

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Proyecto Fin de Grado**

**ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA  
PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO  
LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL  
SURESTE ESPAÑOL**

*Autor*

**Jesús Mateos Del Vas**

*Director*

**Jose Francisco Maestre Valero**



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Justificación .....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. LA SANDÍA .....	5
3.1. Características botánicas.....	5
3.2. Morfología.....	5
3.2.1 La planta .....	5
3.2.2 La raíz .....	6
3.2.3 Los tallos y las hojas .....	6
3.2.4 Las flores y frutos .....	7
3.2.5 Las semillas.....	8
3.3. Injerto.....	9
3.4. Requerimientos edafoclimáticos .....	10
3.4.1 Temperatura.....	11
3.4.2 Humedad.....	11
3.4.3 Exigencias en suelo.....	12
3.5. Requerimientos nutricionales .....	12
3.6. Floración, polinización y cuajado.....	13
3.7. Importancia económica del cultivo de sandía .....	15
2.7.1 Situación Mundial de la sandía .....	15
3.7.1 Situación de la sandía en España .....	17
3.7.2 Situación de la sandía en la Región de Murcia.....	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1. Características de la finca .....	24
4.1.1 Situación.....	24
4.1.2 Clima.....	25
4.1.3 Suelo.....	26
4.1.4 Agua de riego .....	27
4.1.5 Embalse de riego .....	27
4.1.6 Cabezal de riego .....	28
4.2. Diseño de la plantación .....	29
4.3. Maquinaria agrícola para laboreo .....	30
4.4. Material vegetal y elección de variedades .....	32

4.5. Suministros agrícolas.....	34
4.6. Mano de obra.....	35
4.7. Preparación del suelo.....	36
4.7.1 Eliminación del cultivo anterior.....	36
4.7.2 Labor con cultivador.....	37
4.7.3 Mullido del terreno con fresadora.....	37
4.7.4 Nivelación del terreno.....	38
4.7.5 Acaballonado.....	39
4.7.6 Plastificado con acolchado y extensión de mangueras.....	40
4.8. Labores de cultivo.....	41
4.8.1 Colocación sistema semiforzado.....	41
4.8.2 Siembra.....	42
4.8.3 Trasplante.....	43
4.8.4 Tratamientos fitosanitarios.....	44
4.8.5 Eliminación de las malas hierbas.....	45
4.8.6 Aportación de granulados para el control de insectos del suelo.....	46
4.8.7 Recolección.....	46
4.8.8 Carga y transporte.....	48
4.9. El Riego.....	49
4.9.1 Sistema de riego.....	49
4.9.2 Programación del riego.....	53
4.10. Fertilización y enmiendas.....	69
4.11. Evolución del cultivo.....	75
5. RESULTADOS.....	79
5.1. Producción.....	79
5.2. Calidad de fruta.....	81
5.3. Consumo de agua.....	82
5.4. Evaluación agronómica.....	83
5.5. Evaluación Económica.....	86
5.5.1 Ingresos.....	86
5.5.2 Costes.....	86
5.5.3 Análisis coste beneficio.....	91
6. CONCLUSIONES.....	95
7. RECOMENDACIONES.....	97

8. BIBLIOGRAFÍA.....	99
8.1. Documentos .....	99
8.2. Enlaces WEB .....	99
9. ANEXO.....	105
9.1. Análisis de agua de riego .....	105
9.2. Análisis de suelo .....	106



## RESUMEN

En la agricultura española se emplean diferentes sistemas de riego, entre los cuales, los más utilizados son el riego tradicional por inundación y el riego localizado por goteo. Actualmente este último es el más utilizado en detrimento del anterior.

Este proyecto muestra una comparación y un análisis de rentabilidad entre el sistema de riego por goteo y riego por inundación en el sureste español para el cultivo de sandía.

Para ello, se han acondicionado dos parcelas contiguas localizadas en el término municipal de Totana donde se ha llevado a cabo el ensayo comparativo.

Durante el ensayo, se han aplicado las mismas técnicas y condiciones a ambas parcelas, con la única diferencia del método de riego, para así determinar el efecto de la elección del método de riego sobre los parámetros productivos y de costes evaluados.

El cultivo se desarrolló en 2016 desde marzo hasta julio. Se realizó un seguimiento de las diferentes técnicas agronómicas empleadas dependiendo del sistema de riego aplicado, y se consideraron los costes y consumos de todos y cada uno de los recursos e insumos empleados en cada sistema.

Los resultados obtenidos han demostrado la mayor eficiencia del sistema de riego localizado frente al sistema tradicional de riego por inundación, permitiendo un ahorro de agua del 48% y un aumento de la producción del 30%.

En cuanto a la calidad de la fruta, en el sistema de riego localizado se obtuvo mayor calibre frente al sistema de riego por inundación, y con respecto a la concentración de azúcares no se encontraron diferencias entre tratamientos.





# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Justificación

Actualmente existen diferentes sistemas de riego, pero los más utilizados son el sistema de riego por goteo y el sistema de riego por inundación.

En la actualidad, existe una tendencia clara a pensar que el sistema de riego localizado es mucho más rentable que el riego por inundación. Sin embargo, existe un sector minoritario de agricultores que opinan todo lo contrario. Este estudio evalúa y contrasta ambos sistemas de riego empíricamente, basándose en resultados.

Estos últimos años, entre 2002 y 2014, en España la superficie en la que se empleaba el riego por inundación ha disminuido un 24,62% (322.259 ha), y la superficie de riego localizado ha aumentado un 58,85% (650.633 ha) (Tabla 1).

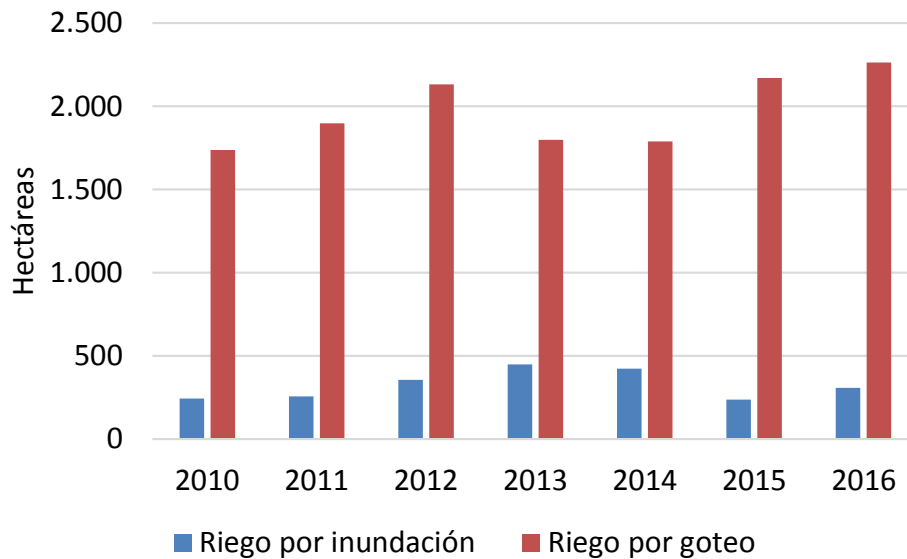
**Tabla 1.** Evolución del riego por gravedad y localizado en España entre el año 2002 hasta el 2014 (Hardy y Garrido, 2010).

<b>Sistema de riego</b>	<b>2002 (ha)</b>	<b>2014 (ha)</b>	<b>2002 - 2014 (%)</b>	<b>2002 - 2014 (ha)</b>
<b>Gravedad</b>	1.308.722	986.463	-24,62%	-322.259
<b>Localizado</b>	1.105.505	1.756.138	58,85%	650.633

**Fuente:** [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)

En la Región de Murcia hay 182.737 hectáreas en regadío, lo que supone el 39,61% de su superficie cultivada. Es la Comunidad que presenta una tasa mayor de regadío sobre superficie geográfica, con un 16,59% en 2016. De esta superficie regada, la mayor parte lo está mediante riego localizado (83,48%), un 15,96% mediante riego por inundación y solamente un 0,56% por sistemas de aspersión.

En el cultivo de la sandía, la mayoría de las explotaciones en la región de Murcia utilizan el sistema de riego por goteo, pero aún existen otras que utilizan el riego por inundación; suponen un 13% de la superficie total destinada a este cultivo (Figura 1).



**Figura 1.** Comparación de la superficie regada por inundación y por goteo en cultivo de sandía en la R. de Murcia durante el periodo 2010-2016.

**Fuente:** [www.carm.es](http://www.carm.es)

La tendencia en la distribución de la superficie regada en la región es aumentar el riego localizado y disminuir los sistemas de riego tradicionales por inundación (ESYRCE, 2016). Por ello es de vital importancia la realización de ensayos comparativos para evaluar la eficiencia y rentabilidad de ambos sistemas, y así concienciar a los agricultores de qué sistema es más adecuado para el cultivo de la sandía, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad de la agricultura en la región.

## **2. OBJETIVO**

Este proyecto compara dos sistemas de riego muy utilizados en la Región de Murcia; riego localizado y riego por inundación, desde el punto de vista agronómico y económico, y demuestra con evidencias cual es el método con mayor eficiencia y rentabilidad para el cultivo de sandía en la zona del valle del Guadalentín, concretamente en la localidad de Totana, teniendo en cuenta la gran escasez de recursos hídricos existentes en la zona.

Además, otra finalidad de este análisis comparativo es la concienciación de los agricultores y regantes para la utilización de sistemas de riego más eficientes y con mayor rentabilidad.

ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

## **3. LA SANDÍA**

### **3.1. Características botánicas**

La sandía es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un entutorado adecuado, propia de cultivos intensivos de secano y regadío. Pertenece a la familia de las cucurbitáceas. Su nombre científico es *Citrullus lanatus*.

El cultivo de la sandía ha adquirido una gran importancia gracias al cultivo forzado y a su protección en invernadero, ya que se ha ampliado el tiempo de su permanencia en el mercado, habiendo dejado de ser fruta exclusivamente de verano, al ser consumida también en primavera.

### **3.2. Morfología**

#### **3.2.1 La planta**

El desarrollo de la planta comienza con un brote principal hasta completar 5-6 hojas bien formadas. A partir de ese momento se inician las brotaciones de segundo orden, que emergen en los nudos del tallo principal. De estos nudos nacen, a su vez, ramas de tercer orden que van conformando la planta.

Para combatir las enfermedades de suelo se inició hace algunos años, en Almería, el injerto en patrón resistente de calabaza al objeto de aislar de la fuente de contagio (suelo) la planta de sandía sensible a estos hongos.

En la actualidad, la sandía injertada ocupa alrededor del 90% de la sandía total cultivada. Como porta injerto se utilizan plantas de la familia cucurbitácea; y por su afinidad con la sandía se están empleando patrones de calabaza. [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

### **3.2.2 La raíz**

La raíz de la sandía es ramificada. La raíz principal se ramifica en raíces primarias y éstas, a su vez, vuelven a subdividirse. En relación con las raíces secundarias, la raíz principal alcanza un gran desarrollo, y puede llegar a profundidades de hasta 1,5 m. [ftp.fao.org](http://ftp.fao.org) y [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es).

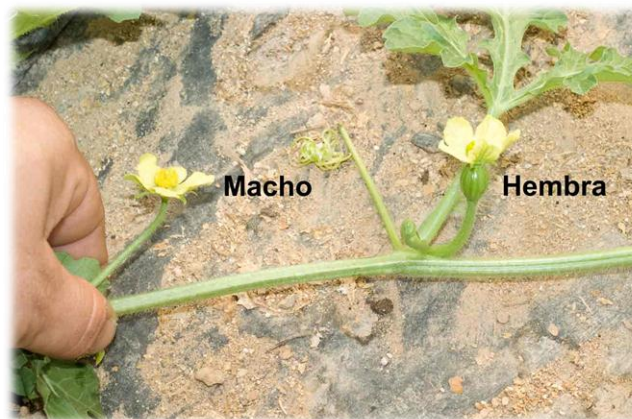
### **3.2.3 Los tallos y las hojas**

Los tallos son herbáceos (blandos y verdes), tendidos, trepadores y largos; con zarcillos caulinares, cuyo extremo puede ser bífido o trifido (según esté hendido en dos o tres partes). El tallo es cilíndrico, asurcado longitudinalmente y muy peloso; los pelos inclinados, cortos y finos, relucen como la seda.

Las hojas son pecioladas y lobuladas. El limbo o porción laminar de la hoja tiene el haz, o cara superior, muy suave al tacto, y el envés, o cara inferior, muy áspero y con las nerviaciones muy pronunciadas, destacándose perfectamente los nervios secundarios y hasta las últimas nerviaciones, que tienen forma de mosaico. [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)

### 3.2.4 Las flores y frutos

En las axilas de las hojas nacen unas yemas que están protegidas por hojitas colocadas en forma imbricada. Estas yemas son floríferas y dan lugar a flores masculinas y femeninas (Figura 2). Estas últimas son las que, una vez polinizadas, darán origen al fruto (Figura 3), diferenciándose fácilmente unas de otras porque las femeninas poseen un ovario ínfero que se aprecia notablemente. Las flores de la sandía son amarillas, solitarias, pedunculadas y axilares; atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas). La flor de la sandía puede ser masculina o estaminada y femenina o pistilada, es decir, los dos sexos coexisten en una misma planta monoica, pero en flores distintas, o sea, unisexuales monoicas.



**Figura 2.** Flor masculina y femenina de la sandía.

El fruto de la sandía es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, generalmente liso, de color, forma y tamaño variables, esférico, ovalado más o menos largo y que puede llegar a los 20 kg de peso. No obstante, los tamaños más frecuentes oscilan entre 4-8 kg de peso (medianos). Los de peso superior a 12 kg (muy voluminosos) son poco comerciales. Pulpa más o menos dulce y color que va del rosa claro al rojo intenso. En su interior se encuentran gran número de semillas y un

porcentaje de agua entre el 90% y 95%. La piel presenta diferentes colores según variedad cultivada, generalmente, de color verde claro a verde muy oscuro y reticulado, igualmente, más o menos oscuro. [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es) y [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)



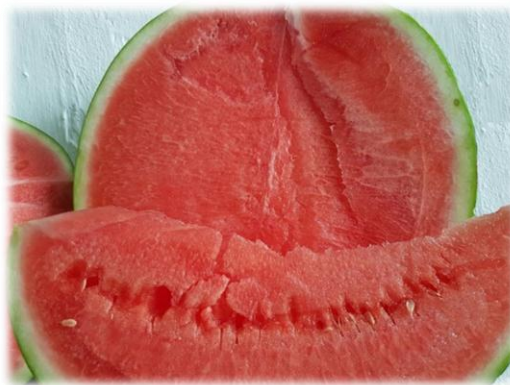
**Figura 3.** Cuajado de frutos de sandía.

### **3.2.5 Las semillas**

Las semillas están distribuidas por la pulpa, al contrario del melón, que están reunidas en una cavidad central. Son generalmente de longitud menor que el doble de la anchura, aplastadas, ovoides, duras, de peso y colores también variables (blancas, marrones, amarillas, negras, etc.), moteadas unas, otras no; con expansiones alares en los extremos más agudos.

Actualmente la mayoría de variedades de sandía son sin semillas o con semillas estériles (Figura 4). [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)





**Figura 4.** Sandía sin semillas o con semillas estériles.

**Fuente:** [www.frutasmora.es](http://www.frutasmora.es)

### 3.3. Injerto

El injerto se emplea para permitir el crecimiento de variedades de valor comercial en terrenos o circunstancias que les son desfavorables, aprovechando la mayor resistencia del patrón usado, o para asegurarse que las características productivas de un ejemplar se mantienen inalteradas, frente a la dispersión genética que introduce la reproducción sexual. [www.hortalizas.com](http://www.hortalizas.com)

En este ensayo se utiliza el injerto con el cruce Cucurbita maxima x Cucurbita moschata, que viene dando muy buenos resultados.

El injerto se hace en semillero, cuando la variedad y el patrón tienen la primera hoja bien desarrollada y está apareciendo la segunda. Éste se hace por aproximación, que es como mejores resultados ofrece, y ambas plantas se ligan con una banda de plomo o pinza (Figura 5). [www.injertoshortícolas.com](http://www.injertoshortícolas.com)



**Figura 5.** Injertos de sandía por aproximación.

**Fuente:** [www.searus.blogspot.com.es](http://www.searus.blogspot.com.es)

### 3.4. Requerimientos edafoclimáticos

La sandía es planta muy extendida por zonas con climas cálidos, al igual que otras cucurbitáceas. Exige altas temperaturas, es sensible a los fríos y las heladas, por lo que su cultivo al aire libre sólo es posible pasada las épocas de heladas y a principios de la primavera. Las variantes más importantes a tener en cuenta son la temperatura y la humedad.

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

[www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es) y [www.agromaticas.es](http://www.agromaticas.es)

### 3.4.1 Temperatura

La sandía requiere temperaturas de germinación de 15º C como mínimo, estando el óptimo en torno a los 25º C. Los cultivares triploides (sin semillas) presentan más problemas de germinabilidad y más exigencias térmicas que los normales. La floración requiere entre 18-25º C; temperaturas más bajas pueden interferir negativamente en la polinización y cuajado de los frutos y éstos, aunque se desarrollen, pueden aparecer deformados. El crecimiento vegetativo y la maduración, suelen requerir entre 23 y 28º C. (Maroto, 1996).

Es aconsejable que la temperatura ambiental no baje de 20 °C durante la noche, ni sobrepase los 30 °C durante el día; éste salto térmico de 10 °C produce desequilibrios en las plantas, abriéndose en algunos casos los cuellos de las mismas y algunos tallos; el polen que realizan las flores en esas condiciones normalmente no es viable. Temperaturas de 10-12 °C influyen en el crecimiento de la planta y la floración se retrasa, alargándose el ciclo vegetativo. [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es) y [www.agromatica.es](http://www.agromatica.es)

### 3.4.2 Humedad

Otro factor climático importante es la humedad, tanto por la incidencia que tiene en el desarrollo de plagas y enfermedades como en el crecimiento de la planta, siendo crítico en algunos estados fenológicos como en la floración. Lo ideal es que el contenido de humedad se encuentre entre el 60% y el 80%.

Un exceso de humedad en el entorno radicular puede provocar dificultad en la germinación, producir asfixia, obteniéndose frutos sin sabor y poco dulces, además de

favorecer el rajado de frutos en la etapa de maduración. Por otra parte la falta de humedad en el suelo provoca deshidratación de los tejidos, dificulta la absorción de nutrientes, y por tanto, propicia menor desarrollo vegetativo (Huitrón, 2005).

[www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)

### **3.4.3 Exigencias en suelo**

La sandía no es muy exigente en suelos, aunque le van bien los suelos bien drenados, ricos en materia orgánica y fertilizantes.

La sandía es planta que prefiere los suelos ricos en elementos fertilizantes y materia orgánica, profundos, bien expuestos al sol y de consistencia media (silíceo-arcillosos). No le convienen los terrenos fuertes (arcillosos), pues la presencia a veces constante de agua al aplicar riegos más copiosos perjudica a las raíces reduciéndose el desarrollo vegetativo por exceso de humedad. En los terrenos excesivamente sueltos y permeables la maduración de la sandía es más precoz, pero con menor rendimiento.

[www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)

### **3.5. Requerimientos nutricionales**

La sandía es medianamente tolerante a la salinidad del suelo (CE: 3,3 ds/m), y soporta la del agua de riego con valores de CE: 2,2 ds/m y CEmáx: 15 ds/m. Prefiere suelos ligeramente ácidos o neutros, cuyo pH oscile entre 6 y 7,5. Es muy exigente en elementos nutritivos, por lo que se debe mantener un equilibrio de fertilizantes en el terreno para evitar que se disminuya su capacidad productora. Por ello, se debe aportar

aquellos elementos minerales y orgánicos necesarios. Es durante el desarrollo de los frutos cuando la planta es más exigente en elementos nutritivos.

Son el potasio ( $K_2O$ ), el nitrógeno (N), el fósforo ( $P_2O_5$ ), el calcio (Ca) y el magnesio (MgO), y en este orden, los elementos que en mayor proporción asimilan las plantas de sandía; además de otros microelementos, tomados en pequeña proporción, manganeso, hierro, zinc, boro, molibdeno, cobre, etc. Su falta produce enfermedades llamadas "carenciales". [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es) y <http://www.infoagro.com>

### **3.6. Floración, polinización y cuajado**

En la sandía, las primeras flores en aparecer son las masculinas, y a continuación las femeninas. Éstas suelen aparecer en todas las ramas cuajando normalmente las flores femeninas de las ramas principales y las flores de la 2ª brotación. Generalmente un factor importante en la floración es la temperatura, ya que temperaturas muy elevadas tienden a producir solamente flores masculinas y muy pocas femeninas, por ello necesitan de temperaturas frescas, siendo las óptimas entre 18-20 °C. El proceso de fecundación puede facilitarse, además de disponer de las condiciones ambientales apropiadas por la aplicación de fitorreguladores empleados correctamente, por un aporte racional de agua y nutrientes y con la utilización de insectos polinizadores.

