



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



# ANÁLISIS DE LA ABSORCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PERCLORATO PRESENTE EN FERTILIZANTES EN MELÓN Y SANDÍA BAJO CUBIERTA

**José M<sup>a</sup> Durán Altisent**  
Dr. Ingeniero Agrónomo  
Licenciado en Farmacia

**Carlos Repiso Inglés**  
Ingeniero Agrónomo

Este proyecto se hizo posible gracias al soporte de la industria de fertilizantes

Periodo experimental: Abril – Septiembre 2015

Fecha: 31 de enero 2016

## Índice

1. Introducción.....	4
2. Materiales y métodos .....	5
2.1. Centro de investigación y diseño experimental .....	5
2.2. Preparación y aplicación de la solución nutritiva y de perclorato .....	8
2.3. Control de riego.....	9
2.4. Control de temperatura en el invernadero .....	10
2.5. Control fitosanitario .....	10
2.6. Desarrollo de los cultivos de melón y sandía .....	12
2.7. Determinación de contenido de perclorato en muestra fresca y seca .....	12
3. Resultados.....	14
3.1. Cantidad de nutrientes y perclorato suministrada .....	14
3.2. Concentración de percloratos en los frutos de melón y sandía.....	15
3.2.1. Melón .....	15
3.2.2. Sandía .....	18
4. Conclusiones .....	21
ANEXO I. Datos de frutos de melón y sandía cosechados.....	22
ANEXO II. Desarrollo durante el ciclo de los cultivos de melón y sandía .....	24
ANEXO III. Datos de peso fresco y seco de los frutos y residuo de perclorato en melón y sandía .....	29

## 1. Introducción

Las alertas alimentarias surgidas en Europa en relación a la presencia de perclorato en alimentos, generó una importante preocupación por parte de todos los sectores que de alguna manera están implicados en esta cuestión. La alerta sobre la presencia de perclorato publicada por el RASFF (*Rapid Alert System for Food and Feed*) del 3 de abril 2013 afectó directamente a productos agrícolas de origen español, motivando inquietud en el sector.

Las autoridades europeas han valorado diversos orígenes para justificar la presencia de perclorato en alimentos, pasando desde el uso de fertilizantes o productos fitosanitarios que pueden contenerlos en su formulación, hasta la utilización de agua clorada para los procesos de lavado y desinfección.

Con el objetivo de facilitar el comercio intracomunitario, la Comisión Europea estableció por primera vez en 16 de julio 2013<sup>1</sup> límites de referencia en alimentos para perclorato (a la espera de la fijación de un límite máximo de carácter legal para toda la UE). Estos límites fueron revisados en 10 de marzo 2015<sup>2</sup>. Esta revisión se basó en datos sobre la presencia de perclorato en alimentos en la UE después de septiembre 2013. Se consideró que las medidas de mitigación se pusieron en marcha a partir de septiembre 2013 y que estos datos sobre la presencia de perclorato reflejan el principio "ALARA" (*As Low As Reasonably Achievable*, tan bajo como sea razonablemente posible), siguiendo las buenas prácticas agrícolas, como la corrección y mejora de los suelos de los invernaderos y el uso de fertilizantes con menos de 100 ppm de perclorato. En este caso, el principio "ALARA" significa que el 99% de los datos sobre la presencia de perclorato no superan el límite máximo indicado.

A partir de 16 de marzo 2015 dichos límites de referencia son 0.2 mg/kg para melón y sandía, los dos cultivos principales objeto de este estudio.

No obstante, los límites finales deberán esperar a las conclusiones de la Comisión Europea junto con los Estados Miembros, que se espera deriven del marco legal aplicable y de las investigaciones realizadas.

En esta línea, la Universidad Politécnica de Madrid plantea la realización de ensayos con fertilizantes con varios niveles de perclorato, para investigar la relación entre el

---

<sup>1</sup> [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/statement-perchlorate\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/statement-perchlorate_en.pdf)

<sup>2</sup>

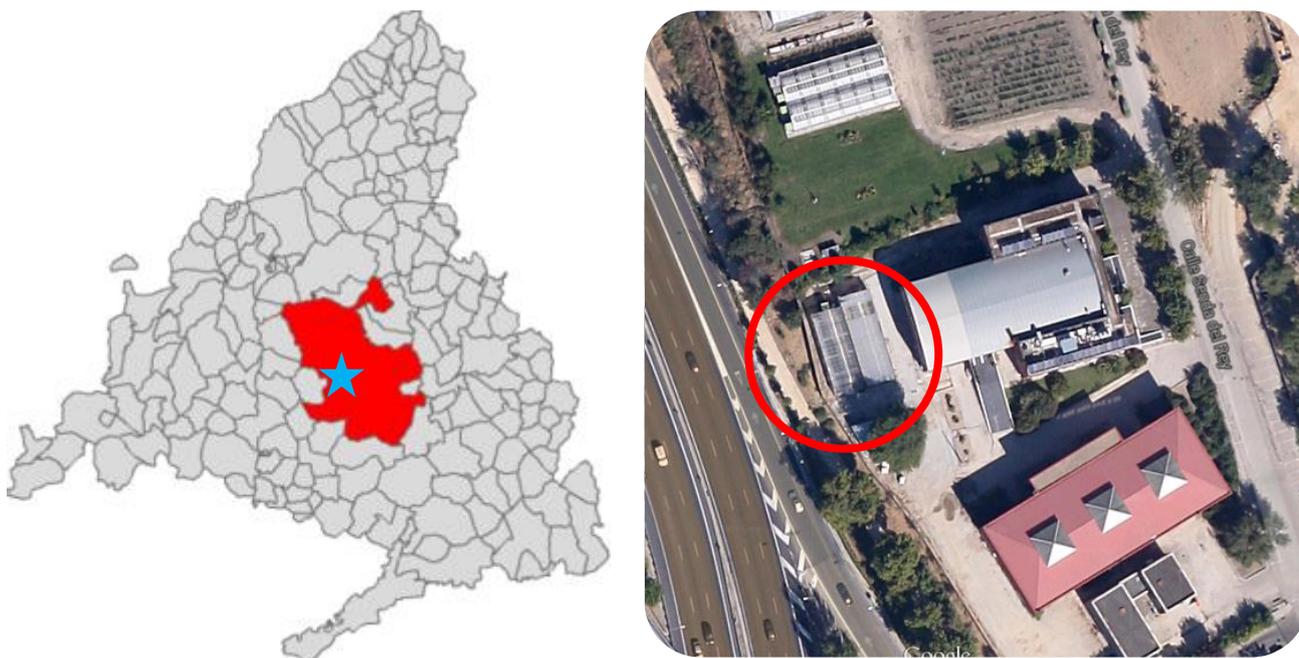
[http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/docs/statement\\_perchlorate\\_in\\_food\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/docs/statement_perchlorate_in_food_en.pdf)

nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados por un lado y el nivel de perclorato en los frutos de melón y sandía cosechados por otro lado.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Centro de investigación y diseño experimental

