



TÍTULO

COMPORTAMIENTO DE PLANTAS DE FRESA BAJO LA REDUCCIÓN DE APORTES HÍDRICOS COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE

AUTORA

Victoria Lauricella

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2021

Tutores	Dr. D. Pedro Palencia García ; Dra. Dña. Fátima Martínez Ruiz
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía ; Universidad de Huelva
Curso	<i>Máster Oficial Interuniversitario en Tecnología Ambiental (2019/20)</i>
©	Victoria Lauricella
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2020



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



COMPORTAMIENTO DE PLANTAS DE FRESA BAJO LA REDUCCIÓN DE APORTES HÍDRICOS COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE

Victoria Lauricella

Trabajo entregado para la obtención del grado de **MÁSTER EN
TECNOLOGÍA AMBIENTAL**

Modalidad: “Profesional”

Diciembre / 2020

Directores:

Dr. Pedro Palencia García

Dra. Fátima Martínez Ruíz

La Dra. Fátima Martínez Ruiz, DNI: , Profesora Titular del Área de Producción Vegetal en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Huelva y;

El Dr. Pedro Palencia García, DNI: , Profesor Titular del Departamento de Biología de Organismos y Sistemas de la Universidad de Oviedo

INFORMAN:

Que el trabajo titulado “Comportamiento de plantas de fresa bajo la reducción de aportes hídricos como alternativa sostenible”, presentado por D. Victoria Lauricella, con NIE: , ha sido realizado bajo nuestra dirección, y AUTORIZAMOS su presentación y defensa como Trabajo Fin de Máster (Modalidad profesional), para el Máster Universitario en Tecnología Ambiental de la Universidad de Huelva.

En Huelva, a 22 de noviembre de 2020.

Fdo.: Pedro Palencia García

Fdo.: Fátima Martínez Ruiz

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la producción de tres variedades de fresa sometidas a distintos tratamientos de riego, con el propósito de analizar la respuesta ante una reducción del caudal utilizado normalmente por los agricultores, para lograr un uso sostenible del recurso hídrico.

Las variedades estudiadas son 'Primoris', 'Rociera' y 'Rábida'. La prueba se estableció con un diseño de bloques al azar en el cual se consideran un total de 135 plantas, bajo tres tratamientos de riego: $5 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (100%), $3,6 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (72%) y $2,5 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (50%).

Los principales resultados muestran que las variedades difieren en cuanto a sus necesidades hídricas, no viéndose afectadas de la misma manera por el recorte. En el caso de 'Rábida' y 'Primoris', el tratamiento del 72% muestra un rendimiento más elevado que en el del 100%. En el caso de 'Rociera', el tratamiento del 100% arroja mayores rendimientos. Recortes en torno al 50%, conllevan a una reducción significativa de producción en las tres variedades evaluadas.

ABSTRACT

In this work, the production of three strawberry varieties subjected to different irrigation treatments is evaluated, in order to analyze the response to a reduction in the flow normally used by farmers, to achieve a sustainable use of water resources.

The varieties studied are 'Primoris', 'Rociera' and 'Rábida'. The test was established with a random block design in which a total of 135 plants are considered, under three irrigation treatments: $5 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (100%), $3,6 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (72%) and $2,5 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (50%).

The main results show that the varieties differ in terms of their water needs, not being affected in the same way by cutting. In the case of 'Rábida' and 'Primoris', the treatment of 72% shows a higher yield than that of 100%. In the case of 'Rociera', the 100% treatment yields higher returns. Cuttings of around 50% lead to a significant reduction in production in the three varieties evaluated.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Pedro Palencia y a la Dra. Fátima Martínez Ruíz, mis tutores, quienes con sus conocimientos y experiencia han colaborado desde el primer momento en cada detalle y con palabras de motivación constante.

A Ana Carolina Gálvez, responsable de I+D de la empresa SAT Berrynest, por ser quién me acompañó en cada visita a la finca, y me brindó todos los recursos y herramientas que necesité para llevar a cabo el ensayo.

A la empresa SAT Berrynest, por darnos el espacio para trabajar.

Y no menos importante: a mi familia, lo más valioso que tengo, que me han acompañado a la distancia en todo momento, y a mis compañeros del Máster, quienes han cumplido el rol de familia este último año y con quienes tantos momentos he compartido.

A todos ellos, mi más profundo agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Distribución e importancia.....	1
1.2 Botánica y morfología	3
1.3 Distribución varietal.....	4
1.4 Características varietales de la fresa cultivada	5
1.5 Comportamiento fenológico	6
1.6 El cultivo ecológico de la fresa.....	8
2. OBJETIVOS	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Localización del ensayo	10
3.2 Clima y suelo	11
3.3 Recurso hídrico.....	12
3.4 Estructura y dimensión de los macrotúneles.....	13
3.5 Variedades usadas en el ensayo	14
3.6 Descripción de los ensayos	15
3.7 Evaluaciones, recolección y procesamiento de muestras.....	16
3.8 Parámetros analizados	17
3.9 Modelo estadísticos	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1 Análisis estadístico de los parámetros vegetativos.....	19
4.2 Parámetros vegetativos	19
4.2.1 Análisis de SPAD en hoja adulta	19
4.2.2 Análisis de longitud de hojas.....	22
4.2.3 Análisis de transversal de las hojas	24
4.3 Parámetros de producción	26
4.4 Parámetros de calidad post-cosecha	28
4.4.1 Peso de la fruta.....	28
4.4.2 Salinidad de la fruta	30
4.5 Parámetros climáticos y edáficos.....	32

4.5.1 Temperatura y humedad.....	32
4.5.2 Conductividad eléctrica.....	33
5. CONCLUSIONES.....	36
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
7. ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Producción promedio mundial de fresas, entre 2010-2018..	1
Figura 2 Producción de fresa en España (2015-2017).....	2
Figura 3 Evolución en cuanto a área cosechada y producción de fresa en España, desde 2012 hasta 2018	2
Figura 4 Representación esquemática de la planta de fresa.....	3
Figura 5 Porcentaje de plantas de cada una de las variedades de fresa cultivadas en Huelva durante la campaña 2019-2020.....	5
Figura 6 Localización geográfica “Parque Nacional de Doñana”.....	10
Figura 7 Geolocalización del área donde fue implementado el ensayo.....	11
Figura 8 Ubicación de los macrotúneles.....	11
Figura 9 Macrotúneles de fresa.	14
Figura 10 Representación esquemática del ensayo	16
Figura 11 Evolución en semanas de los valores obtenidos de SPAD en hoja adulta	20
Figura 12 Evolución en semanas de los valores medidos de longitud de hojas.	23
Figura 13 Representación de las medias marginales para el parámetro transversal de hoja.....	25
Figura 14 Evolución en semanas de las mediciones de transversal de hojas	26
Figura 15 Representación del rendimiento promedio en Tm/ha (1ª y 2ª categoría) del cultivo.	27
Figura 16 Representación gráfica del peso de fruta para la variedad Rociera.	28
Figura 17 Representación gráfica del peso de fruta para la variedad Primoris	29
Figura 18 Representación gráfica del peso de fruta para la variedad Rábida.	29
Figura 19 Representación esquemática del procedimiento realizado para la medición de salinidad en las muestras obtenidas.....	30
Figura 20 Representación gráfica de los valores obtenidos de salinidad en fruta para la variedad Rociera.....	31
Figura 21 Representación gráfica de los valores obtenidos de salinidad en fruta para la variedad Primoris.....	31
Figura 22 Representación gráfica de los valores obtenidos de salinidad en fruta para la variedad Rábida.....	32
Figura 23 Evolución de la humedad y temperatura a lo largo de la campaña 2019/2020.	33

Figura 24 Evolución de la CE durante el ensayo..... 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de la varianza simple.....	18
Tabla 2 Valores de medias para los parámetros analizados	19
Tabla 3 Valores de subconjuntos homogéneos en variedades para SPAD en hoja adulta (Test HSD Tukey).	21
Tabla 4 Valores de subconjuntos homogéneos en tratamientos para SPAD en hoja adulta. (Test HSD Tukey)	22
Tabla 5 Valores de subconjuntos homogéneos para longitud de hojas entre variedades (Test HSD Tukey).....	23
Tabla 6 Valores de subconjuntos homogéneos para longitud de hojas entre tratamientos (Test HSD Tukey).	24
Tabla 7 Valores de conductividad eléctrica obtenidos durante la campaña 2019/2020	34
Tabla 8 Peso promedio de frutas para los tres tratamientos en cada variedad	41
Tabla 9 Valores promedio de salinidad en fruta fresca para los tres tratamientos en cada variedad	42

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Distribución e importancia

España es el quinto país productor de fresas en el mundo, con una producción de 208.000 toneladas en la campaña 2019-2020 (Figura 1). Además, es uno de los principales países productores de fresa en Europa, junto con Alemania, Italia y Reino Unido (FAOSTAT, 2017).

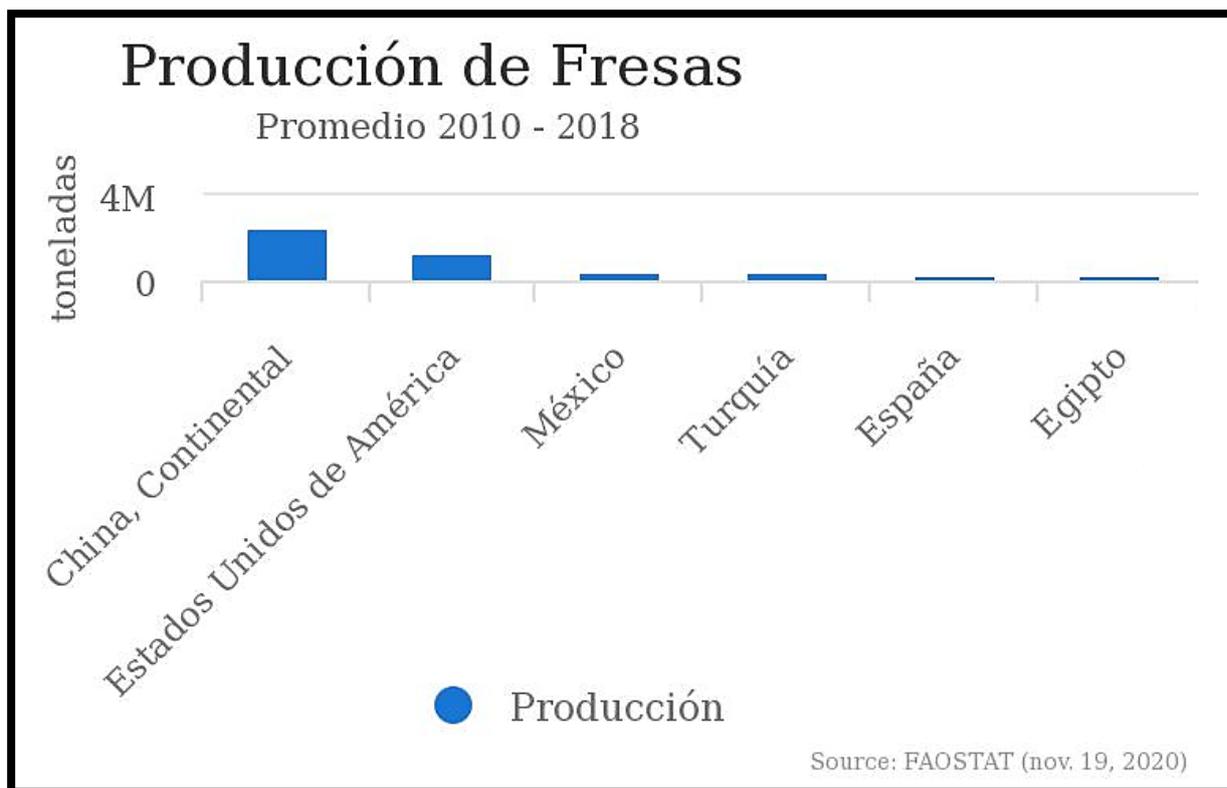


Figura 1 Producción promedio mundial de fresas, entre 2010-2018. Fuente: FAO.

Dentro de España, Andalucía es la región más importante en cuanto a producción de este cultivo (Figura 2). La mayor concentración de producción de fresa en Europa está situada en Huelva, representando un 94% de superficie de fresa y un 97% de producción de fresa en España (MAPAMA, 2017).

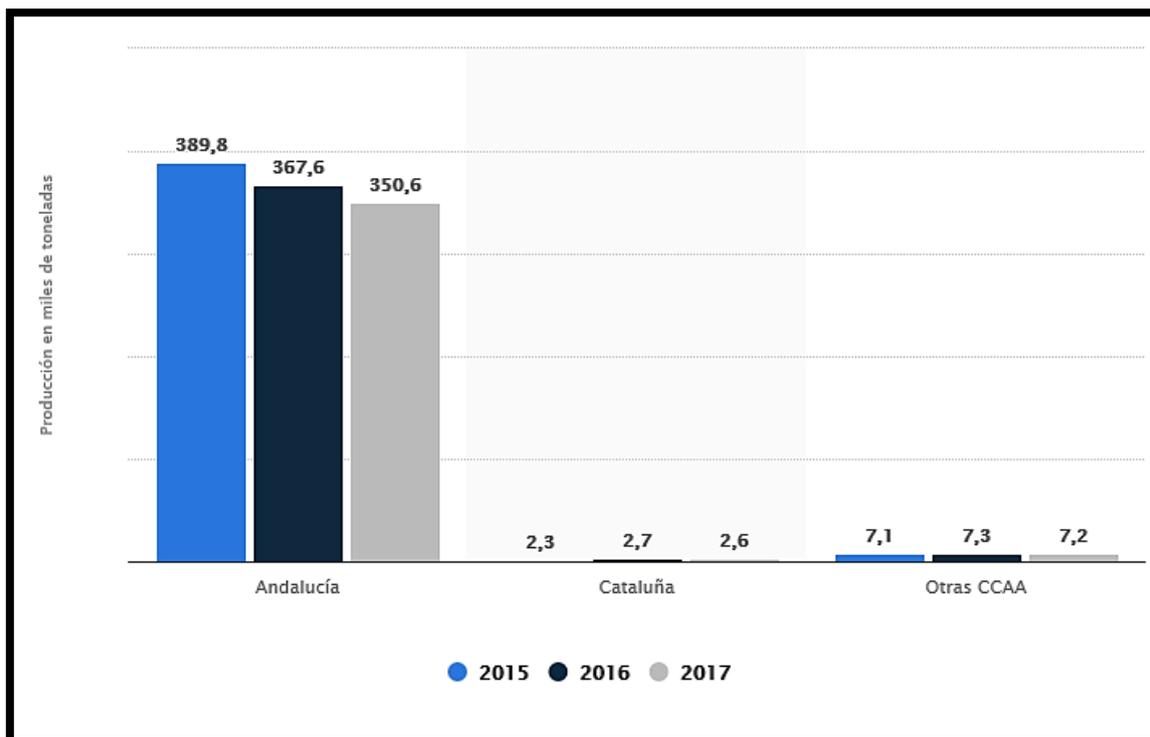


Figura 2 Producción de fresa en España (2015-2017). Fuente: Statista.

El sector fresero de Huelva constituye uno de los sectores agrícolas de mayor desarrollo en las últimas décadas. El uso de nuevas variedades, en conjunto con la innovación tecnológica desarrollada, han convertido a Huelva en la región fresera más grande del mundo.