En la actualidad, las abejas son la forma más segura y eficaz para una correcta polinización de la sandía (Figura 6). Son las encargadas de transportar el polen de las flores masculinas a las flores femeninas. Para este proceso, las abejas han de disponer

de un ambiente propicio para realizar su trabajo. [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es) y [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)



**Figura 6.** Polinización de la sandía mediante abejas.

El “cuajado” es el proceso de transformación del ovario de la flor a fruto. La energía necesaria para el cuajado y desarrollo del fruto se obtiene de los fotoasimilados y nutrientes de la planta, cuyo aporte limitará también el número de frutos producido por planta (Figura 7).

El polen produce giberelinas, éstas a su vez inducen un incremento en el contenido de auxinas, las cuales conducen al cuaje del fruto. (Varokuaux et al., 2000). [www.repositorio.ual.es](http://www.repositorio.ual.es)



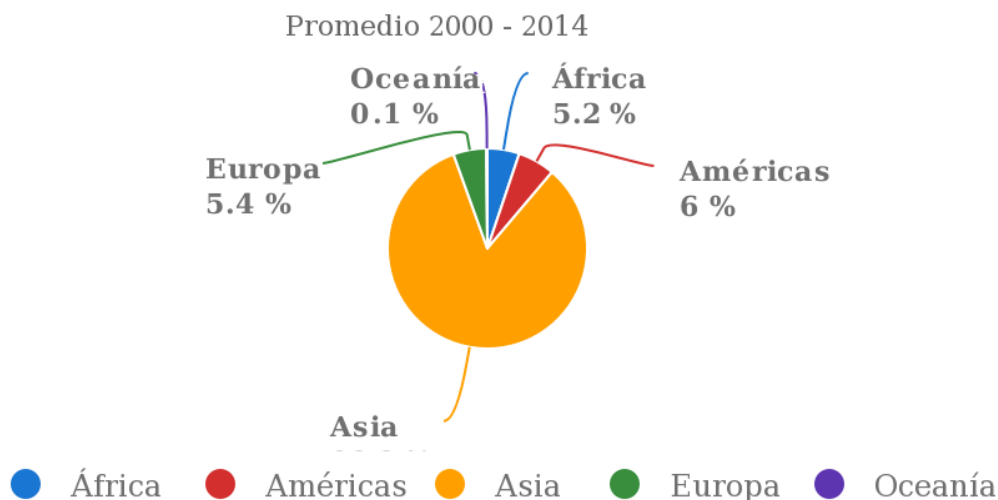
*Figura 7. Cuajado de frutos de sandía.*

### **3.7. Importancia económica del cultivo de sandía**

#### **2.7.1 Situación Mundial de la sandía**

A nivel mundial, el primer productor de sandía es Asia (83,3%), encontrándose China a la cabeza como principal productor del continente y del mundo. En segundo lugar se encuentra América con un 6,5%, cuyos principales productores son Brasil seguida de EE.UU. En tercer lugar se encuentra Europa con un 5,4%, destacando España como principal país productor. En cuarto lugar se encuentra África, con un 5,2%, donde destaca como principal productor Egipto, seguido de Argelia. Por último se encuentra Oceanía con un 0.1% cuyo principal productor es Australia (Figura 8).

A continuación se muestran una serie de gráficas y tablas que representan la superficie y la producción de los principales países del mundo, y su evolución en el tiempo.

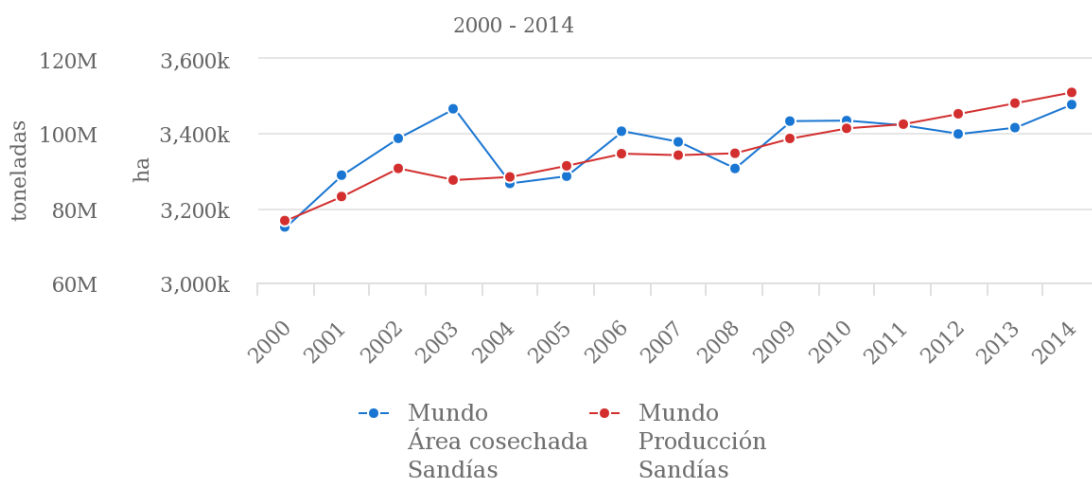


**Figura 8.** Distribución de la producción por continentes, siendo el total de 110 millones de toneladas.

**Fuente:** [www.fao.org](http://www.fao.org)

Según la FAO, la superficie de sandía se ha incrementado un 37,5% en los últimos 10 años, alcanzado 3,5 millones de ha en el mundo en 2014 (110.000 M de toneladas) (Figura 9).

Además, existen expectativas evidentes de que en años venideros siga aumentando la producción a nivel mundial para satisfacer las necesidades de los consumidores.



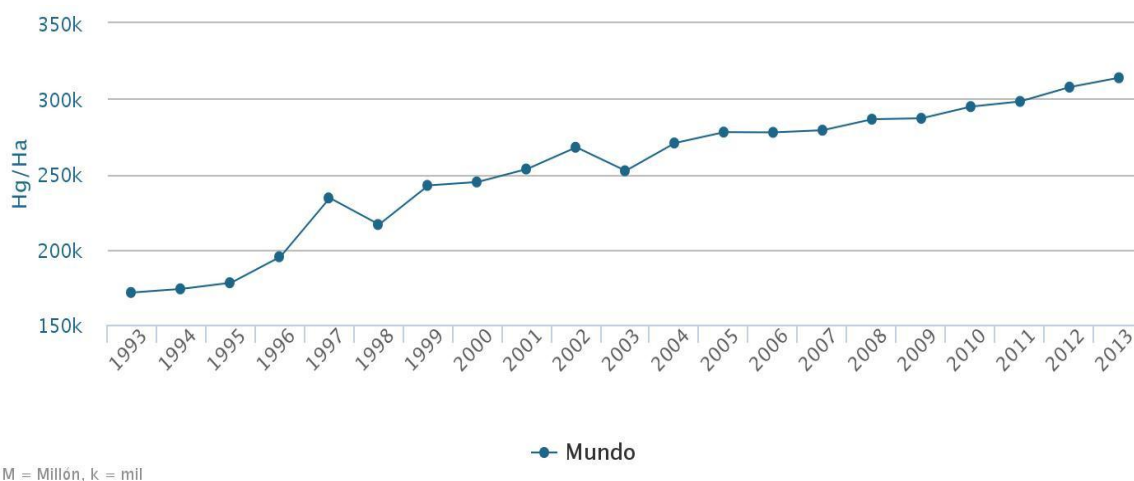
**Figura 9.** Evolución de la superficie y producción mundial de sandía 2000-2014.

**Fuente:** [www.fao.org](http://www.fao.org) (2000-2014).



En términos de rendimiento (Figura 10), desde el año 2000 hasta 2014, se observa un notable crecimiento partiendo de 24.000 kg/ha y llegando a 32.000 kg/ha en 2014. Este aumento de rendimiento se debe a la introducción de nuevas técnicas de producción y tecnología punta que han surgido en los últimos años, sin olvidar el papel de la mejora genética.

Con los resultados obtenidos, se puede afirmar que el aumento de la producción en los últimos años es mayor debido al aumento de rendimiento (Figura 9).



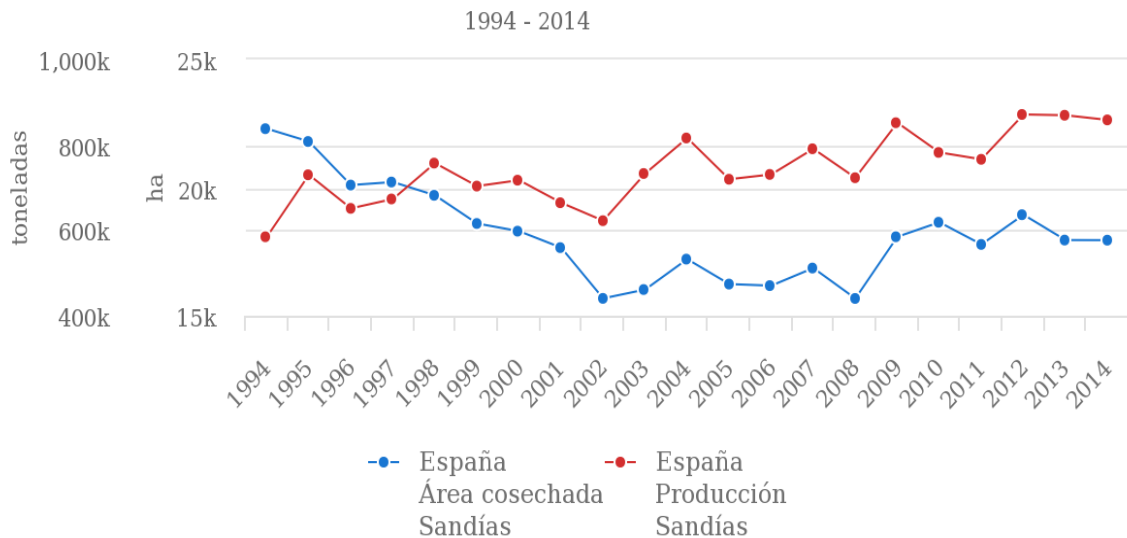
**Figura 10.** Evolución de rendimiento mundial en la producción de sandía (Kg/ha) 2000-2014.

**Fuente:** [www.fao.org](http://www.fao.org) (2000-2014).

### 3.7.1 Situación de la sandía en España

A nivel nacional, se puede observar como la evolución de la superficie destinada a este cultivo ha sufrido un acentuado declive pasando de un valor de 23.000 ha en 1994 hasta unas 15.000 ha en 2002, estabilizándose unos años hasta 2008, a partir del cual se produce un aumento que se estabiliza hasta la actualidad, donde se alcanza un valor de 18.000 ha (Figura 11).

En cuanto a la evolución de la producción, ha habido un balance positivo a pesar de la disminución de la superficie dedicada a este cultivo, lo que demuestra una mejora de la productividad y del rendimiento con respecto a fechas anteriores (Figura 11).



**Figura 11.** Evolución de la superficie y producción dedicada al cultivo de sandía en España.

**Fuente:** www.fao.org

La Tabla 2 presenta la producción (toneladas) de sandía de las diferentes CC.AA. españolas, en la que cabe destacar las tres comunidades que se encuentran a la cabeza; Andalucía, Castilla la Mancha y Región de Murcia.

La comunidad que más peso tiene es Andalucía, cuadruplicando la producción con respecto a las comunidades que le siguen.

Destacar la tendencia de Andalucía y la Región de Murcia a aumentar su producción en los 4 años representados en la Tabla 2.

Entre las comunidades que más disminuyen su producción en esta serie de años se encuentran La Comunidad Valenciana, La Rioja y Baleares.

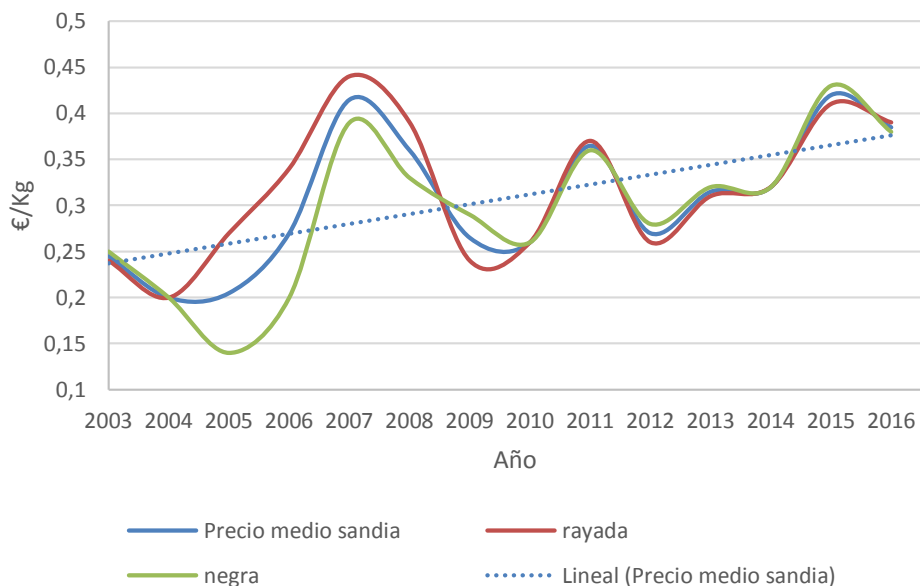
**Tabla 2.** Producción de las diferentes CC.AA. de España (2010-2014).

CCAA	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas
	2010	2011	2012	2013	2014	2010-2014
LA RIOJA	54	51	48	45	42	-22%
ARAGÓN	8.280	4.635	8.370	8.300	8.345	1%
CATALUÑA	6.757	7.015	6.023	6.000	8.122	20%
BALEARES	12.796	10.174	10.532	10.500	10.620	-17%
C. LEÓN	1.574	1.868	1.838	1.851	1.983	26%
MADRID	225	3.374	1.064	1.122	1.542	585%
C. LA MANCHA	<b>103.960</b>	<b>95.301</b>	<b>143.277</b>	<b>152.500</b>	<b>110.540</b>	6%
C. VALENCIANA	72.866	63.506	53.222	54.800	45.844	-37%
R. DE MURCIA	<b>103.840</b>	<b>118.783</b>	<b>128.840</b>	<b>128.800</b>	<b>150.482</b>	45%
EXTREMADURA	16.611	17.190	22.960	28.500	24.500	47%
ANDALUCÍA	<b>450.019</b>	<b>439.151</b>	<b>490.288</b>	<b>483.400</b>	<b>571.688</b>	27%
CANARIAS	5.448	5.253	4.862	4.765	5.339	-2%

**Fuente:** [www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)

### 3.7.1.1. Precio

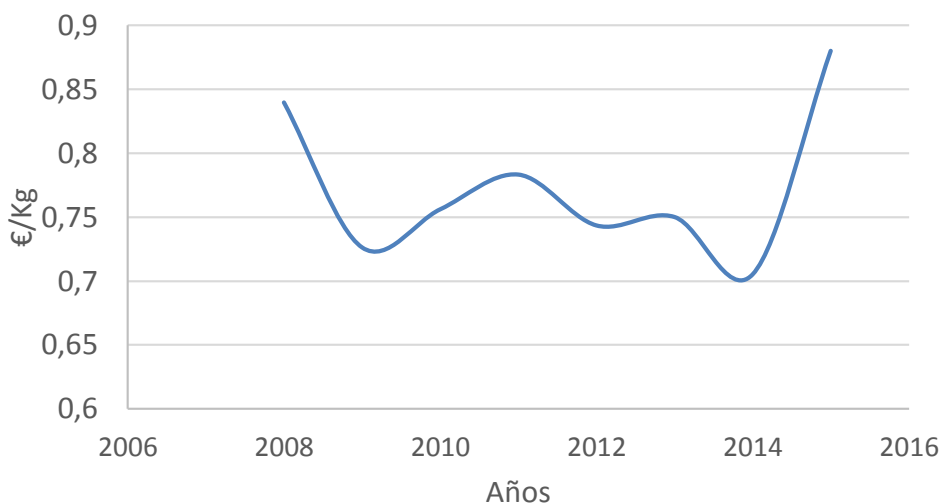
Haciendo un análisis del comportamiento de los precios en origen de todas las variedades de sandía desde la campaña 2002/2003 hasta la 2015/2016, se muestra una evolución de precios muy oscilante e inestable con valores desde 0,19 €/kg en la campaña 2004/2005 hasta valores de 0,42 €/kg en la campaña 2007/2007, en consecuencia de problemas climáticos, plagas y enfermedades, aperturas y cierres de mercados exteriores etc, pero con una tendencia positiva a lo largo de los años (Figura 12).



**Figura 12.** Evolución de los precios en origen de la sandía (2003-2016).

**Fuente:** [www.hortoinfo.es](http://www.hortoinfo.es)

En cuanto al precio pagado por el consumidor, se muestra una estabilidad generalizada de los €/Kg a lo largo de los años. Sin olvidar la disminución de precio que se produjo en 2009 que se ha mantenido más o menos estable hasta 2015, año en el que se produce un incremento del precio para el consumidor correspondiente con la subida de precio percibida por el agricultor. (Figura 13).

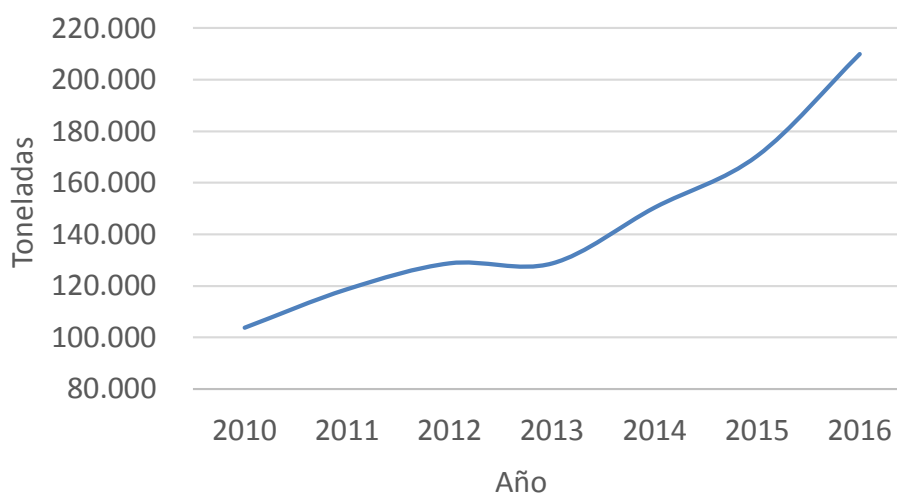


**Figura 13.** Evolución de los precios al consumidor de la sandía (2008-2015).

**Fuente:** [www.mercasa.es](http://www.mercasa.es)

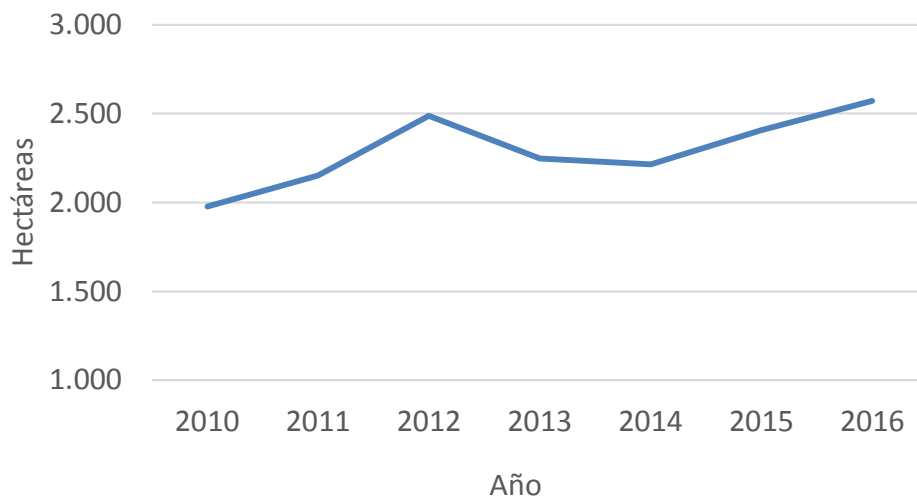
### 3.7.2 Situación de la sandía en la Región de Murcia

En la Región de Murcia, a partir del año 2010 se produjo un progresivo crecimiento de la superficie, y por tanto de la producción de sandía hasta 2015 debido al elevado precio que alcanzaron en ese año (0,36 €/kg) que resultó un atractivo para el sector, además a esto se le suma el aumento del rendimiento por superficie que se produjo en estos últimos años, ya que aumenta la producción en mayor medida que la superficie (Figura 14 y 15). En el año 2012 y 2013 se estabiliza la producción al disminuir levemente la superficie, provocando un posterior aumento, situándose en torno a 150.000 toneladas (Figura 14 y 15).



**Figura 14.** Evolución de la producción de sandía en la R. de Murcia durante el periodo 2010-2016.

**Fuente:** [www.carm.es](http://www.carm.es)



**Figura 15.** Evolución de la superficie destinada a la sandía en la R. de Murcia durante el periodo 2010-2016.

**Fuente:** [www.carm.es](http://www.carm.es)

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

La comparación de ambos sistemas de riego se realizó seleccionando dos parcelas en las que en cada una se empleó un sistema de riego. Se reprodujeron las mismas condiciones en ambas parcelas con el objeto de que la única diferencia fuese el sistema de riego, y así poder realizar comparaciones.

