel dentro de los envases



### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
<b>T0s</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	5,27	a
<b>T0m</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	3,03	a
<b>T0i</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	2,78	a

### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
<b>T1s</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	4,20	a
<b>T1m</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	2,25	a
<b>T1i</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	2,01	a

### Arc Sen: LSD Fisher, Duncan, Tukey

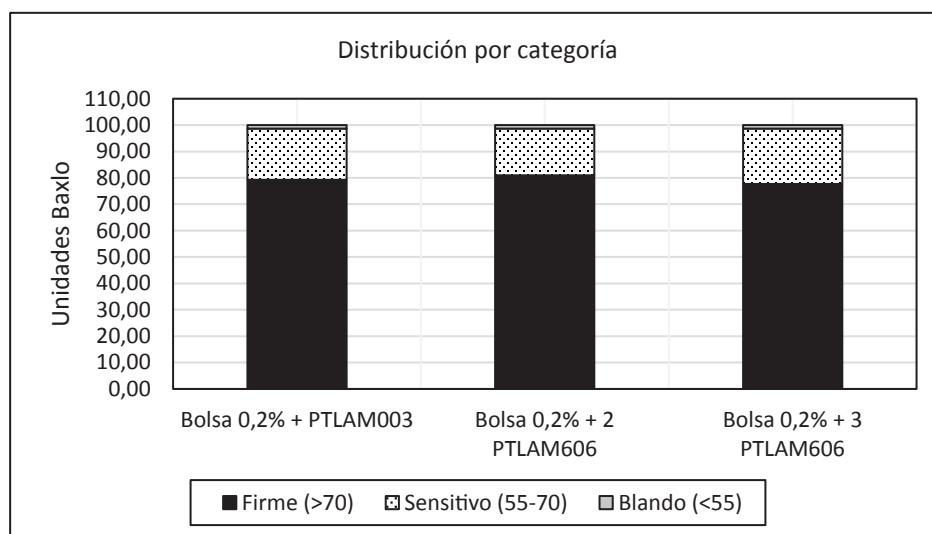
Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
<b>T2s</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	6,26	a
<b>T2m</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	6,07	a
<b>T2i</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	1,86	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)

La incidencia de frutos con síntomas atribuibles al exceso de Anhídrido Sulfuroso osciló entre el 2 y 5% entre los tratamientos, sin diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y entre los niveles. A partir de este resultado, se concluye que adicionar una lámina por nivel de punnets no influiría negativamente en la aparición de frutos con fitotoxicidad por SO<sub>2</sub>.

### 3. Firmeza Instrumental.

Se determinó la firmeza instrumental en una muestra de 100 frutos de arándanos por cada tratamiento, mediante el uso de un durómetro (Baxlo). Luego de obtener el valor porcentual de firmeza de cada tratamiento, los resultados se clasificaron en porcentajes de frutos firmes (>70); sensitivos (55-70) y frutos blandos (<55). El tiempo de almacenamiento de la fruta fue de 35 días en cámara fría a 0°C.



#### LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	Fruta Blanda	Significancia
<b>T0</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	1,33	a
<b>T1</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	1,33	a
<b>T2</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	1,33	a

#### LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	Fruta Sensitiva	Significancia
<b>T0</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	19,33	a
<b>T1</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	17,67	a
<b>T2</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	21,00	a

#### LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	Fruta Firme	Significancia
<b>T0</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	79,33	a
<b>T1</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	81,00	a
<b>T2</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	77,67	a

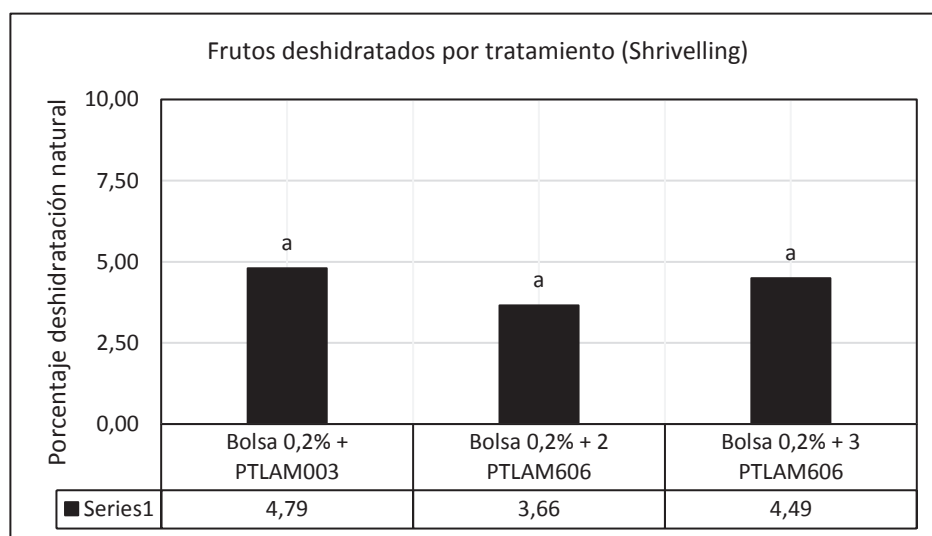
Se evaluó la influencia de las láminas generadoras de SO<sub>2</sub> respecto a la firmeza de la fruta, y los resultados señalan que no existe un efecto detrimental en la firmeza de la fruta al incorporar más láminas generadoras de SO<sub>2</sub>.



#### 4. Deshidratación o Shrivelling.

La presencia de bayas deshidratadas fue calculada como el porcentaje de bayas con síntomas visuales y evidente de deshidratación (arrugamiento o shrivelling) en el peso total neto de la muestra (4 punnets por cada nivel en cada caja, seleccionados aleatoriamente).

Para determinar la significancia estadística de los resultados de cada tratamiento se realizó una transformación “Arc Sen” de los resultados porcentuales, se sometieron a ANOVA y luego una prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher y validada por test de Duncan ( $p > 0,05$ ).



#### LSD Fisher, Duncan, Tukey

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
<b>T0</b>	Bolsa 0,2% + PTLAM003	4,79	a
<b>T1</b>	Bolsa 0,2% + 2 PTLAM606	3,66	a
<b>T2</b>	Bolsa 0,2% + 3 PTLAM606	4,49	a

Los resultados señalan que no existe una relación entre los frutos con síntomas evidentes de deshidratación y la cantidad de láminas generadoras de Anhídrido Sulfuroso dentro de los envases.

## Anexos

### 1. Fotos



**Fotografía.** Apariencia tratamiento 2 luego de 35 días de almacenamiento en cámara fría a 0°C.  
Bolsa 0,2% + PTLAM606a x3.



**Fotografía.** Apariencia tratamiento 0 (Bolsa 0,2% + 1 PTLAM003) luego de 35 días de almacenamiento en cámara fría a 0°C.