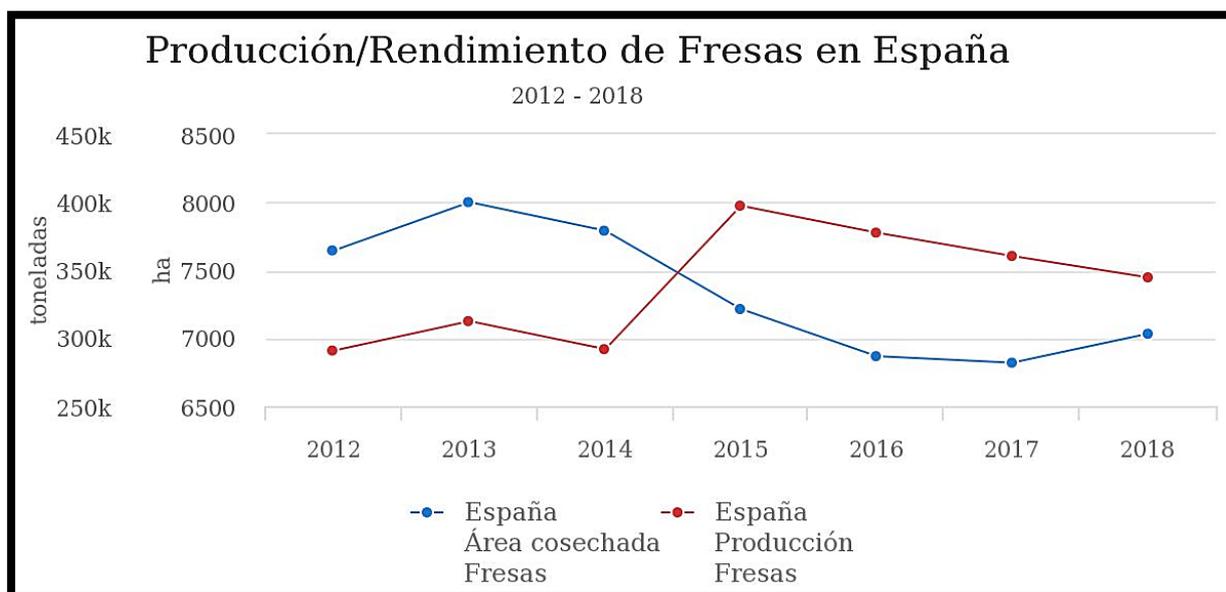


Figura 3 Evolución en cuanto a área cosechada y producción de fresa en España, desde 2012 hasta 2018. Fuente: FAO.

Tras el máximo productivo alcanzado en 2015 (campana 2014/15), la producción de fresa ha retrocedido un 14% en las tres últimas campañas como consecuencia de la

retirada de superficie de cultivo para diversificar el sector con otros frutos rojos, aunque en la última campaña también han influido factores climatológicos (Figura 3).

1.2 Botánica y morfología

La fresa pertenece a la familia Rosaceae, tribu *Rosaceae* o *Potentilleae*. El género es *Fragaria*, en donde existen alrededor de 20 especies que se agrupan en 4 categorías: diploides ($2n=14$), tetraploides ($2n=28$), hexaploides ($2n=42$) y octaploides ($2n=56$).

La fresa cultivada proviene de la hibridación de dos especies, una de ellas es *Fragaria chiloensis* Duch., especie octaploide originaria de la costa de Chile y zona de los Andes (Chile y Argentina), la otra es *Fragaria virginiana* Duch., especie octaploide originaria de las praderas centrales de América del Norte. Ambas especies fueron llevadas a Francia en el siglo XVIII en donde por hibridación dieron lugar a *Fragaria x ananassa* Duch., actualmente conocida como “fresa cultivada” (López Aranda, 2008a).

Se caracteriza por ser una especie octaploide, con gran capacidad de adaptación a diferentes agro-ambientes. Sin embargo, sus variedades comerciales o cultivares son de adaptación microclimática, es decir, se adaptan solo a agro-ambientes similares a los que sirvieron para su selección y obtención.

En cuanto a la morfología, es una especie leñosa, estolonífera y perenne de bajo porte (Figura 4), con las mismas o similares pautas fisiológicas que los árboles y arbustos de hoja caduca (López Aranda, 2008b). Presenta raíces fasciculadas. Suelen ser blancas durante el crecimiento de la planta; y al alcanzar su madurez en el período otoñal son de color marrón y almacenan hacia su interior azúcares insolubles de reserva en forma de almidón al final del ciclo del cultivo en el vivero.

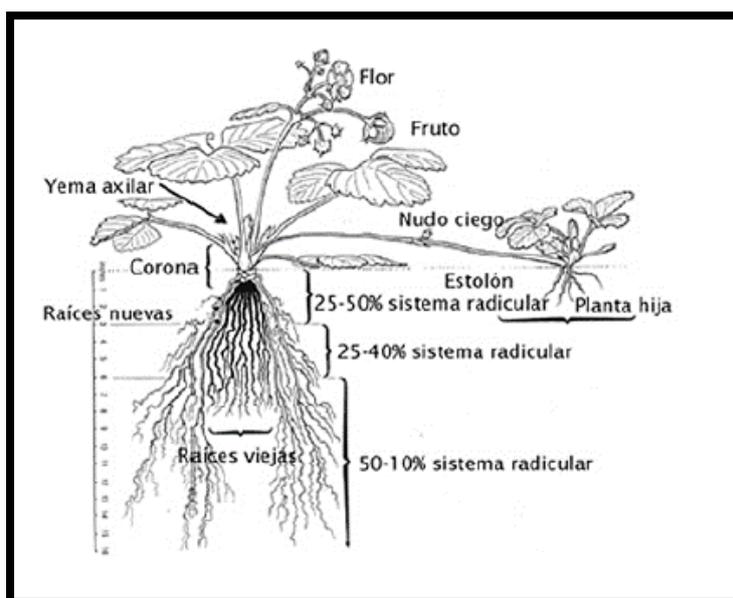


Figura 4 Representación esquemática de la planta de fresa. Fuente: Miserendino, 2012.

En cuanto al tallo, éste se presenta comprimido en forma de roseta de 2,5 cm de longitud aproximadamente, cubierta por unas hojas basales o estipulas solapadas (rizoma). Se lo conoce como corona, produce hojas en muy estrechos intervalos, flores en posición terminal y raíces en su base. Asimismo, produce en la axila de las hojas yemas o meristemas axilares que, dependiendo del estado nutricional o las condiciones ambientales, evolucionan a: estolones, ramas, escapos florales o simplemente permanecen en letargo. Las coronas al igual que las raíces son órganos reservantes que almacenan almidón cuando las temperaturas en el vivero de multiplicación están por debajo de 7° C.

El tallo que porta la inflorescencia es el escapo floral, y el que soporta cada flor individual se denomina pedúnculo floral. El conjunto de estas dos partes conforma lo que se conoce como ramo floral.

Las hojas presentan 3 folíolos, con dos estipulas basales de color rojizo. Los bordes de estos folíolos se presentan aserrados, con pelos en el envés. Las estipulas son elementos protectores de las yemas y coronas, contra el frío del suelo o heladas. Las hojas cuentan con 300-400 estomas/mm², lo que indica que tienen una amplia superficie de evaporación del agua por medio de la transpiración, manifestándose con una elevada sensibilidad al suministro de agua, humedad relativa, temperatura, intensidad lumínica y duración de la luz.

La inflorescencia es cimosa o racimosa. Se origina en las yemas terminales del tallo, o en una ramificación de la corona, en posición axilar. Las flores son hermafroditas y de constitución compleja pudiendo presentar 1 flor primaria, 2 flores secundarias, 4 flores terciarias u 8 flores cuaternarias. El receptáculo floral se desarrolla y engrosa encima del cáliz, colmándose de sustancias azucaradas y aromas perfumados, siendo en su conjunto denominado impropia, o popularmente conocido como fruto.

El fruto es en realidad un fruto-semilla. Los aquenios están dispuestos en alveolos de profundidad variable, dependiendo de factores genéticos, fisiológicos y/o ambientales. Existe correlación directa entre tamaño de flor y fruto. Éste último es no climatérico, es decir, no completa su madurez comercial una vez recolectado. La forma y el tamaño es una característica varietal, aunque factores ambientales y posición en la inflorescencia también influyen.

1.3 Distribución varietal

La elección varietal sigue siendo uno de los aspectos más controversiales a tener en cuenta por parte de los productores. Si bien cada uno decide que variedades usará en la campaña basándose en experiencias propias principalmente, el catálogo actual demuestra que sólo tres variedades concentran casi el 72% del total (Figura 5), siendo ésta la dinámica de las últimas campañas (IFAPA, 2020).

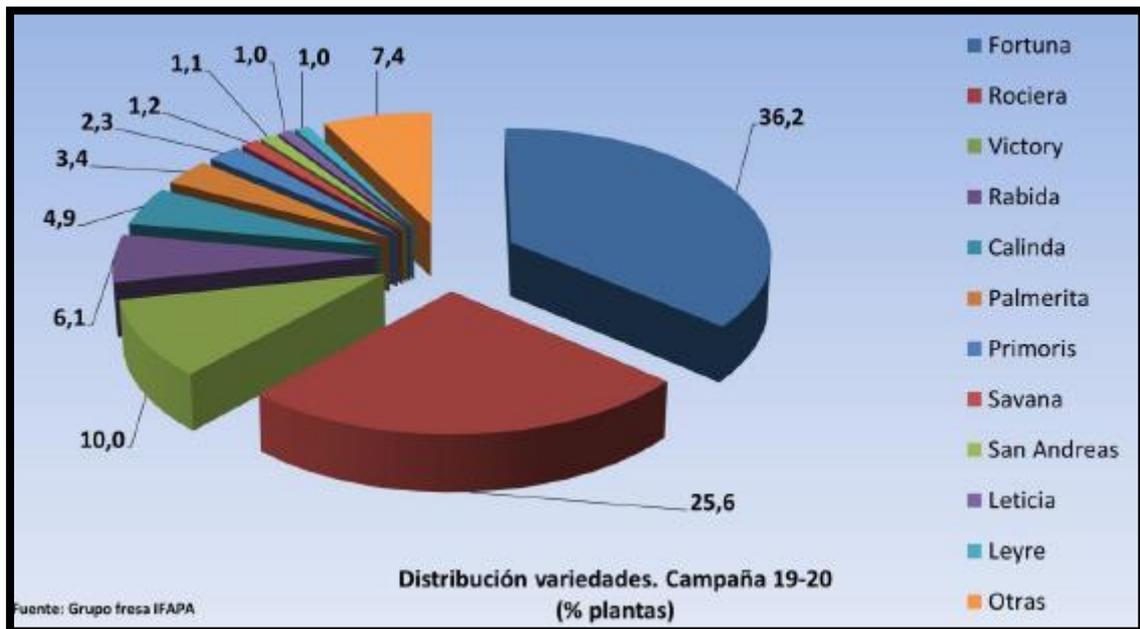


Figura 5 Porcentaje de plantas de cada una de las variedades de fresa cultivadas en Huelva durante la campaña 2019-2020. Fuente: IFAPA.

Las variedades Fortuna, Rociera y Victory son las que mayor porcentaje presentan, siendo las más utilizadas por los productores freseros de Huelva.

Las variedades que hemos utilizado para llevar adelante este trabajo son Rociera, Rábida y Primoris, todas pertenecientes a Fresas Nuevos Materiales S.A., una empresa obtentora de variedades de fresa y frambuesa, referente dentro del sector, y perteneciente a Huelva.

Como se observa en la Figura 5, Rociera se ubicó en segundo lugar para la campaña 2019-2020 con un 25,6%, porcentaje similar a la campaña pasada (26%). En cuanto a Primoris, en la campaña última se presentó en un 2,3%, poco más de la mitad de la campaña anterior (4,1%), que a su vez fue la mitad de la campaña 2017-2018 (8,1%). Por su parte, Rábida está con un 6,1% de presencia en la última campaña, valores muy parecidos a las dos anteriores (6,8% en 2018-2019 y 6,3% en 2017-2018).

1.4 Características varietales de la fresa cultivada

Las variedades de “día corto” o de “cosecha única”, son aquellas que diferencian yemas de flor cuando los días llegan a ser cortos y las temperaturas bajas, generalmente a finales de verano o principio de otoño. Producen estolones vigorosos hasta que los días se acortan hasta 12-14 horas. En condiciones de día corto, incluso con estolonado parado, el desarrollo de coronas y hojas continúa mientras las condiciones sean favorables.

Las variedades “reflorescipientes” diferencian yemas de flor más libremente en días largos, durante todo el verano. Producen estolones desde principios de primavera

hasta que se paran por las bajas temperaturas en otoño, al mismo tiempo que generan menos estolones y forman múltiples coronas.

Las variedades de “día neutro” se ven relativamente poco afectadas por la longitud del día (fotoperíodo) y por las temperaturas (termoperíodo). Fructifican siempre que las temperaturas sean suficientemente altas para mantener el crecimiento. Producen estolones en el verano y continúan hasta el principio de los días cortos; no entran en reposo bajo condiciones de día corto si hay temperaturas favorables. Florecen, fructifican y estolonan al mismo tiempo. La cosecha es continua desde primavera a otoño, con varios picos de cosecha a lo largo del período de cultivo.

En general, los términos “día neutro” y “reflorescente” se suelen usar como sinónimos. Si bien las variedades de “día neutro” son producto de la mejora genética y resistencia de una selección natural en zonas continentales y nórdicas, se comportan fisiológicamente y productivamente similar (Medina Minguez *et al.*, 2008).

El sector fresero nunca se interesó seriamente por las posibilidades de las variedades de “día neutro” en las condiciones de cultivo de la zona fresera de Huelva. Las variedades principalmente “reflorescentes” o “remontantes” no tienen importancia agronómica, al menos desde la perspectiva de los países con clima templado.

1.5 Comportamiento fenológico

El conocimiento de la fenología del cultivo permite, desde el punto de vista agronómico, planificar o programar diversas actividades para el mantenimiento del cultivo tales como la aplicación de fertilizantes, materiales fitosanitarios, reguladores de crecimiento, podas, entre otras (Aguilar, 2011).

El fotoperíodo puede influir tanto en las estructuras vegetativas como en las reproductivas de la planta en los distintos puntos de crecimiento. Principalmente lo hace en la producción de hojas, en la formación de yemas florales, elongación de estolones, tamaño de hojas (área foliar) y en la longitud del pecíolo. La temperatura de pre-acondicionamiento puede también afectar a la respuesta de la planta, así como a la promoción del crecimiento vegetativo, siempre a expensas del desarrollo reproductivo.

En cuanto al termoperíodo, éste puede modificar e incluso anular los efectos de la longitud del día, y debe ser considerado como una variable de igual importancia en la determinación de la fresa a ambientes concretos. La mayor parte de las variedades de fresa corresponden a las de día corto, en las que la inducción floral ocurre con fotoperíodo de menos de 14 horas. Sin embargo, la mayoría de las variedades de día corto exhiben una respuesta facultativa, en la que la inducción floral ocurrirá más o menos continuamente sin tener en cuenta el fotoperíodo, siempre que el termoperíodo esté por debajo de unos 15°C o 16°C (Guttridge, 1985).