El diseño y seguimiento del cultivo se realizó por parte del autor de este proyecto, aplicando muchos de los conocimientos aprendidos durante el desarrollo de sus estudios universitarios.

El método de programación del riego fue diferente en cada sistema, siendo en riego por goteo el basado en datos climáticos y en el estado hídrico del suelo, y en el riego por inundación el método basado meramente en inspecciones visuales, inspeccionado el entorno de las raíces y con ayuda de sondas de humedad (tensiómetros), que es el método más usual en este sistema de riego.

El análisis de los resultados productivos de ambos sistemas se realizó de la totalidad de las parcelas, excepto para el análisis del contenido en azúcares, que se llevó a cabo mediante un refractómetro tomando 10 muestras de cada variedad seleccionadas al azar en cada parcela.

Para la ejecución de este proyecto se emplearon diversidad de materiales, así como mano de obra y otros elementos que se describen en los siguientes apartados.

## 4.1. Características de la finca

### 4.1.1 Situación

La parcela donde se llevó a cabo el estudio se encuentra ubicada en la localidad de Totana, (Murcia), concretamente en el paraje La Ñorica. Polígono 32, parcela 221.

La parcela consta de una superficie total de 8 ha destinadas al cultivo de hortalizas, de las cuales se han destinado 2 parcelas (A y B) de 1.700 m<sup>2</sup> cada una, en las que se realizó el ensayo.

La subparcela A se corresponde con la superficie que fue regada por inundación, que se encuentra colindante con la balsa de riego, tal y como se representa en la Figura 16.

Para el riego de esta subparcela se dispone de una red de tuberías de cemento que conduce el agua desde la salida de la bomba de elevación del embalse.

La subparcela B se corresponde con la regada mediante riego localizado por goteo.

Ésta consta de una red de tuberías primarias, secundarias y terciarias hasta llegar a los laterales (Figura 16).

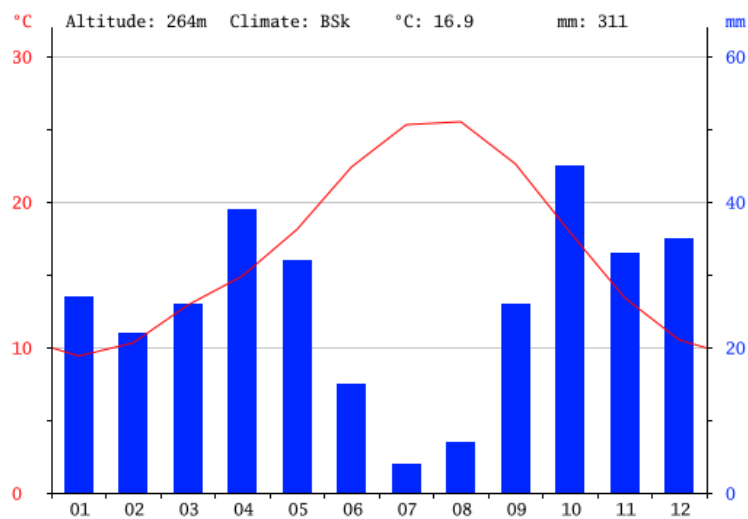




**Figura 16.** Distribución de las subparcelas A y B.

#### 4.1.2 Clima

Totana está dominada por el clima de estepa local. El clima se considera BSk de acuerdo al sistema de clasificación Köppen-Geiger. La temperatura media anual se encuentra a 16,9 °C. La precipitación media anual es de 311 mm al año (Figura 17).



**Figura 17.** Climograma de la localidad de Totana.  
**Fuente:** [www.climate-data.org](http://www.climate-data.org)

El mes más seco es julio, con 4 mm, mientras que octubre es el mes con mayor precipitación media, con 45 mm.

El mes más caluroso del año es agosto con un promedio de 25,5 °C, y el mes más frío del año es enero con 9,4 °C de media.

Debido a estas condiciones climáticas, el cultivo de sandía solo puede llevarse a cabo en un periodo determinado, que va con trasplantes desde mitad de marzo hasta mitad de mayo, que es cuando las condiciones acompañan al cultivo, determinado principalmente por las temperaturas, que van desde 14 °C las mínimas a principios de ciclo hasta 26 °C las máximas al final del ciclo.

### **4.1.3 Suelo**

El terreno se catalogó según un análisis de tierra que se encuentra en el anexo como Franco limoso, con alto contenido en limo (65%), algo menos de arena (33%) y muy poca arcilla (2%). La densidad aparente ( $D_a$ ) es de 1,41 g/cm<sup>3</sup>, y el contenido de materia orgánica es del 2,61%, valor considerado como normal. Es un suelo salino debido a que los iones más tóxicos, sodio y cloruros se encuentran en una concentración muy alta y alta respectivamente.

Por ello se deben de llevar a cabo técnicas para mitigar la salinidad del suelo. Técnicas que son o no posibles según el sistema de riego que se emplea.

#### 4.1.4 Agua de riego

El agua empleada para el riego fue una mezcla de 3 aguas procedentes de depuradora urbana, trasvase tajo-segura y agua subterránea a una proporción de 40%, 30% y 30% respectivamente, dando lugar a un agua de riego con un valor de conductividad eléctrica (CE) de 3,66 ds/m y un pH de 8,35 según se muestra en el análisis adjunto al anexo.

El agua se considera muy alcalina y algo salina para el cultivo de la sandía, pero se pueden aplicar técnicas que más adelante se comentarán para adaptar este agua al cultivo.

#### 4.1.5 Embalse de riego

El embalse de riego existente en la parcela es de polietileno con un volumen de 20.000 m<sup>3</sup>. Este embalse contiene la mezcla indicada de las tres aguas disponibles (Figura 18).



**Figura 18.** Embalse de riego de la parcela.

#### 4.1.6 Cabezal de riego

El cabezal de riego consta de los siguientes elementos:

- Una bomba de aspiración de presión para el riego localizado, y una bomba elevadora para el riego por inundación (Figura 19).
- Un filtro de malla autolimpiable cuando detecta un diferencial de presión a la entrada y la salida (Figura 20).
- Tres tanques de abonado, uno para los microelementos y algún elemento puntual, y los otros dos para las mezclas de macroelementos (Figura 21).
- Bomba inyectora de fertilizantes con dosificación regulable (Figura 22).
- Programador eléctrico para controlar el riego y abonado en frecuencia y dosis determinadas (Figura 23).



**Figura 19.** Bomba de elevadora y bomba de presión para el riego.



**Figura 20.** Filtro de malla



**Figura 21.** Tanques de abonado



**Figura 22.** Bomba inyectora de fertilizantes.



**Figura 23.** Programador de riego.

## 4.2. Diseño de la plantación

El diseño agronómico de la plantación se asemejó a la realidad de un cultivo normal de sandía en la zona.

Las plantas se dispusieron en filas con una separación entre de 1,8 m y una separación entre plantas de 2,25 m. En total, 2.500 plantas/ha. En la superficie de las parcelas de 1.700 m<sup>2</sup> cabían un total de 425 plantas en cada una.

Este marco de plantación no era el adecuado a simple vista para el riego por goteo, ya que se necesita mayor coste en mangueras de riego al haber mayor número de filas,

pero la decisión de realizarlo así fue por cubrir el tiempo diario de la finca dentro de un horario en el que el gasto eléctrico de las bombas fuera más económico, por ello se necesitaba mayor número de mangueras de goteo para que el tiempo de riego de cada sector fuese más reducido. Además posteriormente a este ensayo se pretendía cultivar un ciclo de brócoli sobre el material existente, sin modificar el terreno.

En riego por inundación se eligió el mismo marco de plantación para reproducir las mismas condiciones que en el riego por goteo, y así poder evaluar mejor las diferencias.

Cada fila constaba de doble manguera de goteros, con la finalidad de, además de reducir el tiempo de riego de cada sector, aumentar la anchura del bulbo húmedo, y así permitir un mayor desarrollo radicular manteniendo un correcto solape entre bulbos al disponerse las mangueras a una distancia de 30 cm.

Las mangueras de goteros fueron reutilizadas de otros cultivos anteriores, y eran de goteros de un caudal de 1,5 L/h distanciados a 0,35 m entre ellos.

### **4.3. Maquinaria agrícola para laboreo**

Para una gran parte de labores culturales se emplearon diferentes tractores y aperos que han permitido mecanizar y facilitar el trabajo desde la preparación del terreno con aperos de labranza hasta la recolección asistida con plataformas porta palets.

A continuación se presentan los tractores y los aperos empleados para llevar a cabo el cultivo:

- Tractores con potencia necesaria de 120 cv (Figura 24).
- Fresadora (Figura 25).
- Cultivador o gradas (figura 26).
- Caballonadora (Figura 27).
- Equipo plastificador y destendedor de manguera de goteo (Figura 28).
- Pulverizador hidroneumático tipo cañón (Figura 29).
- Plataforma porta palets (Figura 30).



**Figura 24.** Tractor empleado en el cultivo.



**Figura 25.** Fresadora para laboreo.



**Figura 26.** Cultivador para laboreo.



**Figura 27.** Caballonadora.



**Figura 28.** Equipo plastificador y destendedor de mangera de goteo.



**Figura 29.** Pulverizador hidroneumático tipo cañón.



**Figura 30.** Plataforma porta palets.

#### 4.4. Material vegetal y elección de variedades

El material vegetal empleado fueron dos variedades de sandía que actualmente se están plantando en la zona. Son variedades seleccionadas por su alto rendimiento y productividad.

La variedad de interés es Romalinda, la otra variedad es Premium, y es utilizada como polinizador para que las flores de la variedad de interés puedan cuajar sus frutos. Esto es debido a que Romalinda es una variedad triploide, que es el resultado de un



cruce entre una variedad diploide y una tetraploide, y no producen polen viable en cantidad suficiente para inducir el cuajado. Por ello, para dar frutos, necesitan del cruce con una variedad diploide, que se intercala en el cultivo a razón de 1:3.

[www.hortalizas.com](http://www.hortalizas.com) y [www.seminis.com](http://www.seminis.com)

La variedad Premium se caracteriza por ser una planta vigorosa, especialmente adaptada al injerto. Posee gran capacidad de floración y cuajado. El fruto es redondo ovalado, con un peso medio de 2,5 a 4 kilos con carne de color rojo intenso, elevado sabor y alto contenido en azúcares (Figura 31). [www.portagrano.net](http://www.portagrano.net)



**Figura 31.** Variedad sandía Premium.

**Fuente:** [www.elhocino-adra.blogspot.com.es](http://www.elhocino-adra.blogspot.com.es)

La variedad Romalinda destaca por su calibre y sabor ideales para la exportación (entre 4-5 kg, que se corresponde con el calibre 6). Es una planta de alto vigor, buena cobertura de fruto, gran resistencia a los daños por la incidencia del sol. Tiene una buena capacidad de rebote aunque no se suele aplicar esta técnica. Los frutos son redondos, sin semillas, presenta una corteza de 15 mm de espesor medio, con una firmeza media de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. Su estado óptimo de maduración se corresponde con un valor de 12 °Brix.

Ofrece una carne de color rojo intenso, crujiente y con alto contenido en azúcares (Figura 32).



**Figura 32.** Variedad sandía Romalinda.  
**Fuente:** [www.amifruit.com](http://www.amifruit.com)

#### 4.5. Suministros agrícolas

En este apartado se incluyen todos y cada uno de los materiales y elementos utilizados para y durante el ciclo de cultivo sin incluir el material vegetal que ha sido descrito en el apartado anterior.

Estos suministros son comunes para ambos sistemas de riego, excepto el fitosanitario Tepekki, que ha sido utilizado exclusivamente bajo riego por inundación por exigencias del cultivo que se comentan más adelante en el apartado de tratamientos fitosanitarios (Tabla 3).

**Tabla 3.** Suministros empleados en el cultivo de la sandía.

Fitosanitarios	Fertilizantes	Material
Courace	Ácido nítrico	Plástico para acolchado
Tepekki	Nitrato cálcico	Arquillos Microtunel
Movento	Sulfato Potásico	Manta térmica
Altacor	Ácido fosfórico	

Topas	Quelato de hierro
Jalisco	
Afirm	
Cal-Ex abamectina	
Systane forte	
Radixer	

#### 4.6. Mano de obra

La mano de obra empleada fue por parte de un técnico Agrícola, tractoristas y peones de campo.

La parte de diseño, cálculo, control de riego y planificación de las labores fue responsabilidad del técnico Agrícola.

Los trabajos de preparación de tierras, fumigación y recolección asistida fueron llevados a cabo por los tractoristas con la formación necesaria correspondiente.

Todos los trabajos a pie de campo desde la plantación, pasando por todas las labores de mantenimiento de la parcela hasta la recolección fueron a cargo de los peones de campo (Figura 33).



**Figura 33.** Peones de campo en el trasplante.

## 4.7. Preparación del suelo

Para la preparación del suelo se llevaron a cabo varias labores (Tabla 4) que se exponen a continuación.

**Tabla 4.** Rendimientos de las labores de preparación del suelo para el cultivo de sandía según sistema de riego empleado.

Labores de cultivo	Riego por goteo	Riego por inundación
	Rendimiento (h/ha)	Rendimiento (h/ha)
Eliminación del cultivo anterior	4,5	4,5
Labor con cultivador	4	4
Mullido del terreno con fresadora	4,25	4,25
Nivelación del terreno	0	4,25
Acaballonado	4	0
Plastificado con acolchado	5,75	3,5

### 4.7.1 Eliminación del cultivo anterior

La primera labor de todas fue la eliminación de restos vegetales del cultivo anterior, que se llevó a cabo mediante una fresadora conectada a la toma de fuerza (tdf) del tractor (Figura 34). Dicha labor fue realizada con un rendimiento de trabajo de 4,5 h/ha, que en la superficie de 1.700 m<sup>2</sup> tiene una duración de 0,77 h, (46 min) igual para la parcela A como para la B.



**Figura 34.** Triturado del cultivo anterior con fresadora.

#### **4.7.2 Labor con cultivador**

Esta es una labor primaria que consiste en mullir el terreno a una profundidad de 0,4 m con el cultivador, y así romper cualquier grieta existente en el terreno y homogeneizarlo para una correcta uniformidad de riego. Esta labor tiene un rendimiento de trabajo de 4 h/ha, que para 1.700 m<sup>2</sup> se traducen en 0,64 h (38 min) igual para la parcela A que para la B.

#### **4.7.3 Mullido del terreno con fresadora**

Esta labor secundaria consiste en triturar el terreno para que exista uniformidad en el tamaño de las partículas, reduciendo el espacio aéreo entre ellas al disminuir su tamaño.

Dicha labor fue realizada con un rendimiento de trabajo de 4,25 h/ha, que en la superficie de 1.700 m<sup>2</sup> tiene una duración de 0,72 h, (43 min) igual para la parcela A como para la B.

#### 4.7.4 Nivelación del terreno

La nivelación del terreno consiste en modificar la naturaleza del suelo y conseguir que se encuentre al desnivel deseado. Esto se consigue mediante un equipo de nivelación láser arrastrado por un tractor como se observa en la Figura 35.

Además, al realizar esta labor se consigue compactar moderadamente el terreno y ello permite que el agua de riego circule a mayor velocidad. Para el riego por inundación es una técnica indispensable, que concediendo un desnivel dado en la subparcela se consigue una correcta uniformidad de riego, y se asegura que todas las plantas obtengan una dotación de riego.

En riego por goteo, no es una labor necesaria, ya que no se necesita que el terreno se encuentre nivelado para regar, puesto que el agua se aporta de manera localizada y con un caudal menor que el terreno es capaz de absorber. Por tanto es una labor que se puede ahorrar con el riego localizado.

Esta labor tiene un rendimiento de trabajo de 4,25 h/ha, que en la superficie de 1.700 m<sup>2</sup> corresponde con 0,72 h, (43 min) sólo para la parcela A.



**Figura 35.** Nivelación láser del terreno.

#### 4.7.5 Acaballonado

La plantación de las sandías se realiza en filas sobre caballones de un ancho determinado de 1,5 m de ancho, donde las plantas desarrollan sus raíces de manera óptima. Para ello es necesario un acaballonado previo mediante un apero arrastrado llamado caballonadora, que permite la elevación del caballón, tal y como se muestra en la Figura 36.

Esta técnica se realiza para después poner el plástico de acolchado y conseguir la forma de caballón con una textura del terreno muy esponjosa. Sólo se realiza en riego por goteo porque en riego por inundación no tendría sentido, ya que costaría más poder inundar la totalidad del terreno al tener que cubrir mayor altura, y se compactaría igualmente. El rendimiento de esta labor fue de 4 h/ha, que en 1.700 m<sup>2</sup> se corresponde con 0,68 h (41 min) solamente para la parcela B.



**Figura 36.** Acaballonado del suelo para formar las mesas de cultivo.

#### **4.7.6 Plastificado con acolchado y extensión de mangueras**

La técnica del acolchado consiste en cubrir la superficie del suelo con plástico de polietileno, en este caso negro para evitar la emersión de malas hierbas, evitar la pérdida de agua por evaporación y conseguir una elevada temperatura en el entorno radicular.

La puesta del plástico se realizó con una fresadora a la que se le añadió en la parte posterior un equipo que sirve para destender el plástico y a su vez la fresadora lo va cubriendo con tierra para su sujeción. A este equipo se le incorporó una bobina de manguera de goteo que permite la puesta de la manguera enterrada a la vez que destiende el plástico, tal y como se observa en la Figura 37. Esta labor precisa de un operario que corte el plástico al llegar al extremo de la subparcela en el riego por inundación, y dos operarios en el riego localizado, ya que necesita de uno en un extremo que conecte la manguera de goteo a los chupetes de la tubería terciaria, y otro en el otro extremo que corte el plástico (Figura 37).

Esta labor para riego por inundación tuvo un rendimiento de 3,5 h/ha, que en 1.700 m<sup>2</sup> corresponde con 1 h (36 min) más un peón.

Para riego localizado presentó un rendimiento de 5,75 h/ha, que en 1.700 m<sup>2</sup> son 0,98 h (59 min) más 2 peones, lo que aumenta la mano de obra.





*Figura 37. Plastificado del terreno y destiende de la manguera de goteo.*

## 4.8. Labores de cultivo

### 4.8.1 Colocación sistema semiforzado

Para la formación del micro túnel de manta térmica primeramente es necesario la colocación de los arquillos metálicos que sirven de estructura del micro túnel, para evitar las rozaduras de la planta con la manta y crear un adecuado ambiente en su interior.

Los arquillos se colocaron a mano a una distancia de 5 m entre ellos, con una densidad de 1.000 arquillos por ha, por lo que en 1.700 m<sup>2</sup> se colocan 170 arquillos.

La manta térmica se puso con ayuda de 2 obreros que van desliando el rollo y tensándolo, y otros dos que van detrás sujetando la manta con tierra para que no se vuele con el viento.

#### 4.8.2 Siembra

La siembra de la planta de sandía tuvo lugar el día 5 de marzo de 2016, y la duración desde la siembra de la sandía hasta la retirada de la planta injertada por el agricultor fue de unos 30 días naturales, tiempo en el que se realizaron todas las técnicas necesarias de injerto y replique de la variedad con el patrón (Figura 38).

La planta se desarrolló inicialmente en vivero en unas óptimas condiciones hasta la salida a campo, que tuvo lugar el día 4 de abril de 2016.



**Figura 38.** Planta proveniente del semillero lista para trasplantar.

### 4.8.3 Trasplante

El trasplante se realizó manual con una estaca preparada para este tipo de plantaciones. La distribución de las plantas se llevó a cabo siguiendo una relación 1:3 de variedad Premium y Romalinda respectivamente, y así permitir una correcta polinización de las flores de la variedad de interés (Figura 39). El trasplante tuvo lugar el 4 de abril de 2016.

Tras el trasplante se le proporcionó un riego de larga duración para humectar gran parte del bulbo húmedo que se quiere conseguir al final. Este riego se ha realizado con una duración de 7 h interrumpidas en 3 veces, que se corresponde con 3 aportes de 45 L/planta distanciados en 30 min, para conseguir la apertura de la anchura del bulbo. Además se mantuvo un largo periodo de tiempo relativamente hasta el siguiente riego para forzar a la planta a desarrollar un gran volumen radicular en busca de humedad.



**Figura 39.** Planta recién trasplantada.

#### 4.8.4 Tratamientos fitosanitarios

Los tratamientos fitosanitarios se hicieron mediante un pulverizador hidroneumático tipo cañón suspendido accionado a la toma de fuerza del tractor, que permite el aporte de los fitosanitarios desde un extremo de la parcela llegando a distancias efectivas de hasta 40 metros (Figura 29).

En riego por goteo se llevaron a cabo 7 tratamientos, los cuales se describen a continuación (Tabla 5).