El ensayo se ha desarrollado en las instalaciones del Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA), enmarcada dentro de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Es precisamente en el municipio de Madrid, en los Campos de Prácticas de dicha escuela, donde ha transcurrido el ensayo, en el distrito de Moncloa-Aravaca (coordenadas aproximadas 40.438889 N – 3.737670 W) (Figura 1).



**Figura 1.** Localización de la finca de ensayo dentro de la Comunidad de Madrid e imagen aérea de los Campos de Prácticas de la ETSIA y de los invernaderos.

El presente ensayo ha sido llevado a cabo en un invernadero de estructura rígida a base de metacrilato, de “tipo capilla”, con sistemas automáticos de control de

temperatura, ventilación (cenital), iluminación y riego. Dicho invernadero cuenta con una planta de 16 x 8 m<sup>2</sup>.

Dentro del invernadero se han cultivado un total de 144 plantas, dispuestas en contenedores de 50 litros, repartidas de la manera que se describe a continuación.

Se han empleado en el ensayo dos cultivos: melón cantalupo (*Cucumis melo*) y sandía híbrida redonda de piel oscura sin semillas (*Citrillus lanatus*). Cada cultivo se dividió en tres grupos, en función del sustrato empleado en los contenedores: perlita, arena de río o fibra de coco, que son tres de los sustratos más usados.

Por último, cada grupo cultivo-sustrato fue a su vez dividido en 4 subgrupos de 6 plantas, en función de la concentración de percloratos aplicada (obsérvese Tabla 1 para análisis de tratamientos) (Figura 2).

**Tabla 1.** Esquema de tratamientos.



M: Melón  
S: Sandía

P: Perlita  
C: Fibra de coco  
A: Enarenado

1. 0 ppm  $\text{ClO}_4^-$ .
2. 10 ppm  $\text{ClO}_4^-$ .
3. 50 ppm  $\text{ClO}_4^-$ .
4. 100 ppm  $\text{ClO}_4^-$ .

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INENIEROS AGRÓNOMOS

Dept. de PRODUCCIÓN VEGETAL: FITOTECNIA

Esquema de ensayos en invernadero con perclorato potásico

Planta de invernadero y distribución de vegetales y tratamientos

Carlos Repiso Inglés



**Figura 2.** Imagen del invernadero 38 días después del trasplante con melón al lado izquierdo y sandía al lado derecho; en primer plano la arena de río, seguida de la fibra de coco y de la perlita al fondo.

## 2.2. Preparación y aplicación de la solución nutritiva y de perclorato

Todos los días, incluido los sábados y domingos, 0.5 L de la solución nutritiva compuesto de 0.977 gramos de fertilizantes disueltos (Tabla 2), fue aplicado por planta.

**Tabla 2.** Fertilizantes aplicados a cada planta diariamente. Cálculos obtenidos en función de las dosis de riego unitarias, los fertilizantes aportados en el tanque y la concentración de los mismos en la disolución nutritiva.

	Cantidad de fertilizantes (g/día y planta)
Nitrato cálcico: $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2] \cdot \text{NH}_4(\text{NO}_3)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	0.377
Nitrato potásico: $\text{KNO}_3$	0.231
Sulfato potásico: $\text{K}_2\text{SO}_4$	0.027
Sulfato magnésico: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.246
Fosfato monopotásico: $\text{KH}_2\text{PO}_4$	0.096
<b>Total</b>	<b>0.977</b>

La cantidad de perclorato se decidió de manera directamente proporcional a la cantidad de todos los fertilizantes disueltos en la solución nutritiva que cada planta recibía diariamente (Tabla 3). El perclorato era directamente inyectado en el sustrato de forma manual mediante una jeringa milimetrada, en un volumen de 50 mL por día y por planta. Las soluciones de perclorato fueron aplicadas solamente los cinco días de la semana de lunes a viernes. La dosis de perclorato aplicada fue multiplicada por un factor 7/5 para corregir por la ausencia de aplicación de perclorato durante el sábado y domingo. En estos cálculos están contemplados todos los parámetros de eficiencia, conversión de iones-moléculas y período de aplicación para garantizar que durante el ciclo de cultivo se aplicaba la cantidad necesaria.

El tratamiento de perclorato se inició a las dos semanas del establecimiento de las plántulas y se continuó hasta que se dio por finalizado el cultivo. Las fechas de cosecha fueron del 20 al 22 de julio para melón, 24 de agosto al 2 de septiembre para sandía.

**Tabla 3.** Tratamientos aplicados durante la realización del ensayo.

	Perclorato ( $\text{ClO}_4^-$ ) en los fertilizantes (ppm) $\mu\text{g} (\text{ClO}_4^-) / \text{gramo}$ fertilizante aplicado	$\text{KClO}_4$ que debe ser aplicado mg $\text{KClO}_4/$ tanque 25 L (incluida una pérdida del 5%)	Cantidad de $\text{KClO}_4$ ( $\mu\text{g}$ ) aplicado con 50 mL por planta y por día	Cantidad de $\text{ClO}_4^-$ ( $\mu\text{g}$ ) aplicado con 50 mL por planta y por día (con 5 aplicaciones por semana)	Cantidad de $\text{ClO}_4^-$ ( $\mu\text{g}$ ) aplicado con 50 mL por planta y por día (con 7 aplicaciones por semana)
Control (T1)	0	0.00	0	0	0
Trat. 2 (T2)	10	10.31	20.6	14.8	10
Trat. 3 (T3)	50	51.57	103	74	50
Trat. 4 (T4)	100	103.14	206	148	100

### 2.3. Control de riego

Los contenedores fueron regados mediante un sistema de riego por goteo a través de piquetas que suministraron agua individualmente a cada planta, que partían de ramales principales que discurrían entre las hileras de contenedores. Estos ramales estaban conectados a la caseta de riego, la cual cuenta con un aljibe y un sistema *venturi* para remover la disolución nutritiva.