En otoño cuando el fotoperíodo y termoperíodo decrecen, finaliza el estolonado, ocurre la diferenciación floral, y comienza el período de latencia. En invierno, cuando esos factores son mínimos inicia la parada vegetativa. Una vez que llega la primavera, con foto y termoperíodo crecientes se reanuda la actividad vegetativa, se da comienzo a la floración – fructificación, así como el estolonado. Por último, en verano cuando las temperaturas y la longitud del día son máximas disminuye el proceso de floración – fructificación y aumenta el estolonado. Ese modelo puede tener modificaciones según las temperaturas invernales, produciéndose una continuidad del período vegetativo si los valores se mantienen suavizados. Resulta de suma importancia la cantidad de frío que la planta pueda llegar a recibir durante el período de tiempo correspondiente a la latencia para que ocurra lo anteriormente descrito. La fresa necesita satisfacer mínimamente unas horas de frío por debajo de los 7°C, presentando modificaciones en el comportamiento según las distintas variedades, lo que conlleva el paso de las plantas por viveros que se encuentran en altitud donde tiene lugar la producción de estolones.

Todas estas pautas de comportamiento anual deben ser matizadas por las diferentes respuestas varietales en la interacción entre genotipo y ambiente. Es una certeza que el fotoperíodo resulta ser más constante al depender de una magnitud geográfica invariable, como es la latitud, que el termoperíodo el cual, al ser una magnitud del tipo climática, se encuentra expuesto a importantísimas fluctuaciones estacionales con significativas repercusiones en zonas de viveros como en campos de fructificación.

Una interesante matización de las pautas de crecimiento mencionadas se expresa cuando el invierno es marcadamente frío genera una acumulación de horas de frío bien asegurada con una buena parada vegetativa, la inducción floral permanecerá latente y garantizará buen vigor vegetativo en primavera, lo que permitirá a su vez obtener una recolección mediana y agrupada con estolonado precoz que es lo que comúnmente se busca.

Lógicamente los fenómenos fisiológicos serán los contrarios si el invierno es dulce: habrán horas de frío mal aseguradas, la inducción floral será prolongada en el tiempo, determinando una cosecha prolongada en el tiempo y pobre crecimiento vegetativo.

Por su parte, si la primavera es fresca, habrá tendencia a refloraciones estivales, lo que conlleva a mayores riesgos de malformaciones florales; en cambio si este período resulta ser suave, la tendencia será hacia el fuerte estolonado, buena polinización y crecimiento vegetativo acelerado.

Si el verano es fresco, se favorece el enraizamiento y la refloración en otoño de ciertas variedades semi – reflorescentes; mientras que si es cálido se producirá un bloqueo de la inducción floral y un crecimiento vegetativo ralentizado.

Finalmente, y cerrando el ciclo, si el otoño es frío hay rápida entrada en latencia y buena inducción floral, aunque limitada en el tiempo; si es cálido, la tendencia será la

opuesta, una lenta entrada en latencia, estolonado y desarrollo vegetativo prolongados, además de inducción floral prolongada.

1.6 El cultivo ecológico de la fresa

La empresa SAT Berrynest cultiva fresa de forma convencional y ecológica. Particularmente, en el sitio en el que se realizó el trabajo la fresa se cultiva de forma ecológica.

La normativa comunitaria (Reglamento CEE 2092/1991) indica que la agricultura ecológica es aquel “sistema de gestión de las explotaciones agrarias que implica importantes restricciones en el uso de fertilizantes y pesticidas, evitándose aquellos que procedan de síntesis artificial. Esta forma de agricultura descansa sobre una diversidad de prácticas de cultivo, técnicas agronómicas tradicionales, rotaciones de cultivo completas, etc., y tiene como objetivos fundamentales conservar y proteger el medio ambiente, promover un desarrollo sostenido en las zonas rurales, ofrecer a los productores un medio de sustento y proporcionar a los consumidores un alimento de calidad y libre de residuos químicos”.

La definición de la norma básica de agricultura ecológica, del Reglamento (CEE) n° 2092/91 del Consejo de 24 de junio de 1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, se refiere exclusivamente a la no utilización de productos químicos de síntesis y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2005) la define como un compendio de técnicas agrarias que excluye normalmente el uso, en la agricultura y ganadería, de productos químicos de síntesis como fertilizantes, plaguicidas, antibióticos, etc., ni utilizar organismos genéticamente modificados, con el objetivo de preservar el medio ambiente, mantener o aumentar la fertilidad del suelo y proporcionar alimentos con todas sus propiedades naturales.

La superficie dedicada a la producción ecológica en España se situó en 2.355.000 hectáreas en 2019, el 4,8% más frente al año anterior, según el avance de datos provisionales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. En relación al total de Superficie Agraria Útil (SAU) de España (ESYRCE 2019), la extensión eco ya supone el 9,3%.

Las estadísticas confirman la tendencia de crecimiento sostenido y la consolidación de la producción ecológica española, con un incremento anual medio de la superficie total bio del 7,5% en los últimos cinco años. España se mantiene como el primer productor de la Unión Europea por superficie y cuarto del mundo, luego de Australia, Argentina y Estados Unidos (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019).

2. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar si un menor aporte de agua de riego es viable desde un punto de vista agronómico, en cuanto a producción y calidad de la fruta buscando promover un uso sostenible del recurso hídrico de la zona.

Los objetivos específicos se proponen en pos del objetivo general planteado:

- Evaluar el comportamiento del cultivo a través de mediciones de parámetros vegetativos como: actividad fotosintética en hojas adultas (unidades SPAD), longitud y transversal de las hojas (cm).
- Analizar la producción del ensayo a través de los siguientes parámetros: rendimiento promedio (Tm/ha), peso promedio de la fruta (g) y salinidad de la fruta (%).
- Complementar el estudio realizado con datos climáticos y edáficos: T^o medias del aire (°C), conductividad eléctrica (dS.m⁻¹) y humedad del suelo a 10 y 30 cm de profundidad (%) obtenidos a través de estaciones meteorológicas y sondas ubicadas en el ensayo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo

El ensayo fue realizado en una de las fincas productivas pertenecientes a SAT Berrynest, empresa dedicada a la producción de frutos rojos ecológicos dentro de la provincia de Huelva (España). La explotación se encuentra en el entorno del Parque Nacional de Doñana (Figura 6), declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 1994. Comprende un espacio natural protegido, considerado la mayor reserva ecológica de Europa (Fundación Doñana 21, 2006).

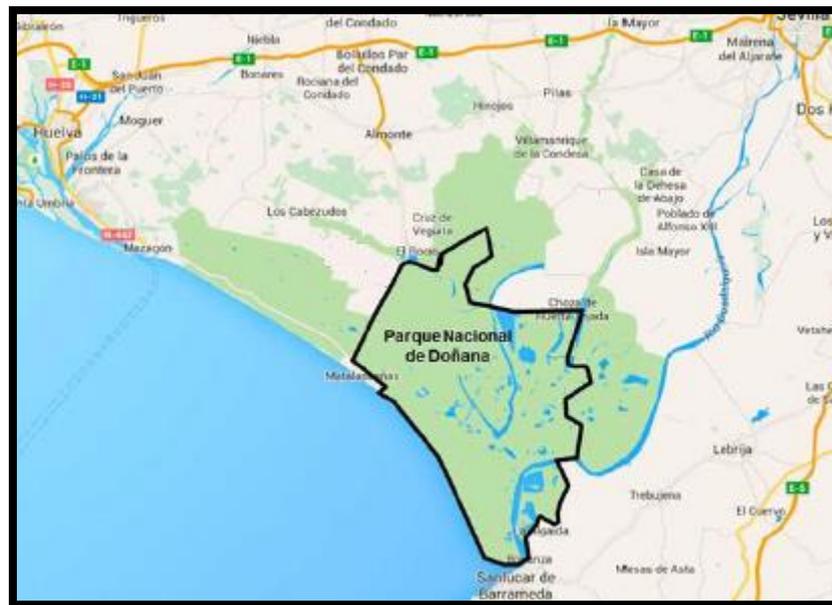


Figura 6 Localización geográfica “Parque Nacional de Doñana”. Fuente: Modificado de Lozano *et al.*, 2016.

El acceso vial al área de trabajo se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 22.5 de la autopista 483, carretera que conecta las localidades de Almonte (hacia el norte) con El Rocío (al sur), ambas correspondientes al municipio de Almonte (Huelva), Comunidad Autónoma de Andalucía, como se ve en la Figura 7 (latitud 37°09' Norte, longitud 6°28' Oeste).

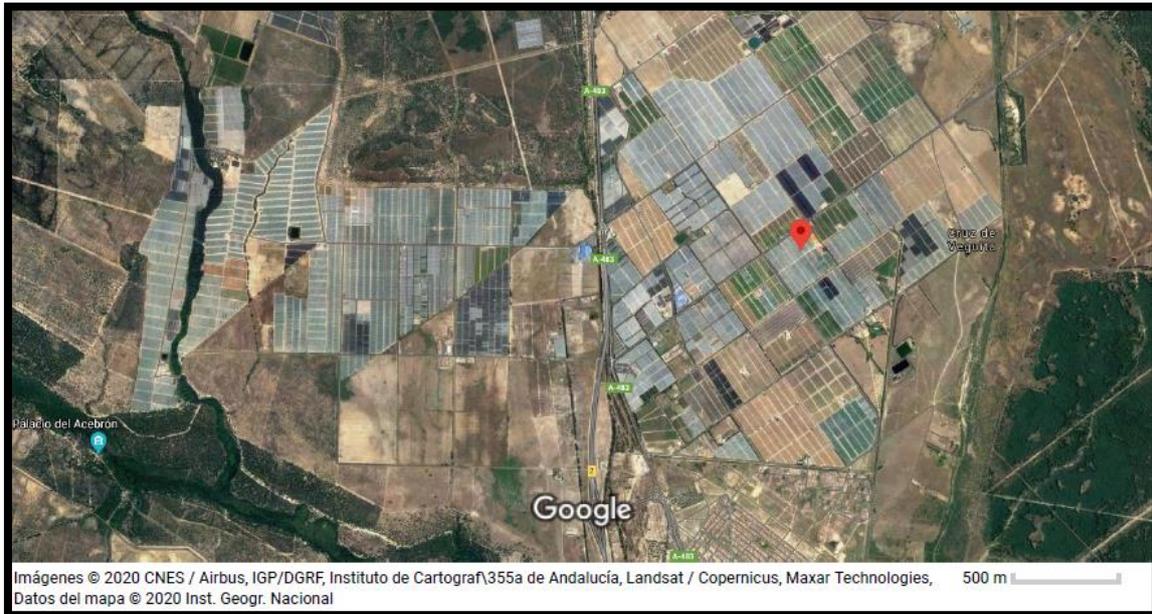


Figura 7 Geolocalización del área donde fue implementado el ensayo (Fuente: Google Maps, 2020).

En la Figura 8 se observan los macrotúneles en donde se realizó el presente trabajo, cada uno de ellos correspondiente a un tratamiento en particular, como se describirá en los siguientes apartados.



Figura 8 Ubicación de los macrotúneles (Fuente: Google Maps, 2020)

3.2 Clima y suelo

Doñana tiene un clima mediterráneo tipo subhúmedo, caracterizado por unas temperaturas de gran regularidad, un invierno corto y benigno en el que rara vez se alcanzan temperaturas por debajo de 0° C, y un verano con temperaturas más

extremas, superándose los 45° C en algunos días de los meses de julio y agosto. El clima de la zona corresponde al tipo Csa (templado, verano seco y caluroso) según la clasificación climática de Köppen-Geiger.

Los vientos son de componente E-SE y predominan a lo largo de todo el año, especialmente en la época estival. Las precipitaciones, por el contrario, presentan la variabilidad propia del clima mediterráneo, por lo que su valor medio resulta ser poco significativo y ronda los 548 mm, con períodos de marcada sequía, que se alternan con otros de inundación. En años de sequía (período de 1991-1995) se registraron 170 mm de precipitación anual. La precipitación máxima se registró en el ciclo hidrológico 1995-96, con 1032 mm, al que siguieron otros dos años muy lluviosos, que compensaron los tremendos descensos que el acuífero había sufrido con la prolongada sequía que había ocurrido en los años anteriores (Siljeström *et al.*, 2015)

Desde el punto de vista edáfico resulta interesante destacar la predominancia de estructuras tipo “campos de arena”. Éstas no solo brindan alta permeabilidad al sustrato, sino que además configura una formación impermeable de carácter aliótipo, la cual determina la presencia de una capa freática colgada (Mudarra *et al.*, 1980), que contribuye a la viabilidad de las actividades agrarias en la zona.

3.3 Recurso hídrico

La gestión del agua ha sido una preocupación para la civilización desde hace muchos años. Actualmente, la ‘crisis del agua’ es un tema mucho más controversial, ya que vivimos en un mundo global con un crecimiento poblacional exponencial y recursos naturales limitados. Por lo tanto, este ha pasado de ser un problema local, a uno global. Con este panorama, muchos expertos pronostican conflictos a nivel mundial si no se actúa sobre la mejora en la gestión de este recurso limitado (Rosegrant *et al.*, 2002; Benoit y Comeau, 2005; Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007; Garrido y Dinar, 2010). La escasez y degradación de los recursos hídricos está afectando a todas las regiones del planeta. Zonas con precipitaciones irregulares y períodos frecuentes de sequía, como ocurre en el sur de España, son especialmente vulnerables a estos efectos.

La agricultura intensiva de la zona de Huelva está relacionada con el cultivo de fresas y otros frutos rojos (frambuesa, arándano y mora). La mayor parte de esta producción, en torno al 75%, se desarrolla en el entorno del Parque Nacional Doñana (Aldaya *et al.*, 2010), declarado patrimonio mundial de la UNESCO y considerado la mayor reserva ecológica de Europa.

La situación particular de los acuíferos de la zona ha empeorado en los últimos años, tanto en términos de disminución de agua disponible como de contaminación de las masas de agua, fundamentalmente por nitratos (Tola Aguilar, 2016). Actualmente, la agricultura es el gran consumidor de agua en Andalucía, con aproximadamente un

86% del total de los recursos hídricos (INE, 2015). La agricultura andaluza, y en especial la intensiva bajo plástico, han contribuido a la degradación de las masas de agua subterráneas por el lixiviado de los nutrientes no absorbidos por el cultivo. Por ello, desde las administraciones públicas se ha intentado regular la situación de extracción y de calidad del agua a través de planes hidrológicos y de normas restrictivas de aplicación de abonado, como es el caso de los reglamentos de producción integrada en la agricultura de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Sin embargo, las herramientas de gestión global del fertirriego son escasas y, en ocasiones, desconocidas por los agricultores. La contaminación de las masas de agua por la actividad agraria ha sido un tema ampliamente abordado desde la perspectiva hidrológica, pero escasamente atendido en términos de gestión agronómica del fertirriego. Por tanto, es necesario encontrar herramientas que mitiguen este impacto ambiental y que permitan evaluar la gestión del binomio agua-fertilizante.

3.4 Estructura y dimensión de los macrotúneles

El cultivo de fresa se desarrolla dentro de sistemas llamados “macrotúneles” (Figura 9), estructuras elípticas que se construyen adosadas una al lado de la otra para mayor aprovechamiento de la superficie (multitúneles), ofreciendo resistencia al viento y una mejor evacuación del agua de lluvia.