**Tabla 5.** *Tratamientos fitosanitarios aplicados en el cultivo de sandía bajo riego por goteo.*

<b>Riego por goteo</b>					
<b>Fecha</b>	<b>Nº Tratamiento</b>	<b>Plaga o enfermedad</b>	<b>Materia activa</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Aplicación</b>
<b>02/05/2016</b>	1	Myzus persicae	Imidacloprid 20%	Couraze	Vía riego
<b>16/05/2016</b>	2	Myzus persicae	Imidacloprid 20%	Couraze	Vía riego
<b>30/05/2016</b>	3	Tetranychus urticae	Abamectina 1.8% y Hexitiazox 10%	Jalisco y Cal-Ex abamectina	Vía foliar
<b>06/06/2016</b>	4	Helicoverpa spp, Myzus persicae, Bemisia tabaci	Clorantraniliprol 35% y Spirotetramat 15%	Affirm y Altacor	Vía foliar
<b>14/06/2016</b>	5	Tetranychus urticae	Abamectina 1.8% y Hexitiazox 10%	Jalisco y Cal-Ex abamectina	Vía foliar
<b>20/06/2016</b>	6	Oídio	Miclobutanil 24% y Penconazol 20%	Topas y Systane forte	Vía foliar
<b>05/07/2016</b>	7	Oídio	Miclobutanil 24% y Penconazol 20%	Topas y Systane forte	Vía foliar

En riego por inundación los tratamientos fueron los mismos, excepto los dos primeros que se realizaron vía foliar, y un tercer tratamiento extra contra pulgón con Flonicamid 50% al ver que las poblaciones no se reducían. Esto era debido a que con las anteriores aplicaciones pulverizadas, se eliminaban también los depredadores de los pulgones que llevaban a cabo una gran labor de regulación. En cambio, en riego por

goteo, con la aplicación vía riego, las poblaciones de depredadores Coccinélidos se mantenían y actuaban contra los pulgones.

**Tabla 6.** *Tratamientos fitosanitarios aplicados en el cultivo de sandía bajo riego por inundación.*

<b>Riego por inundación</b>					
	<b>Nº Tratamiento</b>	<b>Plaga o enfermedad</b>	<b>Materia activa</b>	<b>Producto comercial</b>	<b>Aplicación</b>
<b>02/05/2016</b>	1	Myzus persicae	Imidacloprid 20%	Couraze	Vía foliar
<b>16/05/2016</b>	2	Myzus persicae	Imidacloprid 20%	Couraze	Vía foliar
<b>25/05/2016</b>	3	Myzus persicae	Flonicamid 50%	Teppeki	Vía foliar
<b>30/05/2016</b>	4	Tetranychus urticae	Abamectina 1.8% y Hexitiazox 10%	Jalisco y Cal-Ex abamectina	Vía foliar
<b>06/06/2016</b>	5	Helicoverpa spp, Myzus persicae, Bemisia tabaci	Clorantraniliprol 35% y Spirotetramat 15%	Affirm y Altacor	Vía foliar
<b>14/06/2016</b>	6	Tetranychus urticae	Abamectina 1.8% y Hexitiazox 10%	Jalisco y Cal-Ex abamectina	Vía foliar
<b>20/06/2016</b>	7	Oídio	Miclobutanil 24% y Penconazol 20%	Topas y Systane forte	Vía foliar
<b>05/07/2016</b>	8	Oídio	Miclobutanil 24% y Penconazol 20%	Topas y Systane forte	Vía foliar

#### **4.8.5 Eliminación de las malas hierbas**

A pesar de la cubrición del suelo con acolchado plástico negro, es muy común la aparición de malas hierbas, ya sea por alguna rotura del plástico, o bien por el mismo espacio del cepellón. Además al estar puesto solamente cubriendo la superficie del caballón, la parte central entre dos filas está expuesta y pueden emerger las malas hierbas cuando se den las condiciones.

#### **4.8.6 Aportación de granulados para el control de insectos del suelo**

Es muy común la aportación de granulados para combatir ciertas plagas de orugas de noctúidos como los gusanos grises y la rosquilla negra, y Ortópteros como saltamontes, langostas y grillos principalmente.

El producto que se suele aportar en estos casos es Clorpirifos al 1% granulado, y se aplica distribuyéndolo homogéneamente a razón de 10-20 kg/ha. El producto comercial más utilizado es Rimi.

#### **4.8.7 Recolección**

La recolección se llevó a cabo cuando el producto alcanzó una concentración de azúcares determinada, que para esta variedad es de en torno a 12 °brix. Dicha recolección necesita de una mano de obra especializada que, siguiendo unas referencias determine cuándo el producto ha alcanzado esa madurez de cosecha.

Algunas características indicadoras de la madurez son:

- El zarcillo que se encuentra junto al pedúnculo debe estar completamente seco.
- El pedúnculo del fruto debe estar tierno, un poco crujiente y los pelos pubescentes han desaparecido.
- La cama del fruto, que está en contacto con el suelo, presente un tono amarillento.
- La capa cerosa brillante de la superficie del fruto ha desaparecido.
- Al golpear el fruto con el dedo se oye un sonido apagado, sin hueco.

- La piel se desprende fácilmente con la uña, que es un riesgo que deprecia la venta del producto.
- El peso de la sandía madura es más elevado debido a su aumento de densidad en la maduración.
- Contraste de las rayas verde oscuras con el verde claro de la sandía.

Todo esto son aspectos que suelen cumplir una sandía que está madura, pero no en todos los casos se cumplen todos ellos, y realmente, existen más factores que determinan el estado de madurez. Estos son simples indicadores que ayudan a su determinación sin tener que abrirla. [www.fundacioncajamarvalencia.es](http://www.fundacioncajamarvalencia.es)

La recolección se realizó con una cuadrilla de obreros que primero pasó cortando la pieza que estaba madura, y posteriormente pasó otra cuadrilla recogiendo las sandías del suelo y depositándolas en los palets que llevaba la plataforma de asistencia a la recolección suspendida de un tractor, tal y como se observa en la Figura 40. La plataforma tenía 4 palets, de los cuales, uno era solamente para sandías de la variedad polinizadora, facilitando así la tarea de confeccionado en almacén.



**Figura 40.** *Recolección con plataformas de asistencia a la recolección.*

#### 4.8.8 Carga y transporte

Después de la recolección asistida en palets de plástico, éstos se apilaron en una era o explanada de carga. El apilamiento y carga de los palets se realizó por un tractor con un toro elevador (Figura 41). Posteriormente las sandías fueron transportadas hasta la cooperativa donde se llevó a cabo la confección y venta del producto a exportación.

Esta labor de carga y transporte fue realizada por la cooperativa e iba incluida y descontada en el precio final de venta de la sandía.



**Figura 41.** *Apilamiento de palets de sandías.*



## 4.9. El Riego

### 4.9.1 Sistema de riego

Los sistemas de riego empleados en este ensayo fueron riego localizado por goteo y riego por inundación por fajas.

#### 4.9.1.1. Riego localizado

El riego localizado es un método de riego que consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo utilizando tuberías a presión y emisores, de manera que sólo se humedece una parte del suelo próxima a la planta, donde se va a desarrollar el sistema radicular de la misma. El volumen limitado de tierra o sustrato que es humedecido por este sistema es denominado como bulbo húmedo.

Con este sistema de riego, las raíces solamente se extienden en este volumen, el resto se encuentra seco, o en condiciones subóptimas para el desarrollo radicular.

Es un método de riego que destaca por tener la capacidad de poder aportar pequeñas cantidades de agua con alta frecuencia, permitiendo así aplicar la cantidad de agua que requiera la planta en cada momento causándole el mínimo estrés, y manteniendo altos niveles de humedad en el bulbo. [www.aguamarket.com](http://www.aguamarket.com)

El efecto de la localización tiene influencia en la evaporación y transpiración, la distribución de las raíces, etc. Al ser poco el volumen de suelo mojado, la capacidad de almacenamiento es baja y por tanto obliga a aplicar pequeñas dosis de riego, con alta frecuencia que permiten un ahorro. [www.lan.inec.org](http://www.lan.inec.org)

El diseño del riego se llevó a cabo de la siguiente manera:

Cada fila de cultivo tuvo instaladas dos mangueras de goteros de 1,5 L/h distanciados a 0,35 m.

En la entrada de agua a la subparcela, en la tubería terciaria, se instaló un contador para comprobar el consumo de agua que se consume en el ciclo de cultivo, y comprobar que coincide con los cálculos del programador de riego.

El sistema de riego fue manejado por un controlador por tiempos, que incorpora la programación del riego junto con el abonado.

Para este sistema de riego se requirió de un cabezal compuesto por tanques de abonado, bomba inyectora, filtro, bomba de impulsión y las respectivas válvulas del sistema. Este sistema requiere cierto consumo de energía ya que es un sistema presurizado y necesita del bombeo de agua manteniendo una presión constante, que suele ser de un valor de 1 bar en los laterales. Presión a la que se le debe incluir las pérdidas de carga del sistema y de la conducción, además de la diferencia de altura entre el grupo de bombeo y la superficie de cultivo.

#### **4.9.1.2. Riego por inundación**

El riego por inundación es un sistema de riego muy antiguo donde el agua fluye por gravedad. Una vez que el agua llega a la parcela de destino no es preciso suministrarle presión, ya que se vierte y discurre libremente utilizándose la propia superficie del suelo como sistema de distribución del agua. En este sistema, el caudal disminuye a medida que el agua avanza por la parcela regada, debido a su infiltración en el suelo. Para que la lámina de agua infiltrada se distribuya lo más uniformemente posible a lo largo de la parcela es preciso hacer un adecuado diseño y manejo del riego,

de tal forma que exista un equilibrio entre los procesos de avance e infiltración del agua.

[www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)

El sistema de riego por inundación empleado fue el sistema de riego por fajas, en el que el terreno se divide en piezas o subparcelas llamadas fajas, separadas mediante caballones o lindes (Figura 42).



**Figura 42.** Sistema de riego por fajas.

**Fuente:** [www.juntadeandalucia.es](http://www.juntadeandalucia.es)

En este sistema, la capacidad del suelo para infiltrar el agua es decisiva, junto con el tiempo de infiltración, para realizar el riego de forma correcta. La cantidad de agua infiltrada en un punto depende de las características del suelo (textura, presencia de grietas, etc.) y el tiempo de infiltración, por lo que es importante que el suelo sea homogéneo en toda la parcela y que los tiempos de infiltración sean lo más parecidos posible a lo largo de ésta (Figura 43).



**Figura 43.** Sistema de riego por fajas empleado en la parcela del proyecto y en una parcela vecina.

El canal de conducción hasta la finca es un canal cerrado compuesto por una tubería de 300 mm de diámetro de hormigón, que es el material que se suele utilizar para estos regadíos. Normalmente estas conducciones transportan lo que vulgarmente se denomina un golpe de agua, que equivale a un caudal de 200 m<sup>3</sup>/h, que es la cantidad de agua que entraba en la parcela. En este sistema, dicho caudal se aporta a la pieza o faja, hasta que se completa el riego, y se cambia a otra faja. La elevación de agua se realizó desde el embalse de riego hasta la tubería directamente mediante una bomba elevadora no presurizada.

A continuación se exponen las aptitudes o cualidades de cada sistema de riego empleado (Tabla 7).

**Tabla 7.** Comparación de aptitudes de sistema de riego por goteo y por inundación.

<b>Factor</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por inundación</b>
<b>Aprovechamiento del agua y los fertilizantes</b>	Alto	Bajo
<b>Uniformidad del riego</b>	Alta	Baja
<b>Utilización de aguas con alto índice de salinidad</b>	Sí	Moderado
<b>Facilidad de realizar fertirrigación</b>	Sí	No
<b>Riegos de alta frecuencia y a bajas cantidades</b>	Sí	No
<b>Facilita la automatización</b>	Sí	No
<b>Utilización en terrenos de mucha pendiente</b>	Sí	No
<b>Coste de instalación</b>	Alto	Bajo
<b>Coste de mantenimiento</b>	Alto	Bajo
<b>Preparación técnica del agricultor</b>	Sí	No
<b>Necesidad de filtración</b>	Alta	Baja
<b>Consumo de energía</b>	Alta	Baja
<b>Eficiencia del uso del agua</b>	Alta	Baja
<b>Compactación del terreno</b>	Baja	Alta
<b>Infiltración profunda</b>	Baja	Alta
<b>Humedecimiento del suelo</b>	Parcial	Total
<b>Rendimiento</b>	Mayor	Menor

#### **4.9.2 Programación del riego**

La programación del riego es un conjunto de procedimientos técnicos desarrollados para determinar cuánto y cuándo regar.

En el caso del riego por inundación, no se realizó una programación muy técnica, ya que en la mayoría de los lugares donde se utiliza este riego no se lleva a cabo ningún método de programación muy sofisticado, por ello se realizó una programación seguida de las directrices de inspecciones visuales y evaluación del comportamiento de la planta, además de la comprobación del suelo en profundidad para ver la humedad en el entorno de las raíces.

En algunos casos algunos agricultores suelen utilizar tensiómetros como ayuda al control del riego. Por ello, en este ensayo se han empleado también dos tensiómetros a diferentes profundidades (0,3 m y 0,6 m).

El fundamento del tensiómetro se basa en que el suelo ejerce una tensión (tensión matricial) sobre el agua de la columna, que hace que la altura del agua en ella descienda, pasando al suelo y provocando por tanto una presión negativa. Lecturas inferiores a 10 cb son indicativas de un suelo saturado, mientras que lecturas altas indican que el agua almacenada en el suelo ha disminuido y puede producirse estrés hídrico (Figura 44). [www.serida.org](http://www.serida.org) y [www.personales.upv.es](http://www.personales.upv.es)



**Figura 44.** Tensiómetros instalados en el cultivo.

Para representar en mayor medida la realidad actual y la practicidad, se decidió no aplicar una programación muy técnica en este sistema de riego, y solamente llevarla a cabo de la manera más común.

En la Tabla 8 se muestran los riegos que se han aplicado a lo largo del ciclo del cultivo en la parcela con los tiempos y cantidades aportadas en cada riego.

**Tabla 8.** Resumen de riegos realizados en la subparcela con sistema de riego por inundación y el total aplicado.

<b>RIEGO POR INUNDACIÓN</b>				
<b>Día riego</b>	<b>T (horas)</b>	<b>T (min)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
<b>04-abr</b>	0,92	55,00	200,00	183,33
<b>23-may</b>	0,83	50,00	200,00	166,67
<b>03-jun</b>	0,88	53,00	200,00	176,67
<b>15-jun</b>	0,80	48,00	200,00	160,00
<b>25-jun</b>	0,83	50,00	200,00	166,67
<b>TOTAL</b>				<b>853,33</b>
				<b>m<sup>3</sup>/ha</b>
				<b>5.019,61</b>

En el caso del riego localizado, el método elegido para la programación fue el basado en el contenido de agua en el suelo y en la medida de los parámetros climáticos. La idea de utilizar ambos métodos fue para tener en cuenta mayor número de variables y factores que permiten incrementar la precisión en la programación del riego.

A continuación se explica el fundamento de cada uno de los métodos de programación de riego que se emplearon.

#### **4.9.2.1. Método basado en el contenido de agua en el suelo**

El suelo actúa como depósito de agua para ser utilizada por las plantas. El agua almacenada en el suelo y que puede ser utilizada por el cultivo (agua total disponible) es la diferencia entre la cantidad de agua almacenada a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

La fracción del agua total disponible que un cultivo puede extraer del suelo sin que sufra estrés es la que se denomina reserva de agua fácilmente utilizable (RFU) (Allen et al., 1998).

Para medir el contenido de agua en el suelo se pueden utilizar diferentes sensores que permiten conocer cómo el cultivo va extrayendo el agua del suelo, de forma que el riego puede programarse para mantener un contenido de agua entre dos niveles de humedad.

Para la medida del contenido de agua en el suelo en este sistema de riego también se han utilizado dos tensiómetros a diferente altura, uno a 0,3 m y otro a 0,6 m.

#### **4.9.2.2. Método basado en parámetros climáticos**

Estos métodos se basan en la utilización de parámetros climáticos, que a partir de expresiones matemáticas permiten estimar el volumen de agua consumido por el cultivo. El método más utilizado para estimar el consumo de agua de los cultivos o  $ET_c$  es el recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977), en el que la  $ET_c$  se calcula como el producto de dos términos (Ec. 1):

$$ET_c = ETo * Kc \quad (1)$$

$ETo$  es la evapotranspiración de referencia y cuantifica la demanda evaporativa de la atmósfera.  $Kc$  es el coeficiente de cultivo y representa la disponibilidad del cultivo y suelo para atender la demanda evaporativa de la atmósfera. Depende del cultivo en cuestión. La estimación de la  $ETo$  en una determinada zona se realiza mediante la fórmula de Penman Monteith a partir de datos climáticos del lugar.

El Valor de la  $ETo$  de cada uno de los días del ciclo de cultivo ha sido facilitado gracias a la web de SIAM (Sistema de información agrario de Murcia) en el apartado de



agrometeorología. La estación de la que se han obtenido los datos fue, por proximidad a la parcela, la localizada en el paraje La Calavera, Alhama de Murcia.

Una vez obtenida la ETo, se tienen en cuenta unos Kc para la obtención del parámetro ETc, que es la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar.

[www.fao.org](http://www.fao.org)

El valor de Kc se puede separar en dos coeficientes: un coeficiente basal del cultivo (Kcb) y un coeficiente de evaporación del suelo (Ke) (Ec. 2):

$$Kc = Kcb + Ke. \quad (2)$$

En este ensayo, el coeficiente de evapotranspiración Ke no se tuvo en cuenta, ya que se trata de riego localizado y con acolchado plástico que impide la evaporación del agua del suelo.

Además, existen otros coeficientes que se deben de tener en cuenta como son el coeficiente de localización (KL) y el coeficiente de advección (Ka).

Para calcular el coeficiente de localización se ha utilizado la fórmula de Sharples et al. (Ec. 3):

$$KL = 0,1 * (100 * fs)^{0,5} \quad (3)$$

Donde KL es el coeficiente de localización y fs es la fracción de área sombreada por el cultivo.

El coeficiente de advección local es calculado en función de la superficie cultivada.

[www.Fao.org](http://www.Fao.org)

#### 4.9.2.3. Dosis y tiempo de riego

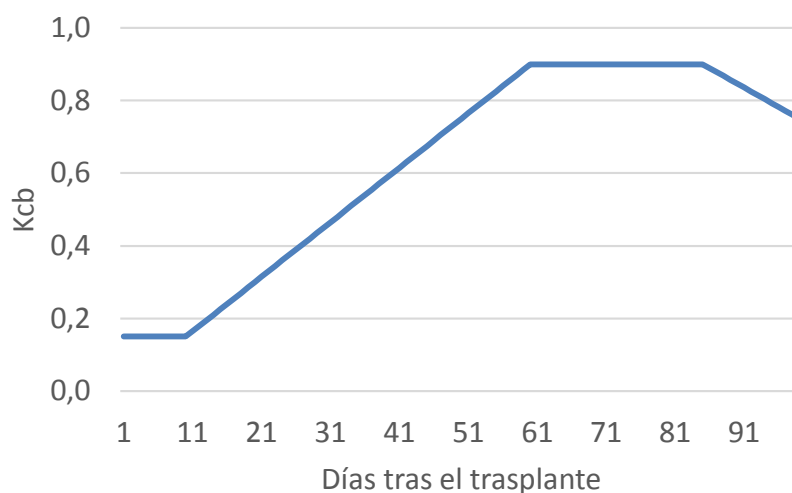
Para el cálculo de la necesidad hídrica en base a los parámetros climáticos y estado del cultivo, primeramente se determinaron los tiempos de cada fase del ciclo de cultivo de la sandía según el manual de la FAO, pero ajustándolos a nuestras condiciones haciendo un buen seguimiento y una buena inspección visual (Tabla 9).

**Tabla 9.** *Tiempos de cada fase del ciclo de cultivo de la sandía.*

CICLO DE CULTIVO						
	Semillero	Tras el trasplante				
Etapa	Vivero	Inicio	Desarrollo	Medio	Final	Total
Días	30	10	50	25	15	100
Kcb		0,15		0,9	0,75	

El valor de la evapotranspiración del cultivo (ETc) se ha calculado mediante un modelo en Excel que tiene en cuenta distintas variables que afectan directamente al valor de la ETc. Estas variables son la Kcb, KL y Ka, que han sido comentadas anteriormente.

El coeficiente basal del cultivo (Kcb) viene determinado por cada momento del ciclo de la planta. La FAO nos proporciona un modelo estándar para cada cultivo sobre los valores de este parámetro en cada momento de su ciclo. Para el caso de la sandía, los valores son los que se representan en la siguiente figura (Figura 45), que están representados en la Tabla 9, y son los que se han utilizado para la programación de riego en la Tabla 10.



**Figura 45.** Comportamiento del valor Kcb en función del momento del ciclo de cultivo en sandía.

A continuación se muestran los cálculos realizados para obtener el valor de la evapotranspiración diaria (Tabla 10). El valor de la ETo ha sido proporcionado directamente por el registro agrometeorológico del SIAM.

