



ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN CERRADA DEL AGUA DE RIEGO PARA FRESA EN HIDROPÓNICO

COMPARATIVE STUDY FOR THE DIFFERENT HYDROPONIC STRAWBERRY WITH RECIRCULATING (CLOSED) NUTRIENT SYSTEMS

MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Presentado por:
Francisco Rosado Núñez

Dirigido por:
Dra. D^a Irene de Bustamante Gutiérrez

Alcalá de Henares, a 23 de Septiembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una manera u otra han hecho posible este trabajo:

En primer lugar a mi directora de TFM Irene de Bustamante Gutiérrez, por el tiempo que me has dedicado y por darme la oportunidad y la solución de poder presentar este trabajo y tener la posibilidad de acabar este máster.

Al organismo interno del máster de Hidrología y Gestión de Recursos hídricos, por su organización, por darme las facilidades y la oportunidades de seguirme formándome académicamente para ampliar mis conocimientos. Cosa que hoy en día es muy difícil compaginar un trabajo con la vida académica.

Al centro tecnológico de la agroindustria onubense (ADESVA), por ofrecerme la posibilidad de desarrollarme como profesional, al igual que a nivel personal. Gracias a sus trabajadores por realizar la excelente labor que ejecutan cada día. Y sobre todo a D^a Magdalena Torres Vilches por hacerme participe de su experiencia, conocimientos y de los proyectos de innovación e investigación que se estaba ejecutando en mi estancia, sin duda este trabajo no se hubiera elaborado sin la ayuda de todos ellos.

Para finalizar a todos mis seres queridos, en especial a mis padres y hermana. Sin su apoyo no podría haber conseguido lo que estoy consiguiendo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. OBJETIVO.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS:.....	16
3.1. Diseño del ensayo.....	18
3.2. Seguimiento del cultivo.....	20
3.3. Seguimiento de la fertilización.....	20
3.4. Monitoreo del riego, drenaje y sustrato. Estación de control.....	21
3.5. Descripción de los sistemas de desinfección:.....	25
3.5.1. Consumo eléctrico.....	29
3.5.2. Consumo de agua.....	29
3.6. Analítica de nutrientes.....	30
3.7. Analítica de patógenos.....	31
3.8. Producción.....	32
3.9. Monitoreo de características asociados a la producción.....	32
3.10. Evaluación de la calidad de la fruta.....	33
4. RESULTADOS Y DISCURSIÓN.....	36
4.1. Supervivencia de las plantas.....	36
4.2. Monitoreo del riego, drenaje y sustrato. Estación de control.....	36
4.3. Aporte de agua y aplicación de peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂).....	39
4.4. Analíticas de nutrientes.....	40
4.5. Analíticas de patógeno.....	40
4.5.1. Analítica Primer Periodo.....	40
4.5.2. Analítica Segundo Periodo.....	42
4.6. Cosecha de cultivos.....	48

4.6.1. Monitoreo de caracteres asociados a la producción.	48
4.6.2. Evaluación de la calidad de la fruta.....	54
5. CONCLUSIONES.....	58
6. BIBLIOGRAFÍA.....	60
7. ANEJOS.....	63
7.1. Localización del campo de ensayo Adesva.....	63
7.1.1. Foto aérea de la localización de la parcela experimental de Adesva	63
7.1.2.- Foto aérea parcela experimental Adesva.....	64
7.1.3.- Esquema de la parcela experimental Adesva. Localización invernaderos del ensayo	65
7.2. Croquis del ensayo.....	66
7.3. Datos climáticos.	68
7.4. Gráficas datos estación control.....	69
7.5. Gráficos datos in situ (recogida manual).....	74
7.6. Analítica de nutrientes	78
7.7. ANÁLITICAS DE PATOGENOS	83
7.8. Análisis Estadísticos (Programa MINITAB).....	87

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1- Ensayos.....	19
Tabla 3 - Cronograma de analíticas de nutrientes.....	31
Tabla 4 - Cronograma de analíticas de patógenos.....	32
Tabla 6 - Datos medios mensuales de riego y drenaje.....	37
Tabla 8 - Datos medios de la campaña conductividad eléctrica del riego y del drenaje, para los 4 sistemas.....	38
Tabla 11 - Primer análisis microbiológico (14 de febrero y 14 de abril) de agua fertilizada de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.....	41
Tabla 12 - Análisis microbiológico (bacterias mesófilas aerobias) del agua fertilizada y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	42
Tabla 13 - Análisis microbiológico (coliformes) de agua fertilizada y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	43

Tabla 14 - Análisis microbiológico (E. coli) de solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	44
Tabla 15 - Análisis microbiológico (Salmonella spp.) De solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	45
Tabla 16 - : Análisis microbiológico (moldes) de solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	46
Tabla 17 - Análisis microbiológico (levadura) de solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	46
Tabla 18 - Análisis microbiológico (Pseudomonas spp.) De solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.	47
Tabla 21 - Huella hídrica para cada uno de los cuatro sistemas de cultivo.	57
Tabla 22 - Primera analítica de nutrientes en la solución fertilizante, drenaje y sustrato en el sistema de “no recirculación”.....	78
Tabla 23 - Segunda analítica de nutrientes en la solución fertilizante y en el drenaje de los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).....	79
Tabla 24 - Tercera analítica de nutrientes en la solución fertilizante y en el drenaje de los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).....	80
Tabla 25 - Analítica foliar en el sistema de “no recirculación” y “recirculación sin desinfección”.	81
Tabla 26 - Analítica foliar en el sistema de “recirculación con desinfección mediante ozono” y “recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado”	82
Tabla 27-1 Primera analítica de patógenos de la “Solución Fertilizante” para los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).....	83
Tabla 28 - Segunda analítica de patógenos de la “Solución Fertilizante” para los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por	

oxígeno ionizado).	84
Tabla 29-3 Tercera analítica de patógenos de la “Solución Fertilizante”, “Drenajes NO desinfectados”, “Drenajes desinfectados” y agua limpia, para los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).	85
Tabla 30 – Cuarta analítica de patógenos de la “Solución Fertilizante”, “Drenaje no desinfectados”, “Drenajes desinfectados” y agua limpia, para los cuatro sistemas de cultivo (NR:no recirculación, RND: Recirculación sin desinfección, Recirculación desinfección por ozono, RDOI: Recirculación desinfección por oxígeno ionizado)	86

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1 - Dimensiones del macrotúnel.....	18
Figura 2 - Desarrollo del cultivo de fresa 3 meses después de la plantación. a. RDOI b. NR c. RND d. RDO	20
Figura 3 - Autómata de riego	21
Figura 4- Estación control .Kit de control.....	22
Figura 5 - Tanque de recolección de drenajes	23
Figura 6 - Caseta de riego. Tanques de fertilización (solución madre). Tanques de solución fertilizante: NR (no recirculación), RDOI (tanque de recirculación desinfección oxígeno ionizado), RND (tanque de recirculación sin desinfección) y RDO (tanque de recirculación desinfección ozono)	24
Figura 11 - Sistema de Oxígeno Ionizado	28
Figura 13- Fruta con clasificación de 1º Categoría.....	32
Figura 14 - a. Penetrometro b. Refractometro.....	34
Figura 15 - Vigor de las plantas por muestreo.....	48
Figura 16 - Vigor de las plantas (media de tres muestreos)	49
Figura 17 - Producción Precoz.....	50
Figura 18 - Producción de 1ª categoría.....	50
Figura 19 - Producción de 2ª categoría.....	51
Figura 21 - Evolución temporal de la producción total a lo largo de la campaña	52
Figura 23 - Peso medio del fruto (media de 6 muestreo)	53
Figura 24 - Firmeza de los frutos en los diferentes muestreos	55
Figura 25 - Firmeza de los frutos (media de 5 muestreos)	55
Figura 26 - Grados Brix de los frutos en los diferentes muestreos	56
Figura 27 - Grados Brix de los frutos (media de 5 muestreos)	56

Figura 29 - Evolución media de Temperatura máxima, Temperatura mínima y precipitación durante la campaña	68
Figura 30- Media de la ETO y Radiación durante la campaña	69
Figuras 31- Evolución de los valores de pH durante la campaña.	69
Figuras 33 - Evolución de los aportes de riego y drenaje durante la campaña.....	70
Figura 34 - Lectura diaria del pluviómetro.	71
Figura 35 - Evolución del drenaje durante la campaña (%).	71
Figura 36 - Evolución de la humedad en el sustrato durante la campaña.	72
Figura 37 - Evolucion de la temperatura del sustrato.	73
Figura 38 - Evolucion de la conductividad electrica en el sustrato.....	73
Figuras 39 – Evolución de los valores de pH/CE riego del Cultivo hidropónico del sistema de No recirculación durante la campaña.....	74
Figura 40 – Evolución de los valores pH/CE del riego del Cultivo hidropónico del sistema de Recirculación sin desinfección durante la campaña.....	74
Figura 43 – Evolución de los valores de pH y CE de riego del Cultivo hidropónico para el sistema de Recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado durante la campaña.....	76

TABLAS DE ABREVIATURAS

ADESVA:	Centro Tecnológico de la Agroindustria onubense
CE:	Conductividad eléctrica
FAO:	Food and Agriculture Organization
Feragua:	Comunidades de Regantes de Andalucía
IFAPA:	El Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica
MAGRAMA:	ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente
UFC:	Unidad formadora de colonias
Ppm:	Partes por millón
UFC:	Unidad formadora de colonias
NR:	Sin recirculación
RND:	Recirculación sin desinfección
RDO:	Recirculación y desinfección con ozono
RDOI:	Recirculación con desinfección con oxígeno ionizado Los valores son la media de tres réplicas

RESUMEN

Una de las soluciones que se han propuesto para la escasez de agua en la agricultura en hidroponía, es la reutilización y reciclado de la misma. Este sistema de manejo de producción, puede conllevar grandes beneficios pero a su vez puede ocasionar problemas graves de producción y sanidad vegetal en la explotación.

Es por esta razón, el motivo de este trabajo, que se centra en evaluar la influencia de diferentes sistemas de cultivo sin suelo: con y sin recirculación y diferentes métodos de desinfección de los drenajes (ozono y oxígeno ionizado). Para ello, se han analizado 4 sistemas diferentes de cultivo "sin suelo": **Sin recirculación; Recirculación sin desinfección; Recirculación con desinfección mediante Ozono y Recirculación con desinfección mediante Oxígeno Ionizado** - para comparar en condiciones reales de campo, con el objetivo de encontrar la solución más adecuada y rentable para el rendimiento del cultivo.

Los resultados indicaron que no existían diferencias estadísticas significativas a un nivel de confianza del 95%, entre los cuatro sistemas de cultivo, en ninguno de los parámetros analizados a lo largo de la campaña, excepto en la **producción precoz**, siendo **mayor** en la RDOI (**recirculación con desinfección mediante Oxígeno Ionizado**), seguida de la RDO (recirculación con desinfección mediante Ozono). Por otro lado, con respecto a los patógenos no se han obtenido resultados concluyentes en los diferentes ensayos, ya que en general no se han observado diferencias importantes. En los sistemas de recirculación hubo una reconcentración de iones Cl^- y Na^+ y presentó una deficiencia de manganeso en hoja, pero en general no produjo ningún desequilibrio importante.

ABSTRACT

One of the proposed solutions for water scarcity in hydroponic agriculture is its reuse and recycling. This production management system can have great benefits, but in turn it can cause serious problems of production and health of the plant on the farm.

It is for this reason, the reason for this work, which focuses on assessing the influence of different soilless cultivation systems: with and without recirculation and different methods of drainage disinfection (ozone and ionized oxygen). For this, 4 different "landless" cultivation systems have been analyzed: without recirculation; Recirculation without disinfection; Recirculation with ozone disinfection and Recirculation with ionized oxygen disinfection, to compare under real field conditions, in order to find the most appropriate and cost effective solution for crop yield.

The results indicated that there were no significant statistical differences, at a confidence level of 95%, between the four cultivation systems in any of the parameters analysed over the course of the season, except in early production, where it was greater in RDIO (recirculation with disinfection by ionized oxygen), followed by RDO (recirculation with disinfection by ozone). On the other hand, with respect to pathogens, no conclusive results have been obtained in the different trials, since in general no significant differences have been observed. . The recirculation somewhat reconcentrated the Cl⁻ and Na⁺ ions and presented a manganese deficiency in the leaves, but in general did not produce any important imbalance

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más escasos a la vez que imprescindible para la vida. Según las previsiones de la Organización Mundial de la Salud se estima que debido al exponencial crecimiento de la población mundial, para 2050 se superen los 10.000 millones de personas. Esto va a ser un precedente a nivel global, ya que el sustento alimentario se basa principalmente en la agricultura. Siendo este el principal usuario de los recursos hídricos mundiales (70%), que deberá afrontar el desafío de incrementar un 50% la producción de alimentos para abastecer a esa población (FAO, FIDA, OMS, 2017).

Todo esto va a contemplar inevitablemente, un aumento paralelo de la producción agraria, confiándose gran parte de este esfuerzo al regadío. Teniendo en cuenta que, salvo excepciones, las nuevas transformaciones son cada vez más difíciles y costosas, el gran reto reside en mejorar la eficiencia y rendimiento productivo e hídrico de los regadíos existentes (García J, 2015).

En España, al igual que ocurre en el resto de países de la cuenca mediterránea, el agua es un recurso reducido, frágil e irregularmente distribuido. A la escasez de precipitaciones, la elevada evapotranspiración, la alta variabilidad espacial y temporal de las lluvias, la desigual distribución de los recursos hídricos y la frecuencia de las sequías, se unen problemas como son el aumento de la presión sobre los recursos hídricos, el déficit creciente que sufren algunas cuencas y la salinización o contaminación de acuíferos, convirtiendo en una labor compleja la satisfacción, en cantidad y calidad, de las necesidades de todos los usos del agua. (Martin Arrollo M, 2013).

Ante esta realidad, el desarrollo de políticas de gestión del agua que promuevan el uso eficiente del recurso es imprescindible y prioritario, particularmente en aquellos sectores donde se producen las mayores demandas de agua, como son los abastecimientos urbanos, la industria y sobre todo el regadío. La agricultura junto con la ganadería son los principales usuarios del agua en España con un 75% del total de la demanda consuntiva, según los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2008. Aunque la tendencia actual del consumo de agua destinada al regadío es decreciente, como consecuencia de una política activa de modernización de regadíos (MAARM, 2006), se prevé un aumento de la demanda de agua para uso doméstico e industrial debido al aumento de la población en áreas urbanas así como para usos medioambientales.

El regadío está presente, con diferentes intensidades, en el 96% de los municipios españoles, lo que significa la totalidad de las comarcas agrarias españolas y consume

algo más del 68% de los recursos hídricos. La aportación de las producciones de las tierras en regadío a la producción final agrícola supone más del 50% de ésta, mientras que la superficie ocupada por las mismas sólo representa el 15% de la superficie agrícola útil (MAARM, 2006).

El significado económico del regadío, a nivel de las explotaciones agrarias, se manifiesta en el hecho de que una hectárea regada produce seis veces más que una de secano y genera una renta cuatro veces superior, relación que se incrementa especialmente en el caso de los cultivos de invernadero y bajo plástico. Además resulta muy significativa la aportación del regadío para el desarrollo rural: mantiene la población, genera empleo, mejora la renta de los agricultores, diversifica la estructura ocupacional y vertebra el territorio (Plan Nacional de Regadíos, 2008).

Sin embargo, ha surgido recientemente la necesidad de incluir criterios medioambientales en la gestión y regulación de los recursos hídricos, buscando la protección de los mismos ante la contaminación y la conservación del medioambiente y de la biodiversidad, y que emanan de distintas Normas Comunitarias. Estas normas son el resultado de un cambio de sensibilidad colectivo que demanda modificaciones en la tradicional percepción del agua como factor productivo, y su asimilación como parte integrante de un ecosistema vivo, haciendo compatible su uso y gestión con el respeto al ciclo hidrológico natural, al que el mundo del regadío no puede ni debe ser ajeno (Estrategia Nacional Regadíos, 2015).

Esta nueva percepción de la relación entre agricultura y medioambiente queda patente en la reforma de la Política Agraria Común de noviembre de 2008, en la que se reconoce la preocupación por los nuevos retos de la agricultura: biodiversidad, cambio climático, gestión del agua, energías renovables e innovación, concediéndoles un trato preferencial dentro de la política de desarrollo rural. Se pone de manifiesto la necesidad de conseguir una agricultura cada vez más sostenible y respetuosa con el medioambiente (García J, 2015).

Es por todo esto que la agricultura de regadío actual se encuentra en una situación de especial dificultad caracterizada por el incremento de costes de producción, estabilización o descenso de los precios de mercado y una creciente presión respecto a los impactos ambientales que producen. Esta situación está obligando a los agricultores a buscar formas de maximizar la rentabilidad de los cultivos haciendo un uso eficiente de los recursos en aras de una sostenibilidad integral (socioeconómica y ambiental) de dicha actividad agrícola (García J, et al, 2012).

El cultivo de la fresa puede considerarse como un motor económico y generador de riqueza en la provincia de Huelva. De hecho, en la zona se produce más del 95% de toda la fresa nacional la cual es principalmente destinada a los mercados europeos.

No obstante, se trata de un cultivo intensivo para cuya producción se requiere de una gran cantidad de inputs (agua, energía, fertilizantes, plástico y otros) y genera un importante impacto ambiental. Uno de los principales impactos se da en los recursos hídricos, dado que gran parte de las explotaciones toman agua del acuífero que abastece el Parque Natural de Doñana, ocasionando tanto una sobreexplotación del mismo como su contaminación por lixiviados de origen agrícola (Fundación Doñana 21, 2006).

La asignación de dotaciones de agua para usos agrarios es una de las decisiones más trascendentes que ha de tomar anualmente el organismo decisor de una cuenca hidrográfica. Esta decisión no sólo debe recoger los intereses de los agricultores que aspiran a satisfacer sus demandas de agua para riego, sino que además han de atender otras demandas, que a menudo entran en conflicto con las primeras (Wilhite, 1993, Gomez Ramos, A *et al*, 2002).

Actualmente se está viviendo una situación de tensión a nivel social y agrario en todo el panorama nacional. Los planes hidrográficos de muchas comunidades han contemplado dotaciones hídricas para algunos cultivos muy por debajo necesidades teóricas e históricas. En concreto en Andalucía, las Comunidades de Regantes de Andalucía "Feragua", han demandado que las administraciones hidráulicas estatal y autonómica deben replantearse urgentemente las dotaciones propuestas, no fundamentadas en ningún estudio agronómico y claramente deficitario.

La Agencia Andaluza del Agua y otros organismos de la administración pública necesitan datos para regular y legislar sobre dotaciones hídricas para cada uno de los cultivos andaluces. Por lo que es necesario obtener de forma rigurosa y fiable, el dato del consumo de agua de una hectárea.

Es desde este punto, Centros Tecnológicos de investigación como ADESVA hacen estudios de eficiencia en riego mediante la innovación y la investigación de nuevas alternativas de manejo y de sistemas para que sea más rentable el cultivo y se gestione mucho mejor los recursos hídricos. Las personas desde un punto de vista de consumidor, deben exigir la trazabilidad del alimento que consume con una verificación/certificado de calidad y sobretodo tener consciencia de la huella hídrica de ese alimento (Adesva, 2010).

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es, evaluar la influencia del uso de diferentes sistemas de riegos hidropónicos para el cultivo de fresa: en circuito abierto sin recirculación, en circuito cerrado con recirculación sin desinfección; en circuito cerrado con recirculación y desinfección mediante Ozono y en circuito cerrado con recirculación y desinfección mediante Oxígeno Ionizado.

Para ello, se van a realizar muestreos de agentes patógenos (baterias mesófilas aerobias, coliformes, E.coli, Salmonella spp, mohos y levadura ssp, Psudomonas) en el agua de drenaje en los cuatro casos propuestos; y se va a evaluar el riesgo potencial que tiene para la salud del cultivo, al igual cómo afectan los diferentes tipos de sistemas al consumo de agua (m³/ha), unidades fertilizantes (kg/ha), rendimiento (kg/ha) y calidad del fruto. Con todo esto, se intenta describir las interacciones que se producen entre los parámetros de calidad del agua, las comunidades microbianas y vegetales, que permitan formular las directrices para reducir el riesgo de deficiencia de nutrientes y toxicidad durante los ensayos.

Con este estudio se quiere proponer una línea de investigación o experiencia piloto para exportar como modelo a otras fincas de Huelva, con características similares en el diseño de producción. Así se podrá cuantificar el ratio coste/beneficio medioambiental, ahorros de agua racionalizando y reduciendo su consumo, reducción de aportes de abonos y fitosanitarios derivados del uso de los diferentes sistemas de desinfección.

3. MATERIALES Y MÉTODOS:

La finca experimental, se sitúa en el término municipal de LEPE (Huelva), propiedad de la Agencia de Innovación y Desarrollo Tecnológico. La superficie de la finca es de 2 Ha (*Anexo 7.1-Localización del campo de ensayo Adesva*).

El ensayo experimental se estableció en el cultivo de fresa, en este caso de fresón, variedad "Candongá" y la fecha del trasplante, 10 de octubre de 2016. La fecha de replantación fue el 17 de octubre de 2016. Su marco de plantación fue 0,15m x 0,2m. La densidad de plantación fue de 96.000 plantas por Ha. La orientación de los lomos N-S.

Siguiendo las prácticas habituales de la zona para el cultivo en hidropónico (sin suelo), la preparación para el ensayo fue la siguiente:

- Acoplamiento del sistema de riego (Septiembre 2016) ,
- Protección del invernadero (Noviembre 2016),
- Preparación de los sacos de sustrato (Septiembre 2016),
- Instalación del sistema de recirculación y desinfección (Septiembre 2016).

El sustrato empleado fue fibra de coco. Antes de la plantación, los sacos de sustrato se hidrataron y lavaron para bajar la elevada conductividad eléctrica que traían de fábrica. La cinta de riego era con goteros autocompensantes y autodrenantes de 5 L/h por m.l, con válvula de descarga al final de la cinta

El ensayo se ha realizado en 4 macrotúneles, (1 macrotúnel/ensayo o sistema de cultivo). Cada macrotunel tiene unas dimensiones de 6,6 m de ancho por 40 m de longitud. La superficie total del ensayo ha sido de 1.060 m² (*Anexo 7.1.3- Esquema de Parcela experimental ADESVA*).

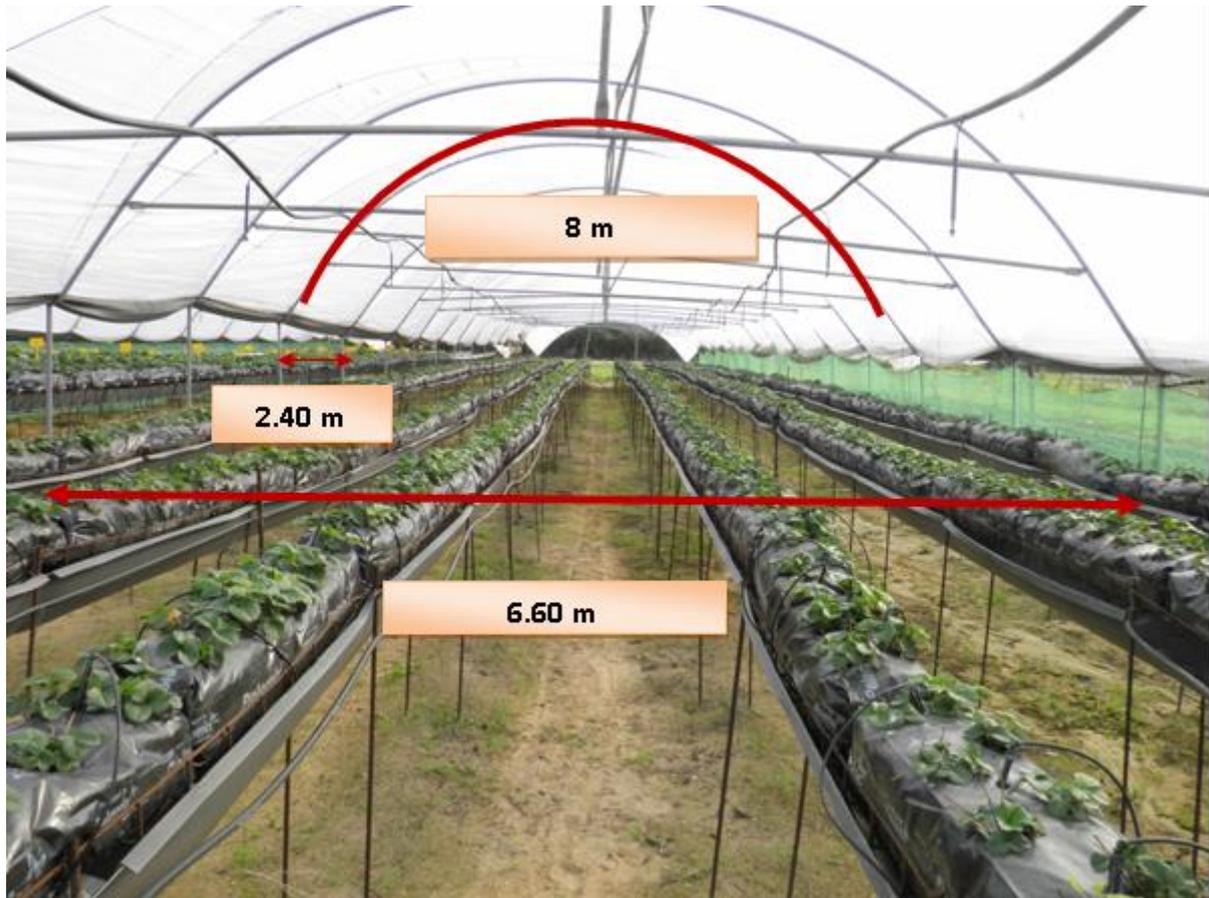


Figura 1 - Dimensiones del macrotúnel

En cuanto a los datos climáticos, para hacer el estudio climatológico de la zona, estos se obtuvieron de la estación climática más cercana, que en este caso, es la Estación con código 2 situada en la localidad de Lepe (Huelva), Coordenadas: Latitud: 37° 18' 09" N; Longitud: 07° 14' 35" W; Altitud: 45.0.

La localidad de Lepe, se caracteriza por tener un clima cálido y templado. Los inviernos son más lluviosos que los veranos. Esta ubicación está clasificada como Csa por Köppen y Geiger. La temperatura aquí es en promedio 17.7 ° C. La precipitación es de 475 mm al año. Ver gráfico climatológico en el anexo 7.3.