Este sistema ha demostrado resultados eficientes en comparación con los microtúneles antiguamente utilizados, representando ya el 82% de la superficie cultivada en la actualidad en la región (MAPAMA, 2017). Sus dimensiones comprenden aproximadamente 6,6 m de ancho por 50 m de largo, con una altura en el cenit de 3 m, disminuyendo proporcionalmente hacia los extremos. Hacia el interior de cada una de ellas se definen 6 líneas de lomos siendo los 3 líneas centrales en donde se llevó a cabo el presente ensayo objeto de este trabajo.

Los macrotúneles se encuentran cubiertos por plásticos de polietileno térmico (PE) de 150 micras blancos, los cuáles han resultado ventajosos en comparación con otros como copolímero de EVA 6%, 12% o PVC. Son no perforados, y se colocan cuerdas tensadas para dar mayor rigidez a la estructura. El elemento de construcción fundamental es el arco semicircular de tubo galvanizado de 8 m de desarrollo y 3,5 m de diámetro. Esta sección se complementa con la base en forma de V donde apoyan a una altura de 1 m en relación al suelo. Los puntales se instalan en los extremos longitudinales, fijando la estructura y manteniéndola sólida.



Figura 9 Macrotúneles de fresa. Fuente: propia.

3.5 Variedades usadas en el ensayo

Las variedades utilizadas en el marco del ensayo pertenecen a la firma Fresas Nuevos Materiales S.A. (FNM), provenientes del vivero GRUFESA: ‘Primoris Fnm’, ‘Rociera Fnm’ y ‘Rábida Fnm’. Todas ellas se comportan como variedades de días cortos (DC), respondiendo de forma activa a fotoperíodo y termoperíodo.

La variedad ‘Primoris Fnm’ posee un alto porcentaje de fruta de primera categoría y es tolerante a Botrytis. Es una planta de porte erecto, abierta y de vigor medio. Se caracteriza por tener una fácil recolección, y la fruta posee buena firmeza.

‘Rábida Fnm’ es una selección que se posiciona en el segmento de las de producción temprana. Posee regularidad en su producción. Los frutos son uniformes, contando con buen calibre al final de la campaña.

‘Rociera Fnm’ es la variedad más nueva, posee alta resistencia a Botrytis y Oídio. El fruto tiene color uniforme, sin ‘hombros verdes’ ni cáliz seco. Posee buena firmeza y larga vida post-cosecha. Más del 95% de la producción es de primera categoría. También se caracteriza por presentar fácil recolección (por tener pedúnculo grande).

3.6 Descripción de los ensayos

El ensayo consistió en un diseño experimental de bloques al azar, conformado por tres macrotúneles ubicados uno al lado del otro. Cada uno de ellos correspondió a un tratamiento distinto implementado en la finca (T1, T2, T3), permitiéndonos correlacionar y testear la producción total de la misma.

El marco de plantación utilizado fue de 25x28 cm entre filas y entre plantas, respectivamente. El cultivo se plantó en caballones trapezoidales de 0,65 m de base mayor, 0,55 de base menor y 0,35 m de altura, con una separación entre ellos de 1,1 m. En cada caballón se dispusieron dos filas de plantas (sistema de plantación a tres bolillos) con una cinta de riego por goteo en el centro del mismo, colocada debajo del plástico que cubría el caballón. El plástico que se utilizó es de polietileno negro opaco de 40 micras.

El transplante se realizó el 8 de octubre de 2019 con una densidad aproximada de 71.888 plantas por ha. El ensayo finalizó el 31 de mayo de 2020, teniendo la campaña una duración total de 238 días.

En T1 las cintas de riego distribuían un caudal de $5 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ (caudal utilizado regularmente en la finca para la producción comercial de fresa), en T2 $3,6 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$ y en T3 $2,5 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$, representado en porcentajes para facilidad en el manejo de datos como 100%, 72% y 50%, respectivamente.

Durante el ciclo de cultivo, las plantas recibieron los mismos tratamientos y labores culturales que en el resto de la finca, incluyendo el abonado, por lo que los resultados obtenidos son representativos de la situación real.

Como se observa en el esquema correspondiente a la Figura 10, se evaluaron 5 plantas por repetición en cada variedad ('Primoris Fnm', 'Rociera Fnm' y 'Rábida Fnm'), siendo 15 por línea y 45 plantas en total por cada macrotúnel o tratamiento. En total, el estudio se centró en 135 plantas de fresa.

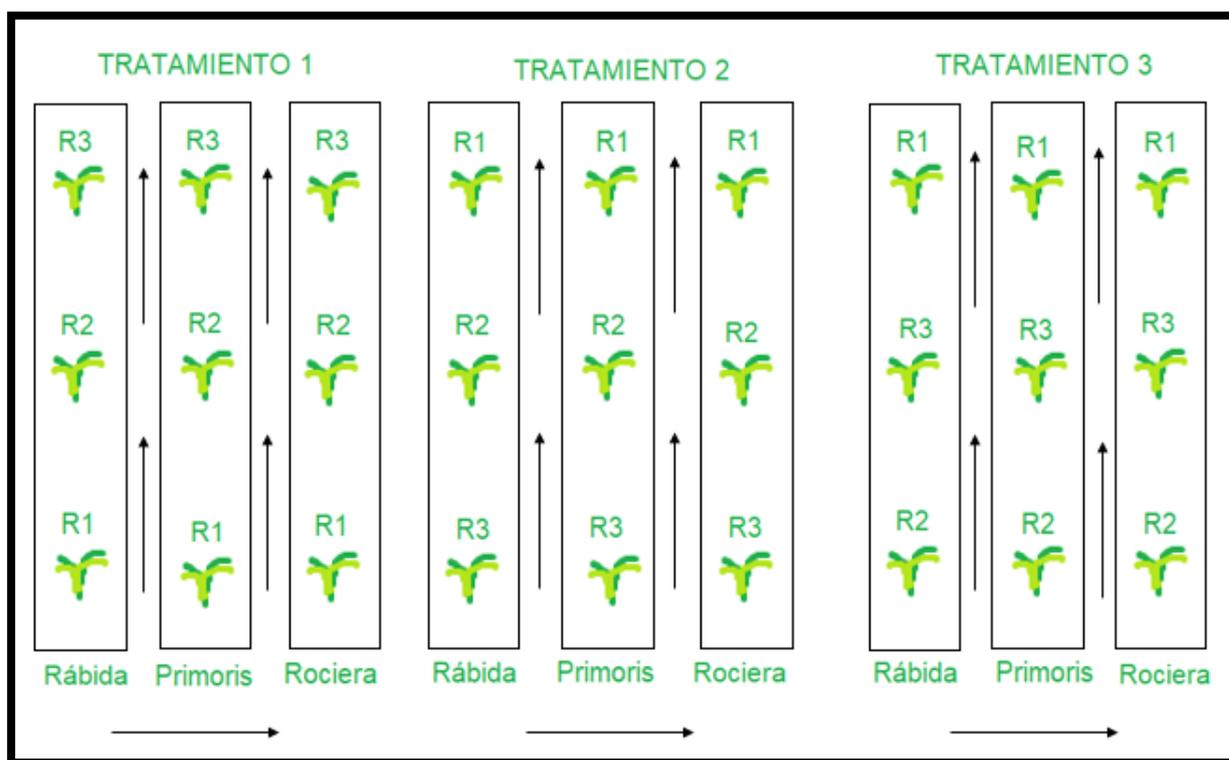


Figura 10 Representación esquemática del ensayo

3.7 Evaluaciones, recolección y procesamiento de muestras

El período de muestreos y evaluaciones se concentró entre la primera semana de marzo y la última de mayo.

Las tareas de campo consistieron en la evaluación de los niveles de humedad específica, conductividad eléctrica, temperatura, actividad fotosintética y longitud y medida transversal de las hojas. Los dos primeros parámetros se obtuvieron de toma de muestras por parte de la empresa. Por su parte, los datos de temperatura fueron extraídos de las bases de datos alojadas en la web del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), valores obtenidos a través de mediciones de sus estaciones meteorológicas automáticas (EMAs), que cuentan con un adecuado plan de mantenimiento *in situ*, así como con una exhaustiva revisión de los registros que suministran los sensores. Específicamente, la estación que nos brindó la información se encuentra ubicada en la localidad de Almonte (Huelva). En cuanto a la actividad fotosintética, fue medida con ayuda de un instrumento portátil – SPAD 502 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón) – el cual mide la cantidad de clorofila de las hojas (factor importante para la comprensión de la situación nutricional de una planta). Consiste en un dispositivo de uso sencillo, compacto, digital y de fácil transporte. Estas medidas fueron tomadas *in situ* a partir de un haz de luz que se proyecta a través de la hoja, sin necesidad de cortar las mismas. En el marco de este trabajo, se decidió

medir el valor correspondiente a la actividad fotosintética en una hoja adulta, en cada una de las 135 plantas pertenecientes a la muestra del ensayo, siendo la media de tres medidas el valor definitivo de cada una de ellas para la obtención de datos representativos de la situación del cultivo de fresa. Para escoger las hojas adultas en las que se realizaron las mediciones, se siguió el criterio de los autores Añez y Cedeño (2018), los cuales describieron que las hojas de fresa alcanzan su tamaño máximo entre 2 a 4 semanas desde su brotación y que pueden vivir por lo general entre 4 y 13 semanas. Luego mueren en secuencia, empezando con las situadas en la parte más baja de la corona. En concordancia con esto, hemos considerado para el estudio seleccionar como “hojas adultas” aquellas que se encuentran en la parte inferior del follaje, que provienen de los nudos más externos de la corona.

Las medidas correspondientes al largo y transversal de las hojas se llevaron a cabo con la ayuda de un centímetro, y para ello se estableció como parámetro una hoja de tamaño medio, que no fuese ni muy pequeña ni muy grande, para que los valores fuesen los más representativos de una hoja en plena actividad fotosintética.

Asimismo, en el campo procedimos a tomar las muestras que luego serían analizadas en el laboratorio. Para ello, se recolectó una bandeja de 200 g de fruta en cada línea analizado, obteniendo en total 9 bandejas en cada visita realizada al campo.

Las tareas de laboratorio fueron llevadas a cabo en la sede Campus La Rábida de la Universidad de Huelva (UHU), donde en primera instancia se pesó la fruta con una balanza de FEMTO INSTRUMENTS, fabricada en Valencia (España).

Luego, fue procesada a fin de obtener una pulpa, lo que nos permitió posteriormente separar pequeñas alícuotas para el análisis de la salinidad, que se midió con un refractómetro digital modelo NR-101 marca HANNA® fabricado en España.

3.8 Parámetros analizados

Parámetros vegetativos:

- Actividad fotosintética en hoja adulta
- Longitud de la hoja
- Transversal de la hoja

Parámetros de calidad post-cosecha:

- Peso de la fruta
- Salinidad

Parámetros climáticos y edáficos:

- Humedad
- Conductividad eléctrica
- Temperatura

3.9 Modelo estadístico

Para analizar las diferencias significativas en las variables registradas se realizó el análisis de la varianza (ANOVA), utilizando el programa SPSS V.24 (IBM SPSS, IBM Corporation, Somers, NY). Para la comparación de medias se utilizó el método de Tukey (Steel y Torrie, 1988) al 5% de probabilidad de error.

El modelo lineal para las determinaciones de actividad fotosintética en hoja adulta, longitud y transversal de la hoja, de cada una de las variedades y tratamientos es el que se muestra a continuación:

$$X_{ijm} = \mu + r_i + t_j + f_m + t_j * f_m + \varepsilon_{ijm}$$

En donde,

X_{ijm} : Observación para la variedad 'm' realizada en el tratamiento 'j' dentro de la repetición 'i'

μ : Media general

r_i : Efecto de la repetición 'i'

t_j : Efecto del tratamiento 'j'

f_m : Efecto de la variedad 'm'

$t_j * f_m$: Efecto de la interacción entre el tratamiento 'j' y la variedad 'm'

ε_{ijm} : Error experimental de la variedad 'm' realizado para el tratamiento 'j' en la repetición

El análisis de la varianza simple se visualiza en la Tabla 1:

Tabla 1 Análisis de la varianza simple. Fuente: McIntosh, 1983

Fuente de variación	Grados de libertad	Medias cuadráticas	TEST de Fisher
Repetición	(i-1)	M _{Cr}	M _{Cr} /M _{ce}
Tratamiento	(j-1)	M _{Ct}	M _{Ct} /M _{ce}
Variedad	(m-1)	M _{Cm}	M _{Cm} /M _{ce}
Medios x Variedad	(j-1)(m-1)	M _{Ctxm}	M _{Ctm} /M _{ce}
Error	(i-1)(j-1)(m-1)	M _{ce}	

Las pruebas post-hoc y los subconjuntos homogéneos se utilizaron para analizar los casos en los que las diferencias fueron significativas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis estadístico de los parámetros vegetativos

Las pruebas de efecto inter-sujeto nos proporcionaron un cuadro ANOVA (Análisis de la varianza), en donde pudimos ver un resumen de las etiquetas de valor de cada parámetro analizado y la interacción entre las medias evaluadas.

Al analizar individualmente y en conjunto los datos obtenidos de actividad fotosintética, longitud y transversal de hojas mediante el programa estadístico SPSS, se obtuvo una serie de datos que nos permitieron llegar a las conclusiones que demostraremos a través de este trabajo.

Tabla 2 Valores de medias para los parámetros analizados

Variables	SPAD EN HOJA ADULTA (unidades SPAD)	LONGITUD DE HOJA (cm)	TRANSVERSAL DE HOJA (cm)
T1 (100%)	49,669 ± 14,493	7,6 ± 1,115	6,8 ± 0,921
T2 (72%)	53,776 ± 24,433	7,8 ± 1,015	6,9 ± 0,921
T3 (50%)	48,537 ± 9,489	7,5 ± 1,231	6,7 ± 1,173
Sig.	*	NS	NS
Rábida	49,691 ± 16,518	7,3 ± 0,984	6,7 ± 0,992
Primoris	53,839 ± 20,004	7,9 ± 1,282	6,9 ± 1,085
Rociera	48,911 ± 16,193	7,7 ± 0,983	6,9 ± 0,949
Sig.	*	**	NS
Interacción TxV	*	NS	NS

Valores indicados con distintas letras son estadísticamente no significativos de acuerdo al test de Tukey a un nivel de 5% de significancia. (NS): Efecto o tratamiento no significativo. (*): Significancia $P \leq 0,05$. (**): Significancia $P \leq 0,01$.

4.2 Parámetros vegetativos

4.2.1 Análisis de SPAD en hoja adulta

La cantidad de clorofila presente en la hoja puede variar según los cultivos, período vegetativo (Karele, 2001), abonado (Furlani *et al.*, 2001), estrés hídrico (Bauerle *et al.*, 2004), etc. En este trabajo se midió el nivel de clorofila en hojas adultas, basándonos

en que un mayor contenido en clorofila es beneficioso por su papel durante la fotosíntesis (Ruiz-Espinoza *et al.*, 2010).