La disolución nutritiva se desarrolló con la ayuda de un software específico, seleccionando una disolución estándar para cultivos hortícolas. La Tabla 4 presenta la concentración de nutrientes en la disolución nutritiva.

**Tabla 4.** Disolución nutritiva utilizada durante la realización del ensayo.

Solución final	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
mmol/l	11.73	1.35	2.22	0.5	0.76	0.67	6.35	3.33	1.92	0.43
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn				
μmol/l	23.9	-	4.1	2.9	0.43	1.3				

A la disolución anterior se añadía además la cantidad requerida por los cultivos de micronutrientes, mediante la aplicación de un cóctel de micronutrientes con 0.5% B, 2.9% Fe, 2% Mg, 2.2% Mn, 0.08% Mo y 1% Zn; Fe, Mn y Zn quelatados por EDTA.

La disolución nutritiva ha sido renovada cada 12 días (dos ciclos de riego), con el fin de garantizar que la concentración de fertilizantes se mantenía de manera constante.

No se observó lixiviación de agua de la solución nutritiva o de perclorato fuera de los contenedores. El perclorato, al igual que los nutrientes, se fue acumulando en el sustrato con el tiempo.

#### **2.4. Control de temperatura en el invernadero**

Para el control de temperatura el invernadero contó con dos calefactores eléctricos, colocados uno junto al acceso y otro al final de la “capilla”. Además, el invernadero se valió de un *cooling-system*, mallas de sombreado y ventanas cenitales automatizadas para garantizar un rango de temperatura y radiación adecuado. De esta manera, durante los meses más fríos, se mantuvo la temperatura en torno a los 25 °C durante el día y 20 °C por la noche, y 30 °C durante el día y 25 °C durante la noche en los meses estivales.

#### **2.5. Control fitosanitario**

El control fitosanitario incluyó los siguientes tratamientos:

- Tratamiento profiláctico con PROPAMOCARB 60,5% p/v, contra *Phytophthora* y *Pythium*, en un inicio de la plantación junto con el riego.
- Posteriormente se utilizaría AZOXYSTROBIN 200SC como preventivo específico contra Mildiu y Oídio.

- Tratamientos contra Mosca Blanca y Pulgones (Áfidos, Aphidoidea) con IMIDACLOPRID-70WG (1 gr/L), desde mediados de mayo, según necesidad.
- Tratamiento con ABAMECTINA (1cc. /L) contra Minador de la hoja (Lyriomiza).
- Tratamiento con ACRINATHRIN (1cc./L) contra Trips y Araña Roja.
- Tratamiento con TEBOCONAZOLE (1cc./L) contra Oídio y Botrytis.
- Sulfatado regular para tratamiento fungicida.

## 2.6. Desarrollo de los cultivos de melón y sandía

La Tabla 5 presenta el cronograma de desarrollo de las plantas.

**Tabla 5.** El cronograma de desarrollo de las plantas.

Fecha	Etapas de desarrollo
10 de abril 2015	Trasplante de las plántulas de melón y sandía
13 de abril 2015	Inicio del riego por goteo
17 de abril 2015	Inicio de fertirrigación
24 de abril 2015	Inicio de aplicaciones de perclorato
Segunda quincena de mayo 2015	Inicio de la poda
Mediados de junio 2015	Introducción de abejas polinizadoras
20-22 de julio 2015	Cosecha de frutos de melón
24 de agosto/ 2 de septiembre 2015	Cosecha de frutos de sandía

El cultivo del **melón** se desarrolló con normalidad en todo su ciclo, obteniéndose casi un fruto por planta, y seleccionándose los 3 más representativos por tratamiento para su posterior análisis (36 en total).

En el cultivo de **sandía** tardó un poco más en cuajar el fruto, teniendo un número importante de necrosamientos; finalmente se obtuvieron frutos viables en casi la mitad de las plantas seleccionando, al menos 1 fruto por tratamiento. La cosecha se demoró hasta finales de agosto (29 en total).

El detalle de la cantidad de frutos recogidos puede verse en el Anexo I.

En ambos cultivos se pudo ver que las plantas sobre perlita tenían un menor desarrollo, mientras que aquellas en el sustrato de arena tardaban más en asentarse.

En el Anexo II puede verse un resumen gráfico del ciclo completo del ensayo en ambos cultivos.

## 2.7. Determinación de contenido de perclorato en muestra fresca y seca

Se determinó el contenido de perclorato en la muestra fresca y seca (Anexo III). El melón se separó en tres partes: pulpa, corteza y semillas; y la sandía (por ser estéril) en dos: pulpa y corteza. La materia fresca y seca de cada parte fue pesada antes y después de introducirla en estufas a 70 °C durante dos días. Las muestras secadas fueron enviadas al laboratorio BLGG AGROXPERTUS (en los Países Bajos) para ser

analizados en su contenido en  $\text{ClO}_4^-$ . Para ello, se enviaron muestras en estado de polvo seco para ser analizadas por cromatografía de masas-masas (LC-MS/MS). La separación fue basada en una columna de intercambio iónico especial. MS/MS fue usado por identificación y cuantificación, usando una calibración cuadrática con perclorato marcado como estándar interna, según el método interno "ANA-022". Este método es una variante del Método QuPPE de acuerdo a lo informado por BLGG. El límite de cuantificación de perclorato en la muestra seca es 0.1 ppm (0.1 mg perclorato por kg materia seca).

### 3. Resultados

#### 3.1. Cantidad de nutrientes y perclorato suministrada

La cantidad total de fertilizantes y perclorato aplicada depende de la fecha en la que se haya realizado la cosecha de melón y sandía (Tabla 6). La aplicación de fertilizantes comenzó una semana antes de la aplicación de perclorato.