3.1. Diseño del ensayo

El diseño experimental es de bloques completos al azar con 4 variantes y tres repeticiones. El tamaño de la parcela elemental es de 25 plantas/parcela elemental. Los ensayos son los siguientes:

ENSAYO	SISTEMAS DE EVALUACIÓN
T1	RDOI (Recirculación con Desinfección mediante Oxígeno Ionizado)
T2	NR (No Recirculación): Control 1
T3	RND (Recirculación No Desinfección): Control 2
T4	RDO (Recirculación con Desinfección mediante Ozono)

Tabla 1- Ensayos

En el manejo del cultivo de fresa sin suelo, en la provincia de Huelva, generalmente los drenajes obtenidos se vierten al medio, sin ser recirculados ni reutilizados. En este ensayo experimental, se compara la fresa cultivada “sin suelo” con cuatro sistemas diferentes: sin recirculación de los drenajes (Control 1), con la recirculación de los mismos, pero sin ser desinfectados (Control 2) y con la recirculación y desinfección de estos, mediante dos sistemas: Oxígeno ionizado y Ozono.

El vertido de los drenajes al medio tiene un gran impacto medioambiental al contaminar tanto el suelo como las aguas subterráneas y superficiales, además de desaprovechar parte del agua aportada. La recirculación de los drenajes soluciona este problema pero trae consigo la posible contaminación por microorganismos del agua recirculada, pudiendo ser estos transmitidos a las plantas y a los sustratos, por su reutilización continuada.

En todos los muestreos, se realizan análisis estadísticos de la varianza de los datos de campo. Estos datos originales se someten a la prueba de Bartlett de la homogeneidad de la varianza, en el caso de que la distribución de dichos datos sea normal, o al test de Levene’s, si la distribución no es normal.

En el caso de que la distribución sea normal, los datos se someterán al test de ANOVA (test de separación de medias) para obtener las diferencias significativas entre variables y en el caso de que la distribución no sea normal, los datos se someterán al test de Mood’s median.

Se ha usado el programa estadístico MINITAB.

3.2. Seguimiento del cultivo

A lo largo de la campaña, se analizaron los parámetros siguientes:

- Supervivencia de las plantas: Se realizaron tres muestreos contando el nº de plantas muertas (marras) por parcela elemental. La Figura 2 corresponde al seguimiento del segundo muestreo de marras en los diferentes ensayos.

A parte, semanalmente, se realizó un monitoreo de plagas y enfermedades para conocer la evolución de las mismas y establecer los tratamientos preventivos o curativos pertinentes.



Figura 2 - Desarrollo del cultivo de fresa 3 meses después de la plantación. a. RDOI b. NR c. RND d. RDO

3.3. Seguimiento de la fertilización

A lo largo de la campaña, se ha diseñado una solución fertilizante para cada uno de los estados fenológicos de la planta de fresa, teniendo en cuenta la aportación de nutrientes del agua de riego empleada. En la *tabla 2* se puede comparar los aportes totales por unidad fertilizante y ha de cada uno de los ensayos. Se han registrado las unidades fertilizantes totales aportadas por hectárea, al cultivo de la fresa.

Unidades fertilizantes por ha					
Sistema	N	P2O5	K2O	OCa	OMg
NR	230	110	290	185	61
RND	138	66	174	111	37
RDOI	140	63	177	107	35
RDO	139	64	169	112	35

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado. Los valores son la media de tres réplicas.

Tabla 2 - Unidades fertilizantes

En el caso de los tres ensayos de recirculación, el autómata (*Figura 3*) iba corrigiendo la solución nutritiva, una vez que los tanques recibían los drenajes tras los riegos.



Figura 3 - Autómata de riego

3.4. Monitoreo del riego, drenaje y sustrato. Estación de control.

En el cultivo sin suelo, con objeto de gestionar el riego de los 4 invernaderos del ensayo, se dispuso de una única estación de control, instalada el día 22/11/2016 en el invernadero de “No Recirculación”. La estación disponía de 2 “kit de control”, uno para monitorizar el agua de riego y otro para el drenaje. Cada Kit estaba compuesto por: (*Figura 4*).

- 1 pluviómetro o contador, para medir el volumen
- 1 sonda de conductividad eléctrica
- 1 sonda de pH



Figura 4- Estación control .Kit de control

La evolución de la conductividad eléctrica y del pH, así como el volumen de los riegos y los drenajes, se pueden ver en el Anexo 6.4 Datos de la estación control

Así mismo se instaló una sonda en el saco de sustrato, con capacidad para medir la CE, T^a y humedad de éste (Anexo 6.4 Datos de la estación control)

Con toda esta información obtenida en continuo y en tiempo real, además de la adquirida de la estación meteorológica de Lepe, se gestionó el riego.

Además, con un pHmetro y un conductímetro manual, se medía diariamente, en el mismo invernadero: el pH y la CE del agua de riego aportado (comprobando si en efecto se obtenían los valores calculados en la solución fertilizante diseñada, según el estado fenológico de la planta); y el pH, CE y volumen del drenaje, obtenido al final de una línea de plantación, desde que terminaba un riego y hasta que comenzaba el

siguiente. Para tal efecto se colocó un recipiente al inicio y al final del invernadero para recoger una muestra del agua de riego y del drenaje, respectivamente.

Para monitorizar el agua de riego, se disponía de un punto de control por cada una de las 4 ensayos. En el Anexo 7.5 (Monitoreo riego y drenaje. Mediciones manuales) se puede observar la evolución del pH y CE del riego de los cuatro sistemas y del drenaje del sistema de no recirculación.

En el resto de parcela (Recirculación sin desinfección, Recirculación con desinfección por oxígeno ionizado y Recirculación por desinfección mediante ozono), los drenajes se recogían en un tanque de 100 L, situado al final de cada uno de los invernaderos (Ver Figura 5 tanque recolección de drenajes), siendo posteriormente bombeados a la caseta de riego y recirculados y reutilizados de nuevo (Ver Figura 6).

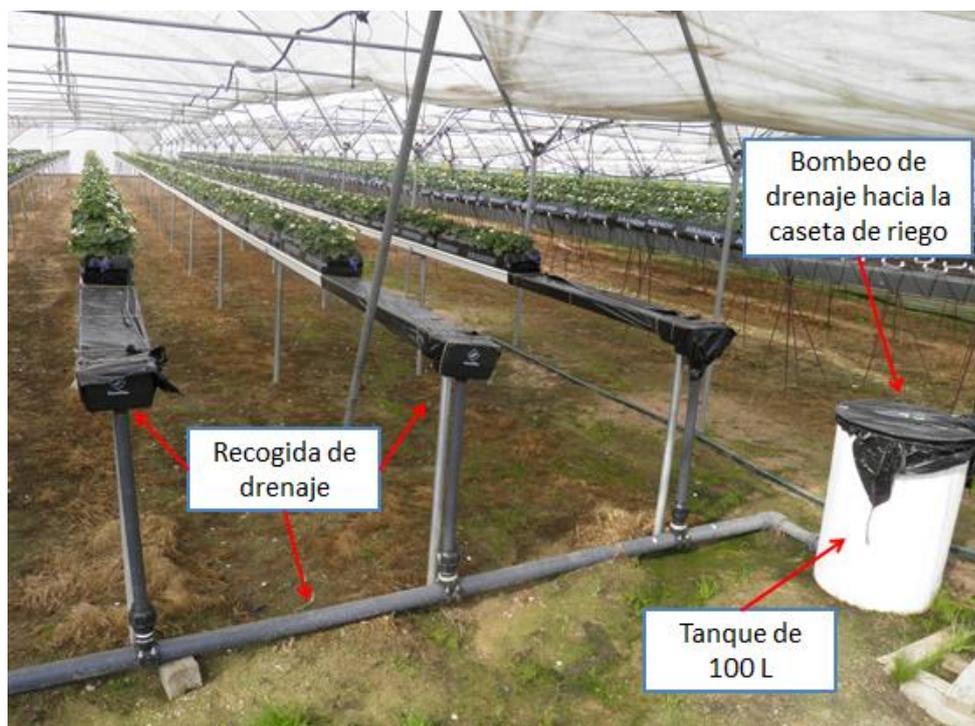


Figura 5 - Tanque de recolección de drenajes

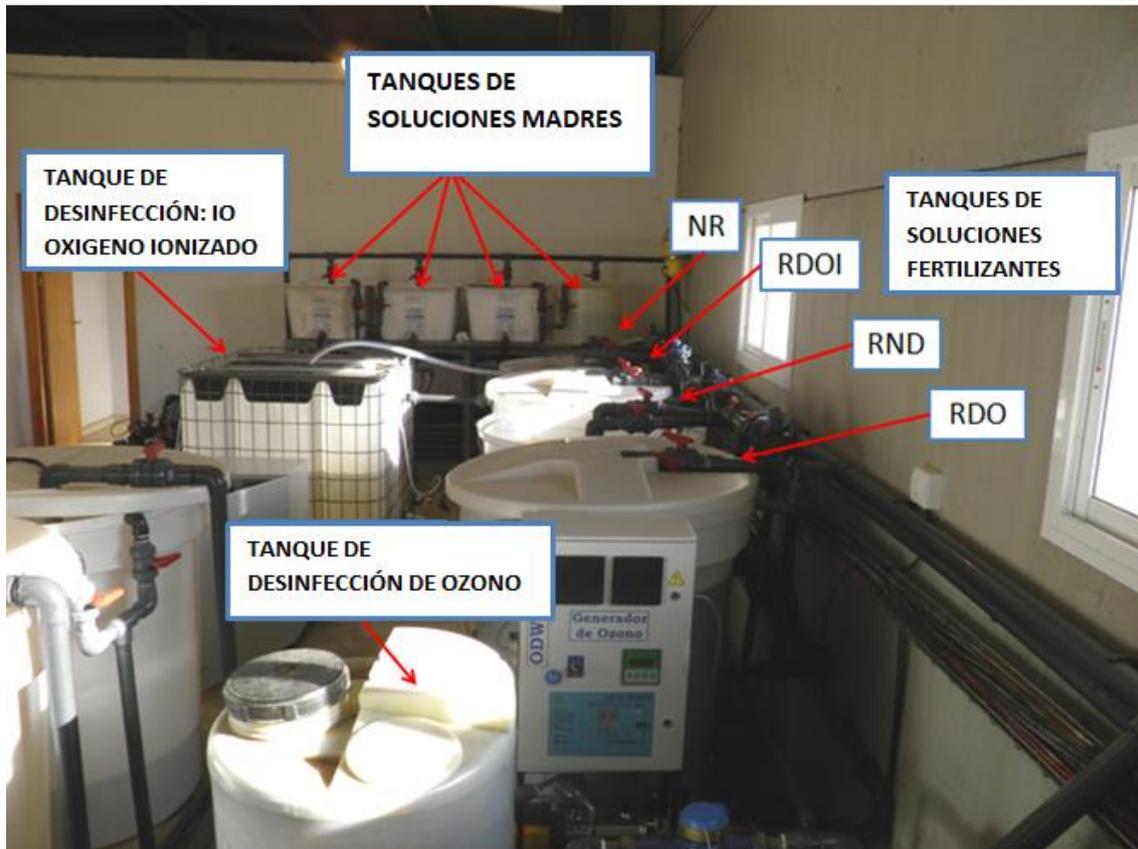


Figura 6 - Caseta de riego. Tanques de fertilización (solución madre). Tanques de solución fertilizante: NR (no recirculación), RDOI (tanque de recirculación desinfección oxígeno ionizado), RND (tanque de recirculación sin desinfección) y RDO (tanque de recirculación desinfección ozono)

En el caso de la “Recirculación sin desinfección”, los drenajes una vez bombeados, eran introducidos directamente al tanque de solución fertilizante (RND), donde se mezclaban con agua limpia y los fertilizantes (de los tanques de fertilizantes: solución madre), para finalmente dar la solución nutritiva diseñada (siendo esta corregida en cada nuevo riego). Ver la disposición de los tanques de fertilizantes: solución madre y de solución fertilizante (RND), en la caseta de riego (Ver Figura 6 caseta de riego).

En el ensayo de “Recirculación con desinfección mediante Oxígeno Ionizado y mediante Ozono”, los drenajes, previamente pasaban a otro tanque (tanque de drenaje) donde eran desinfectados y posteriormente se introducían en el tanque de fertilización (RDOI y RDO), para seguir el mismo procedimiento ya comentado anteriormente (Ver Figura 6 caseta de riego).

La máquina generadora de ozono fue instalada el 22-11-2016 y la de oxígeno ionizado, por problemas técnicos, se retrasó al 23-01-2017.

Hasta que no se ajustaron y probaron los dos sistemas de desinfección (ozono y

oxígeno ionizado), no se recircularon los drenajes (previamente todo se vertía al suelo). Fue el 24/01/2017 cuando comienzan a recircularse los drenajes de los tres sistemas de recirculación (RND, RDOI y RDO) y se inicia el funcionamiento de los dos sistemas de desinfección.

3.5. Descripción de los sistemas de desinfección:

- **Oxígeno ionizado:**

A través de la carga de las moléculas de oxígeno que se encuentran en el aire se producen iones de oxígeno con cargas positivas y negativas. Los iones de oxígeno así cargados tienen la propiedad de intercambiarse rápidamente con otra parte oxidante que se encuentre en el aire (puede ser una sustancia orgánica e inorgánica).

Como se puede ver en la *figura 7*, el campo de actividad del sistema de purificación con iones está limitado a un pequeño campo de reacción química. Dicho sistema emplea ese pequeño campo para la oxidación natural debido al alto grado potencial de oxidación.

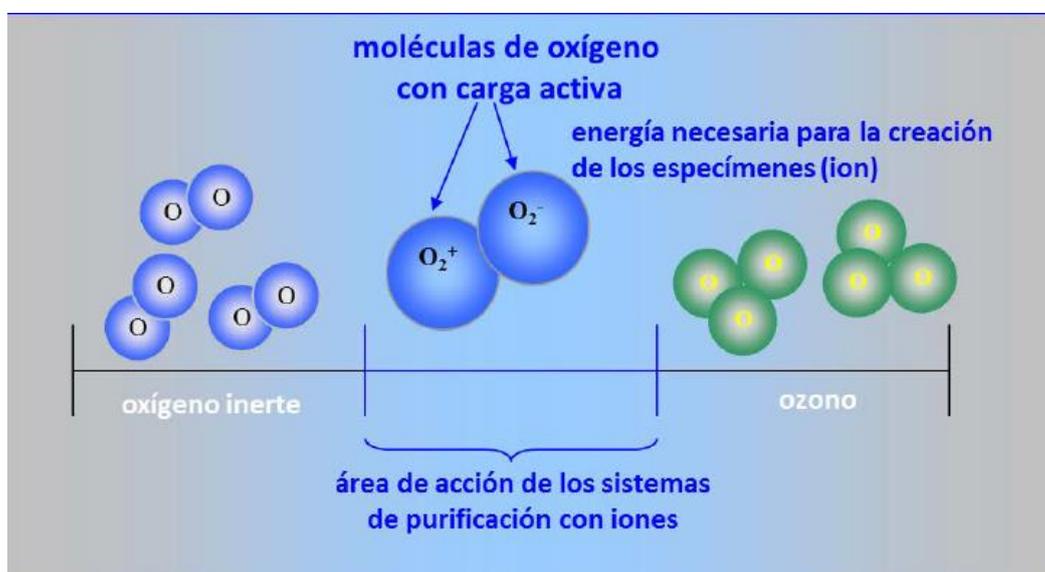


Figura 7 - Área de trabajo de la instalación purificadora de iones

La transición de los iones activos de oxígeno a ozono se lleva a cabo muy rápidamente en la práctica, debido a la influencia de gran cantidad de energía. Para el desarrollo del nuevo sistema de purificación con iones se tuvo en cuenta la producción exclusiva de iones de oxígeno para eliminar toda sobre-reacción en dirección al ozono.

Cualquier cantidad de ozono producido, aún la más pequeña, significa en la práctica pérdida en la producción de iones activos de oxígeno. La parte de oxígeno que está a disposición en el aire circundante tiene que ser aprovechada del mejor modo posible para la producción de iones de oxígeno para alcanzar un comportamiento óptimo en la oxidación. Por lo tanto no genera ninguna sobre-reacción en la creación de ozono (el oxígeno permanece siempre bivalente). Los hidrocarburos y sus composiciones químicas análogas son oxidados de esta forma rápida y efectiva. Debido al alto grado potencial de oxidación de los iones de oxígeno con carga, las membranas de las bacterias, virus, etc. son partidos y eficazmente eliminados. (Ehret, DL, et al 2001; C. Poncet et al)

Los iones de oxígeno cargados reaccionan con los organismos unicelulares (Figura 8). Por el contrario no produce ningún efecto en organismos multicelulares.



Figura 8- Reacción química

Los hidrocarburos (moléculas CH) en el proceso de oxidación con iones oxígeno, se transforman en CO₂ + H₂O. A este proceso se le denomina combustión fría.

El Sistema de purificación con iones es inofensivo para el medio ambiente, ya que no se utilizan sustancias químicas. Los iones de oxígeno pueden ser emitidos en el ambiente sin ningún reparo. (Ve la siguiente figura 9);

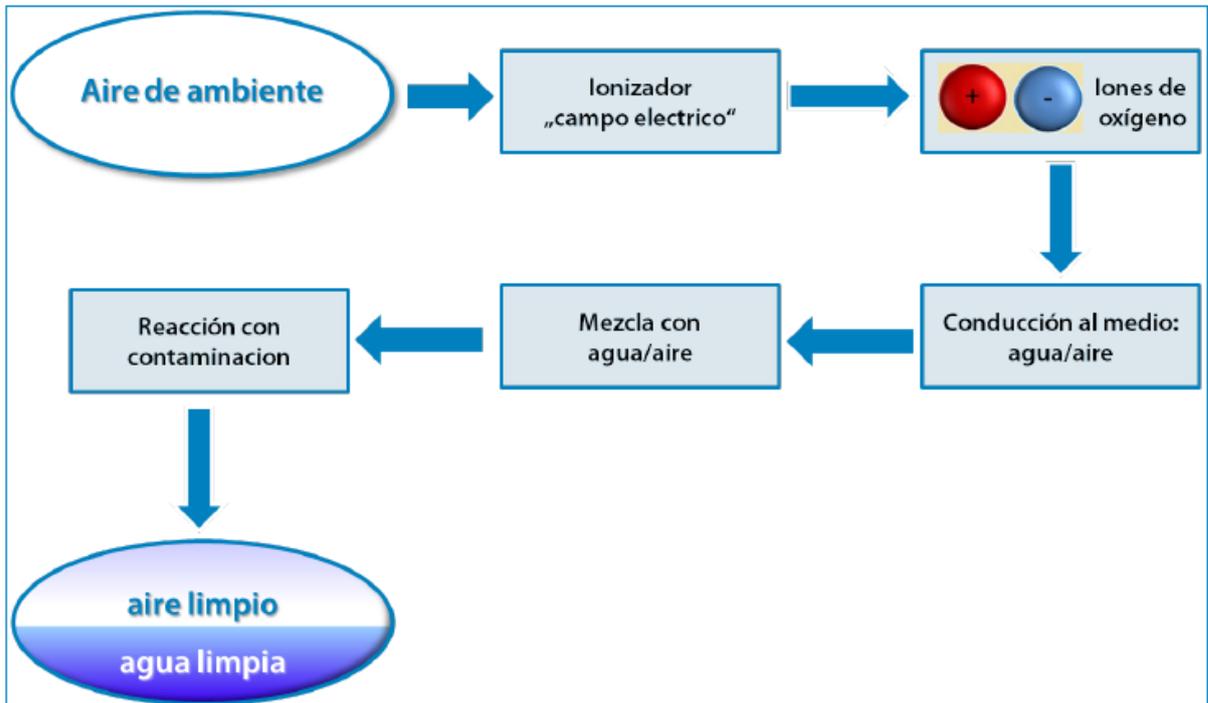


Figura 9 - Descripción esquemática de la tecnología de ionización para el aire

El agua de drenaje es tratada con oxígeno ionizado y una vez desinfectada, pasa al tanque de fertilización para posteriormente, y una vez mezclada con agua y abonos, salir al campo. En las siguientes figuras se hace una representación esquemática de la instalación y como quedó en la caseta de riego (Figura 10 y 11).

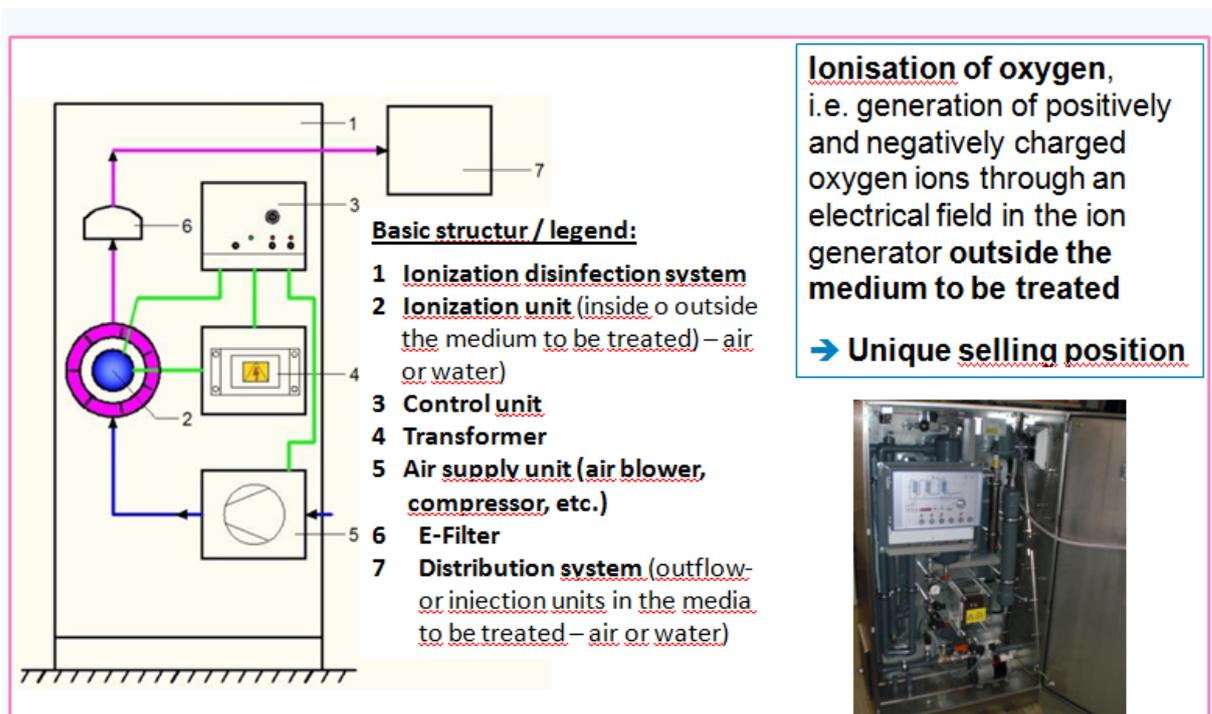


Figura 10 - Descripción esquemática de un sistema de desinfección por ionización



Figura 11 - Sistema de Oxígeno Ionizado

- **Ozono:**

El ozono es una de las sustancias más reactivas conocidas. Libera inmediatamente el tercer átomo de oxígeno a cualquier compuesto orgánico y vuelve a convertirse en oxígeno estable. El compuesto orgánico es oxidado. Destruye por contacto todas las bacterias conocidas, virus, esporas, levadura, moho, hongos microscópicos y biofilms (atacando membranas microbianas). La oxidación no deja ningún residuo dañino, solamente oxígeno, no contaminando.

El agua de drenaje pasa a través de la máquina generadora de ozono y una vez desinfectada, es devuelta al tanque de fertilización para posteriormente, y una vez mezclada con agua y abonos, salir al campo.

La máquina dispone de una sonda redox con panel electrónico que permite verificar el rendimiento de la máquina. Incorpora un dispositivo catalizador para la destrucción del ozono residual. (Ver figura 12). (Manual de la empresa que suministra el ozono LWT Luft Wasser Technik GmbH)



Figura 12 - Sistema de Ozono

3.5.1. Consumo eléctrico

La máquina de ozono funcionaba solamente una vez que el drenaje alcanzaba un nivel determinado en el tanque de drenaje, y era bombeado a la máquina para ser desinfectado.

En el caso del oxígeno ionizado, inicialmente se mantuvo en funcionamiento las 24 horas del día. Sin embargo, a partir del 10/04/2017, se colocó un sensor que detectaba la entrada del drenaje al tanque de drenaje, activándose en ese momento la máquina. De este modo se consiguió que no estuviera encendida todo el tiempo (menor consumo de energía). El aparato, a partir de esa fecha trabajaba cada 4 horas, excepto cuando había entrada de drenaje al tanque, momento en el cual entraba también en funcionamiento.

El 21/04/2017 se colocó contadores para ambos sistemas de desinfección y así poder comparar los consumos eléctricos en ese periodo donde ya estaban más ajustados los funcionamientos de ambos sistemas.

3.5.2. Consumo de agua

El registro del consumo de agua, se ha efectuado semanalmente, anotándose las lecturas de los contadores instalados en cada uno de los cuatro tanques, los cuales

indican la cantidad de agua de entrada a los mismos, proveniente de la comunidad de regantes. Al mismo tiempo, se ha realizado el cálculo teórico de consumo de agua, a partir del régimen de riegos y el caudal de las cintas.

Además se contabilizaron, a través de otros contadores, los metros cúbicos expulsados o purgados, en cada uno de los tanques de fertilización, en caso de alcanzar valores de pH y/o conductividad eléctrica anormales para el óptimo desarrollo del cultivo.

En las fincas de la provincia de Huelva están apareciendo en los últimos años, numerosos problemas de obturación de goteros, fundamentalmente de origen orgánico, ocasionados por agentes biológicos (algas, bacterias, hongos, levaduras, virus y esporas), por lo que está siendo necesario realizar tratamientos preventivos con biocidas para disgregar la materia orgánica y prevenir la formación de “biofilm”.