Según los resultados de SPAD obtenidos en hoja adulta, como puede verse en la Tabla 2, se observan diferencias significativas entre tratamientos (T1, T2 y T3) y entre variedades (Primoris, Rábida y Rociera). Esto podría indicar un posible efecto del tratamiento utilizado sobre la actividad fotosintética de la planta ya que el manejo del cultivo fue similar para los tres casos. Asimismo, se observa que también hubo diferencia significativa para la interacción de ambos parámetros.

En los resultados de la Tabla 2 también se aprecia que, dentro de los tratamientos, el que mayores valores presentó fue el T2 con una notable diferencia sobre los otros dos. Las lecturas de SPAD han demostrado tener una relación lineal directa con el contenido en clorofila de las hojas (Yadava, 1986), por lo que podríamos deducir que para el T2 podría existir mayor actividad fotosintética. Entre las variedades la que arrojó valores más elevados fue Primoris, pero no mantuvo relación con la curva de rendimiento promedio del cultivo que nos aportó la empresa, en donde Rábida mostró los valores más elevados. Esto podría indicar que no hay relación entre las mediciones de actividad fotosintética en función de las variedades para el estudio en cuestión. Lo correcto sería que este parámetro fuese evaluado en conjunto a los demás (longitud y transversal de la hoja) para obtener conclusiones significativas.

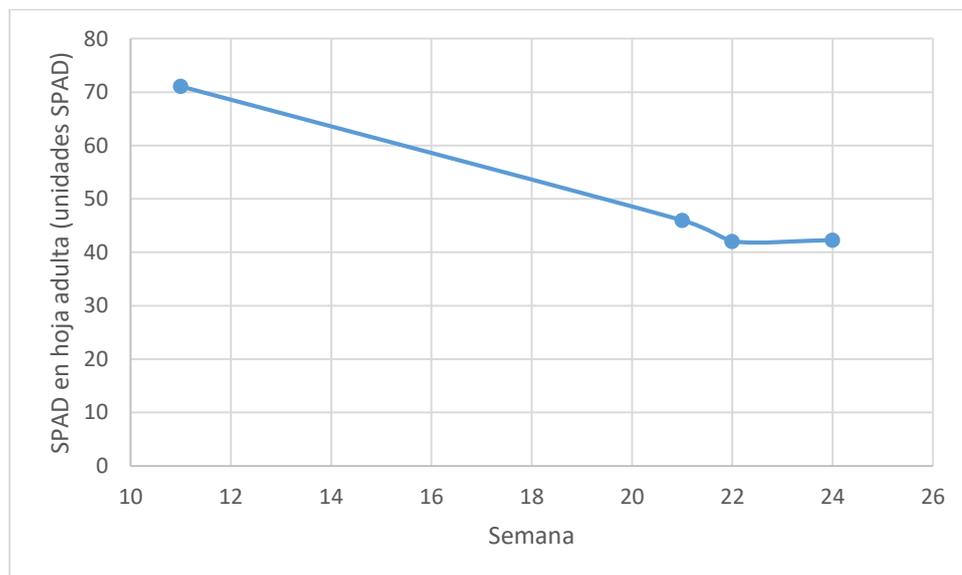


Figura 11 Evolución en semanas de los valores obtenidos de SPAD en hoja adulta

En la Figura 11, observamos que los valores medidos de SPAD en hojas adultas fueron disminuyendo a medida que avanzaban las semanas. Esto es una respuesta esperada, ya que la actividad fotosintética disminuye a medida que avanza la campaña, en donde la planta disminuye su masa vegetativa y comienza a destinar los fotoasimilados producidos durante la fotosíntesis a las flores para la producción de frutos.

En el caso del parámetro vegetativo de actividad fotosintética en hoja adulta, se realizaron pruebas post-hoc ya que presentaban diferencias significativas entre variedades y entre tratamientos, para obtener los subconjuntos homogéneos.

En la Tabla 3 se visualizan los valores de medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Para este parámetro en particular, se visualizan dos subconjuntos, indicados en las columnas 1 y 2 respectivamente. Es decir, el subconjunto correspondiente a las variedades Rociera y Rábida no presentaron diferencias significativas entre sí. El subconjunto de las variedades Rábida y Primoris tampoco.

Tabla 3 Valores de subconjuntos homogéneos en variedades para SPAD en hoja adulta (Test HSD Tukey).

	SPAD en hoja adulta (unidades SPAD)	
Variedad	1	2
Rociera	48,911 b	
Rábida	49,691 b	49,691 a
Primoris		53,839 a
Sig.	NS	NS

Medias con diferentes letras en una fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$)

Pero entre cada uno de los grupos de subconjuntos anteriormente mencionados si existieron diferencias significativas. A su vez, las letras “a” y “b” fueron usados para designar las agrupaciones. Los valores “a” representan al subconjunto que dio valores más elevados, y las letras “b” a los que dieron valores más bajos. Se puede visualizar que el subconjunto “a” dio valores medios más elevados, pero que a su vez existió mayor diferencia entre las medias (4 puntos aproximadamente). La variedad Primoris fue la que mayor valor presentó al evaluar el parámetro de SPAD en hoja adulta. Y la variedad Rociera fue la que menor valor presento, con una media de 48,911.

En la Tabla 4 se observa que en este caso también se generaron dos subconjuntos, uno entre el tratamiento del 50% y 100%, y el otro entre el 100% y el 72%. La mayor diferencia se presentó en el caso del subconjunto del 100% y 72%, con aproximadamente 4 puntos de diferencia. A su vez, este grupo fue el que mayores valores de media presentó, siendo representados con la “a” para diferenciarlos entre sí. El tratamiento del 72% fue el que presentó el mayor valor de media para el parámetro evaluado, SPAD en hoja adulta. Y el tratamiento del 50%, con una media de 48,537 fue el que presento menor valor de media para el parámetro analizado.

Tabla 4 Valores de subconjuntos homogéneos en tratamientos para SPAD en hoja adulta. (Test HSD Tukey)

	SPAD en hoja adulta (unidades SPAD)	
Tratamiento	1	2
50%	48,537 b	
100%	49,669 b	49,669 a
72%		53,776 a
Sig.	NS	NS

Medias con diferentes letras en una fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$)

4.2.2 Análisis de longitud de hojas

Respecto a los valores correspondientes a longitud de las hojas se observa (Tabla 2) que entre tratamientos no existen diferencias significativas, al igual que los datos obtenidos por Duarte Canales *et al.* (2010). Entre variedades si las hay ($P \leq 0,01$). Esto podría indicar que la longitud de las hojas es un carácter atribuible a la genética varietal, y no al tratamiento que se le aplique.

Durante el desarrollo de las flores y frutos y, en algunos casos, también en la post-maduración se aprecia una reducción en la expansión de las hojas y en el desarrollo de corona y raíz, motivado por la translocación de nutrientes al fruto (Martín del Molino *et al.*, 1981).

Al analizar la interacción de los factores “Tratamientos” y “Variedades” no se observan diferencias significativas.

En los valores obtenidos para este análisis, si se manifestó respuesta a los tratamientos, ya que la media más elevada se presentó para el T2. Pero entre variedades podemos observar que el valor más elevado corresponde a la variedad Primoris, demostrando una amplia diferencia con Rábida. Teniendo en cuenta la Figura 15, en donde se ve que Rábida tuvo la mayor producción, se podría deducir que la longitud de la hoja (que en conjunto con la transversal determinarían el tamaño de la misma) no manifestó respuesta ante la variable ‘variedad’. Por lo tanto, podríamos suponer que el rendimiento del cultivo está más condicionado por la eficiencia fotosintética de la planta y no así por el tamaño de la hoja, según comparación con los resultados obtenidos por Duarte Canales *et.al.*, (2010) y Juárez-Rosete *et.al.*, (2007).

En la Figura 12 podemos observar cómo fue la tendencia de los valores medidos en longitud de hojas durante el tiempo que duró el ensayo. Se muestra desde la semana

11 hasta la 22 una evolución creciente, correspondiente al aumento de la masa vegetativa por parte del cultivo como respuesta a la absorción de agua y nutrientes del suelo, comportamiento normal en el ciclo de vida de una planta. A partir de la semana 22 en adelante, hay una marcada disminución de este parámetro, correspondiente con la reducción del porte de la planta y pérdida de hojas, finalizando en la senescencia de la misma.

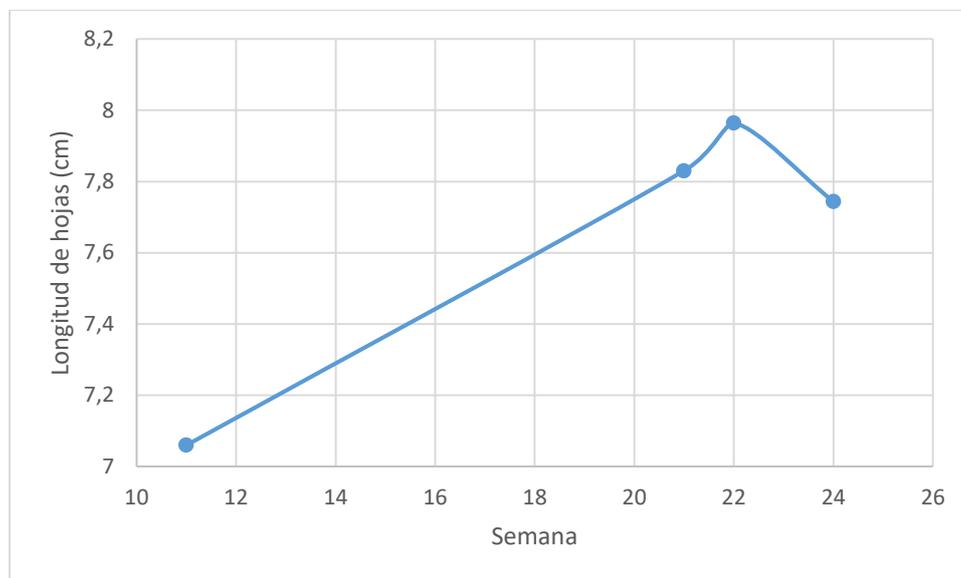


Figura 12 Evolución en semanas de los valores medidos de longitud de hojas. Fuente: propia

Al analizar el parámetro “longitud de hojas” a través de las pruebas post-hoc también se obtuvieron subconjuntos homogéneos, tanto para variedad como para tratamiento, como puede observarse en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

Tabla 5 Valores de subconjuntos homogéneos para longitud de hojas entre variedades (Test HSD Tukey)

	Longitud de hojas (cm)	
Variedad	1	2
Rábida	7,3 b	
Rociera		7,7 a
Primoris		7,9 a
Sig.	-	NS

Medias con diferentes letras en una fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$)

En este caso en particular se observa que se formaron dos subconjuntos homogéneos, pero el grupo “b” está conformado solo por la variedad Rábida. Esto quiere decir que esta variedad presentó particularmente diferencias significativas en comparación con el subconjunto generado por las variedades Rociera y Primoris. A

su vez, dentro de ese subconjunto la diferencia de medias fue no significativa como se puede observar en la Tabla 5. El mayor valor correspondió a la variedad Primoris. Mientras que el menor a Rábida, con una media de 7,3.

Tabla 6 Valores de subconjuntos homogéneos para longitud de hojas entre tratamientos (Test HSD Tukey).

	Longitud de hojas (cm)	
Tratamiento	1	2
50%	7,5 b	
100%	7,6 b	7,6 a
72%		7,8 a
Sig.	NS	NS

Medias con diferentes letras en una fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0,05$)

Al analizar a través de las pruebas post-hoc para los tratamientos el parámetro de longitud de hojas, se observaron dos subconjuntos homogéneos como se puede visualizar en la Tabla 6. Cada subconjunto presentó mínimas diferencias significativas entre sí, y a su vez dentro de cada subconjunto las variaciones también fueron insignificantes. El valor de media más elevado correspondió al tratamiento del 72%, mientras que el valor más bajo se le atribuyó al tratamiento del 50% con una media de 7,5.

4.2.3 Análisis de transversal de las hojas

Respecto a los valores de transversal de hojas (Tabla 2), se puede observar que no presentan diferencias significativas entre tratamientos ni entre variedades, manifestándose tres casos distintos según los tres parámetros analizados hasta el momento.

Asimismo, la interacción de los parámetros “tratamiento” y “variedad” tampoco presentó diferencias significativas.

Los valores indicados en la Tabla 2 demuestran que se mantuvieron casi similares para tratamientos, con una media de 6,8. Por lo que probablemente el tratamiento no influya directamente sobre el parámetro correspondiente a transversal de la hoja. De la misma forma ocurrió con la variable “variedad”, en la que no se registraron diferencias significativas, presentando una media de 6,8.

En la Figura 13, observamos la interacción entre tratamientos y variedades para el parámetro analizado. En ella podemos observar una fluctuación mayor en comparación con los parámetros anteriormente evaluados. El valor más elevado de

media se registró para la variedad Rociera en el tratamiento del 72%. Esta variedad presentó los valores más altos para los tratamientos del 72% y 50%, pero no así para el del 100%, en el cuál la media fue la más baja registrada. La variedad Primoris presentó el valor más alto únicamente para el tratamiento del 100%, en los otros dos tratamientos registró un valor intermedio. La variedad Rábida presentó los valores más bajos de la serie, alcanzando el menor valor obtenido para el tratamiento del 50%. En su trabajo de investigación, Martínez-Ferri *et.al.* (2018), obtuvo también los valores más bajos para el tratamiento de riego deficitario al 50% del caudal normalmente utilizado.

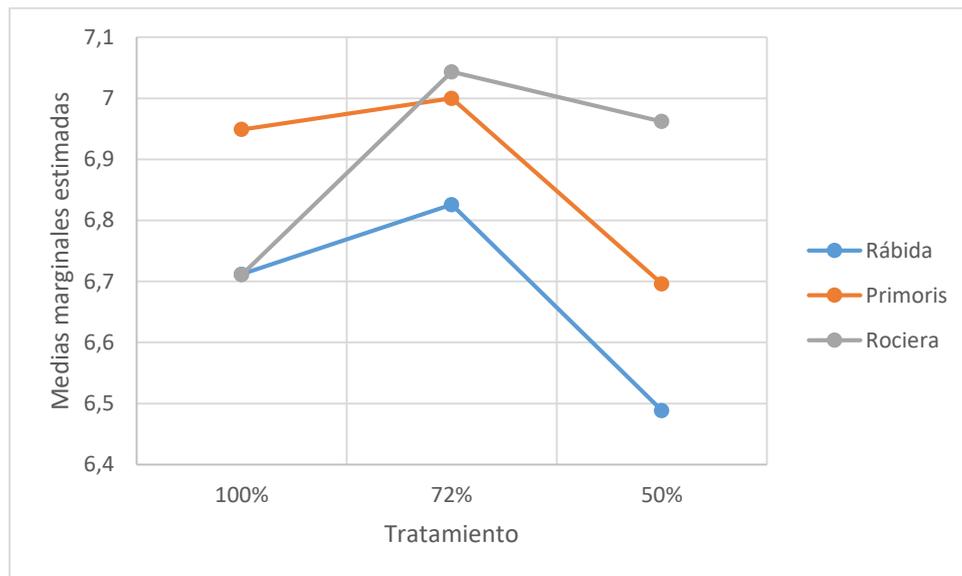


Figura 13 Representación de las medias marginales para el parámetro transversal de hoja

Como se observa en la Figura 14, se manifiesta un comportamiento similar al observado en longitud de hojas. Esto se debe a la misma razón anteriormente mencionada, existe un aumento en los valores medidos de transversal de hojas, correspondiente al aumento de la masa vegetativa. La disminución en la curva se da por la proximidad del cultivo a la senescencia.