**Tabla 10.** Cálculos realizados para obtener el valor diario de la evapotranspiración del cultivo.

Fecha	Día tras trasplante	ETo	Kcb	% sombreo	KL (Sharples)	Ka (10ha)	ETC (mm)	ETC (l/planta)
04/04/2016	1	2,59	0,150	0,000	0,016	0,900	0,005	0,019
05/04/2016	2	1,89	0,150	0,011	0,103	0,900	0,022	0,091
06/04/2016	3	3,47	0,150	0,021	0,145	0,900	0,058	0,234
07/04/2016	4	4,52	0,150	0,031	0,177	0,900	0,092	0,373
08/04/2016	5	4,59	0,150	0,042	0,205	0,900	0,108	0,437
09/04/2016	6	4,92	0,150	0,052	0,229	0,900	0,129	0,523
10/04/2016	7	4,43	0,150	0,063	0,250	0,900	0,127	0,516
11/04/2016	8	4,8	0,150	0,073	0,270	0,900	0,149	0,603
12/04/2016	9	4,82	0,150	0,084	0,289	0,900	0,160	0,647
13/04/2016	10	5,85	0,150	0,094	0,307	0,900	0,206	0,833
14/04/2016	11	4,92	0,165	0,104	0,323	0,900	0,201	0,813
15/04/2016	12	3,89	0,180	0,115	0,339	0,900	0,181	0,735
16/04/2016	13	5,23	0,195	0,125	0,354	0,900	0,276	1,118
17/04/2016	14	6,06	0,210	0,136	0,368	0,900	0,358	1,452

ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

Fecha	Día tras transplante	ET <sub>o</sub>	K <sub>cb</sub>	% sombreo	KL (Sharples)	K <sub>a</sub> (10ha)	ETC (mm)	ETC (l/planta)
18/04/2016	15	<b>3,89</b>	0,225	0,146	0,382	0,900	0,256	1,036
19/04/2016	16	<b>5,94</b>	0,240	0,156	0,396	0,900	0,431	1,747
20/04/2016	17	<b>4,51</b>	0,255	0,167	0,408	0,900	0,359	1,455
21/04/2016	18	<b>4,95</b>	0,270	0,177	0,421	0,900	0,430	1,743
22/04/2016	19	<b>3,13</b>	0,285	0,188	0,433	0,900	0,296	1,197
23/04/2016	20	<b>3,67</b>	0,300	0,198	0,445	0,900	0,375	1,518
24/04/2016	21	<b>6,67</b>	0,315	0,208	0,457	0,900	0,734	2,972
25/04/2016	22	<b>4,63</b>	0,330	0,219	0,468	0,900	0,547	2,215
26/04/2016	23	<b>5,22</b>	0,345	0,229	0,479	0,900	0,660	2,672
27/04/2016	24	<b>5,2</b>	0,360	0,240	0,490	0,900	0,701	2,840
28/04/2016	25	<b>4,81</b>	0,375	0,250	0,500	0,900	0,690	2,795
29/04/2016	26	<b>1,75</b>	0,390	0,261	0,510	0,900	0,267	1,079
30/04/2016	27	<b>3,86</b>	0,405	0,271	0,521	0,900	0,623	2,521
01/05/2016	28	<b>5,94</b>	0,420	0,281	0,530	0,900	1,012	4,100
02/05/2016	29	<b>4,97</b>	0,435	0,292	0,540	0,900	0,893	3,618
03/05/2016	30	<b>5,63</b>	0,450	0,302	0,550	0,900	1,065	4,315
04/05/2016	31	<b>5,8</b>	0,465	0,313	0,559	0,900	1,154	4,672
05/05/2016	32	<b>4,08</b>	0,480	0,323	0,568	0,900	0,851	3,448
06/05/2016	33	<b>4,45</b>	0,495	0,333	0,577	0,900	0,973	3,941
07/05/2016	34	<b>4,36</b>	0,510	0,344	0,586	0,900	0,997	4,040
08/05/2016	35	<b>3,42</b>	0,525	0,354	0,595	0,900	0,818	3,311
09/05/2016	36	<b>2,24</b>	0,540	0,365	0,604	0,900	0,559	2,263
10/05/2016	37	<b>2,85</b>	0,555	0,375	0,612	0,900	0,741	3,001
11/05/2016	38	<b>5,4</b>	0,570	0,385	0,621	0,900	1,462	5,921
12/05/2016	39	<b>5,28</b>	0,585	0,396	0,629	0,900	1,487	6,021
13/05/2016	40	<b>4,04</b>	0,600	0,406	0,637	0,900	1,182	4,787
14/05/2016	41	<b>5,54</b>	0,615	0,417	0,646	0,900	1,683	6,814
15/05/2016	42	<b>5,11</b>	0,630	0,427	0,654	0,900	1,610	6,519
16/05/2016	43	<b>5,74</b>	0,645	0,438	0,661	0,900	1,873	7,587
17/05/2016	44	<b>5,65</b>	0,660	0,448	0,669	0,900	1,909	7,733
18/05/2016	45	<b>5,97</b>	0,675	0,458	0,677	0,900	2,087	8,453
19/05/2016	46	<b>6,68</b>	0,690	0,469	0,685	0,900	2,414	9,777
20/05/2016	47	<b>6,17</b>	0,705	0,479	0,692	0,900	2,303	9,329
21/05/2016	48	<b>6,29</b>	0,720	0,490	0,700	0,900	2,424	9,818
22/05/2016	49	<b>7,01</b>	0,735	0,500	0,707	0,900	2,787	11,288
23/05/2016	50	<b>6,46</b>	0,750	0,536	0,732	0,900	2,234	9,048
24/05/2016	51	<b>6,1</b>	0,765	0,571	0,756	0,900	2,222	9,001
25/05/2016	52	<b>6,42</b>	0,780	0,607	0,779	0,900	2,458	9,956
26/05/2016	53	<b>5,77</b>	0,795	0,643	0,802	0,900	2,317	9,384

ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

Fecha	Día tras transplante	ET <sub>o</sub>	K <sub>cb</sub>	% sombreo	KL (Sharples)	K <sub>a</sub> (10ha)	ETC (mm)	ETC (l/planta)
27/05/2016	54	5,69	0,810	0,679	0,824	0,900	2,392	9,687
28/05/2016	55	7,21	0,825	0,714	0,845	0,900	3,167	12,827
29/05/2016	56	7,53	0,840	0,750	0,866	0,900	3,451	13,977
30/05/2016	57	6,93	0,855	0,786	0,886	0,900	3,309	13,401
31/05/2016	58	6,67	0,870	0,821	0,906	0,900	3,313	13,419
01/06/2016	59	6,62	0,885	0,857	0,926	0,900	3,417	13,840
02/06/2016	60	6,63	0,900	0,893	0,945	0,900	3,552	14,386
03/06/2016	61	6,92	0,900	0,929	0,964	0,900	3,781	15,313
04/06/2016	62	5,95	0,900	0,964	0,982	0,900	3,313	13,417
05/06/2016	63	6,26	0,900	1,000	1,000	0,900	4,564	18,482
06/06/2016	64	6,47	0,900	1,000	1,000	0,900	4,717	19,102
07/06/2016	65	7,03	0,900	1,000	1,000	0,900	5,125	20,756
08/06/2016	66	7,65	0,900	1,000	1,000	0,900	5,577	22,586
09/06/2016	67	7,75	0,900	1,000	1,000	0,900	5,650	22,881
10/06/2016	68	7,57	0,900	1,000	1,000	0,900	5,519	22,350
11/06/2016	69	6,92	0,900	1,000	1,000	0,900	5,045	20,431
12/06/2016	70	6,26	0,900	1,000	1,000	0,900	4,564	18,482
13/06/2016	71	8,66	0,900	1,000	1,000	0,900	6,313	25,568
14/06/2016	72	8,99	0,900	1,000	1,000	0,900	6,554	26,543
15/06/2016	73	8,91	0,900	1,000	1,000	0,900	6,495	26,306
16/06/2016	74	7,87	0,900	1,000	1,000	0,900	5,737	23,236
17/06/2016	75	8,06	0,900	1,000	1,000	0,900	5,876	23,797
18/06/2016	76	7,05	0,900	1,000	1,000	0,900	5,139	20,815
19/06/2016	77	6,65	0,900	1,000	1,000	0,900	4,848	19,634
20/06/2016	78	6,33	0,900	1,000	1,000	0,900	4,615	18,689
21/06/2016	79	6,8	0,900	1,000	1,000	0,900	4,957	20,077
22/06/2016	80	7,82	0,900	1,000	1,000	0,900	5,701	23,088
23/06/2016	81	7,57	0,900	1,000	1,000	0,900	5,519	22,350
24/06/2016	82	7,6	0,900	1,000	1,000	0,900	5,540	22,439
25/06/2016	83	7,28	0,900	1,000	1,000	0,900	5,307	21,494
26/06/2016	84	5,6	0,900	1,000	1,000	0,900	4,082	16,534
27/06/2016	85	7,09	0,900	1,000	1,000	0,900	5,169	20,933
28/06/2016	86	6,59	0,889	1,000	1,000	0,900	4,747	19,225
29/06/2016	87	8	0,879	1,000	1,000	0,900	5,693	23,057
30/06/2016	88	7,2	0,868	1,000	1,000	0,900	3,937	15,943
01/07/2016	89	7,29	0,857	1,000	1,000	0,900	3,937	15,943
02/07/2016	90	7,85	0,846	1,000	1,000	0,900	4,186	16,953
03/07/2016	91	8,49	0,836	1,000	1,000	0,900	4,470	18,103
04/07/2016	92	7,68	0,825	1,000	1,000	0,900	3,992	16,166

Fecha	Día tras transplante	ET <sub>o</sub>	K <sub>cb</sub>	% sombreado	KL (Sharples)	K <sub>a</sub> (10ha)	ETC (mm)	ETC (l/planta)
05/07/2016	93	7,07	0,814	1,000	1,000	0,900	3,627	14,689
06/07/2016	94	7,97	0,804	1,000	1,000	0,900	4,035	16,341
07/07/2016	95	5,81	0,793	1,000	1,000	0,900	2,902	11,753
08/07/2016	96	7,46	0,782	1,000	1,000	0,900	3,676	14,887
09/07/2016	97	8,92	0,771	1,000	1,000	0,900	4,335	17,557
10/07/2016	98	7,45	0,761	1,000	1,000	0,900	3,570	14,460
11/07/2016	99	8,58	0,750	1,000	1,000	0,900	4,054	16,419
						Total	247,464	1002,229

Para el cálculo del tiempo de riego se han utilizado aspectos agronómicos ajustados al tipo de suelo, para el que se ha realizado previamente un análisis. Dicho análisis se encuentra adjunto en el anexo, y nos ofrece valores de textura del terreno de 33% de arena, 65% de limo y 2% de arcilla. La densidad aparente es de 1,41 g/cm<sup>3</sup>.

Se fijó un valor de profundidad de las raíces para ajustar los cálculos y fijar una zona en la que se pretendía mantener una humedad más o menos constante. Esta profundidad es de 0,4 m (Tabla 11).

**Tabla 11. Parámetros del cultivo.**

PARAMETROS CULTIVO	Parámetro	Unidad	Valor
Profundidad raíces	z	m	0,4
Duración ciclo de cultivo	Dc	días	110

Una vez obtenida la ETC ya se sabe empíricamente cual es la cantidad de agua (mm) que un cultivo consume al día. Pero este valor son las necesidades netas, aún no es la cantidad de riego que se le debe aportar para su desarrollo, ya que existen otros factores que se deben tener en cuenta, como son el coeficiente de uniformidad de riego

(CU), y la fracción de lavado necesaria (FL), que juntos determinan la eficiencia global de aplicación (Ea) (Ec. 4).

$$Ea = CU*(1-FL) \quad (4)$$

La fracción de lavado es un parámetro muy importante e imprescindible para el riego, ya que permite la eliminación o el lavado de sales del entorno radicular, evitando así las acumulaciones que limitan el desarrollo radicular, y por tanto el desarrollo del cultivo (Ec. 5).

$$FL = CEa / (1,5xCEmax) \quad (5)$$

Siendo la CEa 4 ds/m y la CE máx. 15 ds/m (a la que el cultivo pierde la totalidad de la cosecha).

Por tanto, los valores de FL y de Ea son los siguientes (Ec. 6 y 7):

$$FL = 4/(1,5*15) \rightarrow FL = 18\% \quad (6)$$

$$Ea = 0,9*(1-0,18) \rightarrow Ea = 74\% \quad (7)$$

Para calcular las necesidades brutas, se aplica el cociente entre las necesidades netas y la eficiencia de aplicación. Estas necesidades son realmente la dosis diaria de riego que demanda el cultivo.

Una vez que se ha calculado el consumo diario del cultivo, se calcula el valor de la cantidad de agua que nuestro suelo es capaz de retener, o la cantidad necesaria para ocupar un espacio determinado.

Lo que se busca es dar riegos que no difieran mucho de unos a otros para siempre humectar un volumen determinado del bulbo húmedo, y así evitar la intrusión salina al bulbo.

Mediante las fórmulas de Garner, Paele, Briggs y Shantz se estimaron los valores de capacidad de campo del suelo y de punto de marchitez, con los que se dedujo la capacidad de retención de agua del suelo o agua útil (Tabla 12).

En riego por goteo y para este suelo, se permitió un agotamiento del 20%, que es lo que determina el momento de riego.

A continuación se muestran varias tablas con los diferentes parámetros calculados que son de utilidad para determinar el tiempo de riego (Tablas 12, 13 y 14).

**Tabla 12. Parámetros del suelo.**

PARÁMETROS SUELO	Parámetro	Unidad	Valor
Densidad aparente	da	Kg/m <sup>3</sup>	1.410
Humedad a capacidad de campo	qCC	%	16,03
Humedad al punto de marchitamiento	qPM	%	8,47
Agua útil	AU	(l/pl)	124,71
Agua fácilmente utilizable	AFU	(l/pl)	83,14
Fración de agotamiento	f		0,20
Agotamiento permisible		l/p	24,94
Intervalo máximo entre riegos	Ir,Max	días	1,00
Aplicación (dosis) neta máxima/riego	Nn	l/planta	24,94
Requerimiento de lavado	fL	(-)	0,18
Eficiencia global de aplicación	E*a	(-)	0,74
Aporte bruto máximo por día	N*B	l/pl y día	33,71

**Tabla 13. Necesidades de riego.**

NECESIDADES DE RIEGO	Parámetro	Unidad	Valor
Consumo total durante el ciclo	Ntotal	(l/pl)	1.002,2
Lluvia efectiva	LLe	mm	0,0
Aportes netos por el riego	AN	(l/pl)	1.002,2
Aportes brutos por el riego	AB	(l/pl)	1.354,4



**Tabla 14.** Capacidad del sistema.

CAPACIDAD DEL SISTEMA	Parámetro	Unidad	Valor
Intervalo entre riegos elegido	IR	días	1,0
Aportes brutos correspondientes	AB	(l/pl)	33,7
Tiempo de aplicación por riego	Ta	h	1,5

En la siguiente tabla (Tabla 15) se muestran los aportes de riego que son requeridos por la planta cada día de su ciclo. Se aplicó un coeficiente de reducción del riego a elección del técnico en función de inspecciones visuales de la planta y de las raíces, además de las lecturas de los tensiómetros instalados en la parcela. Este coeficiente ha permitido un ahorro de agua con respecto al modelo de la FAO.

Esta tabla se ha ido confeccionando día a día, conforme se obtenían valores de la Eto del día anterior. Por lo que se puede decir que la programación del riego está basada en los requerimientos hídricos del día anterior.

**Tabla 15.** Cálculo de los aportes de riego requerido por la planta cada día y el total al final del ciclo.

Fecha	Día tras trasplante	ETC (l/pl)	Coeficiente reducción	Balance (L/pl)	Déficit (L/pl)	Aporte neto (L/pl)	Aporte bruto (L/pl)	Horas de riego	M <sup>3</sup> / parcela
04/04/2016	1	0,019	0,850	50,577	-25,350	101,193	136,747	7,000	57,400
05/04/2016	2	0,091	0,850	50,487	-25,259	0,000	0,000	0,000	0,000
06/04/2016	3	0,234	0,850	50,253	-25,025	0,000	0,000	0,000	0,000
07/04/2016	4	0,373	0,850	49,880	-24,652	0,000	0,000	0,000	0,000
08/04/2016	5	0,437	0,850	49,443	-24,216	0,000	0,000	0,000	0,000
09/04/2016	6	0,523	0,850	48,920	-23,693	0,000	0,000	0,000	0,000
10/04/2016	7	0,516	0,850	48,405	-23,177	0,000	0,000	0,000	0,000
11/04/2016	8	0,603	0,850	47,801	-22,574	0,000	0,000	0,000	0,000
12/04/2016	9	0,647	0,850	47,154	-21,926	0,000	0,000	0,000	0,000
13/04/2016	10	0,833	0,850	46,321	-21,093	0,000	0,000	0,000	0,000

ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

Fecha	Día tras trasplante	ETC (l/p)	Coefficiente reducción	Balance (L/pl)	Déficit (L/pl)	Aporte neto (L/pl)	Aporte bruto (L/pl)	Horas de riego	M <sup>3</sup> / parcela
14/04/2016	11	0,813	0,850	45,508	-20,280	0,000	0,000	0,000	0,000
15/04/2016	12	0,735	0,850	44,773	-19,545	0,000	0,000	0,000	0,000
16/04/2016	13	1,118	0,850	43,655	-18,427	0,000	0,000	0,000	0,000
17/04/2016	14	1,452	0,850	42,203	-16,976	0,000	0,000	0,000	0,000
18/04/2016	15	1,036	0,850	41,167	-15,939	0,000	0,000	0,000	0,000
19/04/2016	16	1,747	0,850	39,420	-14,192	0,000	0,000	0,000	0,000
20/04/2016	17	1,455	0,850	37,965	-12,737	0,000	0,000	0,000	0,000
21/04/2016	18	1,743	0,850	36,222	-10,994	0,000	0,000	0,000	0,000
22/04/2016	19	1,197	0,850	35,024	-9,797	0,000	0,000	0,000	0,000
23/04/2016	20	1,518	0,850	33,506	-8,278	0,000	0,000	0,000	0,000
24/04/2016	21	2,972	0,850	30,534	-5,306	0,000	0,000	0,000	0,000
25/04/2016	22	2,215	0,850	28,319	-3,091	0,000	0,000	0,000	0,000
26/04/2016	23	2,672	0,850	25,647	-0,420	0,000	0,000	0,000	0,000
27/04/2016	24	2,840	0,850	22,808	2,420	28,912	39,071	2,000	16,400
28/04/2016	25	2,795	0,850	48,925	-23,697	0,000	0,000	0,000	0,000
29/04/2016	26	1,079	0,850	47,846	-22,618	0,000	0,000	0,000	0,000
30/04/2016	27	2,521	0,850	45,324	-20,097	0,000	0,000	0,000	0,000
01/05/2016	28	4,100	0,850	41,224	-15,997	0,000	0,000	0,000	0,000
02/05/2016	29	3,618	0,850	37,606	-12,379	7,228	9,768	0,500	4,100
03/05/2016	30	4,315	0,850	40,519	-15,292	0,000	0,000	0,000	0,000
04/05/2016	31	4,672	0,850	35,848	-10,620	0,000	0,000	0,000	0,000
05/05/2016	32	3,448	0,850	32,399	-7,171	0,000	0,000	0,000	0,000
06/05/2016	33	3,941	0,850	28,458	-3,231	0,000	0,000	0,000	0,000
07/05/2016	34	4,040	0,850	24,419	0,809	28,912	39,071	2,000	16,400
08/05/2016	35	3,311	0,850	50,020	-24,792	0,000	0,000	0,000	0,000
09/05/2016	36	2,263	0,850	47,757	-22,529	0,000	0,000	0,000	0,000
10/05/2016	37	3,001	0,850	44,756	-19,528	0,000	0,000	0,000	0,000
11/05/2016	38	5,921	0,850	38,835	-13,607	0,000	0,000	0,000	0,000
12/05/2016	39	6,021	0,850	32,814	-7,586	0,000	0,000	0,000	0,000
13/05/2016	40	4,787	0,850	28,027	-2,799	21,684	29,303	1,500	12,300
14/05/2016	41	6,814	0,850	42,897	-17,669	0,000	0,000	0,000	0,000
15/05/2016	42	6,519	0,850	36,378	-11,150	0,000	0,000	0,000	0,000
16/05/2016	43	7,587	0,850	28,791	-3,563	21,684	29,303	1,500	12,300
17/05/2016	44	7,733	0,850	42,742	-17,515	0,000	0,000	0,000	0,000
18/05/2016	45	8,453	0,850	34,290	-9,062	0,000	0,000	0,000	0,000
19/05/2016	46	9,777	0,850	24,512	0,716	21,684	29,303	1,500	12,300
20/05/2016	47	9,329	0,850	36,867	-11,640	0,000	0,000	0,000	0,000

ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

Fecha	Día tras trasplante	ETC (l/p)	Coefficiente reducción	Balance (L/pl)	Déficit (L/pl)	Aporte neto (L/pl)	Aporte bruto (L/pl)	Horas de riego	M <sup>3</sup> / parcela
21/05/2016	48	9,818	0,850	27,049	-1,822	21,684	29,303	1,500	12,300
22/05/2016	49	11,288	0,850	37,446	-12,218	14,456	19,535	1,000	8,200
23/05/2016	50	9,048	0,700	42,854	-17,626	0,000	0,000	0,000	0,000
24/05/2016	51	9,001	0,700	33,853	-8,626	21,684	29,303	1,500	12,300
25/05/2016	52	9,956	0,700	45,582	-20,354	0,000	0,000	0,000	0,000
26/05/2016	53	9,384	0,700	36,198	-10,970	21,684	29,303	1,500	12,300
27/05/2016	54	9,687	0,700	48,195	-22,967	2,891	3,907	0,200	1,640
28/05/2016	55	12,827	0,700	38,259	-13,032	14,456	19,535	1,000	8,200
29/05/2016	56	13,977	0,700	38,739	-13,511	21,684	29,303	1,500	12,300
30/05/2016	57	13,401	0,700	47,022	-21,795	0,000	0,000	0,000	0,000
31/05/2016	58	13,419	0,700	33,603	-8,375	21,684	29,303	1,500	12,300
01/06/2016	59	13,840	0,700	41,448	-16,220	21,684	29,303	1,500	12,300
02/06/2016	60	14,386	0,700	48,746	-23,518	0,000	0,000	0,000	0,000
03/06/2016	61	15,313	0,700	33,433	-8,205	21,684	29,303	1,500	12,300
04/06/2016	62	13,417	0,700	41,700	-16,472	0,000	0,000	0,000	0,000
05/06/2016	63	18,482	0,900	23,218	2,010	21,684	29,303	1,500	12,300
06/06/2016	64	19,102	0,900	25,800	-0,572	21,684	29,303	1,500	12,300
07/06/2016	65	20,756	0,900	26,728	-1,500	21,684	29,303	1,500	12,300
08/06/2016	66	22,586	0,900	25,826	-0,598	21,684	29,303	1,500	12,300
09/06/2016	67	22,881	0,900	24,629	0,599	21,684	29,303	1,500	12,300
10/06/2016	68	22,350	0,900	23,963	1,265	21,684	29,303	1,500	12,300
11/06/2016	69	20,431	0,900	25,216	0,012	21,684	29,303	1,500	12,300
12/06/2016	70	18,482	0,900	28,418	-3,190	21,684	29,303	1,500	12,300
13/06/2016	71	25,568	0,900	24,534	0,694	28,912	39,071	2,000	16,400
14/06/2016	72	26,543	0,900	26,904	-1,676	28,912	39,071	2,000	16,400
15/06/2016	73	26,306	0,900	29,510	-4,282	28,912	39,071	2,000	16,400
16/06/2016	74	23,236	0,900	35,186	-9,958	28,912	39,071	2,000	16,400
17/06/2016	75	23,797	0,900	40,301	-15,074	7,228	9,768	0,500	4,100
18/06/2016	76	20,815	0,900	26,715	-1,487	28,912	39,071	2,000	16,400
19/06/2016	77	19,634	0,900	35,993	-10,765	28,912	39,071	2,000	16,400
20/06/2016	78	18,689	0,900	46,216	-20,989	0,000	0,000	0,000	0,000
21/06/2016	79	20,077	0,900	26,140	-0,912	28,912	39,071	2,000	16,400
22/06/2016	80	23,088	0,900	31,964	-6,736	28,912	39,071	2,000	16,400
23/06/2016	81	22,350	0,900	38,526	-13,298	28,912	39,071	2,000	16,400
24/06/2016	82	22,439	0,900	45,000	-19,772	0,000	0,000	0,000	0,000
25/06/2016	83	21,494	0,900	23,506	1,722	28,912	39,071	2,000	16,400
26/06/2016	84	16,534	0,900	35,884	-10,657	28,912	39,071	2,000	16,400

Fecha	Día tras trasplante	ETC (l/p)	Coefficiente reducción	Balance (L/pl)	Déficit (L/pl)	Aporte neto (L/pl)	Aporte bruto (L/pl)	Horas de riego	M <sup>3</sup> / parcela
27/06/2016	85	20,933	0,900	43,864	-18,636	0,000	0,000	0,000	0,000
28/06/2016	86	19,225	0,900	24,639	0,589	28,912	39,071	2,000	16,400
29/06/2016	87	23,057	0,900	30,494	-5,266	28,912	39,071	2,000	16,400
30/06/2016	88	15,943	0,700	43,463	-18,235	0,000	0,000	0,000	0,000
01/07/2016	89	15,943	0,700	27,519	-2,292	21,684	29,303	1,500	12,300
02/07/2016	90	16,953	0,700	32,250	-7,023	21,684	29,303	1,500	12,300
03/07/2016	91	18,103	0,700	35,831	-10,603	21,684	29,303	1,500	12,300
04/07/2016	92	16,166	0,700	41,349	-16,121	0,000	0,000	0,000	0,000
05/07/2016	93	14,689	0,700	26,660	-1,432	21,684	29,303	1,500	12,300
06/07/2016	94	16,341	0,700	32,003	-6,775	21,684	29,303	1,500	12,300
07/07/2016	95	11,753	0,700	41,934	-16,706	0,000	0,000	0,000	0,000
08/07/2016	96	14,887	0,700	27,046	-1,819	21,684	29,303	1,500	12,300
09/07/2016	97	17,557	0,700	31,173	-5,946	14,456	19,535	1,000	8,200
10/07/2016	98	14,460	0,700	31,169	-5,942	0,000	0,000	0,000	0,000
11/07/2016	99	16,419	0,700	14,750	10,477	0,000	0,000		0,000
<b>Total</b>						<b>1.101,556</b>	<b>1.488,589</b>	<b>77,2</b>	<b>633,04</b>
<b>m<sup>3</sup>/ha</b>						<b>2.753,890</b>	<b>3.721,474</b>		

Al final de la tabla se muestran el total de m<sup>3</sup> netos y brutos aportados a la parcela, además del tiempo total de riego empleado. Este valor se calcula para una superficie de una hectárea y da como resultado unos valores de consumo neto de 2.754 m<sup>3</sup>/ha (en amarillo) y consumo bruto o total de 3.721 m<sup>3</sup>/ha (en rojo).

Se instaló un contador al principio de la parcela para ir comprobando que las aportaciones que se le dictaban al controlador del riego correspondían con las calculadas en su programación. En la siguiente tabla (Tabla 16) se observan las dos lecturas que corroboran el consumo total de la parcela correspondiéndose prácticamente con el calculado en la Tabla 15.

**Tabla 16.** Lecturas del contador de la subparcela de riego por goteo.

Contador	
<b>Inicio</b>	4.343
<b>Fin</b>	4.977
<b>Cantidad (m<sup>3</sup>)</b>	<b>634</b>

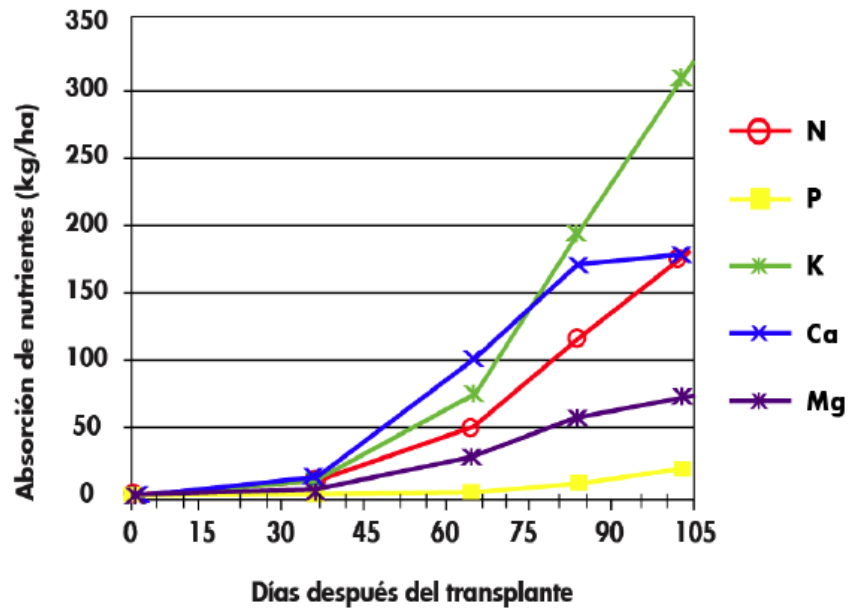
## 4.10. Fertilización y enmiendas

La fertilización es la práctica de cultivo que tiene como finalidad suministrar a la planta los nutrientes necesarios para conseguir buenos rendimientos y frutos de buena calidad. Esta práctica se debe realizar de la forma más eficiente posible con la finalidad de reducir el costo económico e impacto ambiental.

Para realizar un buen programa de fertilización se necesita conocer los requerimientos nutricionales a lo largo del ciclo de cultivo, y así poder ofrecer los elementos nutritivos que necesita en cada momento.

[www.fundacioncajamarvalencia.es](http://www.fundacioncajamarvalencia.es)

La absorción de nutrientes por la planta a lo largo de su ciclo de vida es diferente, por ello se debe realizar un aporte diferente en cada etapa del ciclo. En la siguiente figura (Figura 46) se representa la absorción de nutrientes por parte de la sandía según el momento del ciclo de manera orientativa y general.



**Figura 46.** Modelo orientativo de absorción de nutrientes por la planta a lo largo del ciclo de cultivo.

**Fuente:** [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

Para simplificar las tareas, se emplearon dos formulaciones de abonado; una vegetativa, en la que se le da prioridad al crecimiento vegetativo de la planta, y una generativa, en la que se sufre un pequeño estrés forzando el desarrollo cualitativo o generativo.

En la sandía, se distinguen diferentes fases en las que se aportó una solución de abonado diferente para conseguir resultados satisfactorios. Las fases son las siguientes:

- Fase 1 (crecimiento vegetativo): en esta fase se pretende lograr un suficiente porte de planta en la parte aérea y la raíz para poder soportar un buen cuaje. Cuando las guías se entrecrucen y vayan tapando la totalidad de la superficie.
- Fase 2 (floración y cuaje): A partir de la salida de flores femeninas, termina cuando se tienen el número de fruta cuajada por planta que se estime conveniente.

- Fase 3 (crecimiento de fruto): A partir de terminado el cuaje y hasta que la fruta tenga aproximadamente el 85% del tamaño final pretendido (Figura 47).
- Fase 4 (maduración y cosecha): En la última fase una vez logrado el tamaño pretendido, para forzar la migración de azúcares al fruto, y tener buen color, consistencia y brix.



**Figura 47.** Fase de engorde del fruto.

El ajuste de abonado a la fase se efectuó no cuando dictaminaba el calendario de días de ciclo, sino cuando se había logrado el objetivo pretendido en cada fase o cuando la situación climática o sintomatológica de la planta así lo requirió.

La solución vegetativa se empleó los primeros 50 días al principio del ciclo (fase 1), momento en el que se cambió a una solución generativa (fase 2), que junto con una reducción mínima del aporte hídrico causa un estrés en la planta que fuerza a la emergencia de flores de manera natural como mecanismo propio de la planta. Este periodo, que es el de floración duró 13 días, y pasado esto se volvió a la solución vegetativa que ayuda a un adecuado engorde de los frutos durante 23 días (fase 3). A partir de ahí, momento en el que la mayoría de los frutos llegaron al 85% de su tamaño

comercial, se le inyectó de nuevo la solución generativa (fase 4), que le ayuda a una correcta maduración tanto en toma de color como de sabor, siendo en estos casos el K el elemento que más interviene en el proceso.

En la siguiente tabla (Tabla 17) se presenta la hoja de cálculo de la solución vegetativa teniendo en cuenta el aporte de nutrientes que presenta el agua de riego, basándose en el análisis que se encuentra en el anexo. Esta solución destaca por su alta relación N/K. Además se hace visible la cantidad del complejo de abonado que se le debe aplicar por metro cúbico de agua de riego.

Esta solución está calculada para una tasa de fertilización del 100%, pero se decidió aportar una tasa de fertilización del 50% debido a que el análisis de tierra demuestra que existían elementos existentes aprovechables por la planta. Esta solución suponía un incremento de 0,25 ds/m en la conductividad del agua de riego.

**Tabla 17.** Cálculo solución nutritiva vegetativa.

	NO <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CE
<b>AGUA DE RIEGO (mM)</b>	0,2	0	0,1	0,8	6,6	7,4	10	18,9	19,2	6,8	3,7
<b>SN PROPUESTA (mM)</b>	6		0,6	2	8,1	7,4	Mín 1	-	-	4,1	-
<b>APORTES NECESARIOS (mM)</b>	5,8		0,5	1,2	1,5	-	-	-	-	-2,7	-
<b>FERTILIZANTES SELECCIONADOS</b>	NO <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	CANTIDAD	
<b>Ácido fosfórico 75%</b>			0,5							0,04 L/m <sup>3</sup>	
<b>Ácido nítrico 54%</b>	2,2									0,19 L/m <sup>3</sup>	
<b>Nitrato de calcio</b>	3,3	0,3			1,5					0,32 kg/m <sup>3</sup>	
<b>Sulfato de potasio</b>				1,2			0,6			0,11 kg/m <sup>3</sup>	
<b>SN DEFINITIVA (mM)</b>	6		0,6	2	8,1	7,4	10,6	18,9	19,2	CE = 4	pH = 6,5

**Fuente:** Antonio L. Alarcón Vera.



A continuación se presenta la solución generativa teniendo en cuenta como en el caso anterior el aporte de nutrientes que presenta el agua de riego, basándose también en el análisis de agua (Tabla 18). Esta solución destaca por su elevado contenido en potasio. Además se hace visible también la cantidad del complejo de abonado que se le debe aplicar por metro cúbico de agua de riego.

Esta solución está calculada para una tasa de fertilización del 100%, pero se decidió aportar igualmente una tasa de fertilización del 50%. Supuso un incremento de 0,5 ds/m en la conductividad del agua de riego.

**Tabla 18.** Cálculo solución nutritiva generativa.

	NO <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CE
<b>AGUA DE RIEGO (mM)</b>	0,2	0	0,1	0,8	6,6	7,4	10	18,9	19,2	6,8	3,7
<b>SN PROPUESTA (mM)</b>	6		0,6	7,5	8,1	7,4	Mín 1	-	-	4,1	-
<b>APORTES NECESARIOS (mM)</b>	5,8		0,5	6,7	1,5	-	-	-	-	-2,7	-
<b>FERTILIZANTES SELECCIONADOS</b>	NO <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	CANTIDAD	
Ácido fosfórico 75%			0,5							0,04 L/m <sup>3</sup>	
Ácido nítrico 54%	2,2									0,19 L/m <sup>3</sup>	
Nitrato de calcio	3,3	0,3			1,5					0,32 kg/m <sup>3</sup>	
Sulfato de potasio				6,7			3,6			0,61 kg/m <sup>3</sup>	
<b>SN DEFINITIVA (mM)</b>	6		0,6	7,5	8,1	7,4	13,6	18,9	19,2	CE = 4,2	pH = 6,5

**Fuente:** Antonio L. Alarcón Vera.

El método de aportación de fertilizantes al agua de riego fue diferente según el método de riego empleado. A continuación aparece una figura en la que se presenta el sistema de inyección empleado para el riego por goteo (Figura 48), que consiste en una bomba inyectora de fertilizantes a la tubería de impulsión del riego, y en la siguiente

figura se muestra el sistema de dosificación de fertilizantes sólidos al agua de riego empleado en riego por inundación (Figura 49), que consiste en una simple perforación del saco del compuesto abonado permitiendo su constante vaciado.



**Figura 48.** Sistema de inyección con bomba inyectora regulable para riego por goteo.



**Figura 49.** Sistema de adición de abono de forma simple para riego por inundación.

#### 4.11. Evolución del cultivo

En este apartado se exponen una serie de imágenes en las que se representa el cultivo a lo largo de la evolución del ciclo. En ellas se puede diferenciar entre ambos sistemas de riego con fotos del mismo momento.

Destacar que la retirada del micro túnel fue 3 días más tarde en el sistema de riego por inundación debido a su falta de vigor.

##### Riego por goteo



##### Riego por inundación



**Figura 50.** Planta bajo túnel con 40 días tras el trasplante.



**Figura 51.** Planta bajo túnel con 50 días tras el trasplante.

**Riego por goteo**



**Riego por inundación**



**Figura 52.** Desarrollo vegetativo de la planta 56 días tras el trasplante.



**Figura 53.** Vista aérea del desarrollo vegetativo de las subparcelas 63 días tras el trasplante.



**Figura 54.** Desarrollo vegetativo 63 días tras el trasplante.

**Riego por goteo**

**Riego por inundación**



**Figura 55.** Desarrollo vegetativo 70 días tras el trasplante.



**Figura 56.** Comienzo de la maduración de los frutos 83 días tras el trasplante.



**Figura 57.** Desarrollo vegetativo 88 días tras el trasplante.

**Riego por goteo**



**Riego por inundación**



**Figura 58.** Final de ciclo previo a recolección 99 días tras el trasplante.

## 5. RESULTADOS

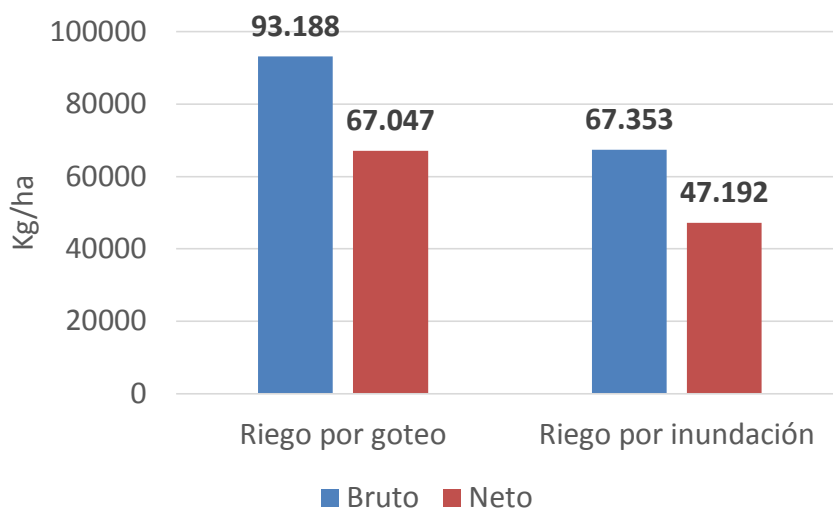
### 5.1. Producción

A continuación se muestran unas tablas con los resultados productivos obtenidos tras la recolección del producto. Estos vienen diferenciados para cada parcela con su diferente sistema de riego empleado.

En el sistema de riego por goteo, se obtuvo una producción bruta de 93.188 Kg/ha. A esta producción bruta se le descontó un 28,05% de destrío en el confeccionado en almacén para su venta, quedándose en una producción neta total de 67.046 Kg/ha, estando por debajo del promedio nacional (80.770 Kg/ha). Esta elevada fracción de destrío fue, entre otras cosas debido a la baja cotización de este producto en el mercado en aquel momento, que hace que los demandantes, además de pagar menos por el producto, exijan mayor calidad para poder vender más fácilmente.

Se puede distinguir como la variedad Romalinda obtuvo una producción bruta de 75.517 Kg/ha con un 24,88% de destrío, resultando de una producción neta de 56.728 Kg/ha. En cambio, la variedad Premium obtuvo una producción bruta de 17.670 Kg/ha con un 41,61% de destrío, quedándose en una producción neta de 10.317 Kg/ha (Tabla 19).

En cuanto al sistema de riego por inundación, se obtuvo una producción bruta de 67.352,94 Kg/ha. A esta producción bruta se le descontó un 29,93% de destrío en el confeccionado en almacén para su venta, resultando en una producción neta total de 47.191,86 Kg/ha (Figura 59). Ya se observa una fracción de destrío más elevada aunque semejante que en el sistema de riego por goteo.



**Figura 59.** Comparación de producción bruta y neta en riego por goteo e inundación.

Se pueden distinguir entre ambas variedades como la variedad Romalinda obtuvo una producción bruta de 56.471 Kg/ha con un 28,41% de destrío, resultando de una producción neta de 40.427 Kg/ha. En cambio, la variedad Premium obtuvo una producción bruta de 10.882 Kg/ha con un 37,84% de destrío, resultando en una producción neta de 6.764 Kg/ha (Tabla 19).

**Tabla 19.** Resultados de la producción bruta y neta de sandía bajo riego por goteo e inundación.

<b>RIEGO POR GOTEO</b>			<b>RIEGO POR INUNDACIÓN</b>		
<b>Romalinda</b>			<b>Romalinda</b>		
Bruto (kg)	12.838		Bruto (kg)	9.600	
Bruto (kg/ha)	75.518		Bruto (kg/ha)	56.471	
Destrío (kg)	3.194	24,88%	Destrío (kg)	2.727	28,41%
Neto (kg)	9.644		Neto (kg)	6.873	
Neto (kg/ha)	56.729		Neto (kg/ha)	40.427	
<b>Premium</b>			<b>Premium</b>		
Bruto (kg)	3.004		Bruto (kg)	1.850	
Bruto (kg/ha)	17.671		Bruto (kg/ha)	10.882	
Destrío (kg)	1.250	41,61%	Destrío (kg)	700	37,84%
Neto (kg)	1.754		Neto (kg)	1.150	
Neto (kg/ha)	10.318		Neto (kg/ha)	6.764	
Bruto	<b>93.188</b>	<b>Kg/ha</b>	Bruto	<b>67.353</b>	<b>Kg/ha</b>
Neto	<b>67.047</b>	<b>Kg/ha</b>	Neto	<b>47.192</b>	<b>Kg/ha</b>



## 5.2. Calidad de fruta

Como calidad de fruta se ha evaluado por calibres y por contenido en azúcares, cuyos valores se representan a continuación.