**Tabla 6.** Cantidades de nutrientes y perclorato suministrados por tratamiento.

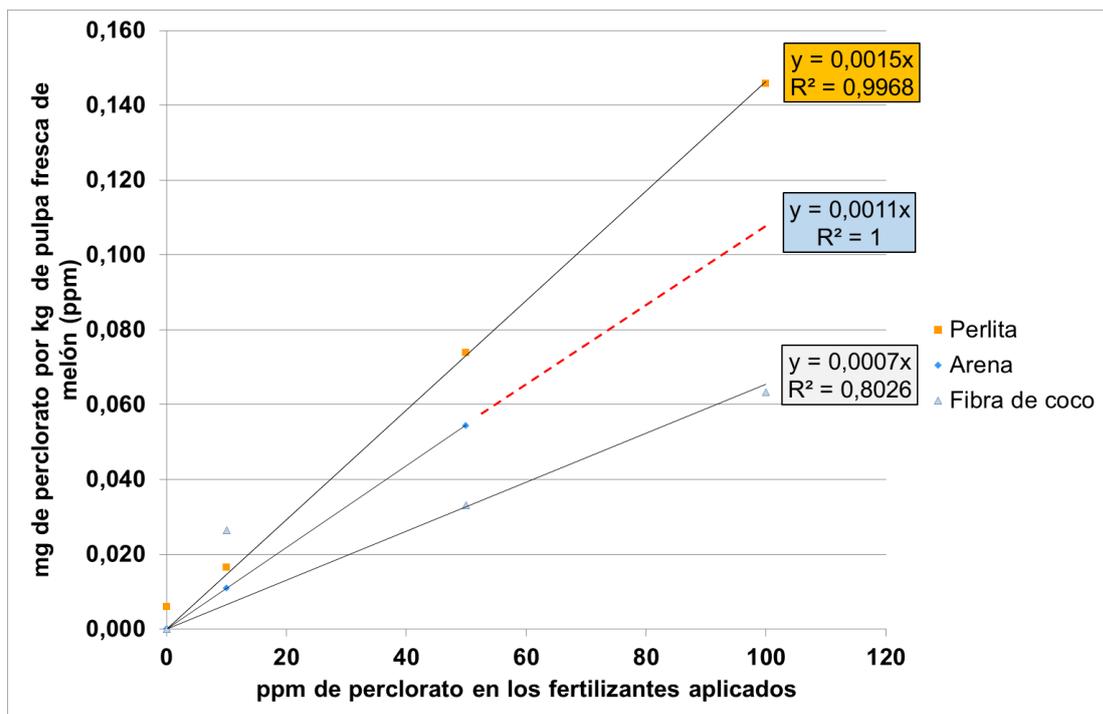
Fecha de cosecha	Días de aplicación de perclorato a partir de 24 de abril hasta la fecha indicada	Cantidad de fertilizantes aplicada a partir de 17 de abril hasta la fecha indicada	Cantidad de perclorato suministrado por tratamiento y por planta			
			T1 (0 ppm)	T2 (10 ppm)	T3 (50 ppm)	T4 (100 ppm)
Melón		gramos/ planta	mg/planta	mg/planta	mg/planta	mg/planta
20 jul	88	92.8	0	0.86	4.3	8.6
22 jul	90	94.8	0	0.88	4.4	8.8
Sandía						
24 agosto	124	128.0	0	1.2	6.1	12.1
2 sept	132	135.8	0	1.3	6.4	12.9

## 3.2. Concentración de percloratos en los frutos de melón y sandía

### 3.2.1. Melón

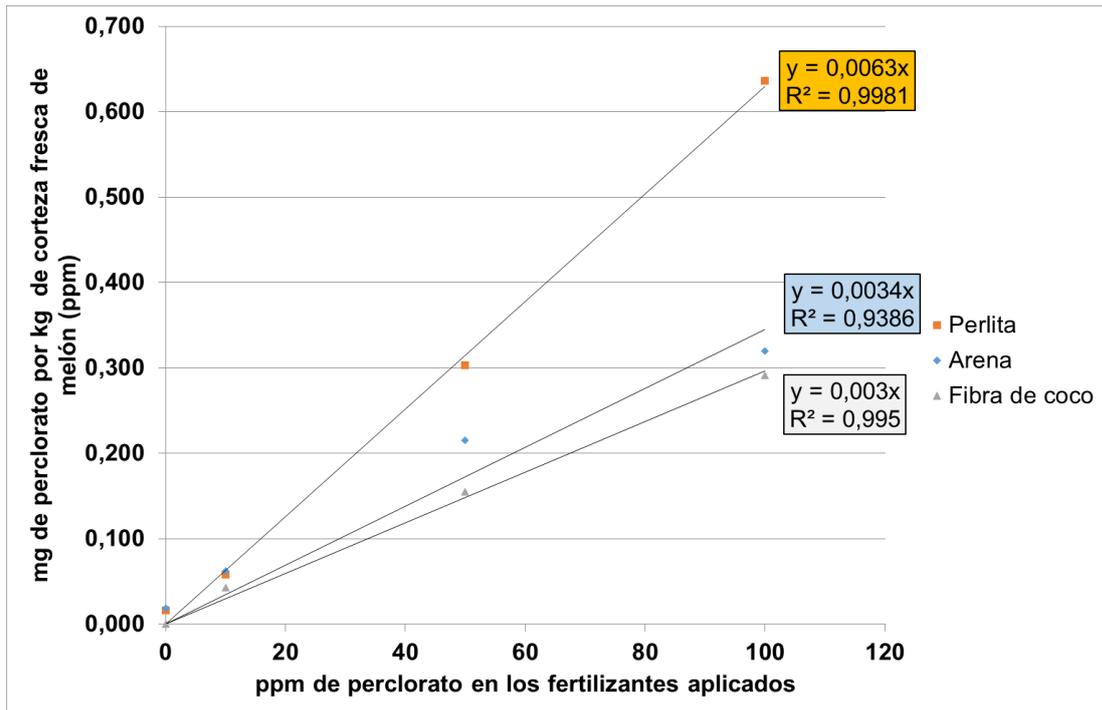
Las Figuras 3 y 4 muestran los resultados de todos los tratamientos por sustrato y por parte del fruto analizado i.e. pulpa (Figura 3) y corteza (Figura 4). Se establece una línea de tendencia por regresión lineal con dichos datos. Se observa una correlación lineal significativa (rango  $R^2 = 0.80-1.0$ ) entre el nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados y el nivel de perclorato en la pulpa y en la corteza de los frutos frescos para todos los sustratos.