En el ensayo, a partir del 04-04-2016, comenzaron a aparecer problemas de obturación de goteros en los invernaderos en los que no se realizaba desinfección, es decir, en el de “no recirculación” y en el de “recirculación sin desinfección”. Por ello, se comenzó **a aplicar al riego, H2O2 en continuo**, con una riqueza del 50%, a una dosis de mantenimiento de 30 ppm

3.6. Analítica de nutrientes

Un laboratorio externo acreditado, realizó las analíticas de nutrientes en (tabla 3):

- Agua de riego: 1 muestreo para poder realizar el diseño de la “solución fertilizante” del inicio.
- Substrato: 1 muestreo por cada ensayo, es decir 4 muestras.
- Solución Fertilizante: 4 muestreos tomados directamente de un gotero, para cada uno de los 4 ensayos.
- Drenaje: 4 muestreos, tomados del drenaje obtenido en los finales de las líneas de plantación tras los riegos, para cada uno de los 4 ensayos.
- Foliar: 1 muestreo, para cada uno de los 4 ensayos, en el mes de abril, para conocer el nivel nutricional de la planta y de este modo, ajustar la solución fertilizante para situarla en las mejores condiciones en su último mes de producción.

Fechas	Agua Comunidad Regantes	Substrato	Solución Fertilizante	Drenajes	Foliar
10-01-17	x	x	x		
12-03-17			x	x	
23-04-17			x	x	
30-04-17					x

Tabla 3 - Cronograma de analíticas de nutrientes

3.7. Analítica de patógenos.

Las analíticas de patógenos fueron realizadas por CNTA. Las muestras fueron tomadas de: (Tabla 4)

- Agua: 2 muestreos en el último mes de campaña.
- Solución Fertilizante: 4 muestreos, tomados de los tanques de fertilización de cada una de las tesis.
- Drenaje no desinfectado: 2 muestreos, tomados del drenaje obtenido tras un riego, en los finales de las líneas de cultivo.
- Drenaje desinfectado: 2 muestreos, tomados del drenaje tras ser recirculado y desinfectado por los dos sistemas de desinfección instalados.
-

Se analizaron los siguientes patógenos:

- Bacterias mesofílicas aerobias
- Coliformes (NMP/100 mL)
- E. coli (NMP/100 mL)
- Salmonella
- Mohos (CFU/mL)
- Levaduras (CFU/mL)
- Pseudomonas spp. (CFU/mL)

Fechas	Solución Fertilizante	Drenajes no desinfectados	Drenajes desinfectados	Agua Comunidad Regantes
10-02-14	x			
23-04-14	x			

14-05-14	x	x	x	x
27-05-14	x	x	x	x

Tabla 4 - Cronograma de analíticas de patógenos

3.8. Producción

- Cosecha de fruta

La recolección comenzó en enero y finalizó el 31 de mayo del 2017. Se realizó siguiendo criterios comerciales, viniendo además impuesta por las condiciones climáticas. Al principio se recolectaba una vez por semana, mientras que a mitad y finales de campaña, se daba un pase cada dos días. (Figura 13 – Fruta de primera categoría de una recolección)



Figura 13- Fruta con clasificación de 1º Categoría

3.9. Monitoreo de características asociados a la producción

Se llevaron a cabo una serie de estudios in situ relacionados con la calidad del fruto y producción. A continuación se describen los parámetros considerados, así como los muestreos relacionados con ellos:

- Datos climáticos: Se obtuvieron datos climáticos de temperatura, humedad relativa y precipitación a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Los datos han sido extraídos de una estación meteorológica situada cercana al lugar de experimentación y, por otro lado, de un medidor de la temperatura del aire y humedad relativa situado en el interior de uno de los invernaderos.

- Datos del saco: Se colocó una estación de control con sondas de pH/CE riego y drenaje, aparte de sonda de CE y humedad en el saco.
- Supervivencia de las plantas: Se realizaron cuatro muestreos contando el n° de plantas muertas (marras) por parcela elemental.
- Precocidad: Se realizó un muestreo del n° de plantas con más de una flor abierta en 25 plantas/parcela elemental.
- Vigor de la planta: Se realizaron 3 muestreos, mediante la medición del diámetro transversal (medida en la perpendicular del eje de la línea de cultivo) de la parte aérea de 6 plantas por parcela elemental (3 de cada una de las líneas de plantación), situadas a una distancia equidistante unas de otras.
- Producción acumulada: Separada por categorías comerciales 1ª y 2ª categoría, expresada en gramos/planta, mediante la cosecha a lo largo del ciclo del cultivo de la totalidad de las plantas instaladas/parcela elemental. Además se obtuvo la producción precoz (considerada hasta el 31 de marzo).
- Peso medio de los frutos: Se realizaron 6 muestreos, mediante el peso en gramos de 20 frutos de 1ª/parcela elemental, tomados al azar.

3.10. Evaluación de la calidad de la fruta

- Firmeza del fruto: Se realizaron cinco muestreos, tomando 5 frutos de similar color en cada parcela elemental, A continuación, por mediación de un penetrómetro (1-500 gr) provisto de un percutor, Sobre cada uno de los frutos se ejecutaron dos pinchazos a la altura del diámetro ecuatorial del mismo para saber su grado de impedimento a la hora de penetrar el percutor (figura 14)



Figura 14 - a. Penetrometro b. Refractometro

- Grados Brix (contenido en sólidos solubles): Se realizaron cinco muestreos, tomando tres frutos/parcela elemental, de los 5 frutos anteriormente utilizados para firmeza. Se evaluó la presencia de sólidos disueltos mediante un método refractométrico, para determinar de forma indirecta la concentración de azúcar mediante la medida del índice de refracción (n). (Figura 14)

El valor de n se relaciona con los grados Brix mediante las fórmulas siguientes en el intervalo de 15-25 °Brix:

$$n = (0,00166 \times \text{°Brix}) + 1,33063$$

$$\text{°Brix} = (600,90502 \times n) - 799,58215$$

Las determinaciones se han llevado a temperatura de 20 °C.

A continuación, para una mayor comprensión, se adjunta una tabla de las actividades realizadas para evaluar el seguimiento de producción del cultivo (Tabla 5)

	Cultivo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Supervivencia de plantas	Fresa		13-12-2016	13-01-2017		26-03-2017		31-05-2017	
Precocidad	Fresa		13-12-2016						
Vigor	Fresa		28/12/2016		02/02/2017 24/02/2017	29/03/2017	18/04/2017		
Producción	Fresa			X	X	X	X	X	X
Peso medio fruto	Fresa			24/01/2017	06, 17 y 19/02/2017	12, 21 y 30/03/2017	09, 20 y 30/04/2017	10, 21 y 31/05/2017	
Grados Brix	Fresa				06/02/2017	05, 12 y 30/03/2017	16 y 30/04/2017		
Firmeza	Fresa				06/02/2017	05, 12 y 30/03/2017	16 y 30/04/2017		

X: En el caso de "Producción", serán todos los días de recolección a lo largo del mes, según criterios comerciales y condiciones climáticas.

Tabla 5 - Cronograma actividad de muestreo

4. RESULTADOS Y DISCURSIÓN

Se empezó a producir fruta a mediados de enero y se registraron volúmenes importantes a partir de febrero, aproximadamente una media de 514g/planta.

En cuanto a la climatología cabe destacar que, el principio de campaña fue muy caluroso (octubre), al igual que en el mes de mayo. Durante la primera semana de febrero, las bajas temperaturas, causaron algún que otro daños por heladas en la fruta: aquenios salientes, cáliz quemado, etc. y durante el mes de mayo se alcanzaron hasta 39°C de temperatura, por lo que planta sufrió un gran estrés, debido a lo cual, consumió mucha más agua sin sales y como consecuencia, el agua diluye los sólidos solubles, bajan los grados brix y la fruta se reblandece. En cuanto a lo general fue una campaña que no hubo un exceso de humedad que pudiera favorecer las enfermedades fúngicas.

4.1. Supervivencia de las plantas

Al inicio del ensayo se parte de 24 plantas por parcela elemental y tras los 3 conteos realizados a lo largo del estudio, se observa que no han muerto plantas en ninguna de las tres repeticiones de cada una de los ensayos, por lo que no existen diferencias en la supervivencia de las plantas, entre ningún sistema de cultivo.

Al no aparecer ninguna planta muerta ni mostrar síntomas visibles de ninguna enfermedad, no se analizaron los patógenos de las plantas durante la campaña ni al final de la misma.

4.2. Monitoreo del riego, drenaje y sustrato. Estación de control.

Según los registros obtenidos en los pluviómetros de la estación, desde el 1 de diciembre de 2016 al 31 de mayo de 2017, se observa (Tabla 6), que el mes de mayo ha sido, con diferencia, el mes en el que se ha realizado un mayor aporte hídrico, debido a las mayores necesidades de la planta. El incremento del riego también ha supuesto un mayor drenaje (40.10 %), valor que únicamente ha sido superado en diciembre (48.61 % de drenaje).

MES	Dotación (litros)	Drenaje (litros)	Drenaje (%)
Diciembre	216,4	105.2	48.61
Enero	167,2	44.0	26.32
Febrero	291,6	108.8	37.31
Marzo	540,8	196.4	36.32
Abril	682,4	179.2	26.26
Mayo	1914,4	767.6	40.1

Tabla 6 - Datos medios mensuales de riego y drenaje

El porcentaje medio de drenaje, alcanzado a lo largo de toda la campaña de fresa, fue de un 36%. Estos valores se encuentran dentro de los recomendados en el cultivo sin suelo, evitando así la reconcentración de sales en el sustrato, que pudieran alterar el normal funcionamiento del cultivo.

En general el valor del pH obtenido en el riego y en el drenaje, se ha mostrado sin diferencias significativas, situándose en el caso del drenaje ligeramente por encima (registros realizados por la sonda de pH de la estación, desde el 1 de diciembre de 2016 al 31 de mayo de 2017) (Ver datos anexo 7.5).

La conductividad eléctrica del riego ha sufrido mucha variación a lo largo de la campaña. El drenaje ha experimentado un paulatino ascenso desde el mes de febrero, a causa de la reconcentración del sustrato, en el contenido de sales (registros realizados por la sonda de conductividad eléctrica de la estación, desde el 1 de diciembre de 2016 al 31 de mayo de 2017) (Ver datos anexo 7.5).

A continuación podemos también observar los datos medios de conductividad eléctrica y pH, medidos diariamente de forma manual con un conductivímetro y un pHmetro, respectivamente. (Tabla 7).

Mes	Dotación		Drenaje	
	pH	E.C.	pH	E.C.
Diciembre	7.19	1038.72	6.10	1339.92
Enero	6.15	1099.93	6.73	1144.41
Febrero	6.27	1346.91	6.88	1092.06
Marzo	6.98	1227.87	7.15	1292.84
Abril	7.16	1567.93	7.32	1559.03
Mayo	6.51	1056.25	5.90	1969.41

Tabla 7 - Datos medios mensuales de pH y conductividad eléctrica en riego y drenaje

En la tabla 8 se observan en el riego, mayores conductividades eléctricas medias, en los sistemas recirculantes que en la no recirculación. A su vez, la conductividad del drenaje en el sistema de no recirculación es inferior a la del riego, lo cual puede indicar que no se está reconcentrando la Solución fertilizante en los sacos.

EC Promedio	
Irrigación -NR	1185.13
Drenaje-NR	1077.20
Irrigación -RND	1216.13
Irrigación -RDO	1266.72
Irrigación -RDOI	1236.39

Tabla 8 - Datos medios de la campaña conductividad eléctrica del riego y del drenaje, para los 4 sistemas.

Los valores medios de pH han sido muy parecidos en los cuatro sistemas (Tabla 9).

pH Promedio	
Irrigación-NR	6.19
Drenaje-NR	6.17
Irrigación -RND	6.17
Irrigación -RDO	6.17
Irrigación -RDOI	6.06

Tabla 9 - Datos medios de pH del riego y del drenaje, para los 4 sistemas.

El consumo eléctrico de cada uno de los sistemas de desinfección, registrado desde el

21-04-16 (momento en el que se instalan los contadores), hasta el 2 de junio de 2016 (final de campaña) fue el siguiente:

Oxígeno ionizado: 279 Kw/h

Ozono: 52.5 Kw/h

4.3. Aporte de agua y aplicación de peróxido de hidrógeno (H₂O₂)

El consumo de agua a lo largo de toda la campaña, en los 4 sistemas ensayados, aparece en la tabla 10. Se observa que los tres sistemas de recirculación tienen un consumo muy similar entre si y respecto a la no recirculación, ha supuesto un ahorro aproximado de agua del 47%.

En esta campaña no fue necesario hacer “purgas” (liberar de los tanques de solución fertilizante, parte de su contenido) en ninguno de los tres sistemas de recirculación, al no registrarse valores atípicos de conductividad eléctrica o pH, que pudieran suponer un riesgo para el normal funcionamiento de la planta de fresa.

En el ensayo, a partir del 04-04-2017, comenzaron a aparecer problemas de obturación de goteros en los invernaderos en los que no se realizaba desinfección, es decir, en el de “no recirculación” y en el de “recirculación sin desinfección”. Por ello, se comenzó a aplicar al riego, H₂O₂ en continuo, con una riqueza del 50%, a una dosis de mantenimiento de 30 ppm, con un consumo de producto comercial de 15 L/ha para la recirculación sin desinfección y 30 L/ha para la no recirculación. Gracias a estas aplicaciones se consiguió erradicar el problema.

Tipos de sistemas	Dotación total (m ³ /ha)
NR: No Recirculación	4900
RND: Recirculación No Desinfección	2540
RDOI: Recirculación con Desinfección mediante Oxígeno Ionizado	2585
RDO: Recirculación con Desinfección mediante Ozono	2578

Tabla 10 - Consumo total

4.4. Analíticas de nutrientes

Los resultados de las analíticas muestran que Los valores obtenidos en la solución fertilizante de entrada en los 4 sistemas, han sido bajos y menores de los diseñados (fundamentalmente en el periodo vegetativo y en el primer periodo productivo). Esto ha estado motivado por la escasa diferencia de altura entre los tanques de solución madre y los de solución fertilizante, lo cual ha provocado una obturación en los microtubos de aporte de abono, traduciéndose en un menor rendimiento del esperado. Se ha observado una mayor obturación en el tanque de solución madre del nitrato cálcico.

El nivel de potasio de la solución fertilizante, en los cuatro sistemas ensayados, ha sido suficiente, mientras que el resto de macronutrientes, ha sido bajo.

La recirculación ha reconcentrado los iones Cl⁻ y Na⁺ (en los drenajes).

En los resultados de los análisis foliares de los tres sistemas de recirculación, apareció una deficiencia en manganeso en hoja, lo cual no sucedió en la no recirculación (Anexo 7.6 Analíticas de nutrientes).

4.5. Analíticas de patógeno

4.5.1. Analítica Primer Periodo

	Febrero	Abril
Aerobic mesophilic bacteria (CFU/mL)		
NR	3,5E+05	2,6E+05
RND	2,6E+04	2,7E+05
RDO	2,4E+04	3,9E+05
RDOI	3,7E+04	3,5E+04
Coliforms (NMP/100 mL)		
NR	>2,4E+05	>2,4E+05
RND	6,8E+04	>2,4E+05
RDO	8,5E+04	>2,4E+05
RDOI	7,5E+05	1,6E+05
E.coli (NMP/100 mL)		
NR	<1	<1
RND	7,2E+02	8,3E+01

	RDO	1,3E+02	6,0E+00
	RDOI	1,9E+02	7,4E+01
Salmonella spp.			
	NR	Abscence (in 100mL)	
	RND	Abscence (in 100mL)	
	RDO	Abscence (in 100mL)	
	RDOI	Abscence (in 100mL)	
Molds (CFU/mL)			
	NR	<100	<40
	RND	1,6E+03	9,7E+01
	RDO	9,7E+02	6,0E+01
	RDOI	9,0E+02	1,3E+02
Yeast (CFU/mL)			
	NR	2,7E+03	3,2E+02
	RND	4,5E+03	<40
	RDO	7,8E+03	4,7E+01
	RDOI	3,2E+03	1,0E+02
Pseudomonas spp. (CFU/mL)			
	NR	3,0E+05	8,1E+04
	RND	4,2E+03	2,0E+05
	RDO	8,0E+03	2,2E+05
	RDOI	6,0E+03	4,2E+05

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado Los valores son la media de tres réplicas.

Tabla 11 - Primer análisis microbiológico (14 de febrero y 14 de abril) de agua fertilizada de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa

El agua RND y RDOI muestreada en el período de recolección de febrero presentó conteos mesófilos aeróbicos muy similares al agua proveniente del período de recolección de abril. Con respecto a las muestras de agua RND y RDO; Hay un aumento en la presencia de bacterias mesofílicas de alrededor de 1 log, de febrero a abril. El mismo patrón se encuentra en el conteo de coliformes en los diferentes tipos de agua.

Los recuentos de E. coli obtenidos en las diferentes muestras de agua siempre fueron inferiores al nivel máximo establecido por la legislación española (102-103 UFC por 100 ml). Ninguna de las muestras de agua analizadas fueron positivas para

Salmonella spp.

Se detectaron altas cargas de mohos y levaduras en el primer período de muestreo (febrero). Dos meses después (abril), las poblaciones microbianas disminuyeron en todas las muestras de agua analizadas.

En el caso de Pseudomonas spp., Las poblaciones aumentaron (de febrero a abril) en un valor de 1,6; 1,4 y 1,8 log UFC / ml para muestras de agua RND, RDO y RDOI respectivamente. Solo en la muestra de agua NR, las poblaciones se redujeron (0,5 log UFC / ml). (Tabla 11)

4.5.2. Analítica Segundo Periodo

Los resultados obtenidos en las muestras de agua analizadas en el segundo período de la prueba (durante mayo) se presentan en las siguientes tablas.

La población bacteria mesófila aeróbica se indica en la *Tabla 12*. Estos resultados corresponden a la solución fertilizante agua fertilizada y al agua de los sistemas de drenaje, antes y después de los tratamientos de desinfección.

	Inicio May	Final May
Aerobic mesophilic bacteria (CFU/mL)		
Solución fertilizante:		
NR	2,2E+05	3,1E+03
RND	2,3E+03	1,4E+02
RDO	1,7E+05	5,0E+04
RDOI	1,5E+03	3,6E+04
Drenaje antes de la desinfección:		
NR	9,5E+04	4,3E+04
RND	1,4E+04	8,9E+04
RDO	2,7E+04	1,9E+04
RDOI	1,2E+04	3,9E+04
Drenaje después de la desinfección:		
RDO	4,4E+04	3,2E+04
RDOI	2,8E+04	5,0E+04

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado Los valores son la media de tres réplicas.

Tabla 12 - Análisis microbiológico (bacterias mesófilas aerobias) del agua fertilizada y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.

Las cargas de bacterias mesofílicas alcanzaron valores similares entre las cuatro muestras de agua diferentes analizadas antes de la desinfección (dentro del rango de 4,1-4,9 log UFC / ml a mediados de mayo y 4,2-4,9 log UFC / ml a finales de mayo) . En nuestro estudio, no se observaron diferencias en la población mesofílica después del tratamiento de desinfección.

La *Tabla 13* muestra los recuentos de coliformes en muestras de agua fertilizada y en agua proveniente de los sistemas de drenaje, antes y después de la desinfección.

	Inicio May	Final May
Coliforms (NMP/100 mL)		
Solución fertilizante:		
NR	>2,4E+04	<100
RND	4,1E+03	<10
RDO	>2,4E+04	2,3E+04
RDOI	1,0E+01	9,6E+03
Drenaje antes de la desinfección:		
NR	>2,4E+04	1,8E+04
RND	7,4E+03	>2,4E+04
RDO	5,5E+04	4,2E+04
RDOI	6,2E+04	2,1E+04
Drenaje después de la desinfección:		
RDO	1,7E+04	7,6E+03
RDOI	1,6E+04	1,8E+03

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado

Tabla 13 - Análisis microbiológico (coliformes) de agua fertilizada y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.

Con respecto a la eficacia del tratamiento de desinfección, las muestras de agua que se sometieron a tratamientos de ozono a mediados de mayo alcanzaron valores ligeramente reducidos a los obtenidos antes de la desinfección (4,7 log UFC / ml antes del tratamiento frente a 4,2 log UFC / ml después del tratamiento). Se obtuvieron resultados similares en muestras analizadas a finales de mayo (4,6 log UFC / ml antes del tratamiento frente a 3,9 log UFC / ml después del tratamiento).

De acuerdo con el tratamiento de desinfección ionizada por oxígeno, se observa una

reducción de 0,6 log UFC / ml en muestras de agua analizadas a mediados de mayo y 1,0 log UFC / ml en muestras analizadas a finales de mayo.

Los recuentos de E. coli obtenidos en las diferentes muestras de agua se presentan en la tabla 14.

	Inicio Mayo	Final Mayo
E.coli (NMP/100 mL)		
Solución fertilizante:		
NR	<10	<100
RND	1,0E+01	<10
RDO	<10	<100
RDOI	<10	1,0E+01
Drenaje antes de la desinfección:		
NR	7,3E+02	<100
RND	3,1E+01	<10
RDO	1,0E+01	<100
RDOI	2,1E+01	<100
Drenaje después de la desinfección:		
RDO	1,0E+01	1,0E+01
RDOI	1,0E+01	2,0E+01

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado

Tabla 14 - Análisis microbiológico (E. coli) de solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa...

Los resultados obtenidos siempre fueron inferiores al nivel máximo establecido por la legislación española (102-103 UFC por 100 ml).

Ninguna de las muestras de agua analizadas fueron positivas para Salmonella spp. (Tabla 15).

	Inicio Mayo	Final Mayo
Salmonella spp.		
Solución fertilizante:		
NR	Absence (in 100mL)	
RND	Absence (in 100mL)	
RDO	Absence (in 100mL)	
RDOI	Absence (in 100mL)	
Drenaje antes de la desinfección:		
NR	Absence (in 100mL)	
RND	Absence (in 100mL)	
RDO	Absence (in 100mL)	
RDOI	Absence (in 100mL)	
Drenaje después de la desinfección:		
RDO	Absence (in 100mL)	
RDOI	Absence (in 100mL)	

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado

Tabla 15 - Análisis microbiológico (Salmonella spp.) De solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.

Las poblaciones de mohos y levaduras se indican en las Tablas 16 y 17.

	Inicio Mayo	Final Mayo
Molds (CFU/mL)		
Solución fertilizante:		
NR	1,4E+02	6,0E+01
RND	1,5E+02	<40
RDO	6,5E+01	5,0E+01
RDOI	4,0E+01	<40
Drenaje antes de la desinfección:		
NR	5,5E+01	<40
RND	4,0E+01	6,0E+01
RDO	2,5E+01	1,1E+02
RDOI	8,0E+01	4,0E+01
Drenaje después de la desinfección:		
RDO	5,0E+01	5,5E+01
RDOI	5,0E+01	<40

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado

Tabla 16 - : Análisis microbiológico (moldes) de solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.

		Inicio Mayo	Final Mayo
Yeast (CFU/mL)			
Solución fertilizante:			
	NR	7,2E+02	1,1E+02
	RND	7,0E+01	<10
	RDO	4,0E+01	<40
	RDOI	4,0E+01	<40
Drenaje antes de la desinfección:			
	NR	2,7E+02	<40
	RND	7,0E+01	<40
	RDO	9,0E+01	<10
	RDOI	6,5E+01	<40
Drenaje después de la desinfección:			
	RDO	7,0E+01	<4E+02
	RDOI	2,0E+03	<40

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado

Tabla 17 - Análisis microbiológico (levadura) de solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.

La carga de levadura y mohos no se redujo mediante la aplicación de ninguno de los dos tratamientos de desinfección (ozono y oxígeno ionizado). En algunos casos incluso aumentó.

Se observó una situación paralela en los números de *Pseudomonas* spp, que alcanzaron conteos similares o incluso más altos después del tratamiento de desinfección (Tabla 19).

	Inicio Mayo	Final Mayo
<i>Pseudomonas</i> spp. (CFU/mL)		
Solución fertilizante:		
NR	3,8E+04	<100
RND	1,1E+02	<10
RDO	1,0E+04	3,8E+03
RDOI	<10	2,5E+03
Drenaje antes de la desinfección:		
NR	1,5E+03	1,2E+04
RND	2,5E+03	2,1E+04
RDO	9,7E+02	4,4E+03
RDOI	2,6E+03	6,8E+03
Drenaje después de la desinfección:		
RDO	2,3E+03	1,6E+03
RDOI	1,2E+03	2,2E+03

NR: sin recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación y desinfección con ozono, RDOI: recirculación con desinfección con oxígeno ionizado Los valores son la media de tres réplicas.

Tabla 18 - Análisis microbiológico (*Pseudomonas* spp.) De solución fertilizante y drenaje antes y después de la desinfección de las cuatro líneas diferentes de sustrato hidropónico de fresa.

En general, no se observaron diferencias en el recuento de microorganismos en los drenajes antes y después del sistema de desinfección, lo que llevó a deducir que el tratamiento no fue efectivo (ni en el caso del ozono ni en el caso del oxígeno ionizado). Los instaladores de ambos sistemas reconocieron la baja intensidad del tratamiento mantenido durante el transcurso de la prueba y también, en el caso de la máquina de ozono, el corto tiempo de exposición del drenaje al ozono.

Tampoco hubo diferencias apreciables importantes entre los sistemas de desinfección y los otros dos sistemas: "sin recirculación" y "recirculación sin desinfección". Debe tenerse en cuenta que, desde abril en adelante, en los sistemas donde no había instalado un sistema de desinfección y debido a los problemas de obstrucción de la alimentación por goteo que aparecían en ellos, se añadió peróxido de hidrógeno al 50%, a una dosis de mantenimiento, que también podría han tenido un efecto sobre los patógenos.

Todos los datos se pueden ver en el anexo 7.7. Análíticas patógenas

4.6. Cosecha de cultivos

4.6.1. Monitoreo de caracteres asociados a la producción.

- **Vigor de las plantas:**

Tras el hacer la medición de las plantas para el segundo, se destacó un mayor vigor en las plantas del sistema de recirculación sin desinfección, (Figura 15). Sin embargo, tras el análisis estadístico realizado, se concluye que no existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de confianza del 95%, en el vigor medio de las plantas, entre los cuatro Sistemas ensayados (Figura 16).