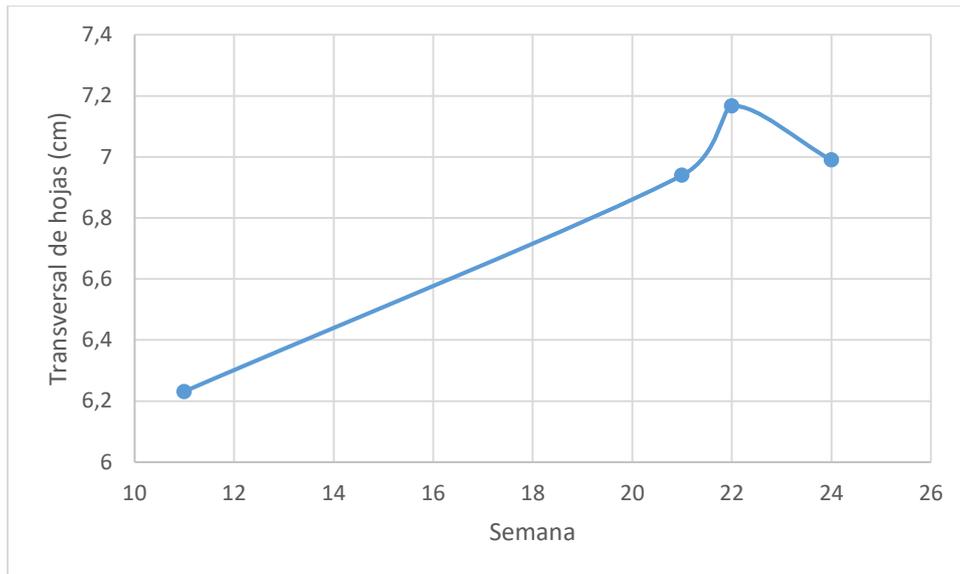


Figura 14 Evolución en semanas de las mediciones de transversal de hojas

4.3 Parámetros de producción

Se compararon las 3 variedades comerciales utilizadas por el agricultor (Rábida, Rociera y Primoris), a distintas condiciones de humedad, aportadas por las cintas de riego bajo un mismo método (riego por goteo). El departamento de I+D de la empresa se encargó de realizar la medición correspondiente para obtener los datos de producción para cada variedad y tipo de riego, tanto en fruta de primera y segunda categoría.

Como se observa en la Figura 15, la variedad Rábida fue la que se impuso en Tm/ha en comparación con Rociera y Primoris, aunque para el tratamiento del 100% las variedades Rábida y Rociera dieron rendimientos similares. En el tratamiento del 72% el rendimiento de Rábida y Primoris fue más elevado que en el del 100%.

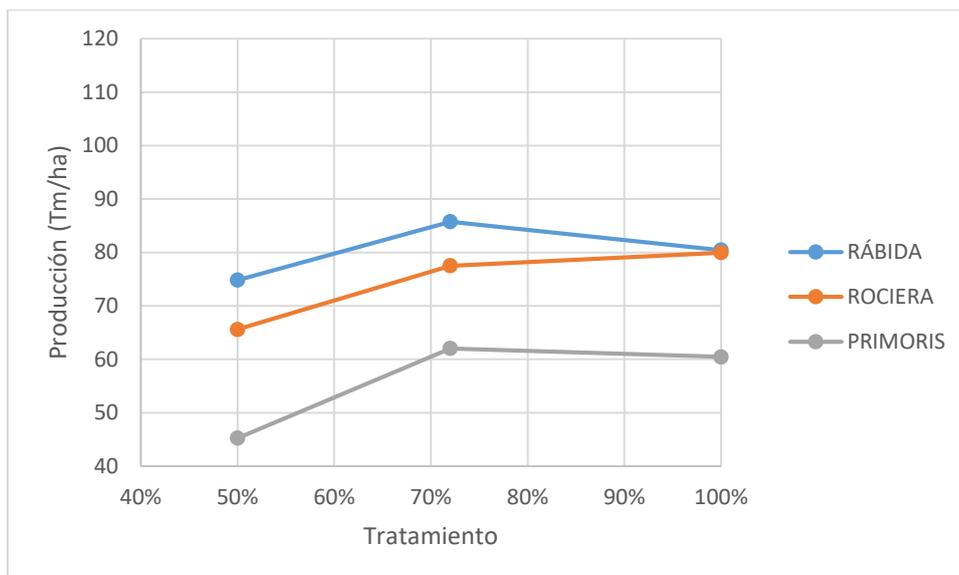


Figura 15 Representación del rendimiento promedio en Tm/ha (1ª y 2ª categoría) del cultivo. Fuente: propia

Al analizar el rendimiento promedio de la fruta de 1ª y 2ª categoría se observó que en la mayoría de los casos el rendimiento en el tratamiento del 72% (caudal de riego de $3.6 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$) fue mayor que en el del 100%, siendo este último el caudal normalmente utilizado por los agricultores. Resultados similares obtuvieron Martínez-Ferri *et al.* (2018) y Lozano *et al.* (2016) en sus trabajos de investigación.

Comparando los datos de producción con los parámetros vegetativos analizados anteriormente, podemos observar que los tratamientos influyeron en todos los casos (actividad fotosintética, longitud y transversal de la hoja), demostrando que los valores más elevados se manifestaron para el tratamiento del 72%. En el caso de 'variedad' no se pudo comprobar lo mismo, ya que los tres parámetros arrojaron los valores más altos para la variedad Primoris, y resultó ser la que menor producción tuvo al final de la campaña.

En los últimos años, la superficie de cultivo de fresa en Huelva ha incrementado notablemente un 8,2% entre 2010-14 (Martínez-Ferri *et al.*, 2015) lo que conlleva una mayor demanda hídrica para la zona. Esta situación provoca un claro desequilibrio entre las posibilidades reales de suministro y la demanda de agua para el cultivo (cultivo intensivo sobre suelos arenosos bajo macrotúnel), siendo necesario optimizar el uso del agua.

Suministrar diferentes láminas de riego puede activar o incrementar los mecanismos de resistencia de las plantas a situaciones de sequía, induciendo la formación de raíces (Ramírez-Palma *et al.*, 2005) más fibrosas y activas aumentando así el potencial de estas para una mayor absorción de nutrientes, reflejándose esto en la acumulación de biomasa en los diferentes órganos de la planta (Kumar y Dey, 2011). Esto puede ser una de las razones por las cuales el T2 (72%) exhibe mejores rendimientos en comparación con el T1 (100%).

4.4 Parámetros de calidad post-cosecha

4.4.1 Peso de la fruta

Las muestras de fruta tomadas en campo se llevaron a laboratorio, en donde se analizaron dos parámetros para el presente trabajo: peso y salinidad de la fruta.

Para la evaluación del peso de las frutas, se recolectaron 9 muestras en cada visita realizada. Cada una de ellas correspondió a las tres variedades evaluadas para cada uno de los tres tratamientos. Fueron pesadas el mismo día que se las recolectó, para evitar que se deshidrataran y obtener datos que no representaran la situación real al momento de su recolección. Las muestras, de 200 g cada una, fueron colocadas en bandejas de plástico transparente, las mismas en las cuales son comercializadas.

Para cada medición, en un principio se pesaron todas las frutas de la muestra en conjunto y se dividió en el total de frutas que componían la muestra para obtener un valor promedio. Los resultados se visualizan en las Figuras 16, 17 y 18.

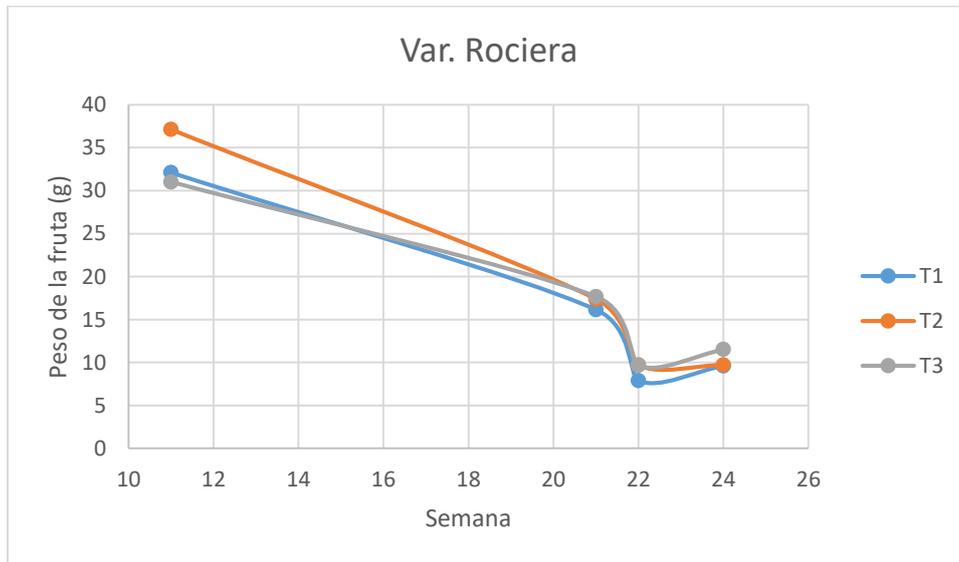


Figura 16 Representación gráfica del peso de fruta para la variedad Rociera. Fuente: propia.

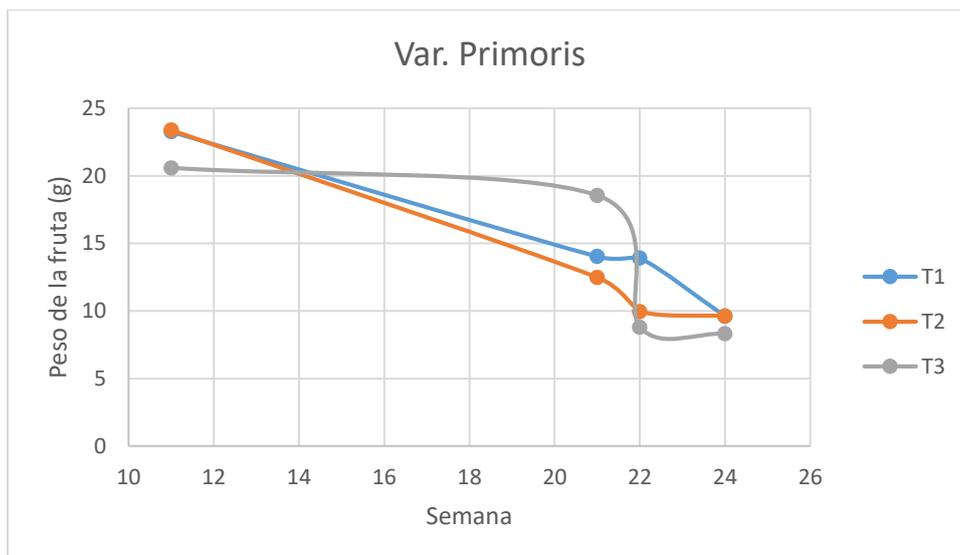


Figura 17 Representación gráfica del peso de fruta para la variedad Primoris. Fuente: propia.

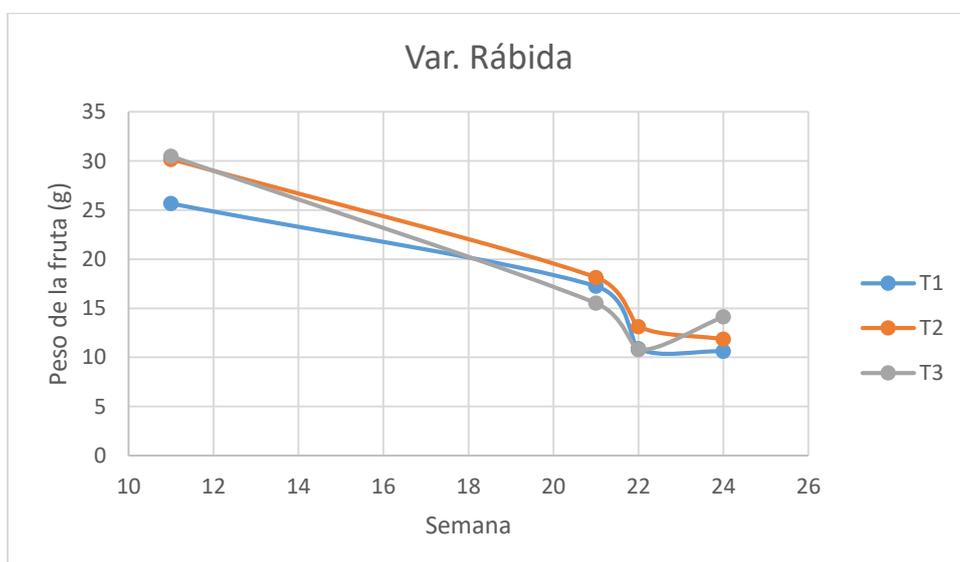


Figura 18 Representación gráfica del peso de fruta para la variedad Rábida. Fuente: propia.

En las tres variedades analizadas se observa el mismo patrón, una disminución del peso de la fruta a medida que avanzan las semanas. Esto se corresponde con el comportamiento normal de la fresa durante una campaña en condiciones normales.

Los valores más elevados de peso de fruta en general se dieron en la variedad Rociera, particularmente en el T2 (72%) con un valor de 37,12 g. Aun así, el valor más bajo se presentó en la misma variedad, pero bajo el T1 (100%), con un valor de 16,15 g. Este último registro resultó ser un dato llamativo, ya que este tratamiento (T1) corresponde al caudal de riego utilizado normalmente en la finca para producción comercial. Este comportamiento se manifestó tanto en la variedad Rociera como Rábida, en las cuáles los valores más bajos de peso de fruta se dieron para el T1.

Aunque fue Rábida la variedad que mayor producción presentó (Figura 15), no demostró tener correlación con el peso promedio de la fruta, en donde Rociera

presentó los valores más altos, por lo que podríamos suponer que para el presente ensayo Rábida desarrolló mayor cantidad de frutos pero con un peso menor. En cuanto a los tratamientos, el T2 fue en general el que presentó los mayores valores de peso promedio de fruta, en concordancia con lo obtenido en la gráfica de producción anteriormente mencionada.

Los valores más bajos de peso de fruta se presentaron en general para la variedad Primoris, en la que el peso de fruta más elevado fue 23,39 g. El conjunto de datos obtenidos se describe en la Tabla 8 (ANEXO).

4.4.2 Salinidad de la fruta

Para medir salinidad se utilizó un refractómetro digital modelo NR-101 marca HANNA, fabricado en España. El procedimiento se ve detallado en la Figura 19. Los datos obtenidos se detallan en la Tabla 9 (ANEXO).