En la Tabla 20 se muestra una clasificación de sandía por calibres obtenidos y el porcentaje de cada uno de ellos en ambos sistemas de riego.

Bajo riego por goteo, en la variedad Romalinda, se obtuvo en mayor proporción (46,06%) el calibre 5, que se corresponde con un peso aproximado a los 4 kg.

En la variedad Premium se ha obtenido en mayor proporción (56%) el calibre 6, que corresponde con un peso aproximado de 3,3 kg. Es normal en esta variedad que el tamaño sea menor.

Bajo riego por inundación, en la variedad Romalinda, se obtuvo en mayor proporción (37,72%) el calibre 6, que se corresponde con un peso aproximado a los 3,3 kg. Con esto ya se puede afirmar que en comparación con el riego por goteo, el de inundación obtuvo menor calibre.

En la variedad Premium se obtuvo en mayor proporción (43,94%) el calibre 6, que corresponde con un peso aproximado de 3,3 kg. En esta variedad que suele ser de menor tamaño, en cuanto a calibre apenas existieron diferencias notables entre ambos sistemas de riego.

**Tabla 20.** Calibres resultantes bajo riego por goteo y riego por inundación.

RIEGO POR GOTEO				RIEGO POR INUNDACIÓN			
Romalinda				Romalinda			
Calibre	Peso (kg)	Cantidad (Kg)	% del total	Calibre	Peso (kg)	Cantidad (Kg)	% del total
<b>C2</b>	>6	142,50	1,48	<b>C2</b>	>6	240,30	3,50
<b>C3</b>	6	106,56	1,10	<b>C3</b>	6	307,33	4,47
<b>C4</b>	5	2439,22	25,29	<b>C4</b>	5	1267,29	18,44
<b>C5</b>	<b>4</b>	<b>4441,95</b>	<b>46,06</b>	<b>C5</b>	4	1750,17	25,47
<b>C6</b>	3,3	2450,77	25,41	<b>C6</b>	<b>3,3</b>	<b>2592,33</b>	<b>37,72</b>
<b>C7</b>	2,5	62,91	0,65	<b>C7</b>	2,5	715,23	10,41
Premium				Premium			
Calibre	Peso (kg)	Cantidad (Kg)	% del total	Calibre	Peso (kg)	Cantidad (Kg)	% del total
<b>C2</b>	>6	0,00	0,00	<b>C2</b>	>6	0,00	0,00
<b>C3</b>	6	0,00	0,00	<b>C3</b>	6	0,00	0,00
<b>C4</b>	5	5,11	0,29	<b>C4</b>	5	57,35	4,99
<b>C5</b>	4	80,21	4,57	<b>C5</b>	4	130,04	11,31
<b>C6</b>	<b>3,3</b>	<b>982,01</b>	<b>55,99</b>	<b>C6</b>	<b>3,3</b>	<b>505,24</b>	<b>43,94</b>
<b>C7</b>	2,5	686,72	39,15	<b>C7</b>	2,5	457,33	39,77

En cuanto a la concentración de azúcares presentes en los frutos, los resultados obtenidos se muestran a continuación (Tabla 21).

**Tabla 21.** Promedio de grados Brix analizados en sandía bajo riego por goteo y por inundación.

RIEGO POR GOTEO		RIEGO POR INUNDACIÓN	
Romalinda	Premium	Romalinda	Premium
11,35 °Brix	12,40 °Brix	11,55 °Brix	12,75 °Brix

### 5.3. Consumo de agua

El consumo de agua en cada sistema de riego fue diferente, mientras que bajo riego por goteo el consumo total a final de ciclo fue de 3.721 m<sup>3</sup>/ha, bajo riego por inundación el consumo total fue de 5.019 m<sup>3</sup>/ha (Tabla 22).

Destacar que tanto la profundidad como la superficie radicular de la sandía en cada sistema de riego fue diferente, ya que bajo riego por inundación la superficie ha sido la totalidad de la parcela, y la profundidad efectiva de la raíz fue de 0.7 m aproximadamente, mientras que en el riego por goteo la superficie humectada fue el 72% de la totalidad, con una profundidad radicular efectiva de 0.4 m aproximadamente.

Estas medidas fueron tomadas previo a la retirada del cultivo, excavando para ver hasta donde habían llegado las raíces. Aun así la interpretación de las medidas de los tensiómetros en el cultivo ofrecía un valor orientativo de dónde se encontraba la masa radicular, que correspondía con la profundidad a la que existía mayor absorción de humedad.

**Tabla 22.** Consumo de agua total al final del ciclo en sandía bajo riego por goteo y por inundación.

	Riego por goteo	Riego por inundación
<b>Consumo de agua (m<sup>3</sup>/ha)</b>	3.721	5.019

## 5.4. Evaluación agronómica

Ambos sistemas de riego han tenido una producción satisfactoria en cuanto a calidad, pero uno de ellos ha mostrado mayor calidad en cuanto a tamaño de los frutos y mayor cantidad de frutos, que es el de riego por goteo. En cuanto a concentración de azúcares en el fruto, no han existido diferencias significativas.

A pesar de ser Romalinda una variedad de tamaño medio-pequeño, en el sistema de riego por goteo se ha obtenido un alto porcentaje de sandías de calibre 5, mientras que en riego por inundación se han obtenido en mayor medida piezas de calibre 6.

En cuanto a producción en Kg totales, ha habido una fuerte diferencia entre el riego por goteo del que se obtiene una producción neta de 67.046 Kg/ha frente a los 47.191 Kg/ha del riego por inundación, que es un valor que se sitúa casi en la mitad del promedio regional de ese año. Esto es una diferencia de 19.854 Kg/ha, que en términos monetarios según el precio obtenido asciende a 2.382 €/ha de diferencia, que se traduce en un 29,61% menos de producción con el sistema de riego por inundación.

Las principales causas de esta disminución de producción son debidas a que el sistema de riego por goteo permite aplicar el riego causando el mínimo estrés a la planta, es decir, aportar las dotaciones hídricas antes de que la planta se sienta estresada, y aportando una dotación que permita una buena oxigenación del sistema radicular. Esto no es posible en el sistema de riego tradicional por inundación, ya que los riegos son muy espaciados en el tiempo y los aportes de agua son muy cuantiosos. Además de afectar a la planta también afecta en un proceso muy delicado del cultivo, que es la fase de la floración y cuajado de los frutos. En la fase de floración, la planta, para desarrollar un gran número de flores necesita un leve estrés hídrico que le estimule su naturaleza reproductiva. En cambio, en la fase de cuajado, si las dotaciones son escasas o excesivas, se produce la tirada de frutos impidiendo el cuaje de éstos.

Por ello, en el sistema tradicional es prácticamente imposible aplicar esta técnica, ya que si se mantiene cierto estrés para estimular la floración, no se consigue el óptimo de humedad en la posterior fase de cuajado.

Además de una mayor producción, en el sistema de riego por goteo se ha producido un menor consumo de agua, siendo 5.019 m<sup>3</sup>/ha el consumo empleado en el

sistema tradicional, y 3.721 m<sup>3</sup>/ha el consumo bajo riego por goteo, suponiendo un ahorro de agua de 1.298 m<sup>3</sup>/ha.

Sabiendo esto, se puede calcular la eficiencia del uso del agua en ambos sistemas:

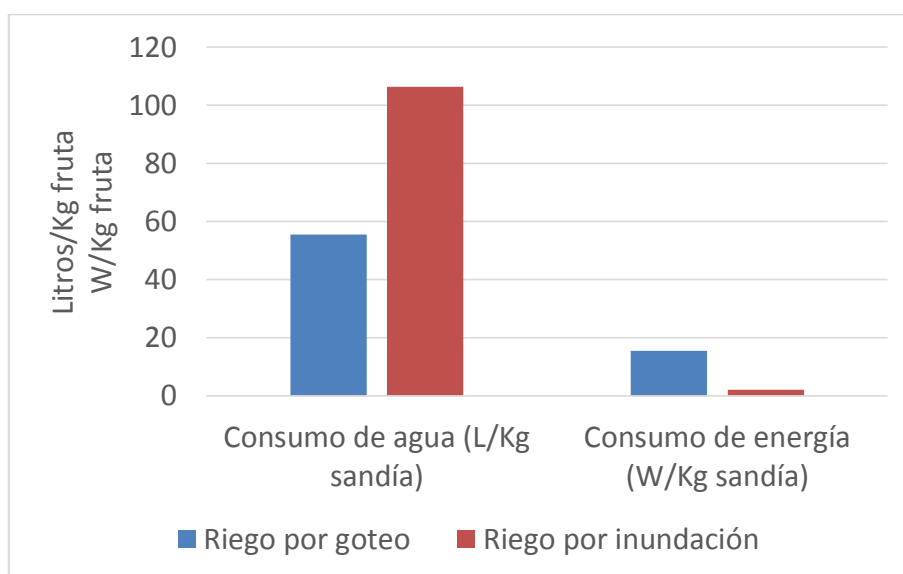
- En riego por goteo: 55,5 L de agua por Kg de fruta vendida.
- En riego por inundación: 106,36 L de agua por kg de fruta vendida.

Esto es casi el doble de agua empleado por kg de sandía, demostrando la mayor eficiencia del uso del agua bajo riego por goteo frente al sistema tradicional.

El sistema de riego por goteo consigue un importante ahorro de agua pero implica un consumo energético mayor en el riego (Tabla 30 y Figura 64).

**Tabla 30.** Consumo de agua y energía para el riego por goteo y por inundación.

	Consumo de agua (m <sup>3</sup> /ha)	Consumo de agua (L/Kg sandía)	Consumo de energía (W/Kg sandía)
<b>Riego por goteo</b>	3.721	55,5	15,54
<b>Riego por inundación</b>	5.019	106,36	2,13



**Figura 64.** Comparativa del consumo de agua y energía para el riego entre riego por goteo y por inundación.

## 5.5. Evaluación Económica

### 5.5.1 Ingresos

En el cultivo bajo riego por goteo, la producción neta fue de 67.046 Kg/ha. El precio al que resultó la venta de este producto fue de 0,15 €/kg total, sin diferenciar una variedad u otra, ya que en la cooperativa de salida, la venta se realizó al mismo precio. Por tanto, en el sistema de riego localizado se obtuvieron unos ingresos brutos de 10.057 €/ha.

En cambio, en el sistema de riego por inundación, la producción neta fue más reducida, tratándose de una cantidad de 47.191 Kg/ha, y se obtuvieron unos ingresos brutos de 7.078 €/ha (Tabla 23).

**Tabla 23.** Ingresos obtenidos tras la producción de sandía en riego por goteo y riego por inundación.

	Precio venta (€/kg)	Cantidad (Kg/ha)	Precio total (€/ha)
<b>Riego por goteo</b>	0,15	67.046,00	<b>10.056 €</b>
<b>Riego por inundación</b>	0,15	47.191,00	<b>7.078 €</b>

### 5.5.2 Costes

#### 5.5.2.1. Costes Amortizables

Dentro de este apartado se encuentran los costes que son meramente del sistema de riego, siendo distintos para cada uno de ellos.

En riego por goteo se tienen en cuenta los costes de la instalación del sistema de impulsión inyección y programación para el riego, incluyendo el diseño hidráulico y la distribución de tuberías de la parcela, que ascienden a 46.000 € para la parcela de 8 ha.

Para este sistema se tiene en cuenta una vida útil de 15 años, por tanto conlleva un coste de instalación de 3.066,66 € al año, que por hectárea son 383,33 €/ha y año.

Al realizarse dos ciclos de cultivo al año, el coste de la instalación se reduce a 191,66 €/ha y ciclo.

En riego por inundación se tienen en cuenta los costes de la instalación de conductos de agua en la parcela, incluyendo tuberías de D300 mm, juntas, partidores y mano de obra de instalación, que ascienden a 15.000 € para la parcela de 8ha.

Este sistema tiene una vida útil de 15 años, por tanto el coste por año es de 1.000 €, que por ha son 125 €.

Igualmente, el coste por ciclo se reduce a la mitad al realizarse dos ciclos al año (62,5 €).

#### **5.5.2.2. Coste energético asociado al riego**

En el conjunto del regadío se emplean diversas fuentes de agua y varias técnicas de riego que tienen una influencia sobre el consumo de energía. Se pueden identificar cinco fuentes de agua posibles: subterránea, superficial, de trasvase, de desalación y de reutilización; y para técnicas de riego, se distinguen el riego por gravedad, por aspersión o locomotriz, y por goteo o localizado.

En la siguiente tabla se muestra el consumo de energía por m<sup>3</sup> según la fuente de agua y según el sistema de riego empleado (Tabla 24).

**Tabla 24.** Gasto de energía en relación con el agua gastada para diferentes sistemas de riego y fuentes de suministro.

Consumo	Riego por inundación (Kw/m <sup>3</sup> )	Riego por goteo (Kw/m <sup>3</sup> )
Agua subterránea	0,15	0,68
Agua superficial	<b>0,02</b>	<b>0,28</b>
Trasvase	1,20	1,38
Desalación	3,70	3,88
Reutilización	0,25	0,43

*Fuente: Hardy y Garrido, 2010.*

El precio de la energía empleada en el riego en los meses de cultivo tuvo un valor promedio de 0,20 €/kWh. Por tanto, sabiendo el precio de la energía, la energía que necesita cada sistema, y el consumo de agua se obtiene el gasto energético total en el ciclo (Tabla 25).

**Tabla 25.** Desglose del gasto de energía empleada en riego por goteo y riego por inundación.

	Precio de la energía (€/Kw)	Consumo de energía (Kw/m <sup>3</sup> )	Consumo Hídrico (m <sup>3</sup> /ha)	Coste total (€/ha)
Riego por goteo	0,2	0,28	3.721	<b>208,376</b>
Riego por inundación	0,2	0,02	5.019	<b>20,076</b>

### 5.5.2.3. Coste material y recursos

En este apartado se expone una lista con todos los suministros agrícolas empleados en cada sistema de riego y su precio (Tabla 26).



**Tabla 26.** Suministros agrícolas empleados en el sistema de riego por goteo y por inundación.

RIEGO POR GOTEO					RIEGO POR INUNDACIÓN			
Descripción	Cantidad	(kg/ha)	Precio (€)	Importe (€)	Cantidad	(kg/ha)	Precio (€)	Importe (€)
Alquiler terreno	1	1,00	415,00	415,00	1	1,00	415,00	415,00
Planta Premium	1	627,00	0,55	346,10	1	627,00	0,55	346,10
Planta Romalinda	1	1882,00	0,53	1004,99	1	1882,00	0,53	1004,99
Manta térmica (m <sup>2</sup> /ha)	1	6750,00	0,04	256,50	1	6750,00	0,04	256,50
Plástico cobertura negra 60 gal	1	110,00	1,79	196,90	1	143,00	1,79	255,97
Courace	2	1,00	52,90	105,80	3	0,20	52,90	31,74
Teppeki (500gr)	1	0,00	0,00	0,00	1	0,25	206,00	51,50
Rimi	1	5,00	4,60	23,00	1	5,00	4,60	23,00
Topas	2	0,30	51,26	30,76	2	0,30	51,26	30,76
Jalisco	2	0,50	22,00	22,00	2	0,50	22,00	22,00
Afirm	1	1,50	22,50	33,75	1	1,50	22,50	33,75
Cal-Ex abamectina	2	1,00	23,00	46,00	2	1,00	23,00	46,00
Ácido nítrico	1	375,00	0,39	146,25	1	375,00	0,39	146,25
Ácido fosforico 72%	1	79,00	0,64	50,56	1	79,00	0,64	50,56
Sulfato potásico	1	225,00	0,74	166,50	1	225,00	0,74	166,50
Nitrato calcio	1	634,00	0,39	245,36	1	634,00	0,39	245,36
Systhane forte	2	0,30	23,54	14,12	2	0,30	23,54	14,12
Quelato de hierro	4	2,00	5,00	40,00	4	2,00	5,00	40,00
Altacor	1	0,12	43,00	5,16	1	0,12	43,00	5,16
Movento	1	0,60	116,00	69,60	1	0,60	116,00	69,60
Radixer	2	1,00	9,50	19,00	2	1,00	9,50	19,00
Agua riego (m3)	1	3721,47	0,30	1116,44	1	5019,61	0,30	1505,88
			TOTAL	4353,79			TOTAL	4779,74
IVA			10%	435,38			10%	477,97
			TOTAL	<b>4.789 €</b>			TOTAL	<b>5.257 €</b>

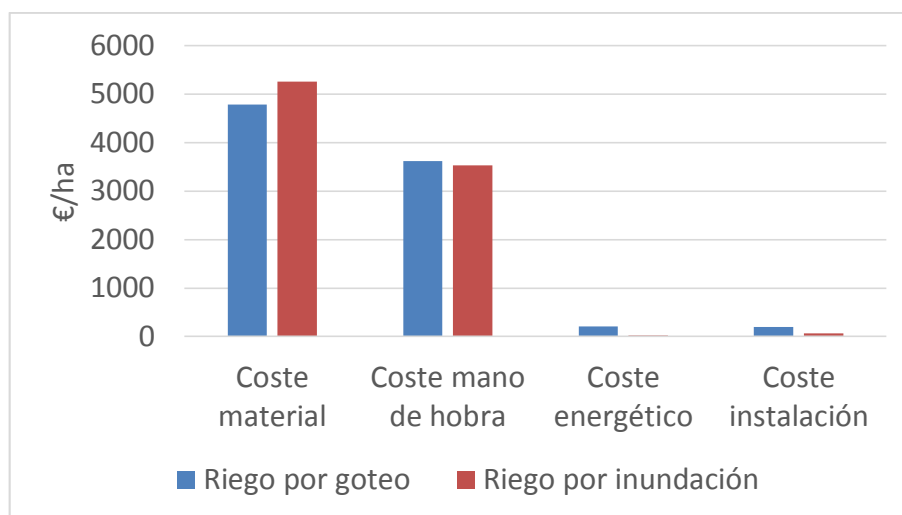
#### 5.5.2.4. Coste mano de obra y trabajos agrícolas

Dentro de este apartado se recogen los gastos de mano de obra empleados en el ciclo de cultivo. Se incluyen además los trabajos agrícolas de tractor, que fueron subcontratados a un precio fijo por hora (Tabla 27).

**Tabla 27.** Desglose de mano de obra y trabajos agrícolas realizados bajo sistema de riego por goteo y por inundación.

Riego por Goteo				Riego por inundación		
Descripción	Horas/Ha	Coste/h (€/h)	Importe (€)	Horas/Ha	Coste/h (€/h)	Importe (€)
Recogida de mangueras	7	7	49	0	7	0
Pasada fresadora (0,1m)	4,5	40	180	4,5	40	180
Pasada cultivador profundo (0,5m)	4	40	160	4	40	160
Pasada fresadora (0,2m)	4,25	40	170	4,25	40	170
Nivelación del terreno (láser)	0	40	0	4,25	40	170
Pasada caballadora	4	40	160	0	40	0
Extendido acolchado plástico	5,75	40	230	3,5	40	140
Peón cortar plástico	5,75	7	40,25	3,75	7	26,25
Peón conectar mangueras	5,75	7	40,25	0	7	0
Peón repasar desperfectos	2,5	7	17,5	0	7	0
Peón poner manta térmica	10	7	70	10	7	70
Peón plantar planta	16	7	112	16	7	112
Manejo del riego	7,5	15	112,5	27	7	189
Fumigar	4	50	200	7	50	350
Eliminar malas hierbas	25	7	175	30	7	210
Corte sandía	32	10	320	29	10	290
Recolección peones	81	7	567	74	7	518
Recolección maquinaria	29	35	1015	27	35	945
		Total	<b>3.618 €</b>		Total	<b>3.530 €</b>

En la Figura 60 se representa una comparativa de los costes a lo largo del ciclo de cultivo de la sandía tanto para riego por goteo como riego por inundación (Figura 60).



**Figura 60.** Comparación de costes de ciclo en riego por goteo y por inundación.

### 5.5.3 Análisis coste beneficio

Agrupando todos los costes de cada sistema se obtiene el gasto total que se muestra en la siguiente tabla (Tabla 28).

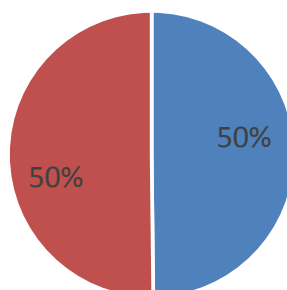
**Tabla 28.** Gastos durante el ciclo productivo bajo riego por goteo y riego por inundación.