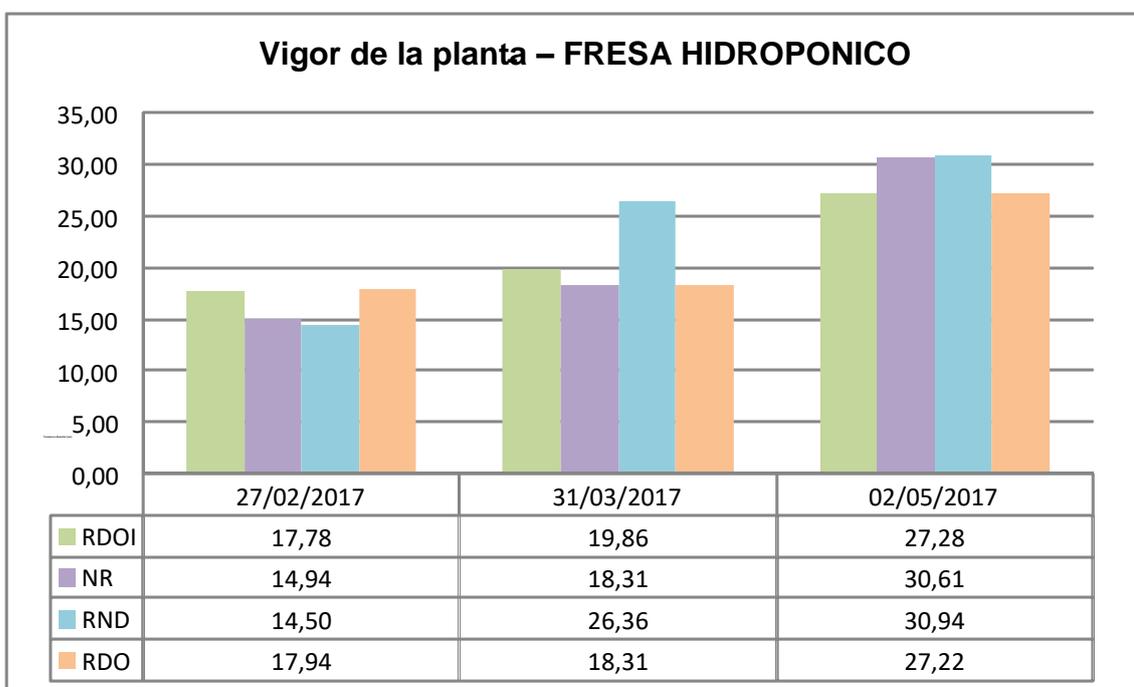


Figura 15 - Vigor de las plantas por muestreo

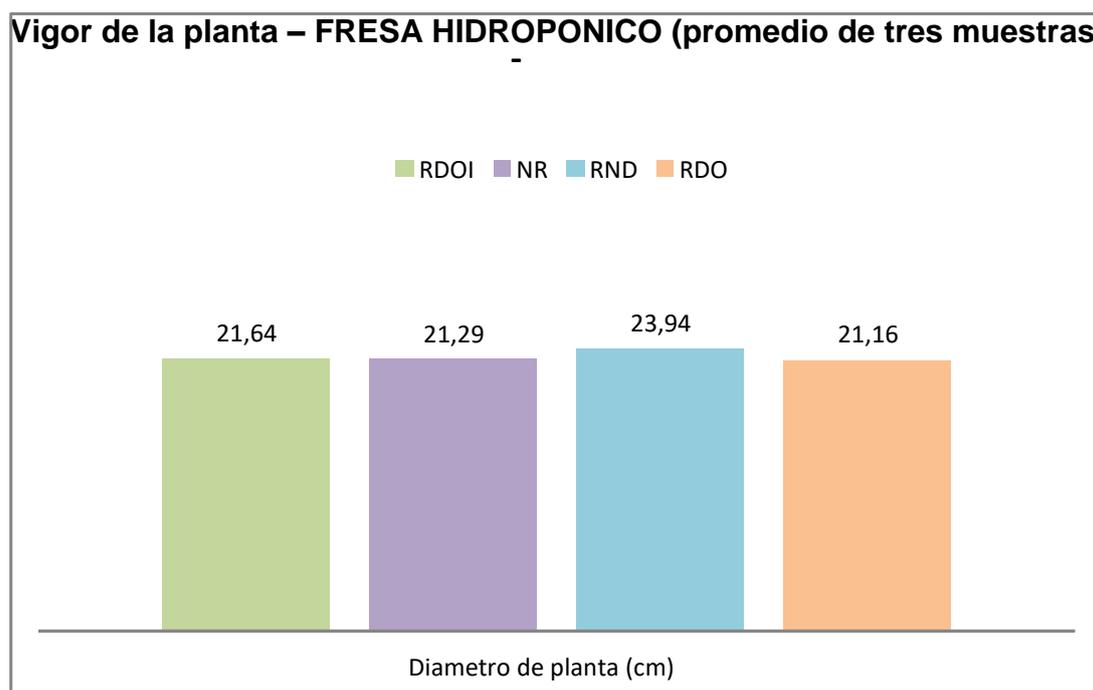


Figura 16 - Vigor de las plantas (media de tres muestreos)

- **Producción acumulada:**

Se consideran dos categorías comerciales 1ª y 2ª, mediante la cosecha a lo largo del ciclo del cultivo, de la totalidad de las plantas/parcela elemental. La producción de primera corresponde a frutos no deformados, la producción de segunda a frutos deformados o de un tamaño más pequeño. Además se calcula la producción total, en gramos/planta y la producción precoz, acumulada hasta el 31 de marzo.

- **Producción Precoz:**

La producción obtenida desde el inicio de campaña hasta el 31 de marzo, es un parámetro con gran importancia económica, debido a su mayor precio en los mercados. En el estudio se obtuvieron diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95%, entre los cuatro sistemas analizados, siendo mayor la producción precoz en el sistema RDOI: “recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado” con una diferencia de un 18%, 24% y 25% más de producción que los sistemas de NR (no recirculación), RND (recirculación sin desinfección) y RDO (recirculación con desinfección por ozono), respectivamente. (Figura 17)

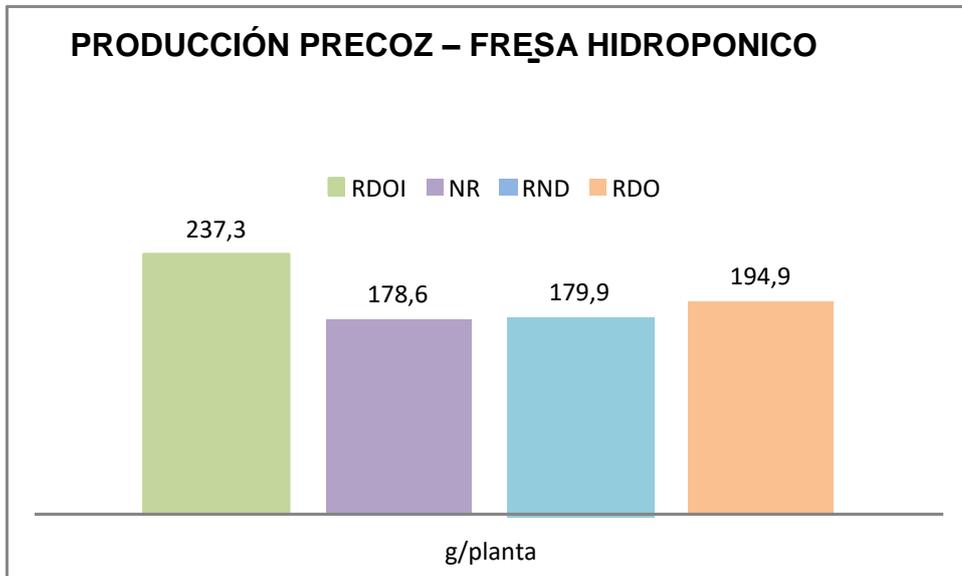


Figura 17 - Producción Precoz

- **Producción de 1ª categoría**

Se obtuvieron valores algo superiores con los dos sistemas de recirculación con desinfección mediante ozono y oxígeno ionizado, sin embargo no existen diferencias estadísticas entre los cuatro ensayos. (Figura 18)

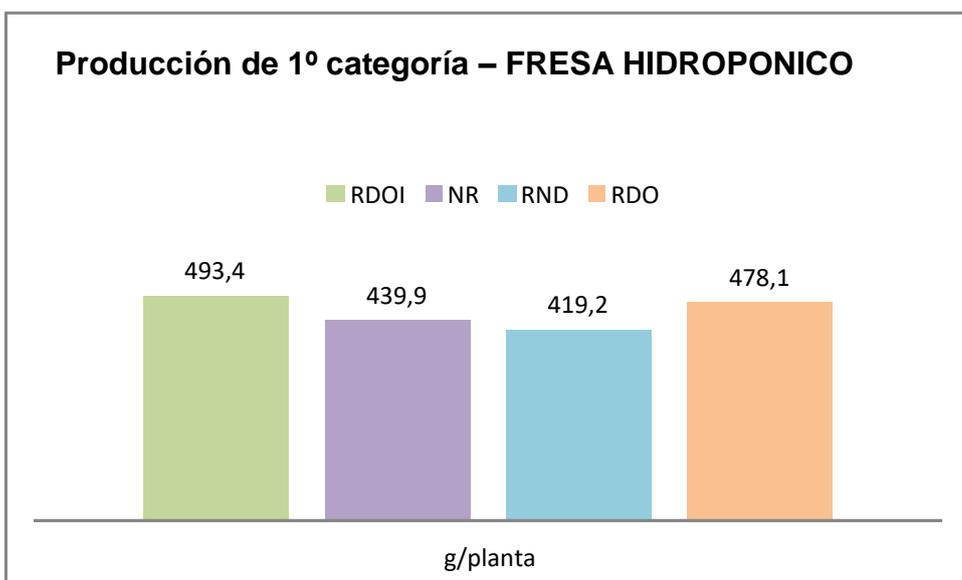


Figura 18 - Producción de 1ª categoría

- **Producción de 2ª categoría:**

Los análisis estadísticos revelaron la no existencia de diferencias estadísticas en la producción de 2ª categoría, entre ninguno de los cuatros sistemas estudiados. (Figura 19)

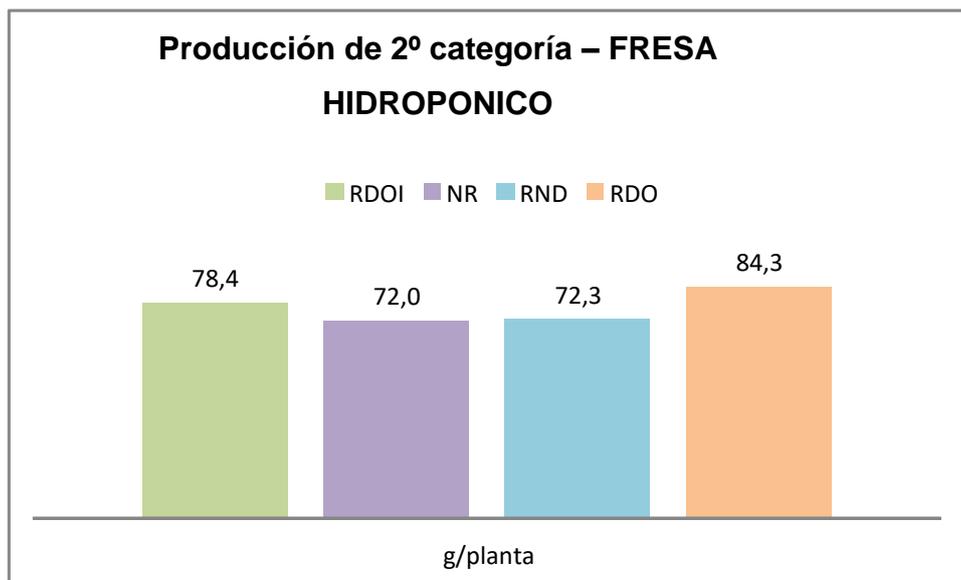


Figura 19 - Producción de 2ª categoría

- **Producción Total:**

La producción total es la suma de la producción en gramos, de primera y segunda categoría, a lo largo de toda la campaña.

Se observa que el sistema con el que se obtuvo una menor producción total fue la recirculación sin desinfección, seguida de la no recirculación, obteniéndose las mayores producciones con los sistemas de recirculación con desinfección. De cualquier modo, no existían diferencias estadísticas significativas al nivel de confianza del 95% en la producción total, entre los cuatro sistemas del estudio. (Figura 20)

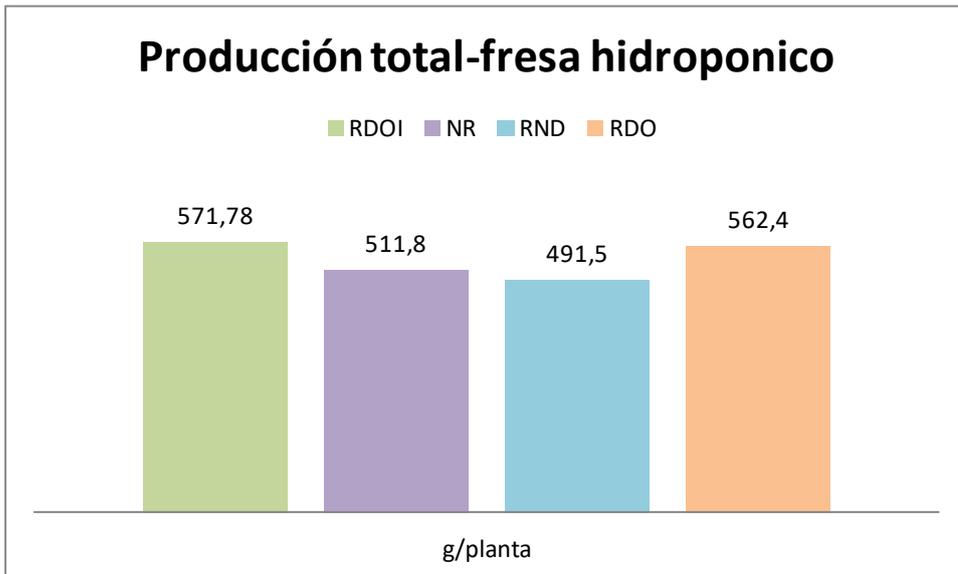


Figura 20 - Producción total

En la figura 21 se observa que el sistema de recirculación con desinfección por oxígeno ionizado, presenta una producción total acumulada que se encuentra algo por encima del resto de tesis pero, a partir de abril, el ozono tiene un comportamiento muy similar.

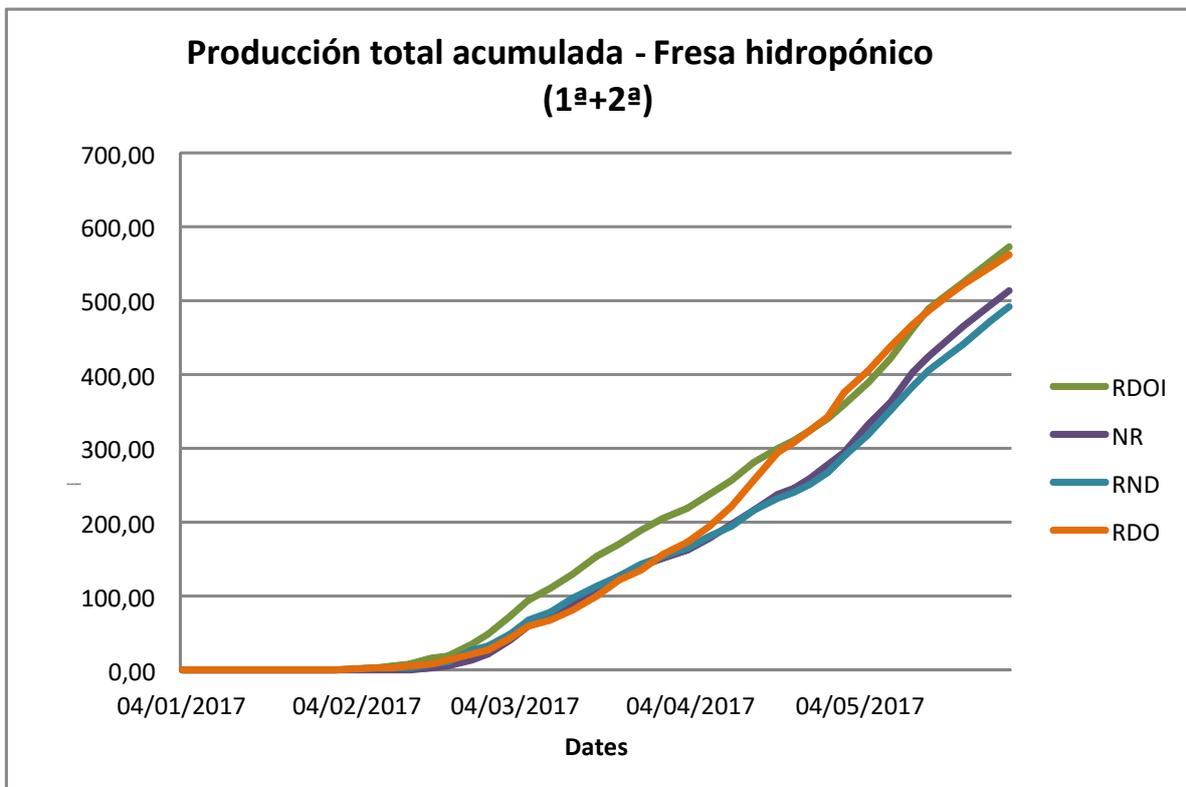


Figura 21 - Evolución temporal de la producción total a lo largo de la campaña

- Peso medio de los frutos:

El peso medio de los frutos ha ido disminuyendo conforme avanzó la campaña, tal y como se puede observar en los diferentes muestreos (figura 22), no existiendo diferencias estadísticas en el valor medio de los seis muestreos realizados a lo largo del presente ensayo, entre ninguno de los sistemas estudiados (figura 23).

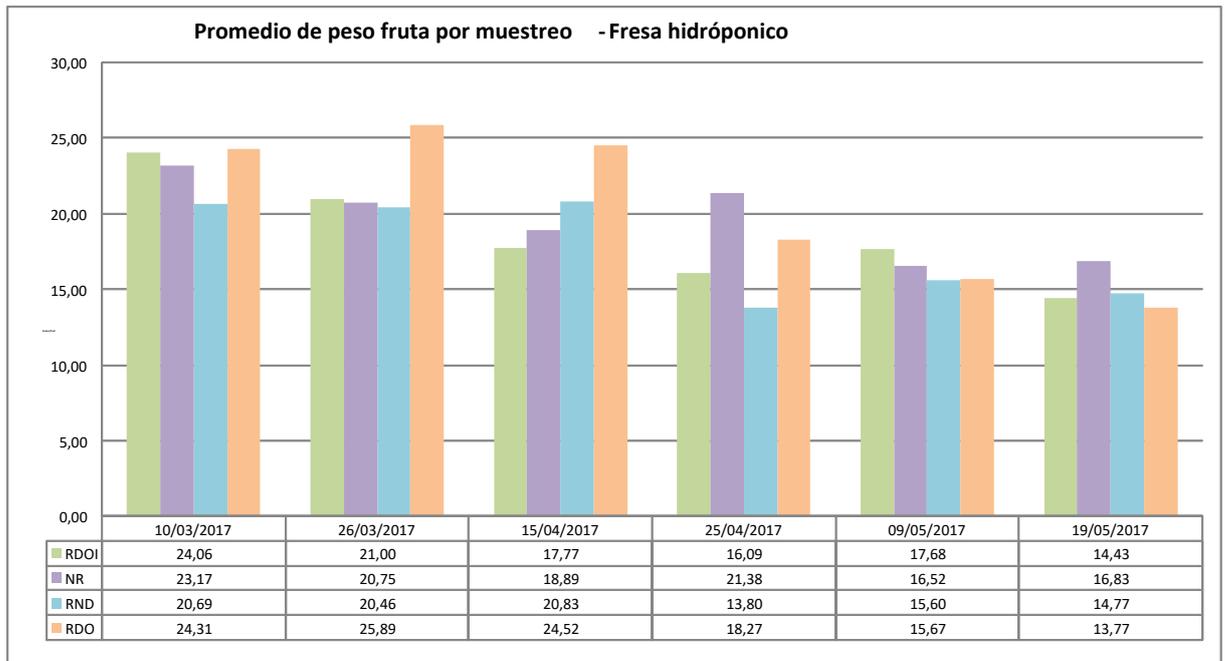


Figura 22- Peso medio de fruto por muestreos

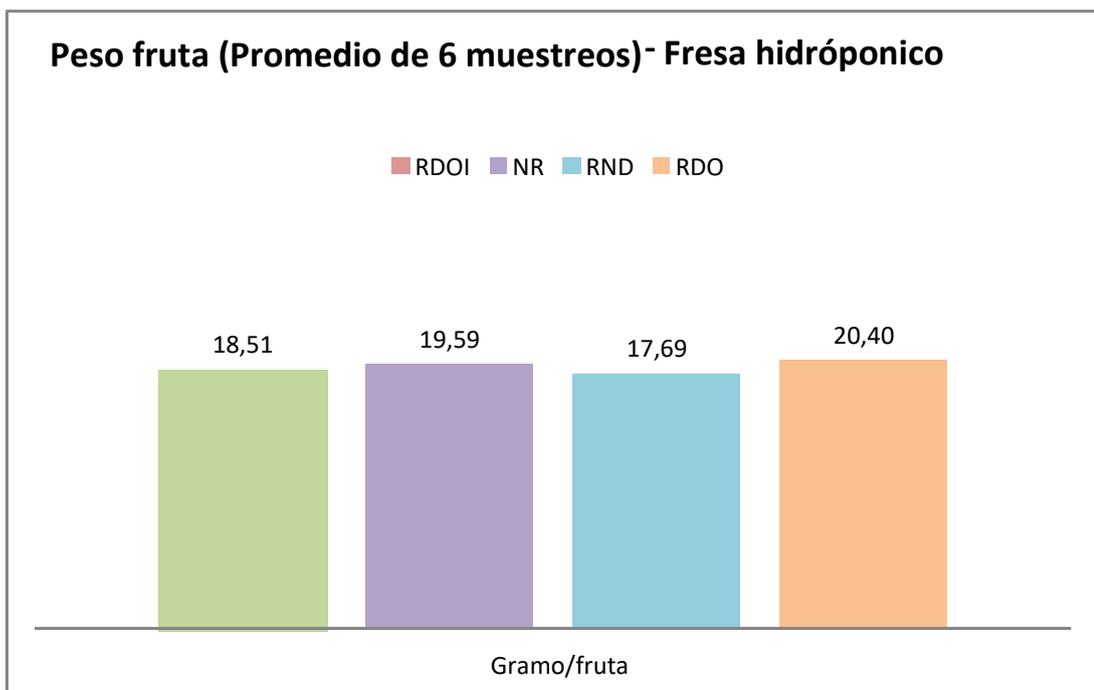


Figura 23 - Peso medio del fruto (media de 6 muestreos)

En la siguiente tabla podemos observar las correlaciones estadísticas según los parámetros analizados con los **ensayos evaluados**. Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes con un $\alpha = 0.05$

Tesis (l/h l.m.)	Temprana produccion (t.ha ⁻¹)	1 categoría (t.ha ⁻¹)	2 nd categoría (t.ha ⁻¹)	Total produccion (t.ha ⁻¹)	Fruta peso medio (g/fruit)	Vigor de la planta (cm)	% 2 ^o categoría
RDOI	22.78 a	47.36 a	7.53 a	54.89 a	18.51 a	21.64 a	13.72
NR	17.15 b	42.23 a	6.91 a	49.14 a	19.59 a	21.29 a	14.06
RND	17.27 b	40.24 a	6.94 a	47.18 a	17.69 a	23.94 a	14.71
RDO	18.71 b	45.90 a	8.09 a	53.99 a	20.40 a	21.16 a	14.98

Tabla 19 - Resultados estadísticos de los diferentes caracteres evaluados

4.6.2. Evaluación de la calidad de la fruta.

Para evaluar la calidad de la fruta, se utilizaron dos parámetros: la firmeza de las frutas y el azúcar total (grados Brix).

- Firmeza del fruto:

La determinación de la firmeza o dureza del fruto es de gran utilidad en el control de su maduración. La firmeza se expresa como la fuerza ejercida sobre la fruta en gramos por lo que si se desea obtener la presión ejercida en kg/cm², se debe tener en cuenta la sección del puntal elegido.

Generalmente, la firmeza o dureza de una fruta que medimos con un penetrómetro va disminuyendo conforme avanza su proceso de maduración. No obstante, debe tenerse en cuenta que la firmeza de un mismo tipo de fruta puede variar, bien por condiciones muy generales (como la variedad o la región de cultivo), o bien por motivos más específicos como el tamaño o la temperatura de la fruta en el momento de medir con el penetrómetro (cuanto mayores sean el tamaño o la temperatura, menor firmeza presentará la fruta).

Los estudios estadísticos indicaron que no existían diferencias estadísticas en la firmeza de los frutos, media de los cinco muestreos realizados a lo largo de la campaña, entre los cuatro sistemas ensayados (Figuras 24 y 25).