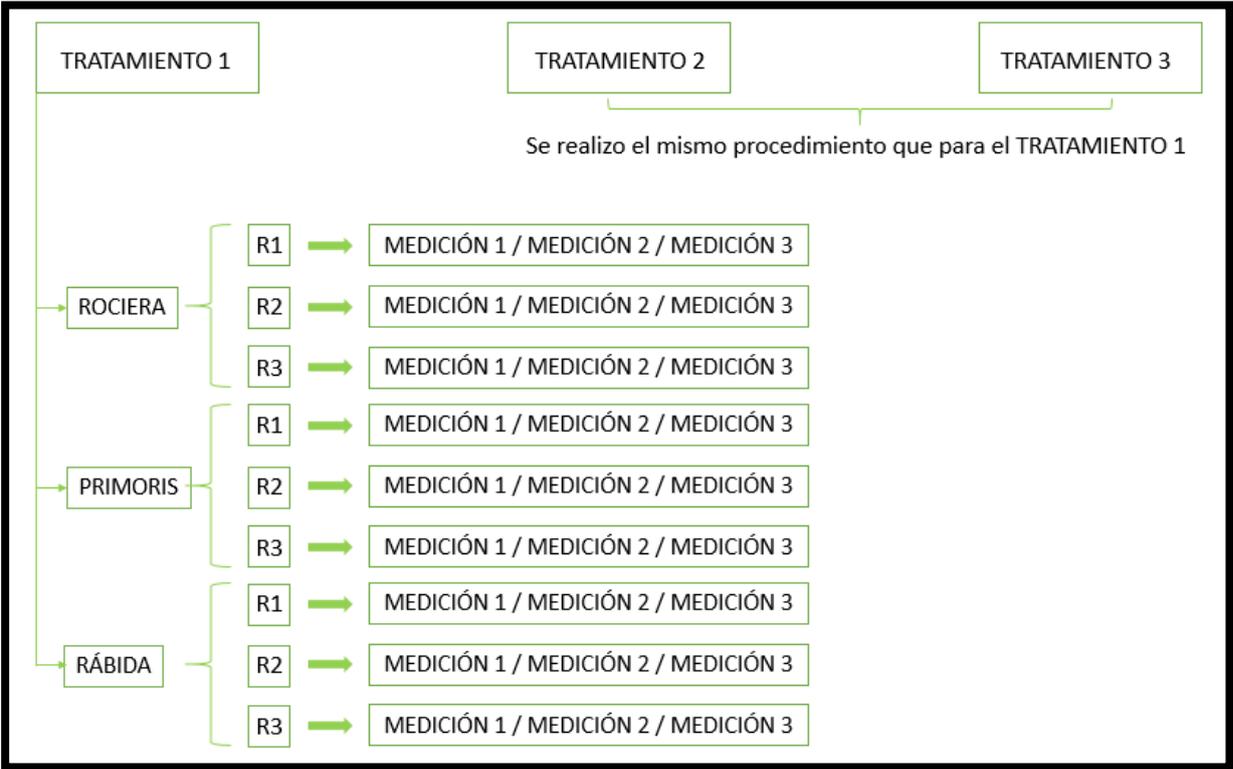


Figura 19 Representación esquemática del procedimiento realizado para la medición de salinidad en las muestras obtenidas.

Para cada tratamiento se tomaron muestras de las tres repeticiones de cada variedad. De cada repetición se separaron 3 alícuotas sobre las cuales se realizó la medición y se obtuvo un promedio.

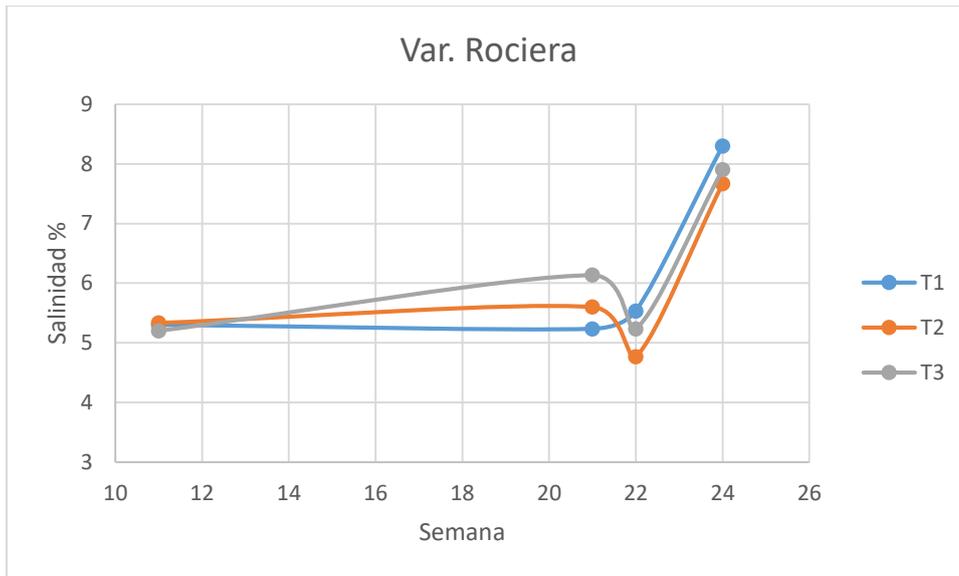


Figura 20 Representación gráfica de los valores obtenidos de salinidad en fruta para la variedad Rociera. Fuente: propia

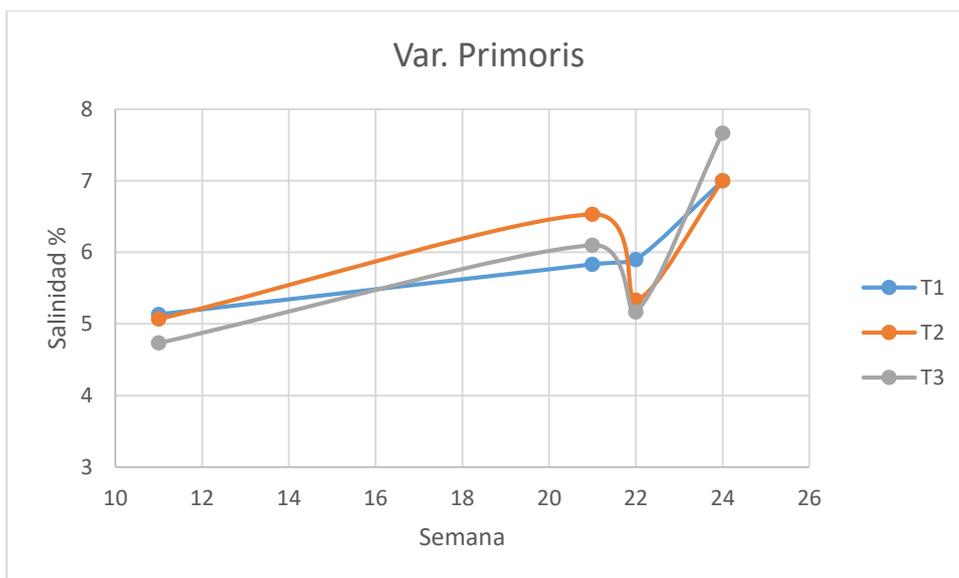


Figura 21 Representación gráfica de los valores obtenidos de salinidad en fruta para la variedad Primoris. Fuente: propia

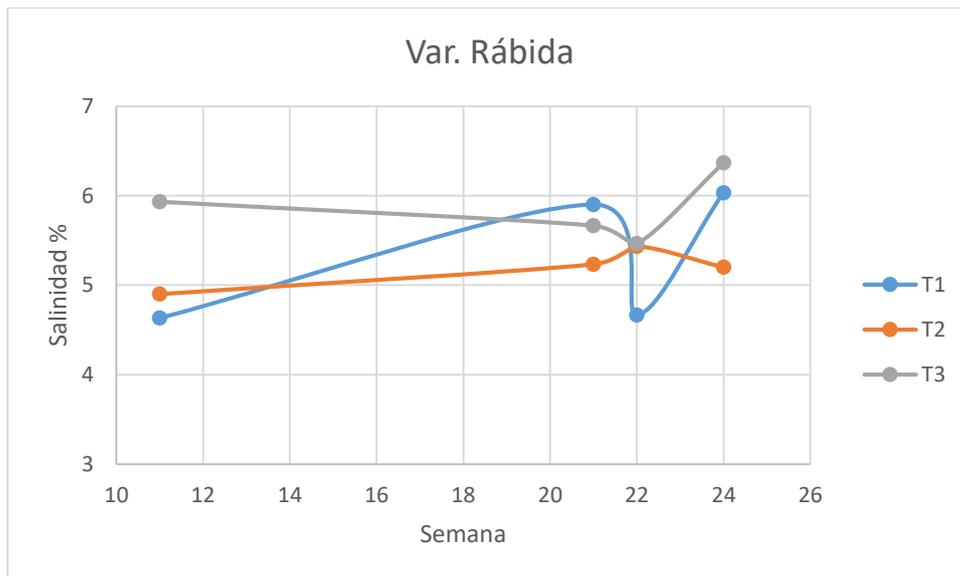


Figura 22 Representación gráfica de los valores obtenidos de salinidad en fruta para la variedad Rábida. Fuente: propia

Como se observa en las Figuras 20, 21 y 22, la tendencia en los valores de salinidad en fruta fresca se mantiene constantes o aumentan suavemente hasta la semana 21, y en la semana 22 se produce en los tres tratamientos una caída de los valores, hasta llegar a los valores mínimos. Existen algunos casos en los que ocurre lo contrario, como el T1 para la variedad Rociera y Primoris, o el T2 en Rábida.

El valor más alto de salinidad se dio para el T1 de la variedad Rociera en la semana 24 del ensayo, con un valor de 8,3% como se puede observar en la Tabla 9 (ANEXO). El valor más bajo se dio para el T1 de la variedad Rábida en la semana 22, con un valor de 4,6%. Según Moreno Batista (2018), Primoris fue la que mayores valores de salinidad presento dentro de las variedades que analizó en su trabajo de investigación. No se manifestó una respuesta clara ante tratamientos ni variedades.

4.5 Parámetros climáticos y edáficos

4.5.1 Temperatura y humedad

En la Figura 23 se observa la variabilidad de la humedad y la temperatura a lo largo de la campaña en que se realizó el trabajo para cada uno de los tratamientos. Como anteriormente se mencionó, los datos correspondientes a temperatura se obtuvieron de estaciones meteorológicas ubicadas en Almonte, mientras que los datos de humedad fueron medidos *in situ*, a través de dispositivos compuestos por sensores a distintas profundidades, en este caso 10 y 30 cm. Es un dispositivo con pantalla táctil y comunicación por GPRS, capaz de recoger datos por radiofrecuencia para enviarlos a una pantalla y visualizarlos en tiempo real.

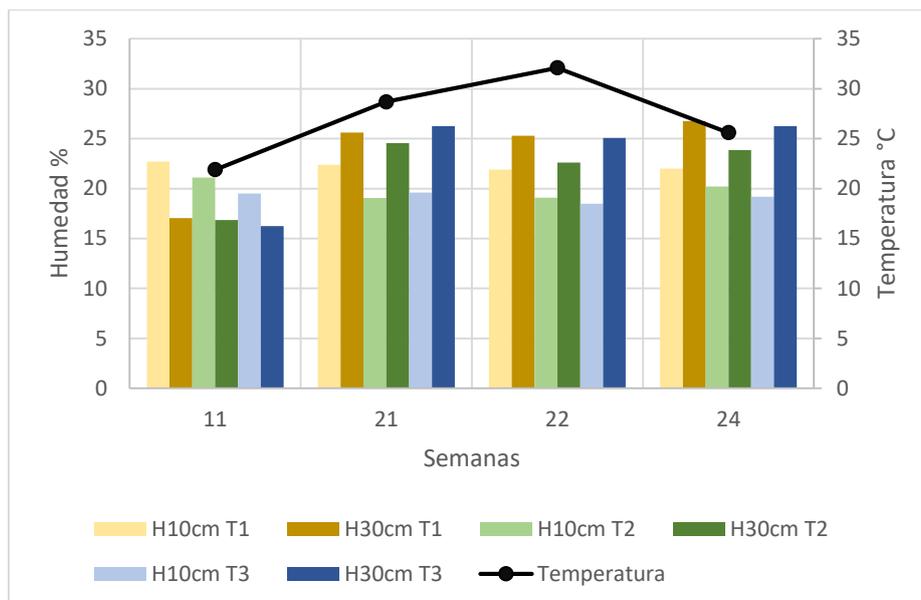


Figura 23 Evolución de la humedad y temperatura a lo largo de la campaña 2019/2020. Fuente: propia

Como se ve en la Figura 23, en los primeros estadios del cultivo (semana 11) el valor de humedad en el suelo fue bajo tanto para profundidades de 10 como para 30 cm. Al medir la humedad a 10 cm podemos ver un descenso proporcional entre el T1, T2 y T3 en cada semana. En el caso de las mediciones de humedad realizadas a 30 cm de profundidad se observó que esa conducta no se mantuvo, presentando fluctuaciones irregulares. Esto puede deberse a que a mayor profundidad inciden factores como la percolación y escorrentía. Este aspecto es especialmente importante en el caso que nos ocupa, ya que estos suelos (arenosos), tienen una baja capacidad de retención de agua, lo que conlleva a que se alcance rápidamente el límite superior de almacenamiento de agua en el suelo. Esto implica que el riego suministrado no se almacena, sino que por el contrario va hacia capas más profundas donde no puede ser utilizado por las plantas (Lozano *et al.*, 2014). En último extremo llega hasta los acuíferos, llevándose consigo una buena parte de las sales que aplicamos como fertilizantes, incrementando el impacto ambiental sobre el entorno.

Si nos basamos en los estudios realizados por Patiño *et al.* (2014), vemos que para el caso que nos concierne este hecho no tiene mayor importancia: se comprueba que las raíces absorben el agua de manera más eficiente dentro de los primeros 25 cm de suelo, por lo que las mediciones de humedad a 10 cm de profundidad fueron las más relevantes en función de nuestro estudio.

4.5.2 Conductividad eléctrica

El cultivo de la fresa es muy sensible a la mala calidad de las aguas de riego (Casierra-Posada *et al.*, 2006). Las concentraciones óptimas son de aproximadamente 0,8 a 1 deciSiemens ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$). El cultivo puede tolerar conductividades eléctricas (CE) de agua encima de 1,5 si las sales predominantes son calcio y sulfato. Conductividades

eléctricas superiores a $2,5 \text{ dS.m}^{-1}$ reducen considerablemente el tamaño y el peso del fruto (Guerrero – Guerrero, 2020). Aun así, aguas con elevada salinidad (conductividad eléctrica) son menos problemáticas en cultivos con suelos de textura predominantemente arenosa y con sistema de riego localizado.

En la Tabla 7 se detallan los valores obtenidos de conductividad eléctrica (CE) en el ensayo, los cuáles fueron medidos de forma automática con el mismo instrumental que realizaba las mediciones de humedad. Se obtuvo un valor para cada tratamiento de forma semanal, los cuales fueron óptimos durante el tiempo que duró la campaña. Esto demuestra que la calidad del agua para el riego fue la adecuada. De esta manera, los resultados obtenidos no se vieron alterados por esta variable, así como tampoco los parámetros analizados.