En el tratamiento con 100 ppm de perclorato en los fertilizantes aplicados, el contenido de perclorato en la pulpa del fruto de melón varió desde 0.07 ppm (fibra de coco) hasta 0.15 ppm (perlita).



**Figura 3.** Análisis de la relación entre el nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados por sustrato y el nivel de perclorato en la pulpa fresca de melón (ppm).

Observación: El resultado obtenido en la pulpa fresca en arena con el tratamiento de 100 ppm perclorato en los fertilizantes aplicados ha sido eliminado, ya que se supone que es muy bajo (0.056 ppm) en comparación con el resultado obtenido con 50 ppm perclorato en los fertilizantes aplicados, igual a 0.054 ppm de perclorato en la pulpa fresca.



**Figura 4.** Análisis de la relación entre el nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados por sustrato y el nivel de perclorato en la corteza fresca de melón (ppm).

En Tabla 7 se comparan las pendientes de las líneas de tendencia de Figura 3 (la pulpa de melón) y Figura 4 (la corteza de melón) por sustrato. La concentración de perclorato (mg perclorato por kg de peso fresco) en la corteza del fruto fue alrededor de 3-4 veces la concentración de perclorato en la pulpa del fruto, dependiendo del sustrato.

**Tabla 7.** Comparación de los pendientes de las líneas de tendencia de Figuras 3 y 4 de la corteza y pulpa de melón, por sustrato.

Sustrato	Pendiente		Factor Corteza : Pulpa
	Corteza	Pulpa	
Fibra de coco	0.0030	0.0007	4.3
Perlita	0.0063	0.0015	4.2
Arena del río	0.0034	0.0011	3.1

La Tabla 8 muestra la distribución relativa de la cantidad absoluta total de perclorato absorbida por el fruto de melón, dividida en pulpa, corteza y semilla. En promedio 26% a 40% de perclorato absorbida por el fruto de melón estaba presente en la pulpa y 74% a 60% en la corteza, dependiendo del sustrato. Menos de 1% de cantidad de perclorato absorbida por el fruto estuvo presente en las semillas (Anexo III).

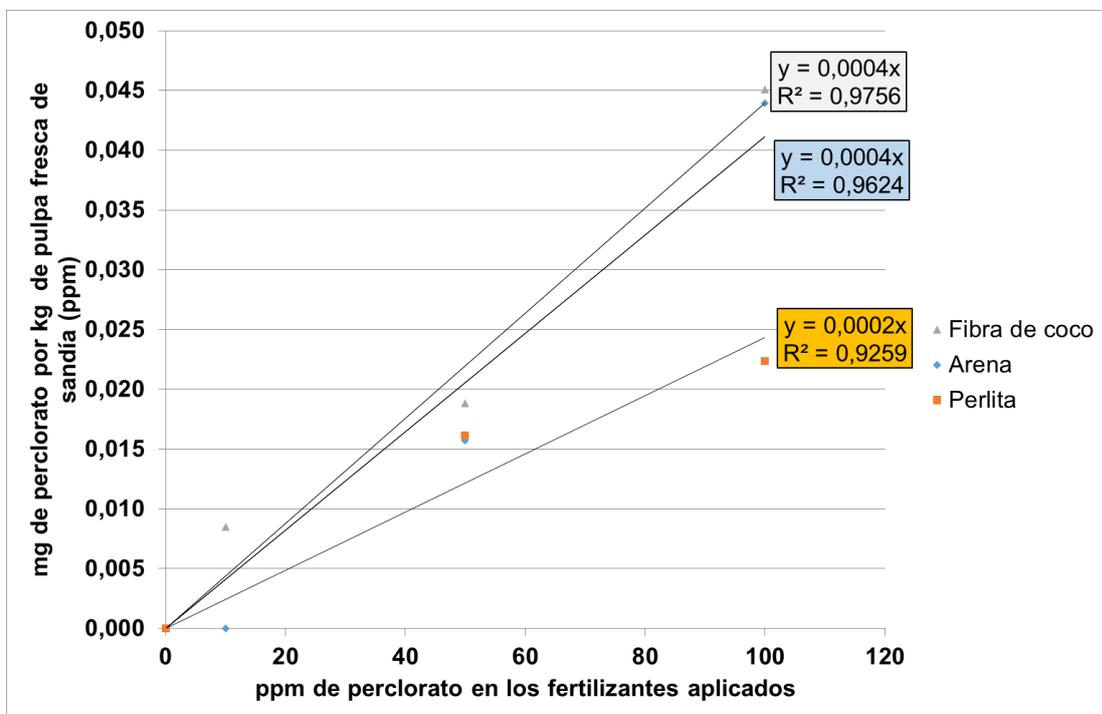
**Tabla 8.** La distribución relativa de la cantidad absoluta total de perclorato absorbida por el fruto, dividida en pulpa, corteza y semilla, por sustrato.

Sustrato	Ppm de perclorato en los fertilizantes aplicados	La distribución relativa de perclorato sobre pulpa, corteza y semilla			
	Ppm	Pulpa	Corteza	Semilla	Total
Perlita	<b>Prom. (10-50-100 ppm)</b>	35%	65%	0%	100%
	<b>10</b>	39%	61%	0%	100%
	<b>50</b>	34%	66%	0%	100%
	<b>100</b>	33%	67%	0%	100%
Fibra de coco	<b>Prom.(10-50-100 ppm)</b>	40%	60%	0%	100%
	<b>10</b>	58%	42%	0%	100%
	<b>50</b>	31%	69%	0%	100%
	<b>100</b>	30%	69%	1%	100%
Arena	<b>Prom. (10-50-100 ppm)</b>	26%	74%	0%	100%
	<b>10</b>	23%	77%	0%	100%
	<b>50</b>	31%	69%	0%	100%
	<b>100</b>	24%	76%	0%	100%