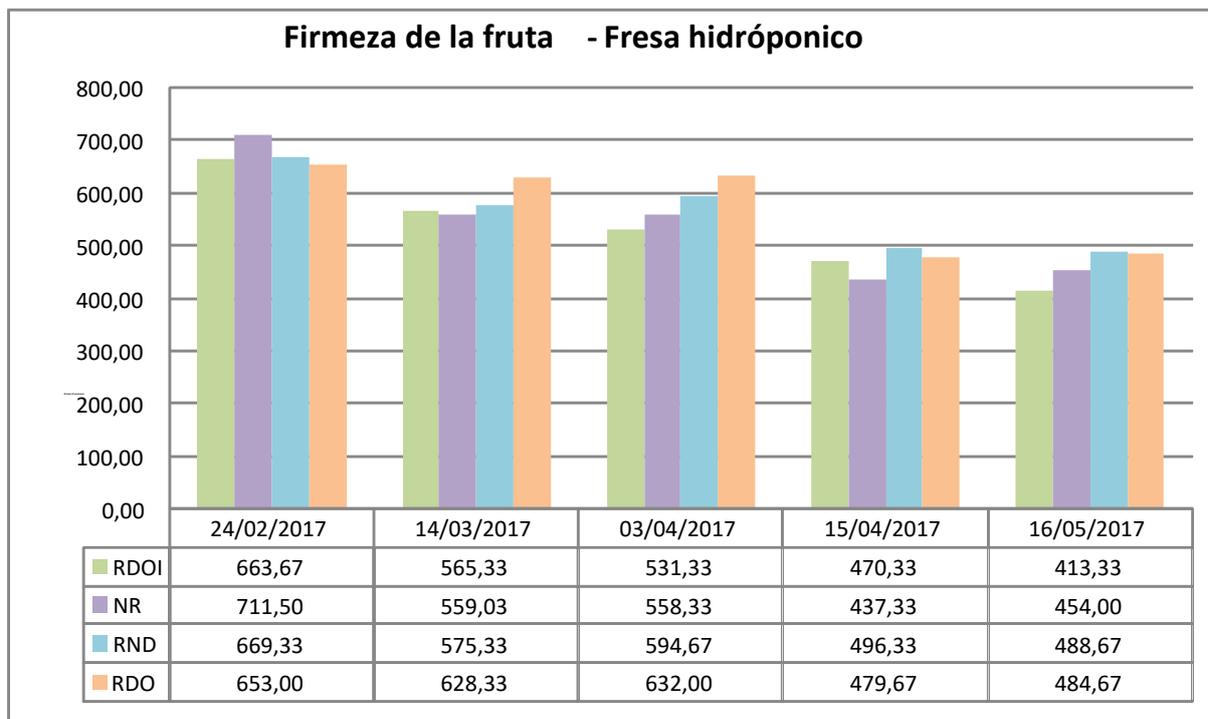


Figura 24 - Firmeza de los frutos en los diferentes muestreos

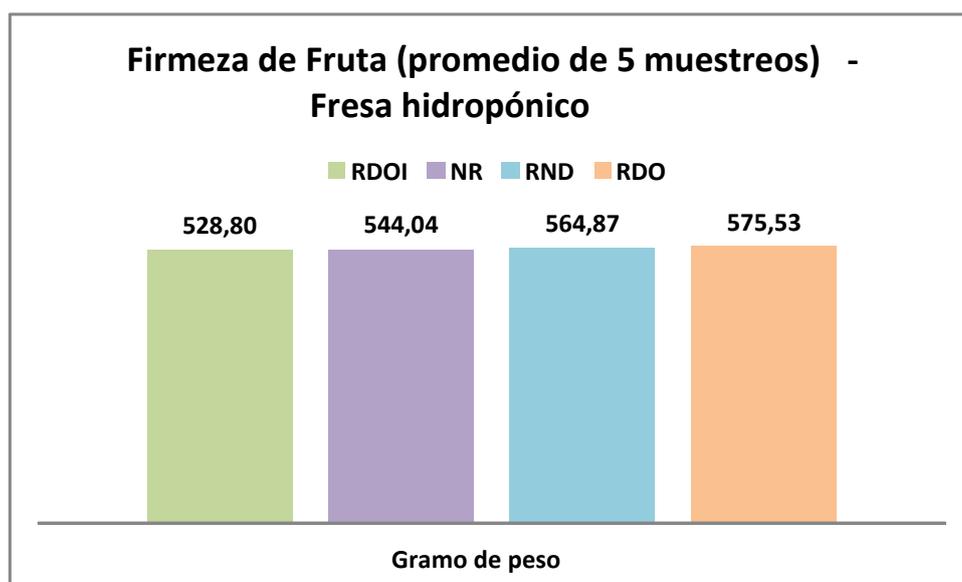


Figura 25 - Firmeza de los frutos (media de 5 muestreos)

- Grados Brix (contenido en sólidos solubles):

Los estudios estadísticos indican que no existen diferencias estadísticas a un nivel de confianza del 95%, en los grados Brix, media de los cinco muestreos, entre ninguno de los cuatro sistemas analizados (*Figuras 26 y 27*).

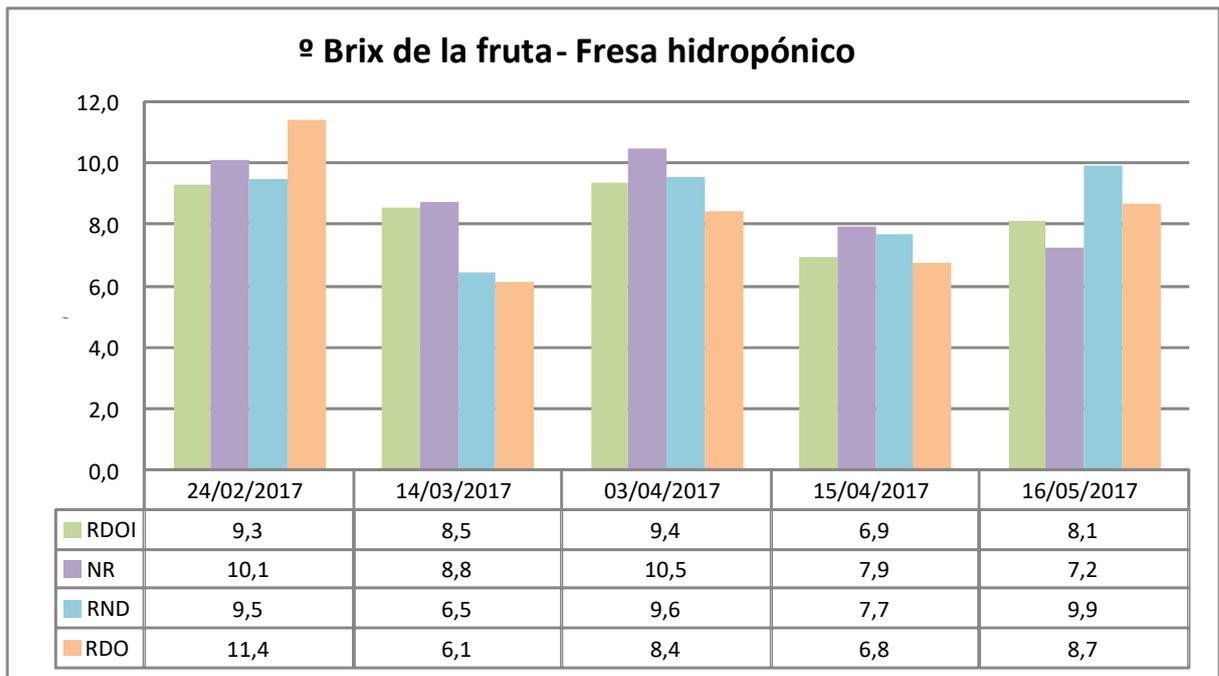


Figura 26 - Grados Brix de los frutos en los diferentes muestreos

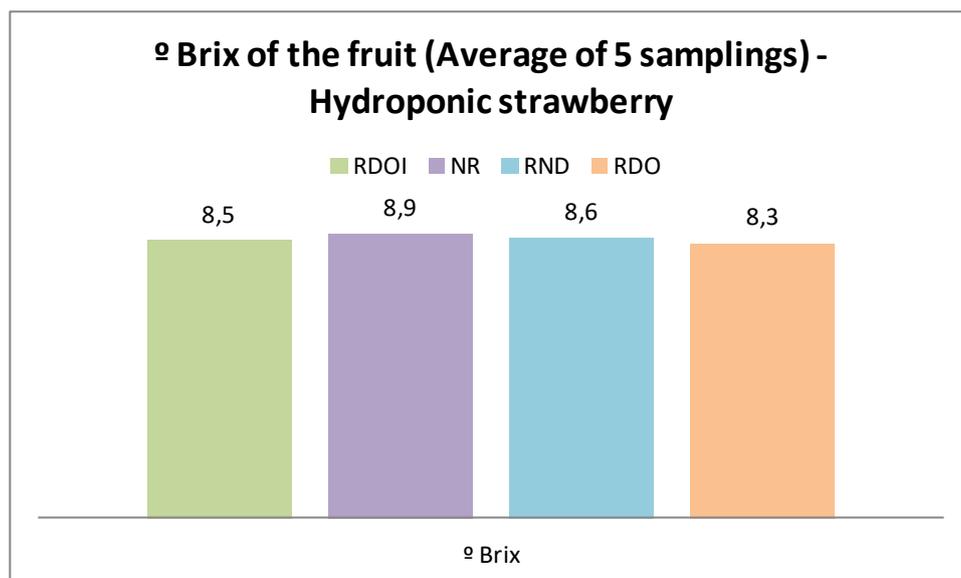


Figura 27 - Grados Brix de los frutos (media de 5 muestreos)

La *tabla 20* está elaborada de los datos estadísticos evaluados de los caracteres de calidad. Se observa que no hay diferenciación significativa en los valores obtenidos en los cuatro ensayos.

Tipo de sistema	Total Azucares (°Brix)	Firmeza (g.cm ⁻²)
RDOI	8.5 a	528.80 a
NR	8.9 a	544.04 a
RND	8.6 a	564.87 a
RDO	8.3 a	575.53 a

Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes con un $\alpha = 0.05$

Tabla 201 - Caracteres asociados a la calidad de los frutos.

De los resultados obtenidos de los análisis estadísticos de significancia sobre los caracteres asociados a la producción y calidad del fruto, podemos concluir que no existen diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95% en la producción de 1ª y 2ª categoría, ni en la producción total, así como en el vigor de la planta, peso medio, firmeza y grados Brix del fruto, entre los cuatro sistemas estudiados.

Únicamente se han obtenido diferencias estadísticas en la producción precoz, siendo el valor superior para el sistema de recirculación con desinfección por oxígeno ionizado.

En la tabla 21 se expone la “huella hídrica”, es decir, los litros de agua consumidos por kg de fresa obtenido, para cada uno de los cuatro sistemas de cultivo sin suelo.

Tipo de Sistema	Total m3/ha	Producción(kg/ha)	Huella Hídrica (l/kg)
NR	4900	49136 a	99
RND	2540	47180 a	53
RDOI	2585	54891 a	47
RO	2578	53990 a	47

Los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes con un $\alpha = 0.05$

Tabla 21 - Huella hídrica para cada uno de los cuatro sistemas de cultivo.

Se llega a la conclusión que aunque los sistemas hidropónicos sean más eficientes en

el manejo de los insumos y recursos que los cultivos tradicionales de suelo. Utilizando sistemas de recirculación, reciclado y reutilización del agua de drenaje, se puede llegar a reducir cuantiosamente la huella hídrica del cultivo. Por lo que sería correcto decir que estos sistemas son más eficientes en los recursos hídricos.

5. CONCLUSIONES

Con la elaboración de este trabajo, se ha tratado de estudiar algunos de los diferentes sistemas de producción en fresa cultivada en hidropónia, con la finalidad de maximizar la productividad de recursos e investigar las posibilidades de reciclado y la reutilización del agua de drenaje, que en la gran mayoría de explotaciones se desecha, para así elaborar una estrategia sostenibles con el medio ambiente y eficiencia en los recursos (Concepto Verde Integral). Este ensayo se realizó en Huelva (España), utilizando un total de 4 sistemas de cultivo sin suelo: Sin recirculación, Recirculación sin desinfección, Recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado y Recirculación con desinfección mediante ozono en condiciones reales del campo con el objetivo de encontrar la solución más adecuada y rentable para el rendimiento del cultivo.

Los factores climáticos como la temperatura del aire, la humedad relativa, la lluvia y la radiación solar, estuvieron dentro de los datos históricos climáticos de la última década en la región de Huelva. De acuerdo con esto, los resultados de este estudio pueden aplicarse a regiones donde las condiciones edafo-climáticas son similares.

En el presente estudio se ha efectuado un manejo eficiente de los recursos, en el cultivo de la fresa, mediante el uso de datos agro-climáticos, datos que se han obtenido a través de una estación control que nos ha permitido obtener información sobre la humedad y dinámica del agua del sustrato, al igual de % de drenajes tras los riegos y datos obtenidos de análisis de macro y micronutrientes de la solución fertilizante, drenajes, sustrato y hoja, así como de análisis de patógenos de los drenajes.

Del análisis de los parámetros: vigor de la planta, producción precoz, producción de 1ª categoría, 2ª categoría, producción total, peso medio, °Brix y firmeza del fruto, se concluye que únicamente existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de confianza del 95%, en la producción precoz, entre los cuatro sistemas, siendo superior en la Recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado.

Para el resto de parámetros, tanto los asociados a la producción, como a la calidad, las plantas han tenido un comportamiento agronómico similar en los 4 sistemas estudiados.

Las concentraciones de nutrientes de las soluciones fertilizantes han sido menores a las diseñadas, lo cual ha afectado negativamente sobre el rendimiento del cultivo, el cual ha sido menor al esperado, en los cuatro sistemas de cultivo sin suelo.

En los sistemas de recirculación apareció una deficiencia en manganeso en las hojas y se han reconcentrado los iones Cl^- y Na^+ en los drenajes.

En general, no se han observado diferencias en el recuento de microorganismos de los drenajes antes y después del sistema de desinfección por lo que se deduce que tanto el tratamiento con ozono como con oxígeno ionizado, no han sido lo suficientemente efectivos en las condiciones de este estudio, debido a la baja intensidad en el tratamiento de ambos sistemas, mantenida a lo largo del ensayo, y además, en el caso de la máquina de ozono, el poco tiempo de exposición del drenaje al O_3 .

Los tres sistemas de recirculación (Recirculación sin desinfección, Recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado y Recirculación con desinfección mediante ozono) han consumido aproximadamente la mitad de agua que en el caso del sistema sin recirculación.

El consumo eléctrico de cada uno de los sistemas de desinfección, registrado desde el 21-04-17 hasta final de campaña, indica que el sistema de ozono consumió aproximadamente un 80% menos de energía, obteniéndose resultados muy similares, tanto en control de patógenos como en rendimiento y calidad del fruto, excepto en la "producción precoz" que fue significativamente superior con el oxígeno ionizado.

Según los datos de las analíticas, los valores obtenidos en la solución fertilizante de entrada en los 4 sistemas, han sido bajos y menores de los diseñados (fundamentalmente en el periodo vegetativo y en el primer periodo productivo). Esto ha estado motivado por la escasa diferencia de altura entre los tanques de solución madre y los de solución fertilizante, lo cual ha provocado una obturación en los microtubos de aporte de abono, traduciéndose en un menor rendimiento del esperado.

En las próximas campañas donde se quiera repetir el ensayo, se recomienda ajustar las dosis y tiempos de desinfección para conseguir eliminar todos los gérmenes y solucionar el problema del aporte de abonos de los tanques de solución madre a los tanques de solución fertilizante, para obtener el mayor rendimiento posible.

6. BIBLIOGRAFÍA

Adesva, Centro Tecnológico de la Agroindustria, 2010. Análisis de la campaña hortofrutícola de Huelva.

Agenda del Regadío Andaluz Horizonte 2015. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. 2011.

A. Peralbo, F. Flores and J. López-Medina. Recirculating Nutrient Solution in Strawberry. Dpto. Ciencias agroforestales. Universidad de Huelva Spain.

C. Poncet, M. Offroy, G. Bonnet, R. Brun. Disinfection of recycling water in rose cultures. ISHS Acta Horticulturae 547: III International Symposium on Rose Research and Cultivation.

Ehret, DL; Alsanius, B; Wohanka, W; et al. Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. AGRONOMIE Volume: 21 Issue: 4 Pages: 323-339 Published: MAY-JUN 2001.

Estrategía Nacional de Regadíos., 2015. Evaluación Ambiental Estratégica de la Estrategia nacional para la Modernización Sostenible de los Regadíos. Horizonte 2015. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España

FAO, FIDA, OMS. (2017). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2017. Fomentando la resiliencia en aras de la paz y la seguridad alimentaria.

Fundación Doñana 21. (2006). Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles. In: De la Agricultura al desarrollo Rural Sostenible, Available at <http://www.donana.es/wp-content/uploads/2013/01/Manual-Buenas-practicas-agrarias-sostenibles.pdf>.

Gavilán, P., Ruiz, N., Lozano, D., 2014 . Estimación de la evapotranspiración del cultivo de la fresa basada en pronósticos meteorológicos. Validación con datos experimentales. V Jornadas de Agrometeorología. Valencia 13 y 14 de noviembre de 2014.

García Morillo, J., Montesinos, P, Rodríguez Díaz, JA, Camacho, E., y Hess, T., 2012. Hacia la sostenibilidad del cultivo de la fresa: demanda real de riego y posibilidades de mejora. Actas del XXX congreso nacional de riegos, D-1, 149-150.

García Morillo, J. (2015). Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana (tesis doctoral). Universidad de Córdoba.

Gómez Ramos, A., Iglesias Martínez, E., & Garrido Colmenero, A. (2002). Evaluación de la garantía de suministro de agua a la agricultura. Una aplicación a la cuenca del Guadalquivir. Ingeniería del agua, 2002, vol. 9, núm. 3.

INE. 2008. Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadística. Estadísticas e Indicadores de Agua. Datos correspondientes a 2005.

Junta de Andalucía. (2013). Estación Meteorológica de Lepe.
https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController?action=Static&url=coordenadas.jsp&c_provincia=21&c_estacion=2

MAARM. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente., 2006. Hechos y cifras de la agricultura, la pesca y la alimentación en España. Gobierno de España.

Martín Arroyo, M., (2013). Influencia del Riego en la Sostenibilidad del Uso del Agua en el Cultivo de la Fresa en el Entorno del Parque Nacional de Doñana. (Influence of irrigation on water use sustainability in strawberry cultivation in the surroundings of Doñana National Park). Degree dissertation. UCO.

M. Urban, J. Motteram, H.-C. Jing, S. Powers, J. Townsend, J. Devonshire, I. Pearman, K. Kanyuka, J. Franklin and K.E. Hammond-Kosack. Inactivation of plant infecting fungal and viral pathogens to achieve biological containment in drainage water using UV treatment. Journal of Applied Microbiology ISSN 1364-5072

Manual de la empresa que suministra el ozono LWT Luft Wasser Technik GmbH

Plan Nacional de Regadíos, Horizonte 2008. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España.

WILHITE, D.A. 1993. The enigma of drought. In Drought Assessment, Management and Planning: Theory and Case Studies, edited by D. A. Wilhite. Boston: Kluwer Academic Publishers.

7. ANEJOS

7.1. Localización del campo de ensayo Adesva

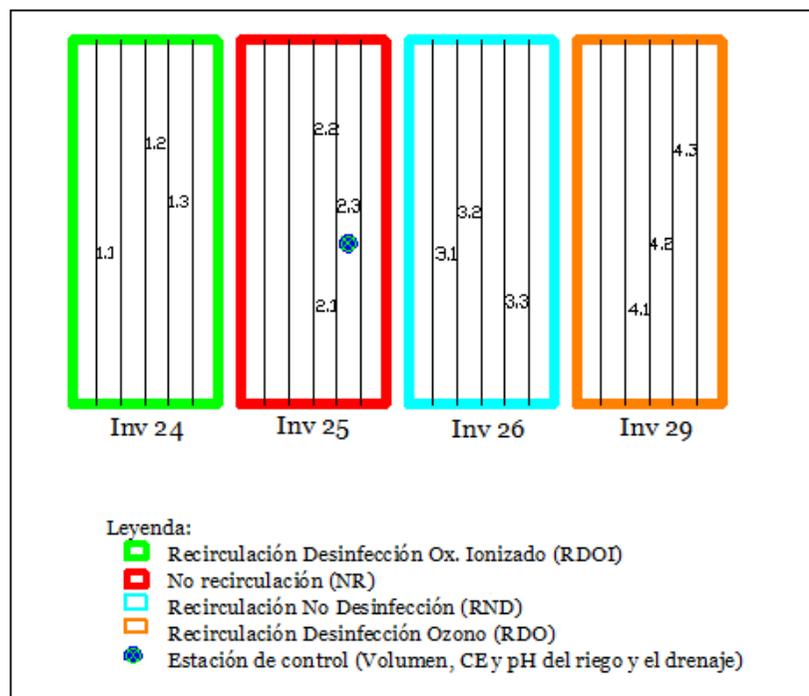
7.1.1. Foto aérea de la localización de la parcela experimental de Adesva



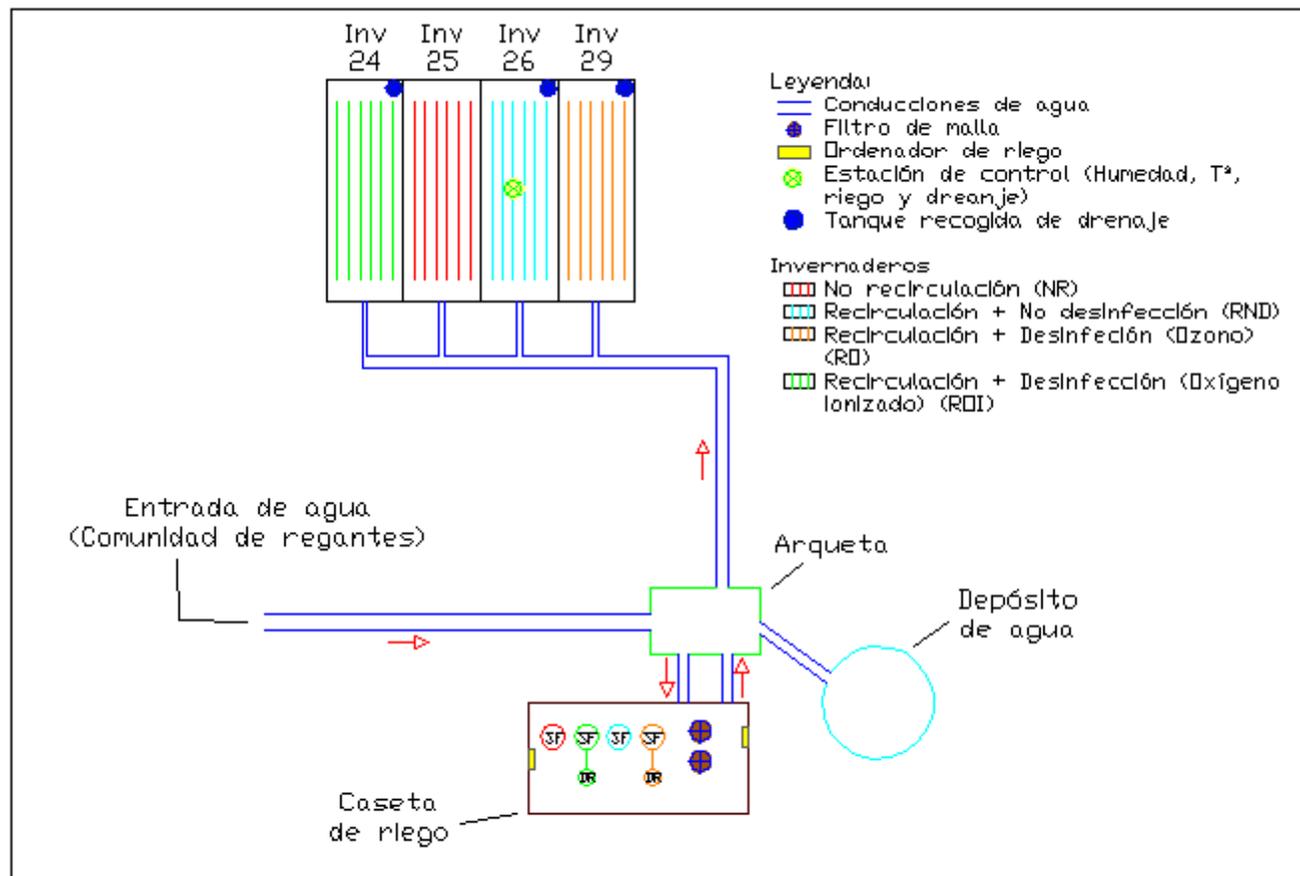
7.1.3.- Esquema de la parcela experimental Adesva. Localización invernaderos del ensayo



7.2. Croquis del ensayo



Parcela Experimental Adesva



Parcela Experimental Adesva

7.3. Datos climáticos.

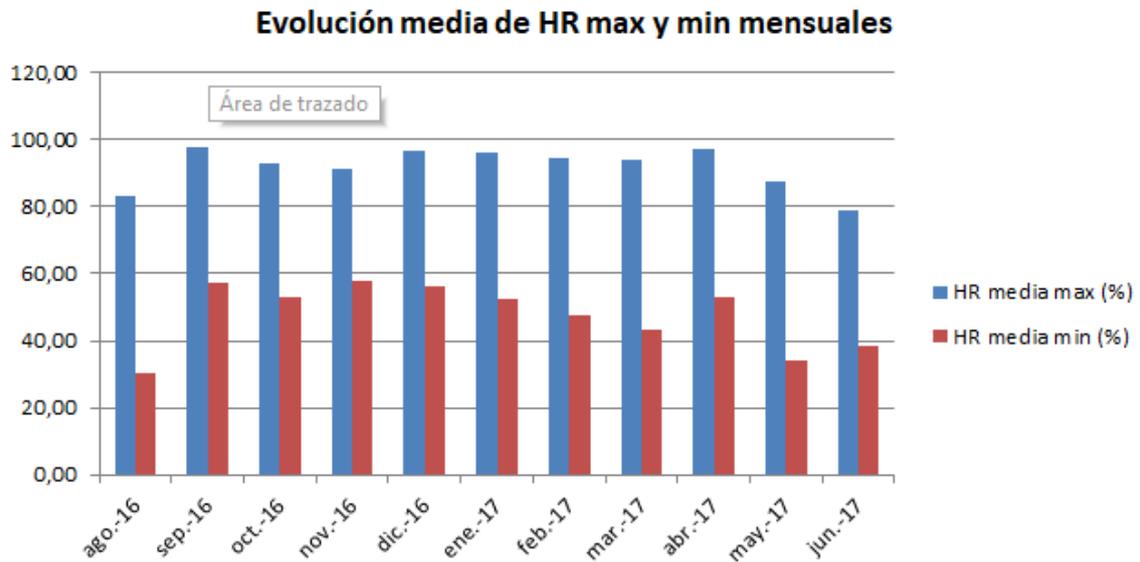


Figura 28 - Evolución media de Humedad Relativa Max y min mensuales durante la campaña