	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por inundación</b>
<b>Descripción</b>	<b>Importe (€/ha)</b>	<b>Importe (€/ha)</b>
<b>Instalación riego</b>	191,66 €	62,50 €
<b>Energía consumida</b>	208,40 €	20,08 €
<b>Material empleado</b>	4.789,17 €	5.257,72 €
<b>Mano de obra y trabajos agrícolas</b>	3.618,50 €	3.530,25 €
<b>TOTAL</b>	<b>8.807,73 €</b>	<b>8.870,55 €</b>

Se puede observar como la diferencia de costes por hectárea entre ambos sistemas fue mínima. Se habla de una diferencia de 62,82 €/ha más en el sistema de riego por inundación con respecto al sistema de riego por goteo, por lo que

prácticamente se puede decir que el coste total del ciclo fue muy semejante empleando un sistema u otro de riego (Figura 61).

■ Riego por goteo ■ Riego por inundación

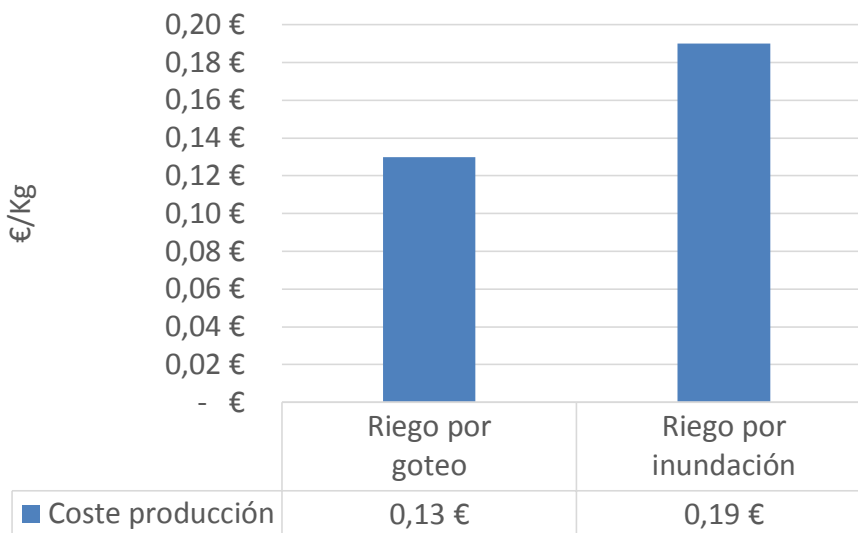


**Figura 61.** Comparación coste total cultivo sandía bajo riego por goteo y por inundación.

Haciendo un balance entre los ingresos percibidos y los costes realizados se obtienen los beneficios netos resultado de la producción de sandía mediante ambos sistemas de riego (Tabla 29).

En esta tabla se representa claramente una gran diferencia de rentabilidad entre ambos sistemas al ver como bajo riego por goteo se obtienen unos beneficios de 1.249 €/ha, mientras que con el sistema de riego por inundación resultan unas pérdidas de 1.791 €/ha.

Según los resultados, bajo riego por goteo, producir un Kg de sandía costó exactamente 0,131 €/kg, mientras que con el riego tradicional por inundación, producir un Kg de sandía costó 0,188 €/kg (Figura 62). Esto se traduce con un incremento del coste de producción/kg del 43%.



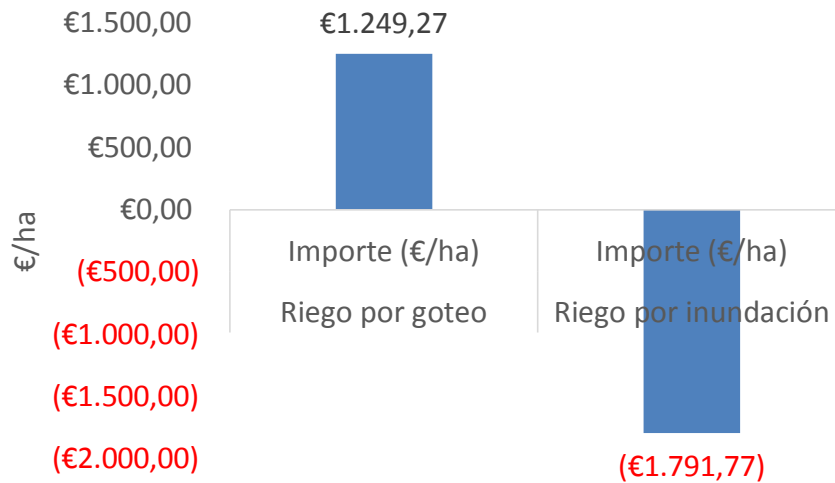
**Figura 62.** Coste de producción por Kg de sandía bajo riego por goteo y riego por inundación.

Por tanto, estos son los mínimos precios de venta que se requieren para obtener rentabilidad en ambos sistemas de riego.

A continuación se muestra el balance de ingresos y costes que da lugar al beneficio obtenido en cada sistema de riego (Tabla 29 y Figura 63).

**Tabla 29.** Balance ingresos-costes para calcular el beneficio neto de ambos sistemas de riego.

	Riego por goteo	Riego por inundación
Descripción	Importe (€/ha)	Importe (€/ha)
<b>Ingresos</b>	10.057,00 €	7.078,78 €
<b>Costes</b>	8.807,73 €	8.870,55 €
<b>Beneficio</b>	<b>1.249,27 €</b>	<b>-1.791,77 €</b>



**Figura 63.** Comparativa del beneficio neto obtenido en ambos sistemas de riego.

Según el precio de venta que es de 0,15 €, se puede decir que bajo riego por goteo se ha obtenido una rentabilidad de 0,02 €/kg de sandía, mientras que en riego por inundación han resultado unas pérdidas de 0,04 €/kg de sandía.

## 6. CONCLUSIONES

Este ensayo comparativo ha evaluado la productividad y rentabilidad de la sandía en sistema de riego por goteo y por inundación en las condiciones de cultivo de la región de Murcia.

Tras esta comparativa se han obtenido grandes diferencias productivas entre ambos sistemas. Con el sistema de riego por goteo se ha obtenido un 30% más de producción que con el sistema de riego tradicional. Además se ha conseguido un ahorro del 48% en el consumo de agua por kg de sandía producido.

Es de destacar la obtención de mayor calibre bajo riego por goteo, ya que la diferencia de concentración de azúcares no ha sido representativa.

En cuanto a los gastos económicos producidos durante el desarrollo del cultivo en ambos sistemas, han sido prácticamente análogos; *i.e.* bajo riego por goteo, el gasto de instalación y el gasto energético es mayor que con respecto al sistema tradicional, y en cambio, en el sistema de riego por inundación, el gasto hídrico y de material ha sido mayor.

El sistema de riego por goteo se posiciona sobre el riego por inundación como sistema que mayor rentabilidad y eficiencia presenta para el cultivo de la sandía.





## 7. RECOMENDACIONES

El ahorro de agua ha sido uno de los puntos de mayor importancia debido a que es un recurso muy importante e indispensable para la agricultura, y actualmente está siendo limitante en el regadío de la Región de Murcia, lo que restringe en cierto modo el avance y la inversión en agricultura.

Por ello, conseguir un ahorro de este recurso permitiendo aumentar la producción es un gran logro y un factor clave que permite aumentar la superficie cultivable en estas zonas con restricciones hídricas, y por tanto aumentar la producción de estos productos agrícolas.

En base a los resultados se puede afirmar que existen motivos reales para suprimir el riego tradicional e invertir en el riego por goteo.

Actualmente aún existen gran número de agricultores que utilizan el riego tradicional en sus explotaciones, y que no son conscientes de las ventajas que pueden llegar a obtener suprimiendo ese sistema por el localizado. Por ello, y como no es una tarea fácil, se recomienda la realización de más ensayos comparativos de este tipo para cada cultivo, ya que la mayor manera de concienciar, transferir y convencer a los agricultores y regantes es con resultados reales y visibles, y que se adapten a las diferentes condiciones de cultivo existentes.

Los tiempos cambian, y con ello la tecnificación de las explotaciones, por tanto una manera de ser competitivo es adoptar las medidas oportunas para ser eficiente y obtener la mayor rentabilidad posible en las cosechas, ya que de no invertir en esto, la rentabilidad económica de la explotación disminuiría hasta tal punto que sería inviable

seguir produciendo, que es una de las mayores causas de quiebra de las empresas agrícolas productoras.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### 8.1. Documentos

Allen, R.G., L. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper N° 56. 300 p. FAO, Rome, Italy.

Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 24 (Rev. 1), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 144 p.

Huitrón, M<sup>a</sup>. V. (2005). Cuaje de sandía mediante el empleo de fitorreguladores. Influencia de cultivares y portainjertos sobre parámetros productivos y de calidad. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería

Maroto, H.V. (1996). Botánica, fisiología y adaptabilidad de la sandía. Cultivo de la sandía. Fundación Caja Rural de Valencia.

Varoquaux.F; Blanvillain, R.; Delseny, M.; Gallois, P. (2000). "Less is better: new approaches for seedless fruit production". Trends in Biotechnology 18, 233- 242.

### 8.2. Enlaces WEB

<ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s01.pdf>

<http://elhocino-adra.blogspot.com.es/2012/05/sandia-premium.html>

<http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/temas/tema9/tema9.htm>

- [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial\\_04.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_04.htm)
- [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%208.Riego%20por%20superficie/page\\_09.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%208.Riego%20por%20superficie/page_09.htm)
- [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial\\_12.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_12.htm)
- <http://personales.upv.es/~rperez/mriego/PrgRieg.pdf>
- [http://repositorio.ual.es:8080/bitstream/handle/10835/1206/PFC\\_MI~1.PDF?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ual.es:8080/bitstream/handle/10835/1206/PFC_MI~1.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- <http://searus.blogspot.com.es/2014/04/sandia-injertada-en-calabazas-en-los.html>
- [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap14.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap14.htm)
- [http://servicios.laverdad.es/murcia\\_agua/cap7.htm](http://servicios.laverdad.es/murcia_agua/cap7.htm)
- <http://www.aguamarket.com/sql/temas-interes/234.asp>
- <http://www.amifruit.com/variedades>
- <http://www.crcc.es/wp-content/uploads/2012/02/Hardy-y-Garrido.-2010An%C3%A1lisis-de-lar-relaci%C3%B3n-agua-energ%C3%ADa.pdf>
- <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/RIEGO%20POR%20SUPERFICIE.pdf>
- <http://www.fao.org/3/a-f2430e.pdf>
- <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- <http://www.frutasmora.es/actualidad/como-se-ha-conseguido-que-la-sandia-no-tenga-semillas-en-su-interior-1>

<http://www.fundacioncajamarvalencia.es/es/comun/actividades/boletines-fichas-y-presentaciones/el-huerto/boletin-huerto-158/boletin-huerto-158.pdf>

<http://www.fundacioncajamarvalencia.es/es/comun/actividades/boletines-fichas-y-presentaciones/el-huerto/boletin-huerto-14/boletin-huerto-14.pdf>

<http://www.hortalizas.com/cultivos/cucurbitaceas/los-numerosos-beneficios-de-injertos-en-sandia/>

<http://www.hortalizas.com/cultivos/cucurbitaceas/sandia-sin-semillas/>

<http://www.hortalizas.com/miscelaneos/marchitez-en-melon-y-sandia/>

<http://www.hortoinfo.es/index.php/precioshortalizasmenu/precios-campana/527-precios-por-campanas>

[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/sandia.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/sandia.htm)

[http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160940Riego\\_por\\_superficie\\_baja.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160940Riego_por_superficie_baja.pdf)

[http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160940Riego\\_por\\_superficie\\_baja.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160940Riego_por_superficie_baja.pdf)

[http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2016\\_tcm7-464052.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2016_tcm7-464052.pdf)

<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2014/default.aspx?parte=3&capitulo=13&grupo=6&seccion=20>

<http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/riego-localizado.aspx>

<http://www.mapama.gob.es/es/prensa/noticias/aumenta-la-superficie-regada-en-espa%C3%B1a-pero-se-mantiene-una-tendencia-a-la-baja-en-el-volumen-de-agua-de-riego-utilizado-en-el-sector-agrario-/tcm7-367091-16>

<http://www.mapama.gob.es/fr/prensa/noticias/el-riego-localizado-alcanza-el-4823--de-la-superficie-regada-en-espa%C3%B1a-/tcm12-312671-16>

[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2000\\_2106.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf)

[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2000\\_2106.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2000_2106.pdf)

[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_1985\\_23\\_96\\_99.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1985_23_96_99.pdf)

[http://www.mercasa.es/nosotros/informacion\\_sobre\\_precios\\_mercados](http://www.mercasa.es/nosotros/informacion_sobre_precios_mercados)

<http://www.portagrano.net/home/detallenoticia.php?idnoticia=66>

<http://www.serida.org/pdfs/270.pdf>

[https://books.google.es/books?id=YJgytETfEnAC&pg=PA200&lpg=PA200&dq=efecto+oasis+o+ropa+tendida&source=bl&ots=u6nsm8FpA3&sig=\\_Vju\\_Bmslvmt1kiwNSiNj-b7CgA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjBtqGI-4bWAhVLEVAKHRN8AVUQ6AEIPDAG#v=onepage&q=efecto%20oasis%20o%20ropa%20tendida&f=false](https://books.google.es/books?id=YJgytETfEnAC&pg=PA200&lpg=PA200&dq=efecto+oasis+o+ropa+tendida&source=bl&ots=u6nsm8FpA3&sig=_Vju_Bmslvmt1kiwNSiNj-b7CgA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjBtqGI-4bWAhVLEVAKHRN8AVUQ6AEIPDAG#v=onepage&q=efecto%20oasis%20o%20ropa%20tendida&f=false)

<https://caamext.carm.es/esamweb/faces/vista/seleccionSuperficies.jsp>

<https://es.climate-data.org/location/30721/>

<https://es.slideshare.net/mynoryoc1/riego-por-gravedad-44425631>

<https://injertoshortícolas.com/injerto-de-sandia/>

[https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1392&IDTIPO=100&RASTRO=c488\\$](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=1392&IDTIPO=100&RASTRO=c488$m1174)

m1174

<https://www.seminis.com/global/es/products/Pages/Romalinda.aspx>





## 9. ANEXO

### 9.1. Análisis de agua de riego

#### INFORME DE ENSAYO (Analytical Report)

RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:

RESULTS: the results uncertainty has been calculated for k=2 factor

La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%  
The uncertainty indicated corresponds to the expanded uncertainty using a value of k=2 corresponding to a confidence level of 95%

Determinaciones (Parameters)	Resultado	Incertidumbre	Equivalencias (Equivalency)		Método (Method)
	(Result)	mg/l (Uncertainty)	meq/l	mmol/l	
Sodio (Na)	441	± 71	19.2	19.2	QUI_1000_ICP_MS
Potasio (K)	33.1	± 5.3	0.847	0.847	QUI_1000_ICP_MS
Calcio (Ca)	264	± 55	13.2	6.60	QUI_1000_ICP_MS
Magnesio (Mg)	179	± 36	14.7	7.37	QUI_1000_ICP_MS
Boro (B)	0.606	± 0.127	0.0561	0.0561	QUI_1000_ICP_MS
*Cloruros (Cl-)	672	N.A.	18.9	18.9	QUI0001
*Sulfatos (SO4)	960	N.A.	20.0	10.0	QUI0001
*Carbonatos (CO3 2-)	< 5.00	N.A.	< 0.167	< 0.0833	QUI0006
*Bicarbonatos (HCO3 -)	413	N.A.	6.77	6.77	QUI0006
*Nitratos (NO3)	14.0	N.A.	0.226	0.226	AGU0015
*Nitrógeno Amoniacal (NH4)	1.09	N.A.	0.0606	0.0606	QUI0009
Fosfatos (H2PO4)	11.7	± 2.6	0.121	0.121	QUI_1000_ICP_MS

#### DETERMINACIONES POTENCIOMÉTRICAS

Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)
pH (a 18.1°C)	8.35		± 0.20	AGU0101
Conductividad Eléctrica (a 25°C)	3.66	(mS/cm)	± 0.37	AGU0201

#### OTRAS DETERMINACIONES

Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)
*Sales Solubles Totales (TDS)	2380	(ppm)	No Aplica	

#### ÍNDICES (Indicators)

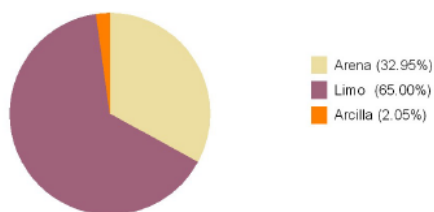
Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)
*Sales Solubles	2.99	(g/l)	*Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	5.13	
*Presión Osmótica	1.32	(atmósferas)	*SAR Ajustado	13.49	
*Punto de congelación	-0.12	(°C)	*Índice de Scott	3.03	
*Dureza	139.75	(°Franceses)	*Índ. de Saturación de Langelier	1.58	
*pH Corregido (pHc)	6.77		*Alcalinidad a eliminar	3.75	(meq/l)

## 9.2. Análisis de suelo

<b>INFORME DE ENSAYO (Analytical Report)</b>					
RESULTADOS: Los resultados obtenidos, con su incertidumbre para un factor K=2 han sido los siguientes:					
RESULTS: the results uncertainty has been calculated for k=2 factor					
La incertidumbre indicada corresponde a la incertidumbre expandida utilizando un valor de k=2, el cual corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%					
The uncertainty indicated corresponds to the expanded uncertainty using a value of k=2 corresponding to a confidence level of 95%					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)	
*Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)		No Aplica		
pH (extracto acuoso 1:2, a 24.02°C)	8.00		± 0.40	SUE2400	
*Color	10 YR 5/3 MARRÓN		No Aplica	SUE0008	
<b>SALINIDAD</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)	
Conductividad (extracto acuoso 1:2, a 25°C)	4.38	(mS/cm)	± 0.92	SUE2401	
*Cloruros (en el extracto acuoso)	9.84	(meq/l)	No Aplica	QUI0001	
*Sulfatos (en el extracto acuoso)	39.3	(meq/l)	No Aplica	QUI0001	
*Sodio (en el extracto acuoso)	8.10	(meq/l)	No Aplica	QUI0010	
*Sodio asimilable	528	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Bicarbonatos	1.40	(meq/l)	No Aplica	QUI0008	
<b>FERTILIDAD</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)	
*Nitratos (en el extracto acuoso)	110	(ppm)	No Aplica	QUI0001	
*Fósforo Asimilable	47.0	(ppm)	No Aplica	SUE0003	
*Potasio (en el extracto acuoso)	2.77	(meq/l)	No Aplica	QUI0010	
*Calcio (en el extracto acuoso)	40.0	(meq/l)	No Aplica	QUI0010	
*Magnesio (en el extracto acuoso)	15.0	(meq/l)	No Aplica	QUI0010	
*Potasio Asimilable	429	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Calcio asimilable	24500	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Magnesio asimilable	628	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
Materia Orgánica	2.61	(%)	± 0.52	SUE0201	
*Carbono Orgánico	1.51	(%)	No Aplica	SUE0201	
<b>CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)	
*Calcio de cambio	115	(meq/100g)	No Aplica		
*Magnesio de cambio	2.17	(meq/100g)	No Aplica		
*Potasio de cambio	0.543	(meq/100g)	No Aplica		
*Sodio de cambio	0.676	(meq/100g)	No Aplica		
*Capacidad de cambio	118	(meq/100g)	No Aplica		
<b>MICROELEMENTOS Y OTRAS DETERMINACIONES</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)	
*Hierro asimilable	0.361	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Boro asimilable	4.81	(ppm)	No Aplica	SUE0010	
*Manganeso asimilable	0.116	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Cobre asimilable	0.210	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Zinc Asimilable	2.08	(ppm)	No Aplica	QUI0011	
*Caliza total	31.0	(%)	No Aplica	QUI0002	
*Caliza activa	19.0	(%)	No Aplica	SUE0004	
<b>DETERMINACIONES OPCIONALES</b>					
Determinaciones (Parameters)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Incertidumbre (Uncertainty)	Método (Method)	
*Nitrógeno total	0.155	(%)	No Aplica	QUI0002	
<b>ÍNDICES (Indicators)</b>					
Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)	Índice (Indicator)	Resultado (Result)	(Unidades) (Units)
*Densidad aparente	1.41	(g/cc)	*Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	1.54	
*Relación Carbono/Nitrógeno	9.77		*Porcentaje de saturación de sodio	0.57	%
*Porcentaje de saturación		(g/kg)	*Capac.Ret. de Agua Disponible(CRAD)	0.101	mm agua / mm.suelo

ANÁLISIS COMPARATIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA BAJO RIEGO LOCALIZADO E INUNDACIÓN EN EL SURESTE ESPAÑOL

***\*TEXTURA (USDA)(SUE0008) : Franco-Limosa***



ABREVIATURAS / ABBREVIATIONS: **N.A.**: No Aplica / Not Applicable **N.D.**: No Detectado / Not Detected

LAS DETERMINACIONES MARCADAS CON UN ASTERISCO (\*) EN ESTE INFORME ESTÁN EXCLUÍDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO.  
PARAMETERS MARKED IN THIS REPORT WITH AN ASTERISK (\*) ARE EXCLUDED FROM THE SCOPE OF LABORATORY ACCREDITATION.

LOS RESULTADOS NO HAN SIDO CORREGIDOS POR EL FACTOR DE RECUPERACIÓN.  
REPORTED RESULTS HAVE NOT BEEN CORRECTED WITH THE RECOVERY FACTOR.