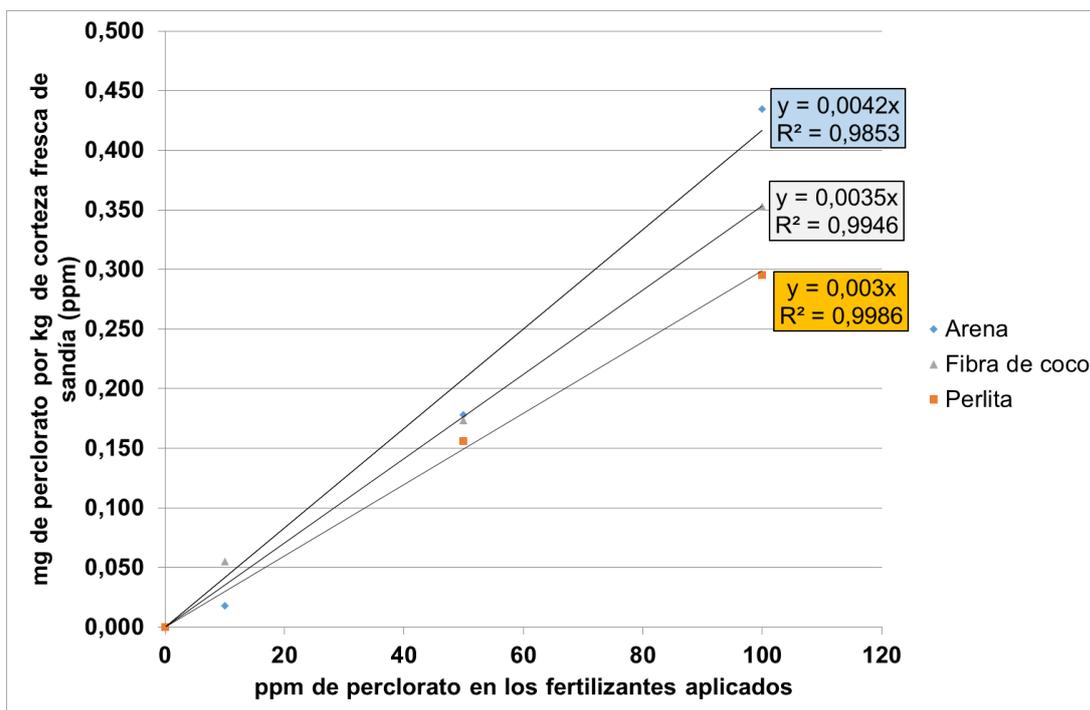
### 3.2.2. Sandía

Las Figuras 5 y 6 muestran los resultados de todos los tratamientos por sustrato y por parte del fruto de sandía analizado i.e. pulpa (Figura 5) y corteza (Figura 6). Se establece una línea de tendencia por regresión lineal con dichos datos. Se observa una correlación lineal significativa (rango  $R^2 = 0.92-0.98$ ) entre el nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados y el nivel de perclorato en la pulpa y en la corteza de los frutos frescos para todos los sustratos.

En el tratamiento con 100 ppm de perclorato en los fertilizantes aplicados, el contenido de perclorato en la pulpa del fruto de sandía varió desde 0.02 ppm (perlita) hasta 0.04 ppm (fibra de coco).



**Figura 5.** Análisis de la relación entre el nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados por sustrato y el nivel de perclorato en la pulpa fresca de sandía (ppm).



**Figura 6.** Análisis de la relación entre el nivel de perclorato en los fertilizantes aplicados por sustrato y el nivel de perclorato en la corteza fresca de sandía (ppm).

En la Tabla 9 se comparan las pendientes de las líneas de tendencia de Figura 5 (la pulpa de sandía) y Figura 6 (la corteza de sandía) por sustrato. La concentración de perclorato (mg perclorato por kg de peso fresco) en la corteza del fruto fue de alrededor de 9-15 veces la concentración de perclorato en la pulpa del fruto, dependiendo del sustrato.

**Tabla 9.** Comparación de los pendientes de las líneas de tendencia de Figuras 5 y 6 de la corteza y pulpa de sandía, por sustrato.

Sustrato	Pendiente		Factor Corteza : Pulpa
	Corteza	Pulpa	
Fibra de coco	0.0035	0.0004	8.8
Perlita	0.0030	0.0002	15
Arena del río	0.0042	0.0004	10.5

La Tabla 10 muestra la distribución relativa de la cantidad absoluta total de perclorato absorbida por el fruto de sandía, dividida en pulpa y corteza. En promedio 14% a 20% de perclorato absorbida por el fruto de sandía estaba presente en la pulpa y 86% a 80% en la corteza, dependiendo del sustrato.

**Tabla 10.** La distribución relativa de la cantidad absoluta total de perclorato absorbida por el fruto de sandía, dividida en pulpa y corteza, por sustrato.

Substrato	Ppm de perclorato en los fertilizantes aplicados	La distribución relativa de perclorato sobre pulpa y corteza		
	ppm	Pulpa	Corteza	Total
Perlita	<b>Prom. (10-50-100 ppm)</b>	17%	83%	100%
	<b>10</b>	NA	NA	NA
	<b>50</b>	20%	80%	100%
	<b>100</b>	13%	87%	100%
Fibra de coco	<b>Prom. (10-50-100 ppm)</b>	20%	80%	100%
	<b>10</b>	20%	80%	100%
	<b>50</b>	19%	81%	100%
	<b>100</b>	22%	78%	100%
Arena	<b>Prom. (10-50-100 ppm)</b>	14%	86%	100%
	<b>10</b>	NA	NA	NA
	<b>50</b>	14%	86%	100%
	<b>100</b>	14%	86%	100%

#### **4. Conclusiones**

1. Tanto para el melón y la sandía, hubo una correlación lineal significativa entre el contenido de perclorato en los fertilizantes aplicados y el contenido de perclorato en la pulpa del fruto y la corteza.
2. Para todas las aplicaciones de perclorato (equivalentes a 50 y 100 ppm en los fertilizantes) y en todos los sustratos, el contenido final en la pulpa, parte comestible tanto de melón como de sandía, son menores a 0.2 mg/kg, valor máximo de referencia en la parte comestible de las cucurbitáceas (por ejemplo pepino, melón, sandía) para el comercio dentro de la Unión Europea *“Statement as regards the presence of perchlorate in food, endorsed by the Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed on 10 March 2015, updated on 23 June 2015”*
3. La pulpa de melón absorbe más perclorato que la pulpa de sandía. A modo de ejemplo, para 50 ppm de perclorato en los fertilizantes aplicado, la pulpa del fruto fresco contenía:
  - a. max 0.075 ppm de perclorato en melón (perlita), y
  - b. max 0.020 ppm de perclorato en sandía (fibra de coco).
4. La mayor parte del perclorato absorbida por el fruto de melón y de sandía se traslada a la corteza.
  - a. Melón. En promedio 26% a 40% de perclorato absorbida por el fruto de melón estaba presente en la pulpa y 74% a 60% en la corteza, dependiendo del sustrato. Menos de 1% de cantidad de perclorato absorbida por el fruto estuvo presente en las semillas.
  - b. Sandía. En promedio 14% a 20% de perclorato absorbida por el fruto de sandía estaba presente en la pulpa y 86% a 80% en la corteza, dependiendo del sustrato.
5. La absorción de perclorato en la pulpa del fruto depende del sustrato. En el caso de:
  - a. melón: perlita > arena > fibra de coco.
  - b. sandía: fibra de coco > arena > perlita.