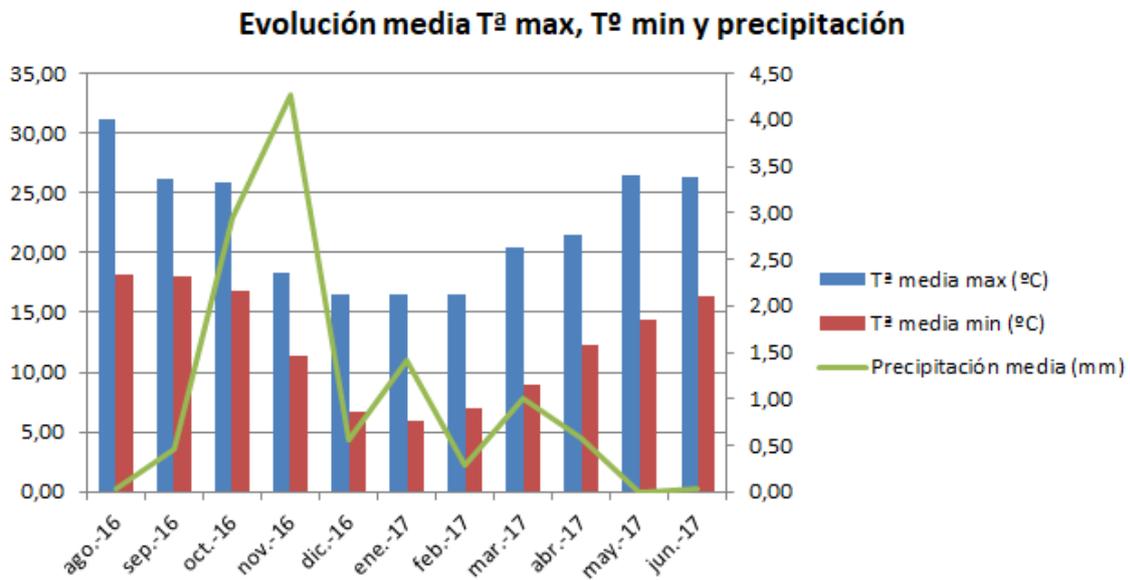


Figura 29 - Evolución media de Temperatura máxima, Temperatura mínima y precipitación durante la campaña

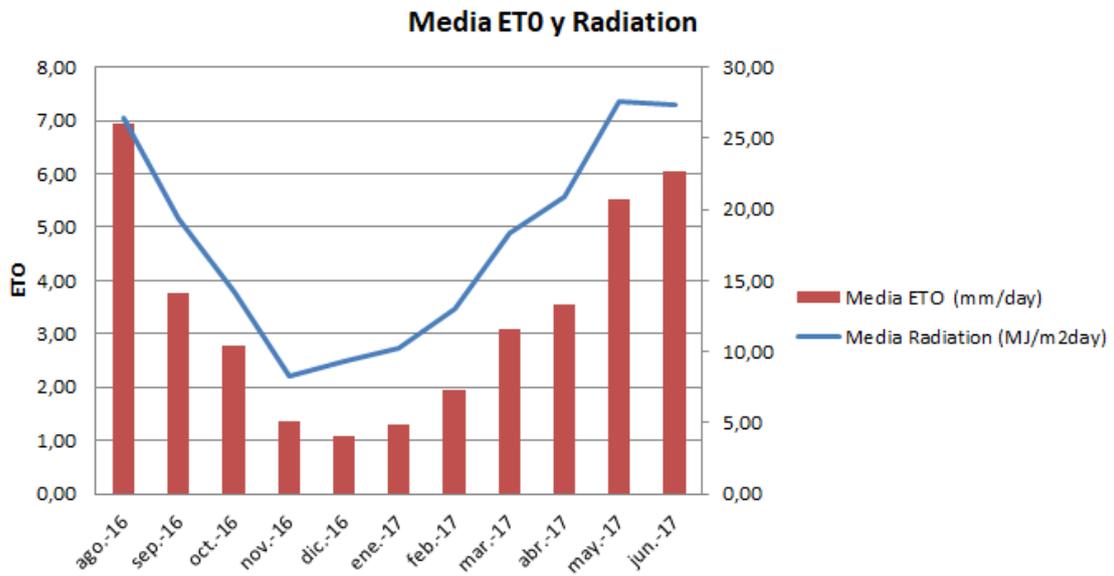
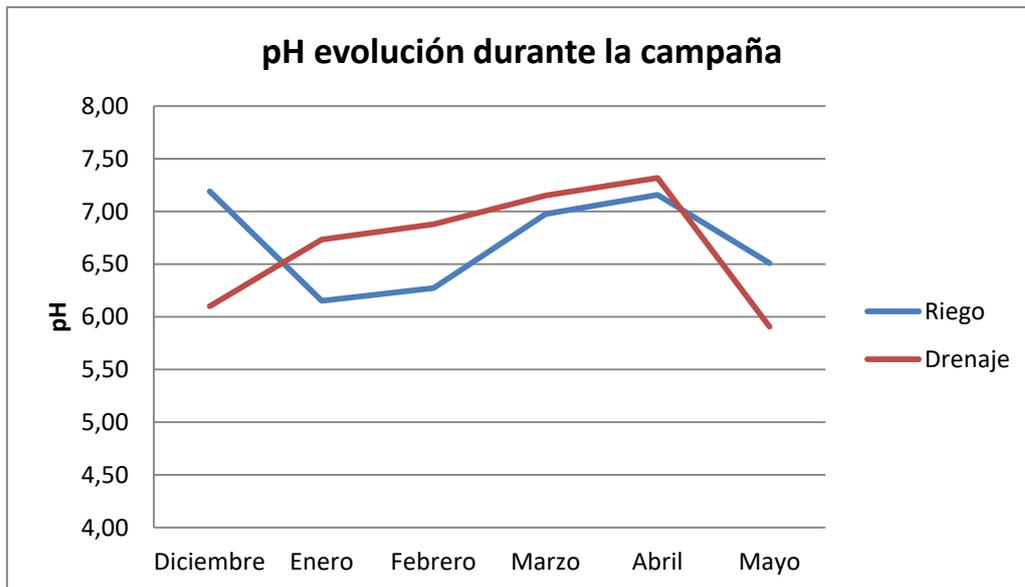
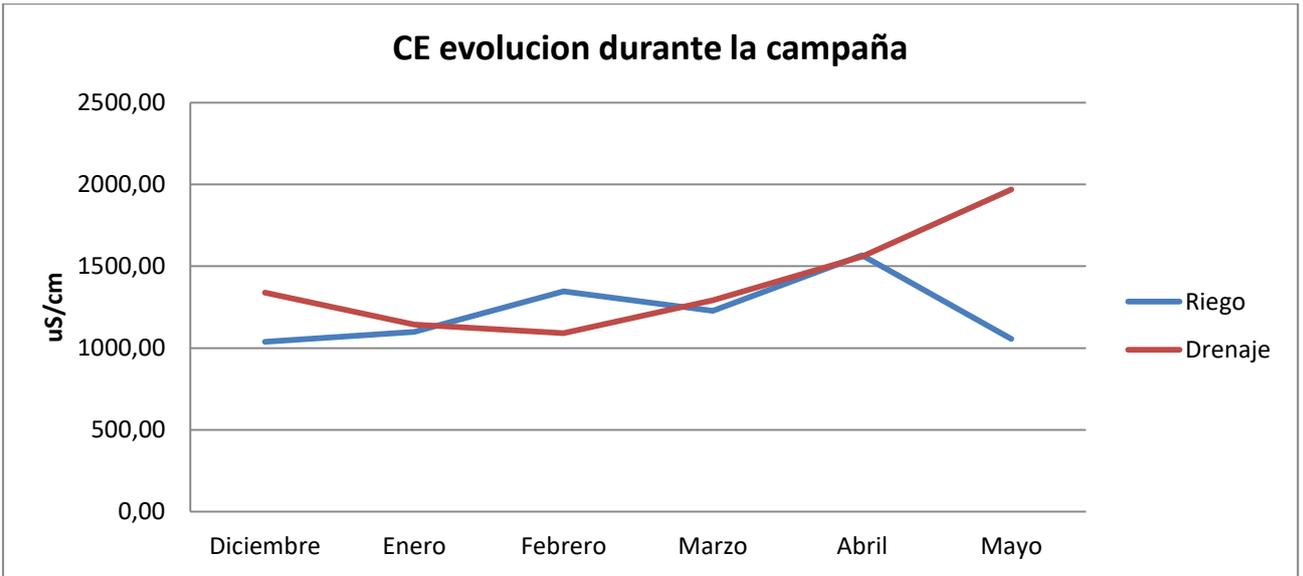


Figura 30- Media de la ETO y Radiación durante la campaña

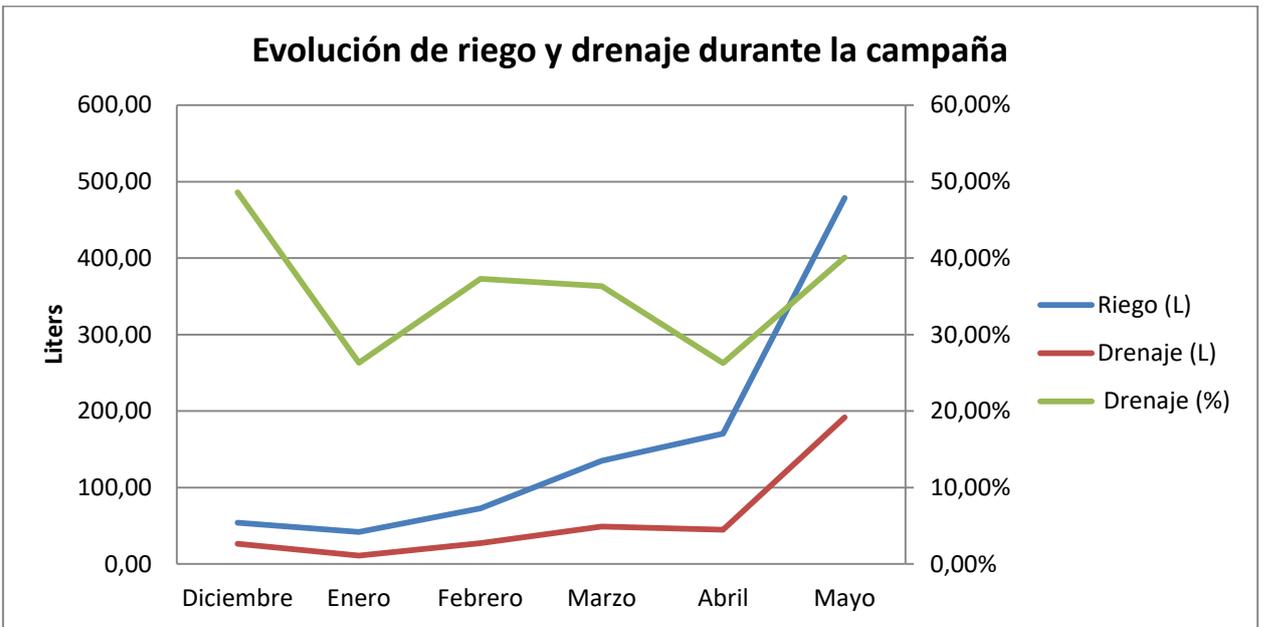
7.4. Gráficas datos estación control



Figuras 31- Evolución de los valores de pH durante la campaña.



Figuras 32 – Evolución de los valores CE durante la campaña



Figuras 33 - Evolución de los aportes de riego y drenaje durante la campaña.

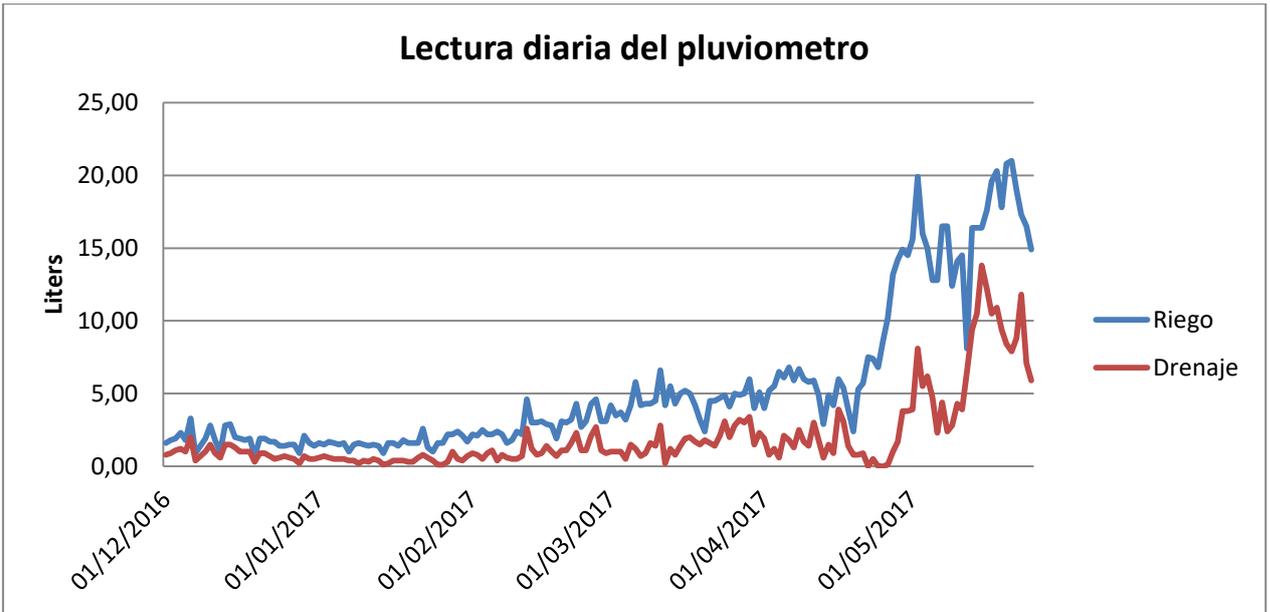


Figura 34 - Lectura diaria del pluviómetro.

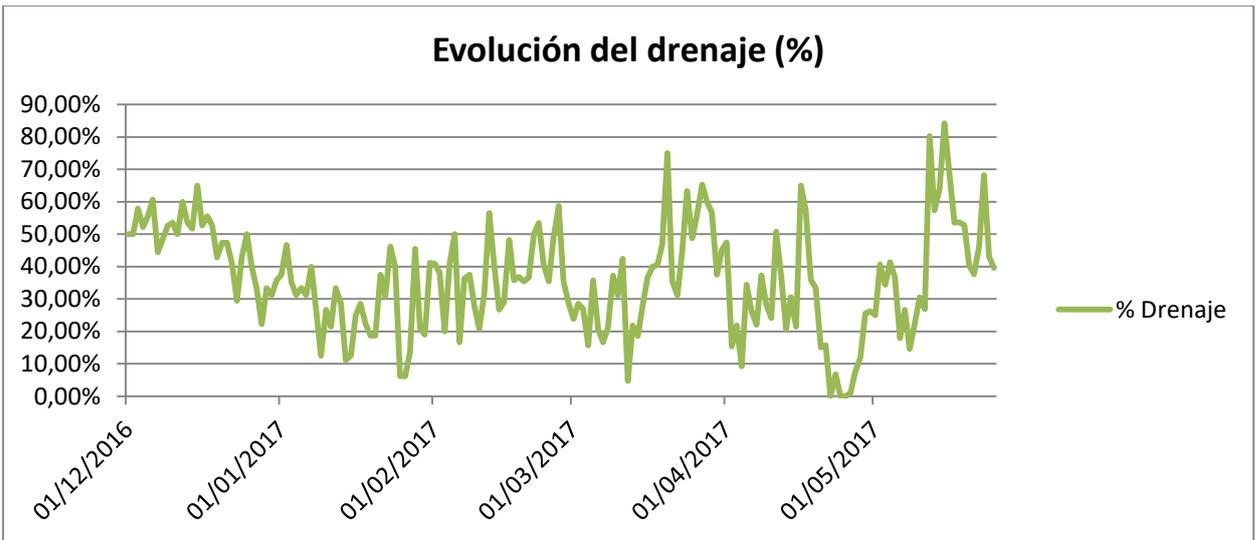


Figura 35 - Evolución del drenaje durante la campaña (%).

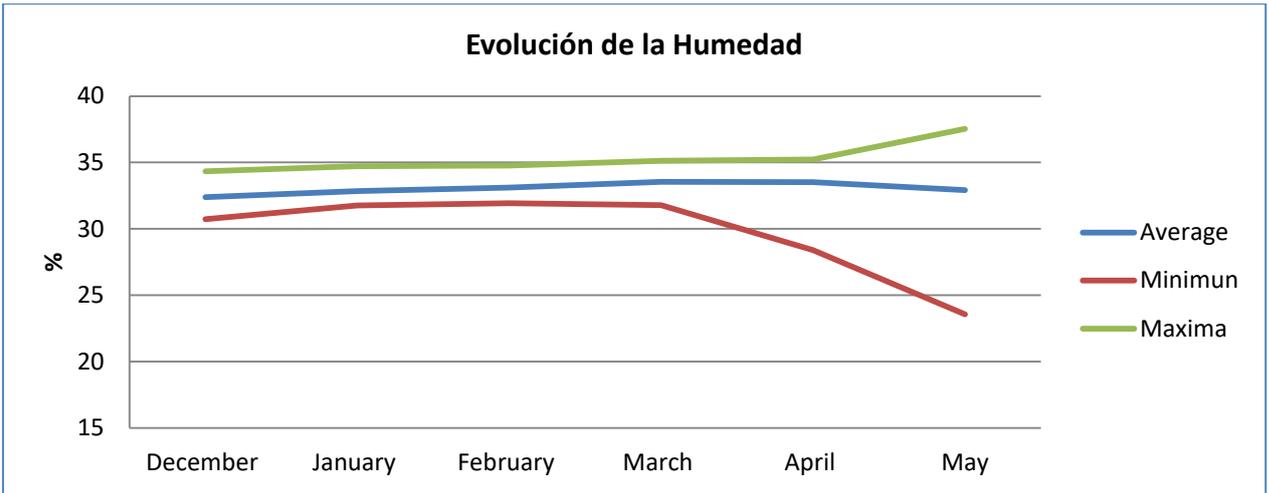


Figura 36 - Evolución de la humedad en el sustrato durante la campaña.

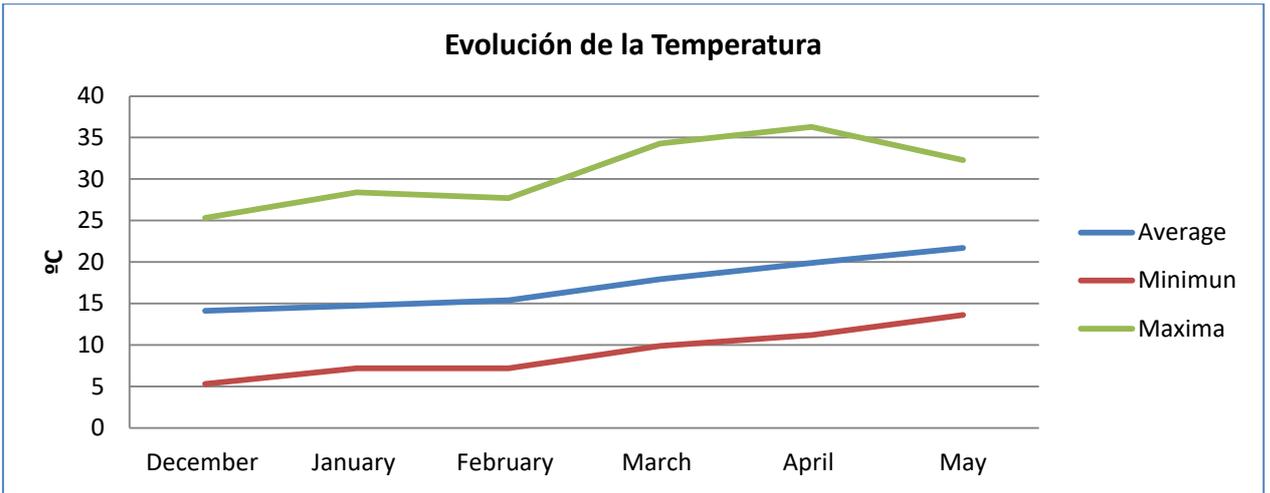


Figura 37 - Evolucion de la temperatura del sustrato.

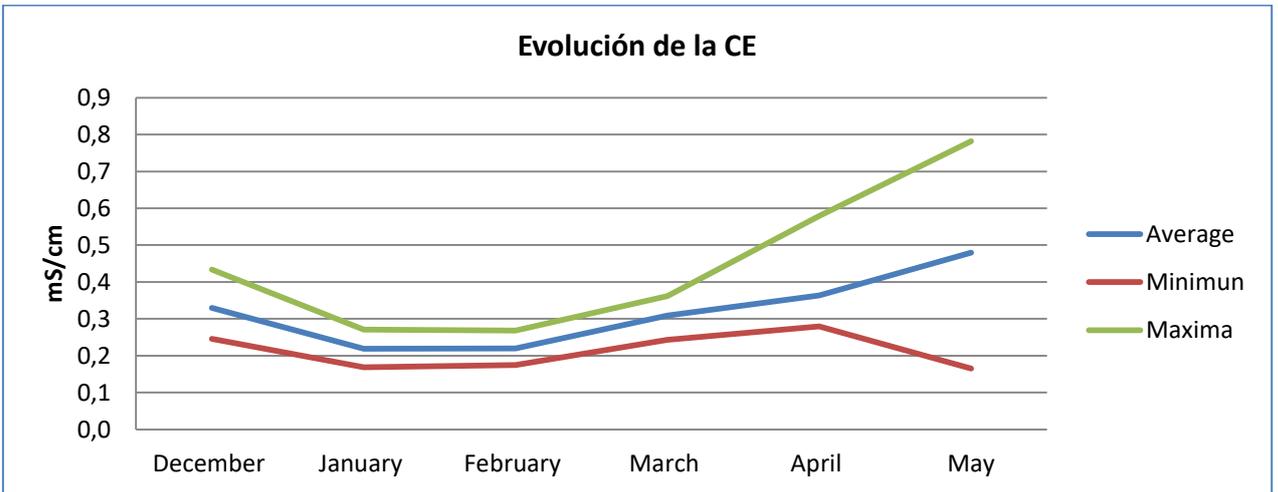
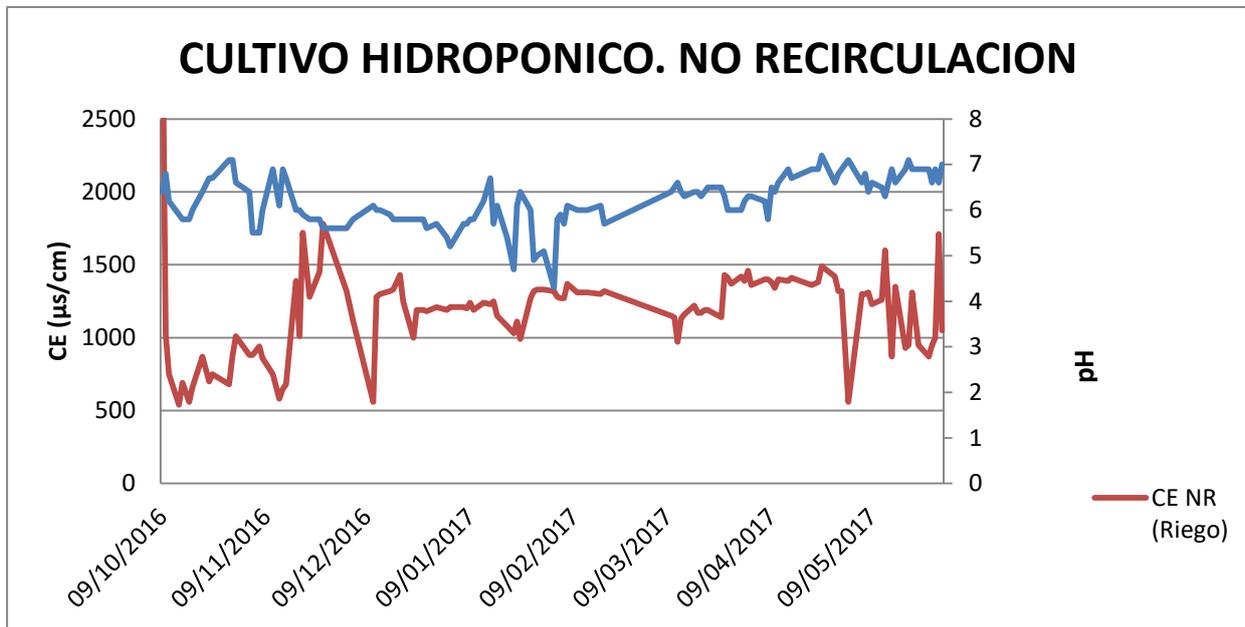


Figura 38 - Evolucion de la conductividad electrica en el sustrato.