Tabla 7 Valores de conductividad eléctrica obtenidos durante la campaña 2019/2020

Semana	Fecha	Tratamiento	CE (dS.m^{-1})
11	13/03/2020	100%	0,81
11	13/03/2020	72%	0,64
11	13/03/2020	50%	0,79
21	18/05/2020	100%	0,67
21	18/05/2020	72%	0,63
21	18/05/2020	50%	0,64
22	29/05/2020	100%	0,83
22	29/05/2020	72%	0,72
22	29/05/2020	50%	0,82
24	08/06/2020	100%	1,03
24	08/06/2020	72%	0,91
24	08/06/2020	50%	0,74

La tendencia en los resultados obtenidos sobre la CE manifiesta una disminución general con respecto al valor inicial ($1,5 \text{ dS.m}^{-1}$) según datos brindados por la empresa. Este comportamiento puede deberse a que los nutrientes, al formar parte de las sales totales del suelo, fueron utilizados (extraídos) por la planta durante el período de desarrollo del cultivo (Navarro y Navarro, 2014).

En la Figura 24 se puede visualizar la evolución de la CE a través de las semanas que duró el ensayo, mostrando la disminución anteriormente mencionada. Sin embargo, a partir de la semana 21 se observa que en el caso de T1 y T2 se dio un aumento de los valores de CE. En el caso de T3 hubo un aumento entre las semanas 21 y 22, y luego una disminución considerable. Aun así, todos los valores obtenidos durante el trabajo se mantuvieron dentro del óptimo.

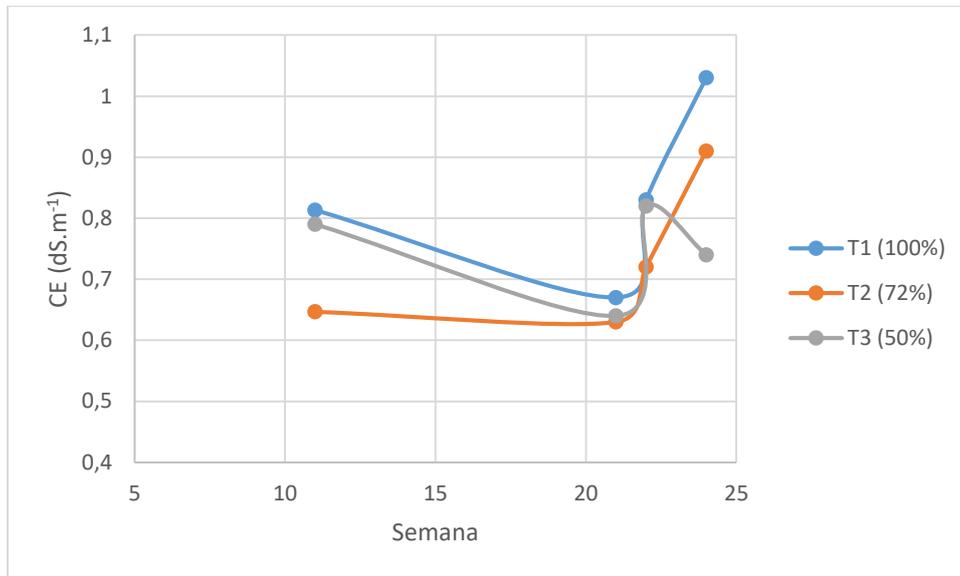


Figura 24 Evolución de la CE durante el ensayo. Fuente: propia

5. CONCLUSIONES

Al analizar los parámetros vegetativos, concluimos que se presentan diferencias significativas entre tratamientos y entre variedades para 'actividad fotosintética de hoja adulta'. Para 'longitud de hojas', las diferencias se manifiestan solamente entre variedades. Para el resto de las variables, no se evidencian diferencias significativas en el análisis estadístico.

Entre variedades, los parámetros vegetativos no evidencian una relación con los resultados de producción del ensayo. Tanto 'actividad fotosintética' como 'longitud' y 'transversal de hoja', arrojan los valores más elevados para la variedad Primoris, aunque es Rábida la que presenta la mayor producción del ensayo.

En relación a los tratamientos, los resultados obtenidos para las variables estudiadas son mayores en todos los casos en el T2 ($3,6 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-1}$), coincidente con el tratamiento que presenta mayor producción en el ensayo. Esto podría suponer un ahorro de agua del 28% en comparación con el caudal normalmente utilizado en las explotaciones de la región, representando un uso más eficiente del recurso hídrico.

El peso de la fruta no muestra concordancia con lo obtenido en la curva de producción promedio de la fresa, en donde la variedad Rábida arroja mayor producción. En cuanto a la respuesta a los tratamientos bajo estudio, el T2 es en general el que arroja los valores más elevados de peso de la fruta. Finalmente, la salinidad de la fruta no manifiesta tener respuesta ante tratamiento ni variedad.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

- Aguilar, T. (2011). *Demanda nutrimental de cuatro variedades de fresa (Fragaria x ananassa) cultivadas en la región de Zamora Michoacán*. Tesis Maestro en Ciencias (Postgrado de Edafología). Colegio de Postgraduados Institución de enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. 140 p.
- Añez, B. y Cedeño, L. (2018). *La fresa: Contribución al conocimiento de su manejo y producción*. Universidad de los Andes. Venezuela.
- Bauerle, W.L., Weston, D.J., Bowden, J.D., Dudley, J.B. and Toler, J.E. (2004). *Leaf absorptance of photosynthetically active radiation in relation to chlorophyll meter estimates among woody plant species*. *Scientia Horticulturae* 101:169-178.
- Benoit, G. y Coneau, A. (2005). *A Sustainable Future for the Mediterranean: The Blue Plan's Environments and Development Outlook*, UNEP-MAP-Blue-Plan, Earthscan, London.
- Casierra-Posada, F. y García Riaño, R. (2006). *Producción y calidad de fruta en cultivares de fresa (Fragaria sp.) afectados por estrés salino*. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. Vol 59., No.2. p. 3527-3542.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. (2007). En: Molden, D. (Ed.), *Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. International Water Management Institute (IWMI). Earthscan, London, UK
- Duarte Canales, H.A. y Ruiz, M.A. (2010). *Efecto de tres láminas de riego y tres dosis de aplicación de biofertilizante en el cultivo orgánico de fresa (Fragaria spp.) cv Festival en El Castillito, Las Sabanas, Madriz*. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.
- FAOSTAT (2017). *The FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Statistical Database*. <http://www.fao.org/faostat/>
- Fundación Doñana 21. (2006). *Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles. "De la Agricultura al desarrollo Rural Sostenible"*. Recuperado de: <http://www.donana.es/wpcontent/uploads/2013/01/Manual-Buenas-practicas-agrarias-sostenibles.pdf>.
- Furlani, E., Lazarini, E., Paulo, E.M. and Furlani, R.C.M. (2001). *Nitrogen levels and its correlation with the chlorophyll content in three coffee cultivars*. *Plant Nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems* 718-719 p.
- Garrido, A. y Dinar, A. (2010). *Managing Water Resources in a Time of Global Change: Mountains, Valleys and Flood Plains*, Routledge, London.

¹ Este trabajo fue referenciado utilizando las normas APA año 2017

Guerrero – Guerrero, E. M. (2020). *Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad*. Informador Técnico, 85(1), 52-63 p.

Guttridge, C.G. (1985). *Fragaria x ananassa*. En: Handbook of Flowering, Vol 3. Ed:A.H. Halevy. Boca Raton. 16-33 p.

Instituto Nacional de Estadística (2015). *Encuesta sobre el suministro y tratamiento de agua*. www.ine. es

Juárez-Rosete, C.R., Rodríguez-Mendoza, M.N., Sandoval Villa, M., Muratalla-Lúa, A. (2007). *Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero*. Terra Latinoamericana, vol. 25, núm. 1, enero-marzo, 17-23 p.

Karele, I. (2001). *Chlorophyll content distribution in leaves, stems, and ears in winter wheat*. Plant Nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems 720721.

Kumar, S. y P. Dey. (2011). *Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry*. Sci. Hortic. 127, 318-324 p. doi: 10.1016/j.scienta.2010.10.023

López Aranda, J.M. (2008a). *El cultivo de la fresa en Huelva. Libro: La fresa de Huelva*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 105 p.

López Aranda, J.M. (2008b). *El cultivo de la fresa en Huelva. Libro: La fresa de Huelva*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 106 p.

Lozano, D., Ruíz, N. y Gavilán, P. (2014). *Evaluación de la Uniformidad de Cintas de Riego en Condiciones de Campo. Elección del Tiempo de Riego más Adecuado*. Córdoba. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 1-14 p.

Lozano D., Ruíz, N. y Gavilán, P. (2016). *Un nuevo modelo de gestión del riego del cultivo de la fresa en la provincia de Huelva*. XXXIV Congreso Nacional de Riegos, Sevilla.

MAPAMA (2017). *Anuario de estadística, 2016*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 2017.

Martín del Molino, I., Rosón Riestra, J.A. 1981. *Relaciones entre el crecimiento vegetativo y la producción de fruto en la planta de fresa*. Centro de Edafología y Biología Aplicada del CSIC 7: 215-222.

Martínez-Ferri, E., Soria, C., Ariza, M.T., Medina, J.J., Miranda, L., Domínguez, P., Muriel, J.L. (2015). *Water relations, growth and physiological response of seven strawberry cultivars (Fragaria x ananassa Duch.) to different water availability*. Agricultural Water Management, 164, 73-82.

Martínez-Ferri, E., Ariza, M.T., Carrera, M., Soria, C., Miranda, L., Prieto-Rueda, A.B., Domínguez, P., Medina, J.J. y Muriel Fernández, J.L. (2016). *Evaluación de las*

necesidades hídricas de tres variedades de fresa y de su respuesta frente a un recorte hídrico moderado. IFAPA.

Martínez-Ferri, E., Cervantes, L., Ariza, M. y Moreno-Ortega, G. (2018). *Influencia de distintas dotaciones hídricas sobre la producción y calidad del fruto en cuatro variedades de fresa.* DOI: 10.25028/CNRiegos.2018.A34-P

McIntosh, M.S. (1983). *Analysis of combined experiments.* Agron. J. 75: 153-155.

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). (2017). *Estadísticas de producción integrada, 2015. Superficies dedicadas a producción integrada por cultivos y comunidades autónomas.*

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2019). *Avance de datos provisionales de producción ecológica 2019 en España.* Nota de prensa. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/es/prensa/200709avancedatosproduccioneco2019_tcm30-541114.pdf

Miserendino, E. (2012). *FRUTILLAS: Implantación del cultivo en Patagonia.* Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle Centro Regional Patagonia Norte.

Moreno Batista, C. (2018). *Cómo afecta el peróxido de hidrógeno a las plantas de fresa producidas en turba.* Universidad de Huelva.

Mudarra, J., Merino, J., Clemente, L. y Figueroa E. (1980). *Descripción de los principales tipos de suelo de la Reserva Biológica de Doñana.* Actas. I Reunión Iberoamericana de zoólogos vertebrados: 833-845.

Medina Minguez, J.J., Márquez Dominguez, J.A., Lopez Aranda, J.M., Lopez Medina, J., Perez Rubio, A.G., Sanz Martinez, C., Verdier Martín, M., de Vicente Nuñez, J. y Tomás Barberán, F.A. (2008). *La fresa de Huelva.* Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía.

Navarro, G.; Navarro, S. (2014). *Fertilizantes: Química y Acción. 1ra Edición.* Editorial Mundi Prensa, España. 229 p.

Núñez, A., G. Hoogenboom y D. Nesmith. (2005). *Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of a bean cultivar.* Sci. Agric. 62(1), 18-22 p.

Patiño, D.; Garcia, F.; Barrera, E.; Quejada, O.; Rodriguez, H. y Arroyo, I. (2014). *Manual técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas.* Gobernación de Antioquia. Medellín, Colombia.

Ramírez-Palma, T., I. Hernández-López, R. Cruz-Ortega y S. Sánchez-Nieto. (2005). *Efecto del déficit hídrico en la expresión de los transportadores de sacarosa en plantas de jitomate.* pp. 1-6. En: Memorias del XIV Congreso de Bioenergética y Biomembranas, 13 a 18 noviembre de 2005, Oaxaca, México.

REGLAMENTO (CEE) N° 2092/91 DEL CONSEJO de 24 de junio de 1991 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios.

Boletín Oficial del Estado. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/programas-ue/reqlamento2092-1991_tcm30-151583.pdf

Rosegrant, M., Cai, X., Cline, S. (2002). *World Water and Food to 2025*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington D.C.

Ruiz-Espinoza, F.H., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J.L., Fenech-Larios, L., Rueda-Puente, E.O., Troyo-Diéguez, E., Kaya, C., and Beltrán-Morales, A. (2010). *Field evaluation of the relationship between chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD-502) readings*. J. Plant Nutr. 33 (3), 423–438 p.

Siljeström, P. y Díaz-Paniagua, C. (2015). *El Sistema de Lagunas Temporales de Doñana, Una Red de Hábitats Acuáticos Singulares*. 45-48 p.

Statista (2018). *Volumen de fresas y fresones producidos en España de 2015 a 2017, por comunidad autónoma*. Recuperado de <https://es.statista.com/estadisticas/504282/producciones-de-fresas-y-fresones-en-espana-por-comunidad-autonoma/>

Steel, R.G. y Torrie, J.H. (1988). *Biostatistics: Principles and Procedures*. McGraw Hill, Méjico.

Tola Aguilar, D. O. (2016). *Utilidades y limitaciones del indicador 'huella de agua de riego' aplicado al cultivo de fresa en el Entorno de Doñana*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Córdoba.

Yadava, U.L. (1986). *A rapid nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves*. HortScience, St Joseph, v.21, 1449–1450 p.

7. ANEXOS

Tabla 8 Peso promedio de frutas para los tres tratamientos en cada variedad

VARIEDAD	SEMANA	TRATAMIENTO	PESO FRUTA (gr.)
ROCIERA	11	T1	32,11
		T2	37,12
		T3	31,01
	21	T1	16,15
		T2	17,38
		T3	17,68
	22	T1	7,89
		T2	9,71
		T3	9,66
	24	T1	9,61
		T2	9,72
		T3	11,52
PRIMORIS	11	T1	23,27
		T2	23,39
		T3	20,59
	21	T1	14,03
		T2	12,48
		T3	18,55
	22	T1	13,91
		T2	9,96
		T3	8,79

	24	T1	9,61
		T2	9,62
		T3	8,31
RÁBIDA	11	T1	25,68
		T2	30,18
		T3	30,48
	21	T1	17,25
		T2	18,15
		T3	15,53
	22	T1	10,9
		T2	13,15
		T3	10,8
	24	T1	10,62
		T2	11,86
		T3	14,14

Tabla 9 Valores promedio de salinidad en fruta fresca para los tres tratamientos en cada variedad

VARIEDAD	SEMANA	TRATAMIENTO	SALINIDAD (%)
ROCIERA	11	T1	5,3
		T2	5,3
		T3	5,2
	21	T1	5,2
		T2	5,6
		T3	6,1

	22	T1	5,5
		T2	4,7
		T3	5,2
	24	T1	8,3
		T2	7,6
		T3	7,9
PRIMORIS	11	T1	5,1
		T2	5
		T3	4,7
	21	T1	5,8
		T2	6,5
		T3	6,1
	22	T1	5,9
		T2	5,3
		T3	5,1
	24	T1	7
		T2	7
		T3	7,6
RÁBIDA	11	T1	4,6
		T2	4,9
		T3	5,9
	21	T1	5,9
		T2	5,2
		T3	5,6

	22	T1	4,6
		T2	5,4
		T3	5,5
	24	T1	6
		T2	5,2
		T3	6,3