**Fdo: José M<sup>a</sup> Durán Altisent**

## ANEXO I. Datos de frutos de melón y sandía cosechados

MELÓN										
FECHA	CULTIVO	REFERENCIA	FRUTO	PESO FRUTO (g)	PESO CORTEZA (g)		PESO PULPA (g)		PESO SEMILLA (g)	
					Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
20.07.2015	MELÓN	MA1	1	536	237		266		31	
			2	629	250		349		21	
			3	564	220		322		20	
TOTAL				1729	707	39	937	64	72	16
20.07.2015	MELÓN	MA2	1	773	276		447		26	
			2	896	310		539		32	
			3	787	267		483		26	
TOTAL				2456	853	51	1469	105	84	24
20.07.2015	MELÓN	MA3	1	755	272		446		20	
			2	868	280		558		22	
			3	724	253		431		30	
TOTAL				2347	805	42	1435	95	72	19
21.07.2015	MELÓN	MA4	1	756	280		447		20	
			2	725	256		439		20	
			3	927	302		587		29	
TOTAL				2408	838	51	1473	86	69	19
FECHA	CULTIVO	REFERENCIA	FRUTO	PESO FRUTO (g)	PESO CORTEZA (g)		PESO PULPA (g)		PESO SEMILLA (g)	
					Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
21.07.2015	MELÓN	MC1	1	579	200		367		20	
			2	635	222		406		18	
			3	621	240		365		20	
TOTAL				1835	662	45	1138	78	58	15
21.07.2015	MELÓN	MC2	1	663	186		424		24	
			2	695	213		413		33	
			3	512	120		351		27	
TOTAL				1870	519	31	1188	90	84	22
21.07.2015	MELÓN	MC3	1	711	181		460		23	
			2	753	235		445		35	
			3	455	134		275		15	
TOTAL				1919	550	39	1180	90	73	17
21.07.2015	MELÓN	MC4	1	648	205		412		18	
			2	700	229		438		22	
			3	522	151		336		26	
TOTAL				1870	585	40	1186	92	66	20
FECHA	CULTIVO	REFERENCIA	FRUTO	PESO FRUTO (g)	PESO CORTEZA (g)		PESO PULPA (g)		PESO SEMILLA (g)	
					Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
22.07.2015	MELÓN	MP1	1	442	111		291		27	
			2	586	163		371		30	
			3	449	122		285		29	
TOTAL				1477	396	21	947	47	86	19
22.07.2015	MELÓN	MP2	1	622	182		401		18	
			2	578	159		375		30	
			3	602	175		387		25	
TOTAL				1802	516	35	1163	69	73	18
22.07.2015	MELÓN	MP3	1	806	266		529		29	
			2	687	216		424		19	
			3	639	166		417		25	
TOTAL				2132	648	44	1370	116	73	18
22.07.2015	MELÓN	MP4	1	644	187		396		24	
			2	695	192		431		39	
			3	549	166		347		17	
TOTAL				1888	545	33	1174	62	80	20

SANDIA (Fruto sin pepita)								
FECHA	CULTIVO	REFERENCIA	FRUTO	PESO FRUTO (g)	PESO CORTEZA (g)		PESO PULPA (g)	
					Fresco	Seco	Fresco	Seco
27.08.15	SANDIA	SA1	1	980	358	14	610	32
02.09.15			2	1489	613	19	871	49
TOTAL				2469	971	33	1481	81
02.09.15	SANDIA	SA2	1	966	434	14	545	28
27.08.15			2	543	225	7	307	4
02.09.15			3	1494	575	20	919	43
TOTAL				3003	1234	41	1771	75
02.09.15	SANDIA	SA3	1	1144	382	15	763	36
			2	1167	434	15	736	36
TOTAL				2311	816	30	1499	72
25.08.15	SANDIA	SA4	1	1287	498	16	769	41
02.09.15			2	1374	547	22	825	51
			3	1313	487	17	796	44
TOTAL				3974	1532	55	2390	136
FECHA	CULTIVO	REFERENCIA	FRUTO	PESO FRUTO (g)	PESO CORTEZA (g)		PESO PULPA (g)	
					Fresco	Seco	Fresco	Seco
26.08.15	SANDIA	SC1	1	610	270	6	338	3
02.09.15			2	1364	492	24	850	61
			3	1668	566	26	1095	57
TOTAL				3642	1328	56	2283	121
31.08.15	SANDIA	SC2	1	536	194	10	386	8
02.09.15			2	1053	398	13	643	33
			3	958	404	13	548	32
TOTAL				2547	996	36	1577	73
02.09.15	SANDIA	SC3	1	1060	276	11	771	35
			2	1725	485	22	1223	80
			3	1044	424	16	621	41
TOTAL				3829	1185	49	2615	156
02.09.15	SANDIA	SC4	1	1517	439	21	1070	64
			2	1323	445	19	861	49
			3	1304	396	20	900	61
TOTAL				4144	1280	60	2831	174
FECHA	CULTIVO	REFERENCIA	FRUTO	PESO FRUTO (g)	PESO CORTEZA (g)		PESO PULPA (g)	
					Fresco	Seco	Fresco	Seco
27.08.15	SANDIA	SP1	1	828	283	11	530	22
02.09.15			2	859	284	5	557	21
TOTAL				1687	567	16	1087	43
02.09.15	SANDIA	SP2	1	1149	260	12	841	7
TOTAL				1149	260	12	841	7
02.09.15	SANDIA	SP3	1	986	265	11	742	9
24.08.15			2	2339	691	28	1583	93
02.09.15			3	2028	587	26	1411	67
TOTAL				5353	1543	65	3736	169
02.09.15	SANDIA	SP4	1	2338	759	34	1544	73
TOTAL				2338	759	34	1544	73