7.5. Gráficos datos in situ (recogida manual)



Figuras 39 – Evolución de los valores de pH/CE riego del Cultivo hidropónico del sistema de No recirculación durante la campaña

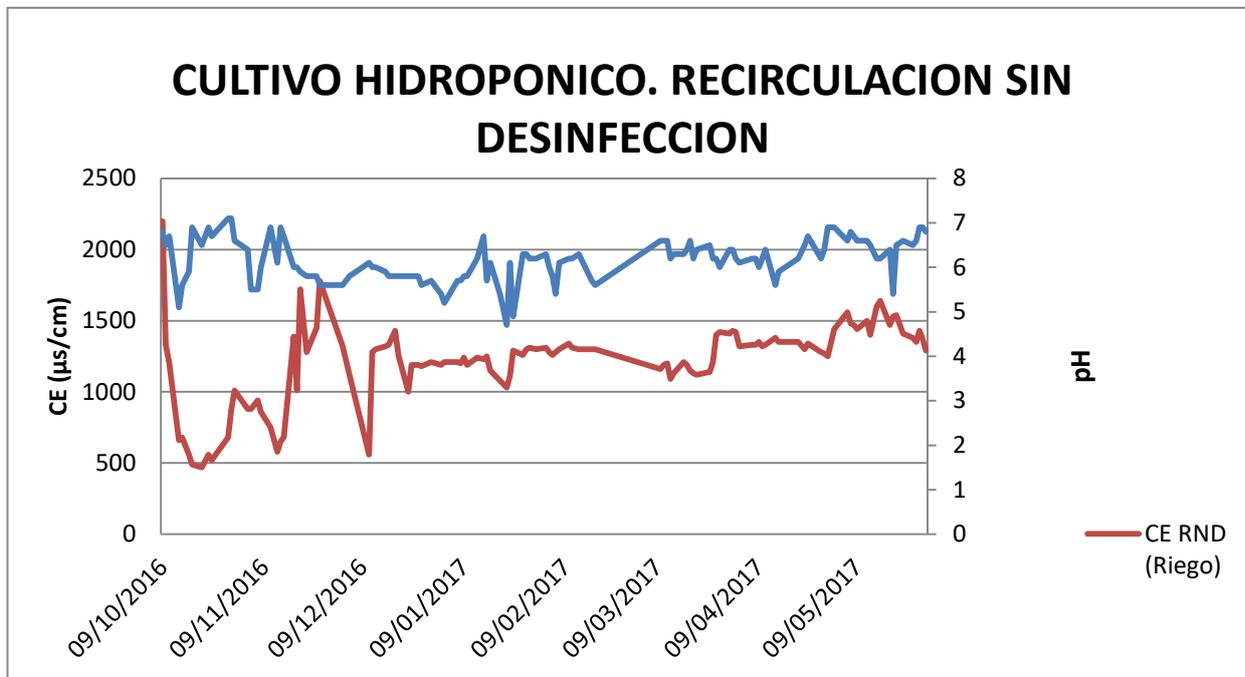


Figura 40 – Evolución de los valores pH/CE del riego del Cultivo hidropónico del sistema de Recirculación sin desinfección durante la campaña

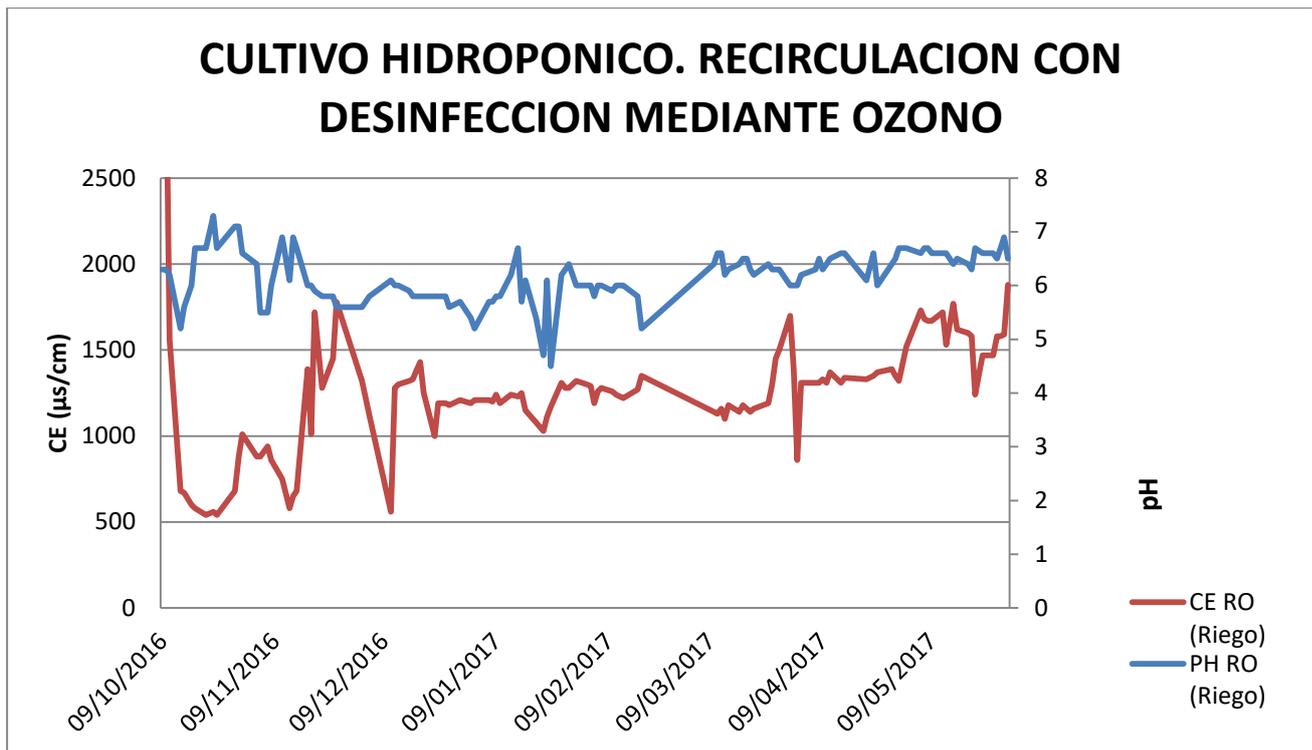


Figura 41 - Evolución de los valores pH/CE del riego del Cultivo hidropónico del sistema de Recirculación con desinfección mediante ozono, durante la campaña

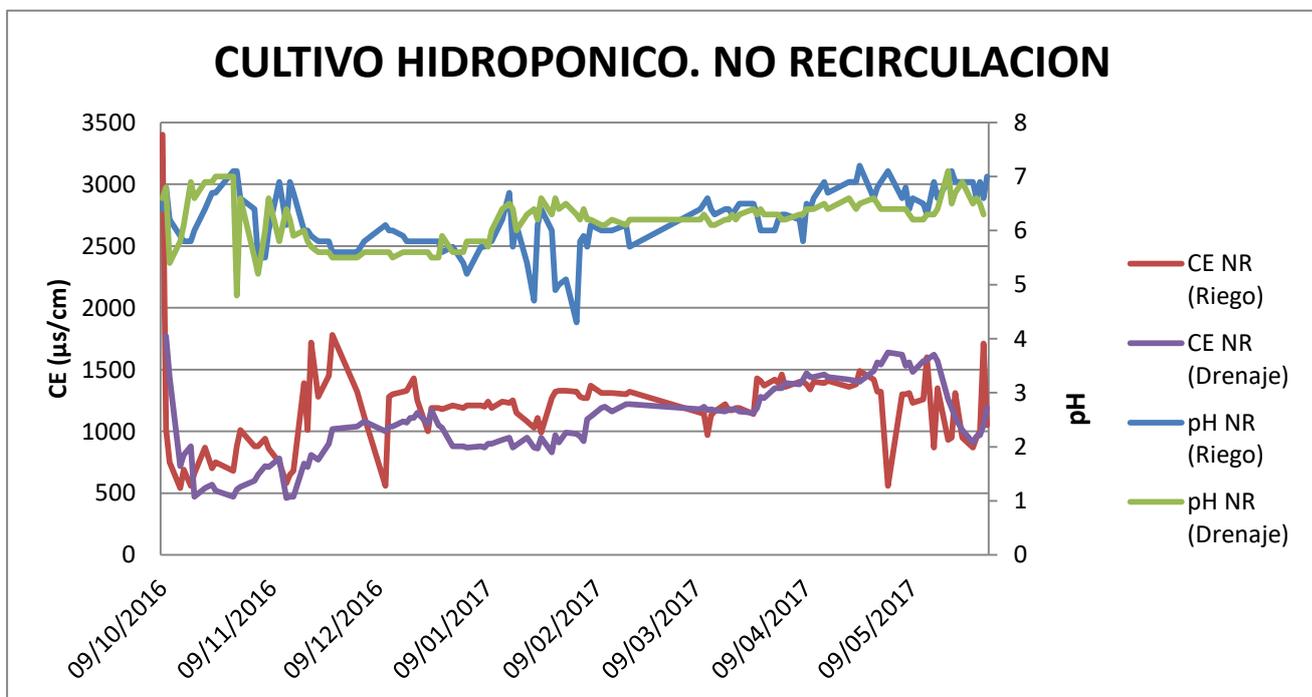


Figura 42 – Evolución de los valores de pH/CE riego y drenaje del Cultivo hidropónico del sistema de No recirculación. Durante la campaña

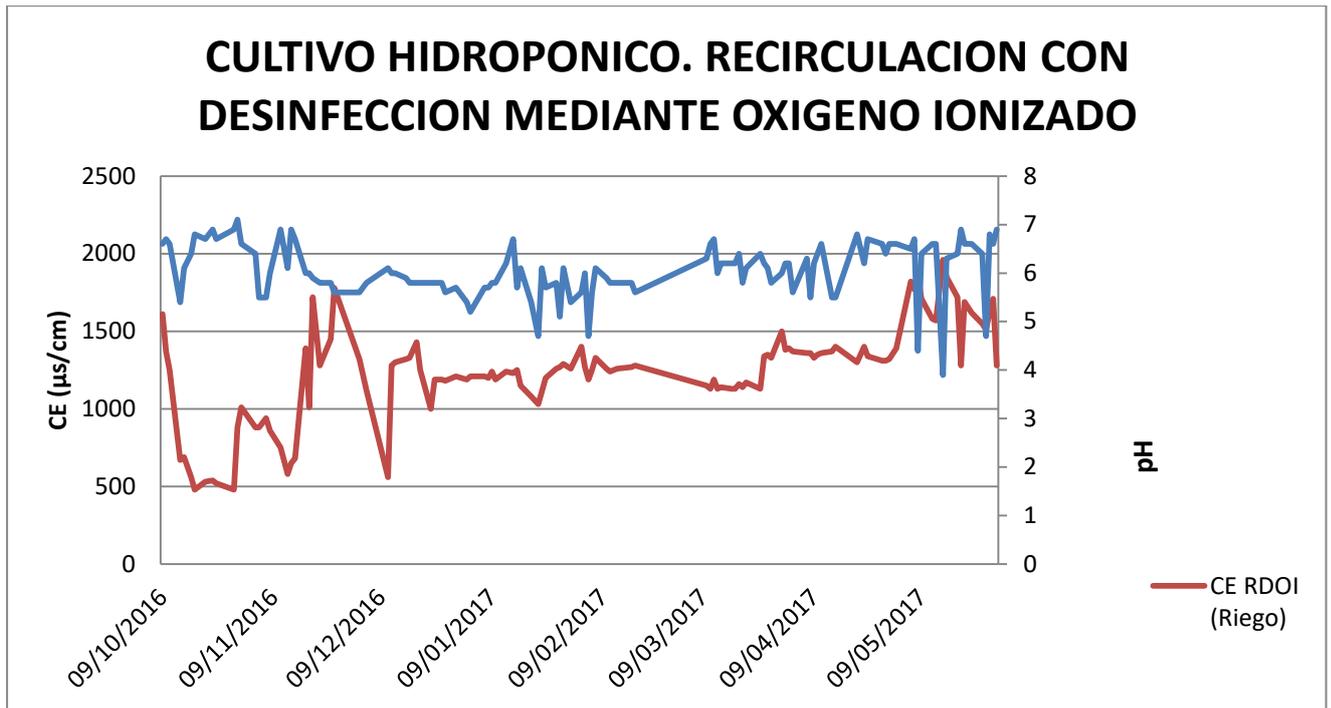


Figura 413 – Evolución de los valores de pH y CE de riego del Cultivo hidropónico para el sistema de Recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado durante la campaña

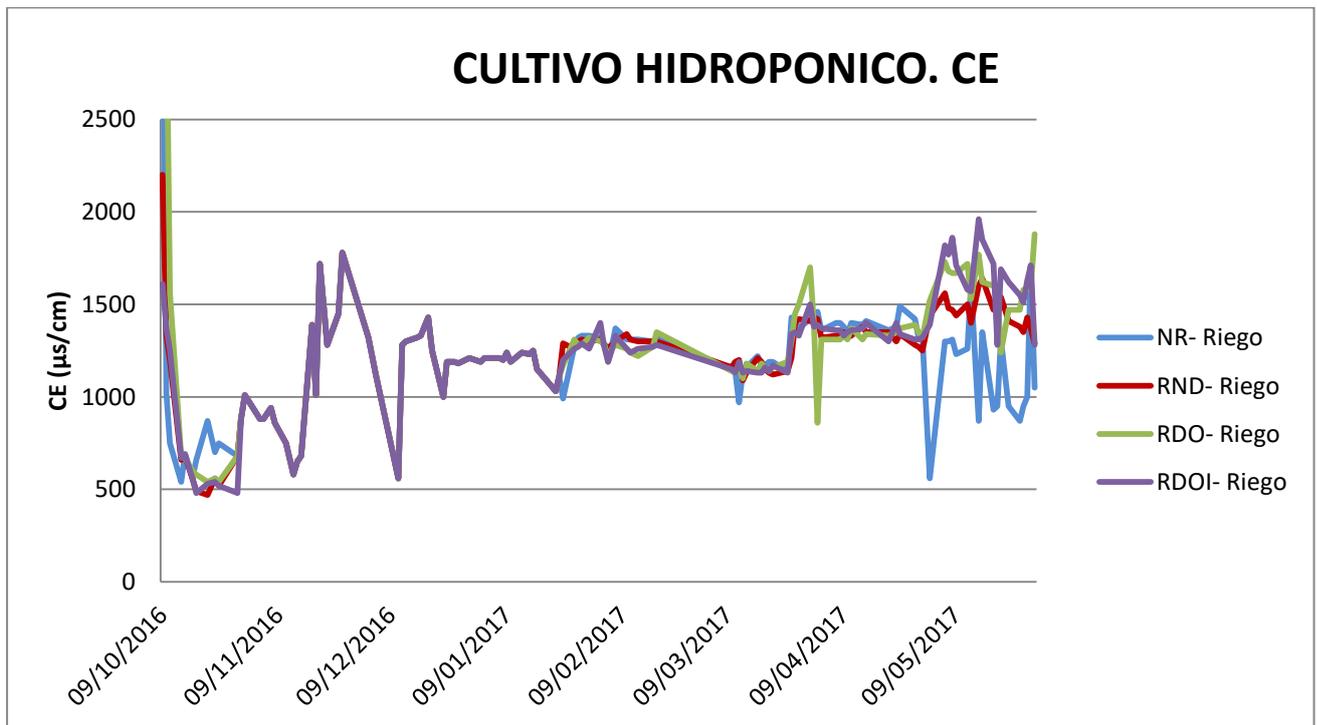
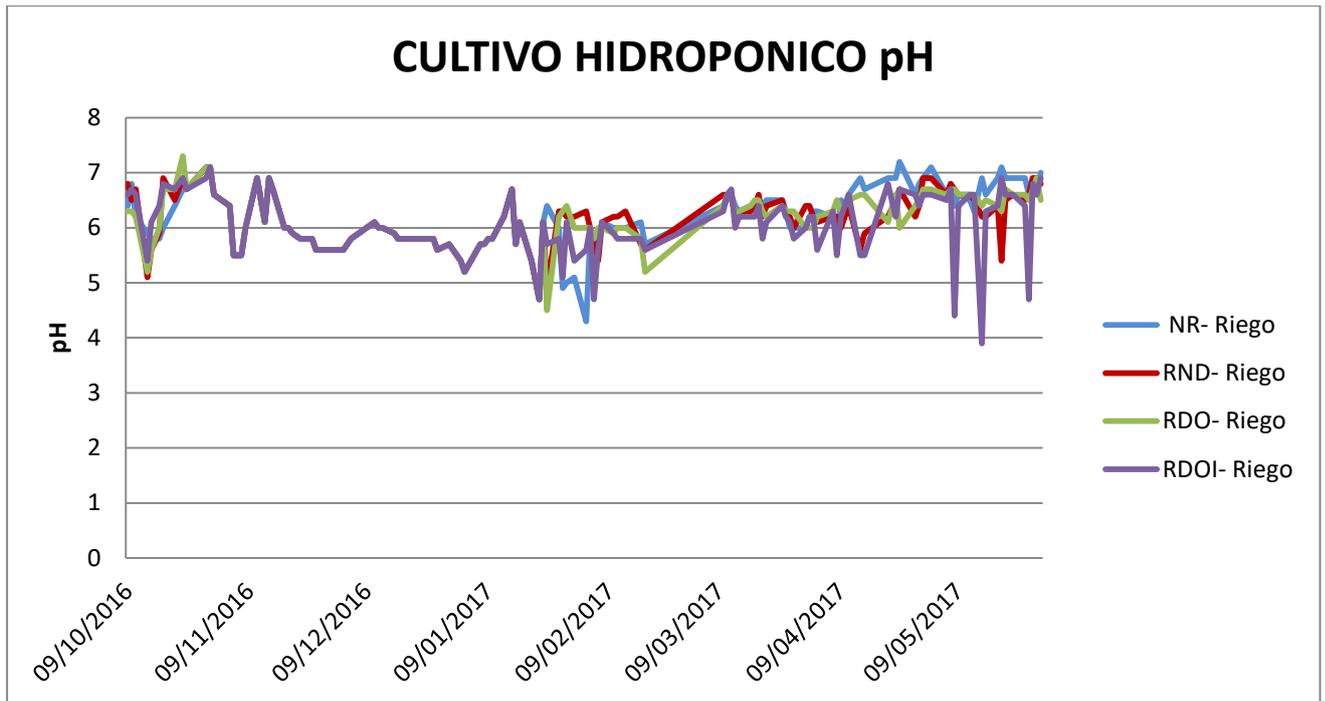


Figura 44 – Evolución de los valores de CE riego de los cuatros ensayos durante la campaña



Figuras 45 – Evolución de los valores de pH riego del Cultivo hidropónico de los cuatro ensayos durante la campaña.

7.6. Análítica de nutrientes



Parque Empresarial La Gravera, Avda. Dehesa del Piorno, 1
21440 - LEPE (Huelva) C.I.F.: B-21458559

Relationships

	1st Analytical	
	15 cm	30 cm
K/Ca	0,61	
K/Ca+Mg	0,40	
Ca/Mg	1,89	
K/Mg	0,99	

Customer: **ADESVA**
Analytical: **1st hydroponic**
Crop: **Strawberry** Variety: **Candonga**

No Recirculación

ANALYTICALS

	MUESTRA	RECEPCIÓN	PH	C.E. (mS/cm)	CO ₃ H ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	P (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)	NH ₄ ⁺ (meq/l)	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	NO ₂ ⁻ (meq/l)	
1ª Analítica	S.F. Diseñ.	02-12-13	6,00	1,54	0,49	1,79	1,27	0,70	8,19	0,50	6,43	1,60	0,59	3,19							
	S.F.	10-01-14	6,62	1,02	1,59	1,46	0,87	0,99	4,61	0,82	3,80	1,24	0,81	2,38	< 0,5	4,10	1,32	0,08	0,97		
	Drenaje	10-01-14																			
	Fibra de coco	10-01-14	5,70	0,22		0,44	0,05	0,27	0,52		0,67	0,42	0,49	0,35							< 0,05

Tabla 22 - Primera analítica de nutrientes en la solución fertilizante, drenaje y sustrato en el sistema de “no recirculación”.



Parque Empresarial La Gravera, Avda. Dehesa del Piomo, 1
21440 - LEPE (Huelva) C.I.F.: B-21458559

Interpretación de los resultados: La Solución Fertilizante aportada es más pobre que la diseñada.

Cliente: **ADESVA**
Analítica: **Segunda**
Cultivo: **Fresa (Hidrop)** Variedad: **Candonga**

ANALÍTICAS

SOLUCIÓN F.	TESIS	RECEPCIÓN	PH	C.E. (mS/cm)	CO ₃ H ⁻ (meq/l)	SO ₄ ⁻ (meq/l)	P (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)	NH ₄ ⁺ (meq/l)	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	NO ₂ ⁻ (meq/l)
	SF Diseñada	21-01-17	6	1,28	0,49	2,27	1,27	0,70	8,13			6,07	1,60	0,59	4,47					
Drenaje	NR	12-03-17	6,17	1,02	0,64	1,48	0,62	1,07	4,44	0,40	2,60	1,15	0,87	3,03	< 0,5	4,46	1,33	0,09	0,90	
	RND	12-03-17	6,21	1,01	0,62	2,08	0,62	1,75	3,44	0,12	2,60	1,27	1,48	2,79	< 0,5	1,93	0,29	0,07	0,59	
	RDOz	12-03-17	6,17	0,98	0,90	3,27	0,73	2,06	2,03		1,47	1,13	1,63	4,64	< 0,5	4,19	0,83	0,12	1,22	
	RDOxl	12-03-17	5,95	1,02	0,80	1,82	0,52	1,75	3,19	0,09	2,70	1,18	1,47	2,67	< 0,5	1,56	0,06	0,07	0,83	

Tabla 23 - Segunda analítica de nutrientes en la solución fertilizante y en el drenaje de los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).

Interpretación de los resultados:

Cliente: **ADESVA**
Analítica: **Tercera**
Cultivo: **Fresa (Hidrop)** Variedad: **Candongia**

ANALÍTICAS

	TESIS	RECEPCIÓN	PH	C.E. (mS/cm)	CO ₃ H ⁻ (meq/l)	SO ₄ ⁻ (meq/l)	P (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)	NH ₄ ⁺ (meq/l)	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	B (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	NO ₂ ⁻ (meq/l)
	Solución F.	SF Diseñada	21-01-17	6,00	1,28	0,49	2,27	1,27	0,70	8,13		6,07	1,60	0,59	4,47					
NR		23-04-17	6,52	1,23	0,49	2,24	2,11	0,68	5,56	0,29	4,40	1,27	0,77	4,31	0,87	4,30	1,27	0,04	0,73	
RND		23-04-17	6,40	1,22		3,27	2,25	1,41	3,56	0,07	4,10	1,46	2,03	3,23	0,80	1,97	0,39	0,08	0,45	
RDOz		23-04-17	6,23	1,19		3,00	2,64	1,52	3,08		3,30	1,37	2,07	3,79	0,54	2,25	0,39	0,07	0,46	
RDOxl		23-04-17	5,98	1,26		3,27	2,91	1,58	3,26	0,10	4,00	1,45	1,74	3,90	0,92	2,23	0,46	0,10	0,67	
Drenaje	NR	23-04-17	6,14	1,26		3,67	1,76	0,82	5,63	0,02	4,65	1,51	1,29	4,23	0,12	2,31	0,29	0,06	0,61	
	RND	23-04-17	6,40	1,24	0,56	5,51	1,49	2,14	1,85	0,01	4,25	1,72	2,39	3,10	< 0,5	1,00	< 0,05	0,05	0,39	
	RDOz	23-04-17	6,32	1,24		5,31	2,34	2,03	0,85	0,01	3,00	1,42	2,52	4,03	0,10	1,59	< 0,05	0,05	0,46	
	RDOxl	23-04-17	6,50	1,25	0,61	4,90	2,51	2,00	0,78	0,01	3,55	1,54	2,35	3,72	0,10	1,14	< 0,05	0,06	0,61	

Tabla 24 - Tercera analítica de nutrientes en la solución fertilizante y en el drenaje de los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).

Interpretación de los resultados: Resaltar los niveles de microelementos en las 3 tesis con solución fertilizante recirculante.

Cliente: **ADESVA**
Analítica: **Foliar**
Cultivo: **Fresa (Hidrop)** Variedad: **Candonga**

ANALITICAS

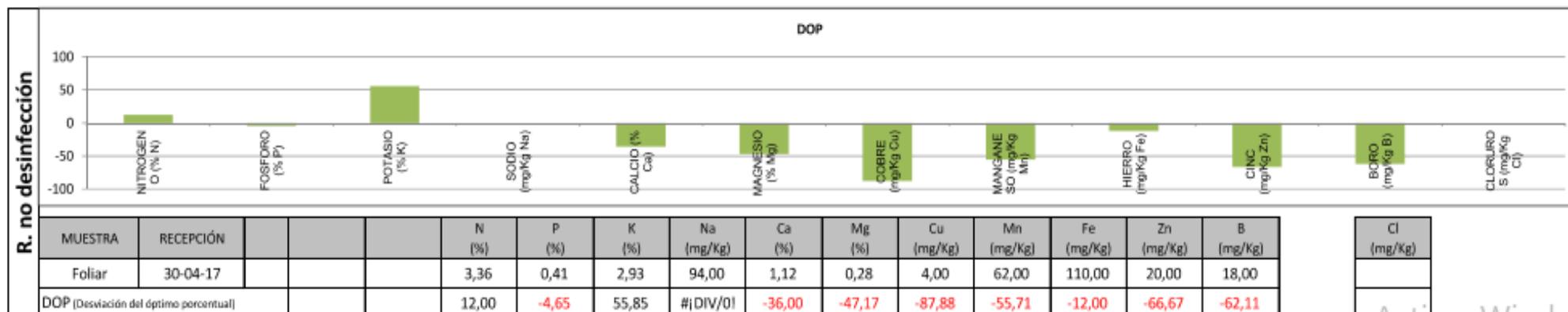
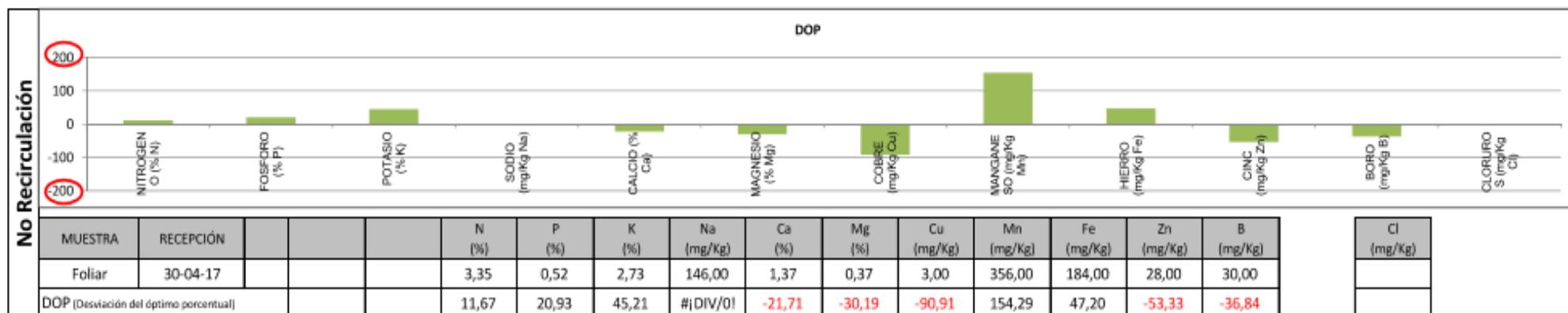


Tabla 25 - Analítica foliar en el sistema de “no recirculación” y “recirculación sin desinfección”.