Frutos recolectados por desprendimiento de la planta  
 Resto de frutos el día 02.09.15

**ANEXO II. Desarrollo durante el ciclo de los cultivos de melón y sandía**

24 de abril 2015



8 de mayo 2015



21 de mayo 2015



29 de mayo 2015



19 de junio 2015



25 de junio 2015



3 y 6 de julio 2015



17 y 20 de julio 2015 – cosecha de melón



24 de julio 2015



1 de septiembre 2015



**ANEXO III. Datos de peso fresco y seco de los frutos y residuo de perclorato en melón y sandía**

Cultivo	Tratamiento	Parte del fruto	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Residuo de perclorato (mg/kg materia seca)	Residuo de perclorato in muestra seca (mg)	Residuo de perclorato in muestra fresca (mg/kg)	Materia seca %	
Melón	MA1S	Semilla	72	16	-	-	-	22,2%	
Melón	MA2S	Semilla	84	24	-	-	-	28,6%	
Melón	MA3S	Semilla	72	19	-	-	-	26,4%	
Melón	MA4S	Semilla	69	19	-	-	-	27,5%	
Melón	MA1C	Corteza	707	39	0,335	0,013	0,018	5,5%	
Melón	MA2C	Corteza	853	51	1,04	0,053	0,062	6,0%	
Melón	MA3C	Corteza	805	42	4,1	0,173	0,215	5,2%	
Melón	MA4C	Corteza	838	51	5,26	0,268	0,320	6,1%	
Melón	MA1P	Pulpa	937	64	-	-	-	6,8%	
Melón	MA2P	Pulpa	1469	105	0,154	0,016	0,011	7,1%	
Melón	MA3P	Pulpa	1435	95	0,822	0,078	0,054	6,6%	
Melón	MA4P	Pulpa	1473	86	0,966	0,083	0,056	5,8%	Excluido (muy bajo)
Melón	MP1C	Corteza	396	21	0,301	0,006	0,016	5,3%	
Melón	MP2C	Corteza	516	35	0,85	0,030	0,058	6,8%	
Melón	MP3C	Corteza	648	44	4,46	0,196	0,303	6,8%	
Melón	MP4C	Corteza	545	33	10,5	0,347	0,636	6,1%	
Melón	MP1P	Pulpa	947	47	0,12	0,006	0,006	5,0%	
Melón	MP2P	Pulpa	1163	69	0,276	0,019	0,016	5,9%	
Melón	MP3P	Pulpa	1370	116	0,872	0,101	0,074	8,5%	
Melón	MP4P	Pulpa	1174	62	2,76	0,171	0,146	5,3%	
Melón	MP1S	Semilla	86	19	-	-	-	22,1%	
Melón	MP2S	Semilla	73	18	-	-	-	24,7%	
Melón	MP3S	Semilla	73	18	-	-	-	24,7%	
Melón	MP4S	Semilla	80	20	0,116	0,002	0,029	25,0%	
Melón	MC1C	Corteza	662	45	-	-	-	6,8%	
Melón	MC2C	Corteza	519	31	0,721	0,022	0,043	6,0%	
Melón	MC3C	Corteza	550	39	2,19	0,085	0,155	7,1%	
Melón	MC4C	Corteza	585	40	4,26	0,170	0,291	6,8%	
Melón	MC1S	Semilla	58	15	-	-	-	25,9%	
Melón	MC2S	Semilla	84	22	-	-	-	26,2%	
Melón	MC3S	Semilla	73	17	-	-	-	23,3%	
Melón	MC4S	Semilla	66	20	0,12	0,002	0,036	30,3%	
Melón	MC1P	Pulpa	1138	78	-	-	-	6,9%	
Melón	MC2P	Pulpa	1188	90	0,35	0,031	0,026	7,6%	
Melón	MC3P	Pulpa	1180	90	0,43	0,039	0,033	7,6%	
Melón	MC4P	Pulpa	1186	92	0,816	0,075	0,063	7,8%	
Sandía	SP1P	Pulpa	1087	43	-	-	-	4,0%	
Sandía	SP2P	Pulpa	841	7	0,235	0,002	0,002	0,8%	Excluido (Afectado por Botrytis)
Sandía	SP3P	Pulpa	3736	169	0,357	0,060	0,016	4,5%	
Sandía	SP4P	Pulpa	1544	73	0,473	0,035	0,022	4,7%	
Sandía	SP1C	Corteza	567	16	-	-	-	2,8%	
Sandía	SP2C	Corteza	260	12	1,04	0,012	0,048	4,6%	Excluido (Afectado por Botrytis)
Sandía	SP3C	Corteza	1543	65	3,71	0,241	0,156	4,2%	
Sandía	SP4C	Corteza	759	34	6,59	0,224	0,295	4,5%	
Sandía	SC1C	Corteza	1328	56	-	-	-	4,2%	
Sandía	SC2C	Corteza	996	36	1,52	0,055	0,055	3,6%	
Sandía	SC3C	Corteza	1185	49	4,19	0,205	0,173	4,1%	
Sandía	SC4C	Corteza	1280	60	7,53	0,452	0,353	4,7%	
Sandía	SC1P	Pulpa	2283	121	-	-	-	5,3%	
Sandía	SC2P	Pulpa	1577	73	0,184	0,013	0,009	4,6%	
Sandía	SC3P	Pulpa	2615	156	0,316	0,049	0,019	6,0%	
Sandía	SC4P	Pulpa	2831	174	0,733	0,128	0,045	6,1%	
Sandía	SA1P	Pulpa	1481	81	-	-	-	5,5%	
Sandía	SA2P	Pulpa	1771	75	-	-	-	4,2%	
Sandía	SA3P	Pulpa	1499	72	0,327	0,024	0,016	4,8%	
Sandía	SA4P	Pulpa	2390	136	0,772	0,105	0,044	5,7%	
Sandía	SA1C	Corteza	971	33	-	-	-	3,4%	
Sandía	SA2C	Corteza	1234	41	0,534	0,022	0,018	3,3%	
Sandía	SA3C	Corteza	816	30	4,85	0,146	0,178	3,7%	
Sandía	SA4C	Corteza	1532	55	12,1	0,666	0,434	3,6%	