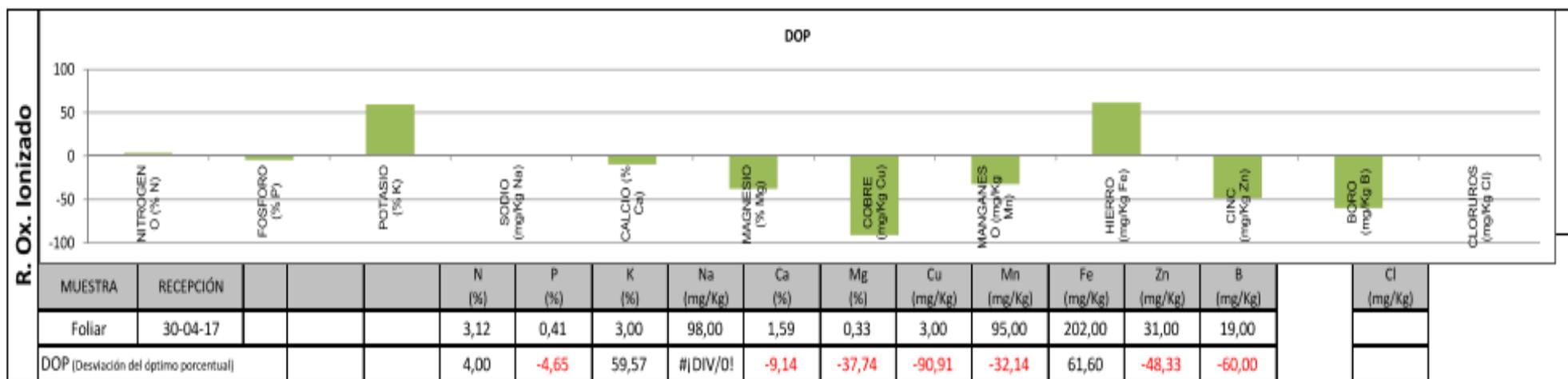
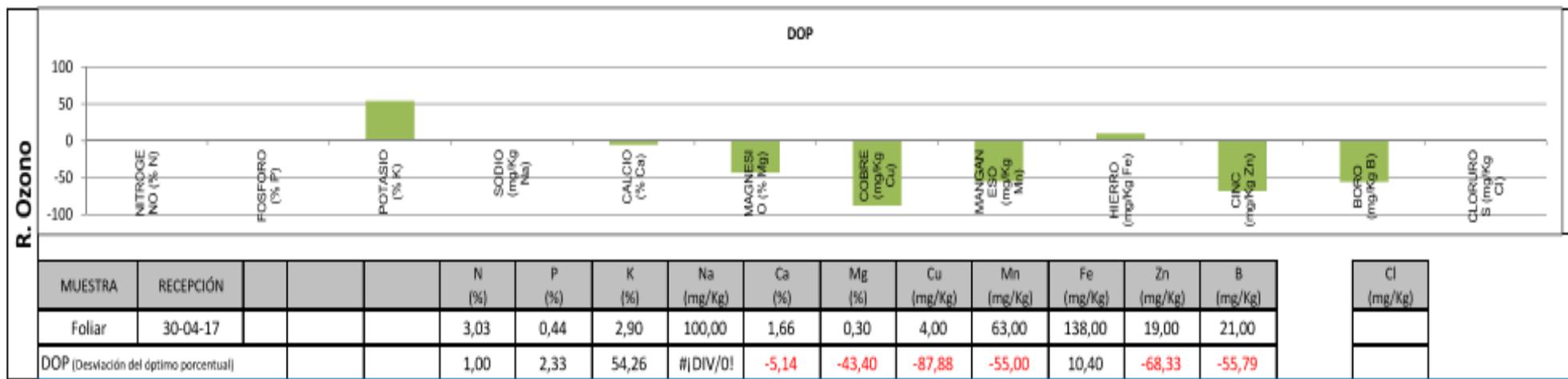


Tabla 26 - Análítica foliar en el sistema de “recirculación con desinfección mediante ozono” y “recirculación con desinfección mediante oxígeno ionizado”

7.7. ANÁLITICAS DE PATOGENOS

Beginning of season (February 2014)	Aerobic mesophilic bact.			Coliforms			E. coli (NMP/100 mL)			Salmonella		
	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3
B. STRAWBERRIES GROWN "in substrate"												
B1. Strawberry substrate RND	1,3E+04	3,3E+04	3,3E+04	6,1E+04	9,2E+04	5,2E+04	6,5E+02	8,2E+02	6,9E+02	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)
B2. Strawberry substrate RDO	3,1E+04	1,6E+04	2,5E+04	9,2E+04	6,5E+04	9,8E+04	1,6E+02	9,3E+01	1,3E+02	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)
B3. Strawberry substrate RDOI	4,5E+04	3,8E+04	2,7E+04	2,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	1,6E+02	1,9E+02	2,2E+02	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)
B4. Strawberry substrate NR	2,5E+05	3,6E+05	4,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	<1	<1	<1	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)

Molds (CFU/mL)			Yeast (CFU/mL)			Pseudomonas spp. (CFU/mL)			
rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	
1,1E+03	1,4E+03	2,4E+03	6,9E+03		5,7E+03	9,0E+02	4,8E+03	3,0E+03	4,8E+03
4,0E+02	1,1E+03	1,4E+03	1,6E+04		4,9E+03	2,6E+03	9,6E+03	8,8E+03	5,6E+03
<4,0E+02	1,7E+03	1,0E+03	6,8E+03		1,2E+03	1,7E+03	<4,0E+03	6,0E+03	<4,0E+03
<4	<100	<1	2,5E+02		7,6E+03	2,2E+02	4,0E+05	2,0E+05	<4,0E+05

Tabla 27-1 Primera analítica de patógenos de la "Solución Fertilizante" para los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).

<i>Mid season (April 2014)</i>	Aerobic mesophilic bact.			Coliforms			E. coli (NMP/100 mL)			Salmonella		
THESIS	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3
B. STRAWBERRIES GROWN "in substrate"												
B1. Strawberry substrate RND	2,8E+05	2,0E+05	3,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	7,1E+01	2,8E+01	1,5E+02	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)
B2. Strawberry substrate RDO	4,6E+05	5,4E+05	1,8E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	7,5E+00	2,0E+00	8,6E+00	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)
B3. Strawberry substrate RDOI	3,0E+04	2,6E+04	5,0E+04	1,60E+05	1,60E+05	1,70E+05	6,4E+01	8,2E+01	7,7E+01	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)
B4. Strawberry substrate NR	2,9E+05	1,3E+05	3,6E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	>2,4E+05	<1	<1	<1	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)	Abscence (in 100mL)

Molds (CFU/mL)			Yeast (CFU/mL)			Pseudomonas spp. (CFU/mL)		
rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3	rep 1	rep 2	rep 3
1,2E+02	8,0E+01	9,0E+01	<40		<40 <40	1,6E+05	1,6E+05	2,8E+05
6,0E+01	8,0E+01	4,0E+01	4,0E+01		6,0E+01 4,0E+01	1,0E+05	2,9E+05	2,7E+05
1,2E+02	1,6E+02	1,0E+02	6,0E+01		1,3E+02 1,2E+02	1,5E+05	2,7E+05	8,5E+05
<10	<40	<40	4,3E+02		2,4E+02 2,9E+02	2,0E+05	<4,0E+04	4,0E+04

Tabla 28 - Segunda analítica de patógenos de la "Solución Fertilizante" para los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).

End of season (mid May 2014)	Aerobic mesophilic		Coliforms		E. coli (NMP/100 mL)		Salmonella		Molds (CFU/mL)		Yeast (CFU/mL)		Pseudomonas spp.	
	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2
B. STRAWBERRIES GROWN "in substrate"														
Fertilizer solution tank														
B11. Strawberry substrate RND	2,8E+03	1,8E+03	4,9E+03	3,3E+03	1,0E+01	1,0E+01	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	1,5E+02	7,0E+01	<40	<40	1,1E+02
B12. Strawberry substrate RDO	3,0E+05	4,0E+04	>2,4E+04	>2,4E+04	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	7,0E+01	6,0E+01	4,0E+01	4,0E+01	>1,8E+03	>2,4E+03
B13. Strawberry substrate RDOI	1,6E+03	1,4E+03	<10	1,0E+01	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	4,0E+01	4,0E+01	4,0E+01	<40	<10	<10
B14. Strawberry substrate NR	3,3E+05	1,1E+05	>2,4E+04	>2,4E+04	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	8,0E+01	1,9E+02	8,0E+02	6,4E+02	6,6E+04	>1,8E+03
Drains NO disinfected														
B21. Strawberry substrate RND	1,5E+04	1,2E+04	5,5E+03	9,2E+03	5,2E+01	1,0E+01	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	4,0E+01	8,0E+01	6,0E+01	1,3E+03	3,7E+03
B22. Strawberry substrate RDO	2,5E+04	2,8E+04	9,2E+03	>2,4E+04	1,0E+01	1,0E+01	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	4,0E+01	1,0E+01	9,0E+01	9,0E+01	9,3E+02	1,0E+03
B23. Strawberry substrate RDOI	9,8E+03	1,5E+04	2,4E+04	>2,4E+04	1,0E+01	3,1E+01	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	<40	8,0E+01	5,0E+01	2,1E+03	3,0E+03
B24. Strawberry substrate NR	1,2E+05	7,0E+04	>2,4E+04	>2,4E+04	7,9E+02	6,6E+02	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	7,0E+01	4,00E+01	4,2E+02	1,2E+02	9,9E+02	2,1E+03
Drains disinfected														
B31. Strawberry substrate RDO	4,9E+04	3,8E+04	1,7E+04	1,6E+04	1,0E+01	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	5,0E+01	5,0E+01	6,0E+01	8,0E+01	1,9E+03	2,6E+03
B32. Strawberry substrate RDOI	4,6E+03	5,2E+04	1,4E+04	1,7E+04	<10	1,0E+01	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	5,0E+01	<40	<10	2,0E+03	4,5E+02
CLEAN WATER														
	4,0E+01	1,5E+02	<10	<10	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabla 29-3 Tercera analítica de patógenos de la “Solución Fertilizante”, “Drenajes NO desinfectados”, “Drenajes desinfectados” y agua limpia, para los cuatro sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: recirculación sin desinfección, RDO: recirculación desinfección por ozono, RDOI: recirculación desinfección por oxígeno ionizado).

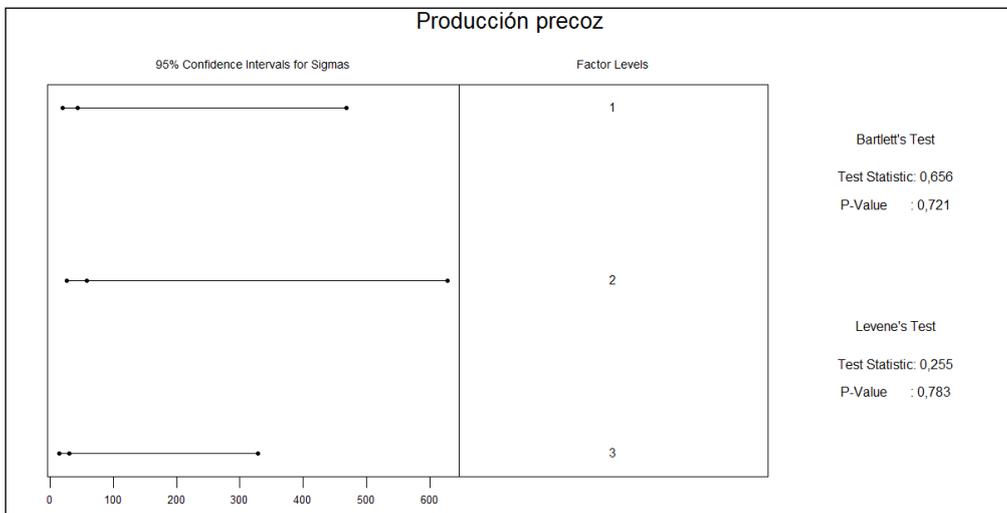
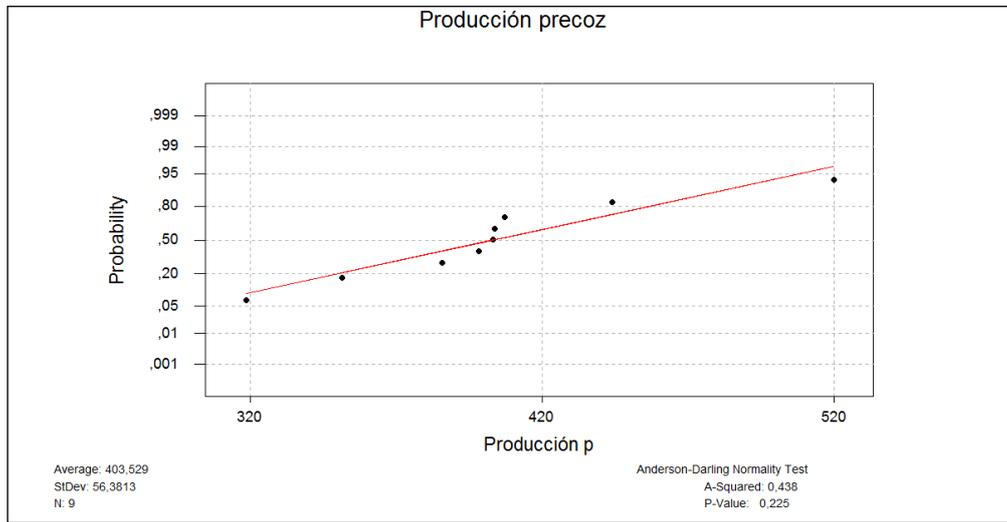
<i>End of season (end May 2014)</i>	Aerobic mesophilic		Coliforms		E. coli (NMP/100 mL)		Salmonella		Molds (CFU/mL)		Yeast (CFU/mL)		Pseudomonas spp.	
THESIS	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2	rep 1	rep 2
B. STRAWBERRIES GROWN "in substrate"														
Fertilizer solution tank														
B11. Strawberry substrate RND	1,4E+02	1,4E+02	<10	<10	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	<40	<10	<10	<10	<10
B12. Strawberry substrate RDO	5,0E+04	<4E+04	2,2E+04	2,4E+04	<100	<100	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	4,0E+01	6,0E+01	<40	<40	1,9E+03	5,6E+03
B13. Strawberry substrate RDOI	2,6E+04	4,5E+04	8,2E+03	1,1E+04	10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	<40	<10	<40	2,6E+03	2,3E+03
B14. Strawberry substrate NR	3,7E+03	2,5E+03	<100	<100	<100	<100	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	6,0E+01	1,6E+02	6,0E+01	<100	<100
Drains NO disinfected														
B21. Strawberry substrate RND	5,7E+04	1,2E+05	>2,4E+04	>2,4E+04	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<10	6,0E+01	<40	<10	1,4E+04	2,7E+04
B22. Strawberry substrate RDO	2,7E+04	1,0E+04	3,9E+04	4,4E+04	<100	<100	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	1,1E+02	<40	<10	<10	3,3E+03	5,4E+03
B23. Strawberry substrate RDOI	7,0E+03	7,0E+04	4,2E+03	3,7E+04	<100	<100	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	40	<40	<40	2,6E+03	1,1E+04
B24. Strawberry substrate NR	2,5E+04	6,0E+04	4,5E+03	3,1E+04	<100	<100	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	<40	<40	<40	8,3E+03	1,6E+04
Drains disinfected														
B31. Strawberry substrate RDO	2,4E+04	3,9E+04	6,9E+03	8,2E+03	1,0E+01	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	4,0E+01	7,0E+01	<10	<4E+02	1,5E+03	1,6E+03
B32. Strawberry substrate RDOI	4,0E+04	6,0E+04	1,5E+03	2,1E+03	<10	2,0E+01	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<40	<10	<40	<10	3,1E+03	1,2E+03
CLEAN WATER														
	7,0E+01	7,0E+01	<10	<10	<10	<10	Absence (in 100mL)	Absence (in 100mL)	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabla 30 – Cuarta analítica de patógenos de la “Solución Fertilizante, “Drenaje no desinfectados”, “Drenajes desinfectados” y agua limpia, para los cuatros sistemas de cultivo (NR: no recirculación, RND: Recirculación sin desinfección, Recirculación desinfección por ozono, RDOI: Recirculación desinfección por oxígeno ionizado)

7.8. Análisis Estadísticos (Programa MINITAB)

PRODUCCIÓN

PRODUCCIÓN PRECOZ



Homogeneity of Variance

Response Producción p
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
19,5782	42,8377	468,284	3	1
26,2661	57,4712	628,251	3	2
13,7265	30,0340	328,319	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,656
P-Value : 0,721

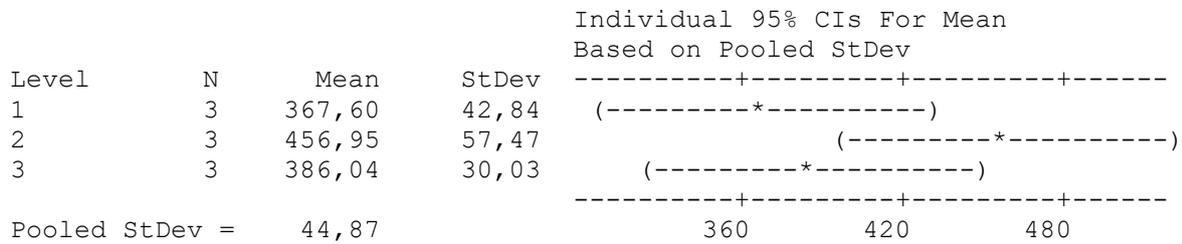
Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,255
P-Value : 0,783

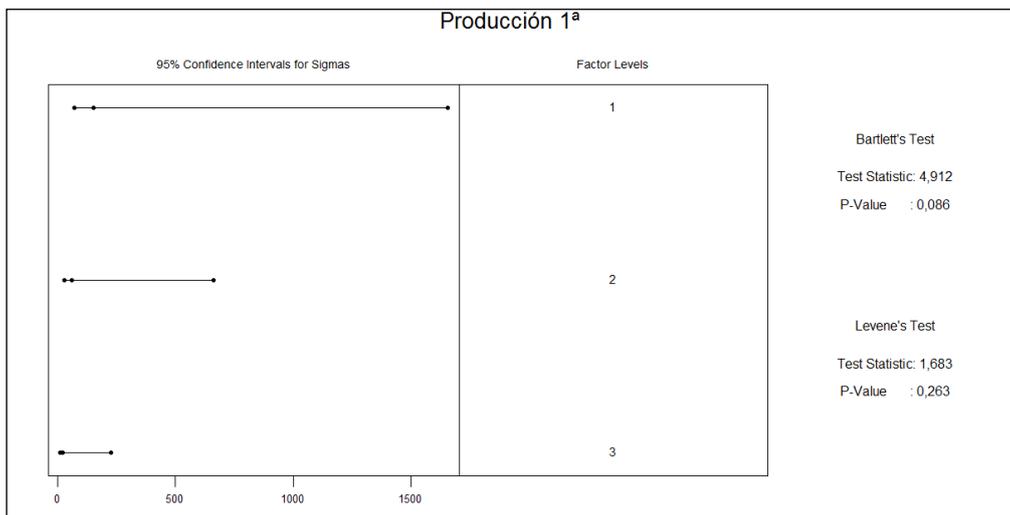
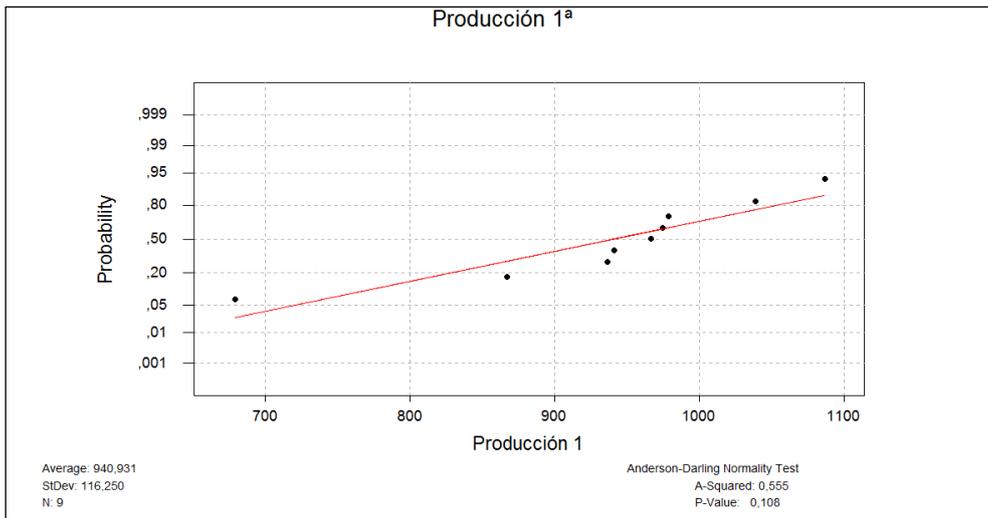
One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for Producci

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	13351	6675	3,32	0,107
Error	6	12080	2013		
Total	8	25431			



PRODUCCIÓN 1ª CATEGORIA



Homogeneity of Variance

Response Producción 1
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
69,2130	151,440	1655,48	3	1
27,6806	60,566	662,08	3	2
9,5036	20,794	227,31	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 4,912
P-Value : 0,086

Levene's Test (any continuous distribution)

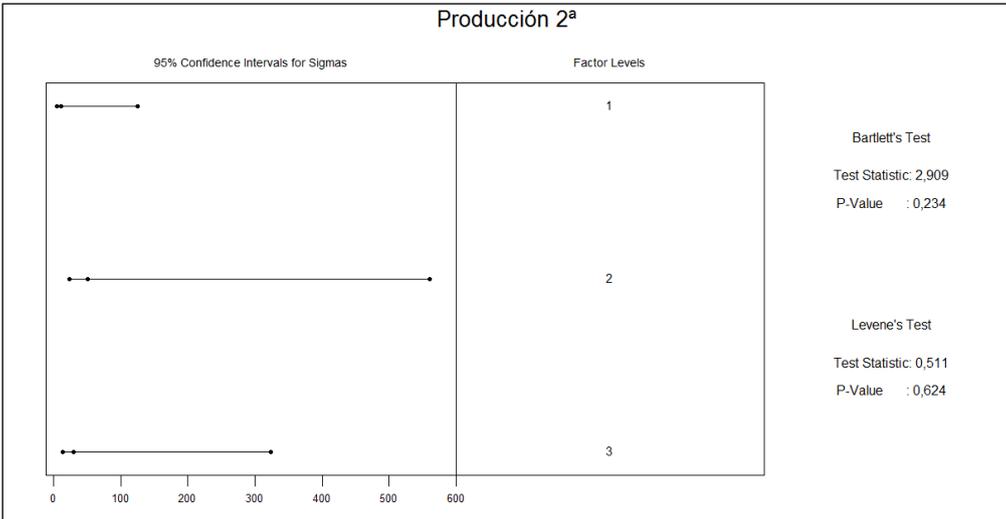
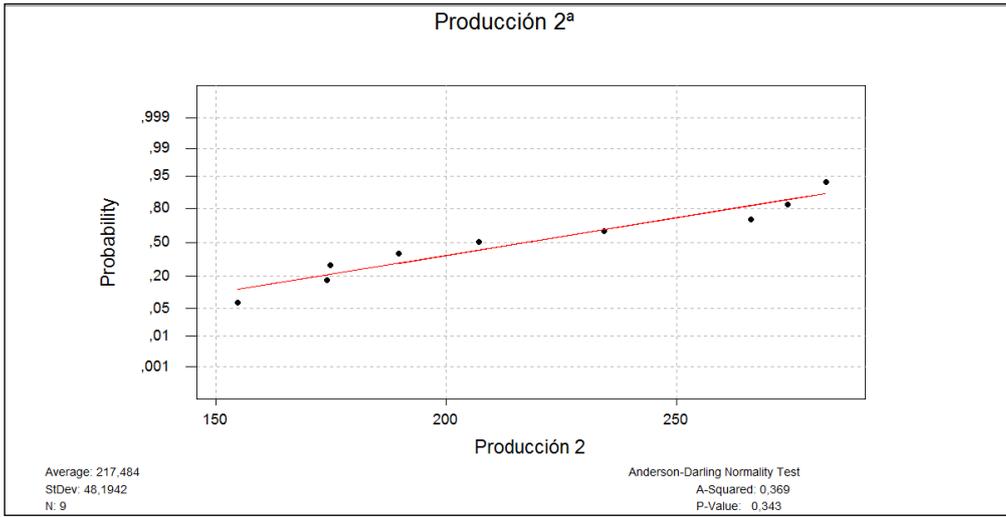
Test Statistic: 1,683
P-Value : 0,263

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for Producci				
Source	DF	SS	MS	
Tesis	2	54043	27021	F 3,00
Error	6	54070	9012	P 0,125
Total	8	108112		

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev	
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----	
1	3	841,6	151,4	(-----*-----)	
2	3	1030,6	60,6		(-----*-----)
3	3	950,6	20,8	(-----*-----)	
Pooled StDev = 94,9				750	900 1050 1200

PRODUCCIÓN 2ª CATEGORIA



Homogeneity of Variance

Response Producción 2
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
5,2222	11,4263	124,908	3	1
23,4303	51,2662	560,420	3	2
13,5336	29,6119	323,705	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 2,909
 P-Value : 0,234

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,511
 P-Value : 0,624

One-way Analysis of Variance

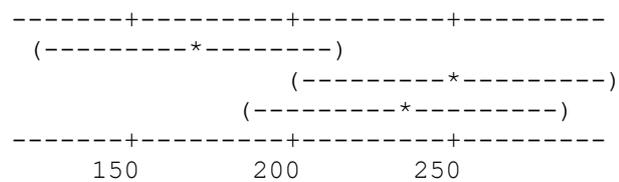
Analysis of Variance for Producci

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	11310	5655	4,67	0,060
Error	6	7271	1212		
Total	8	18581			

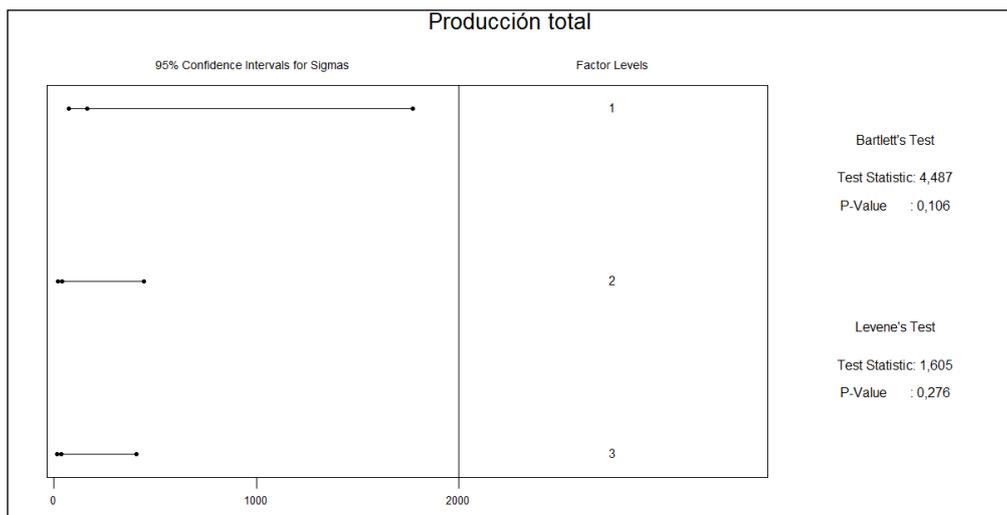
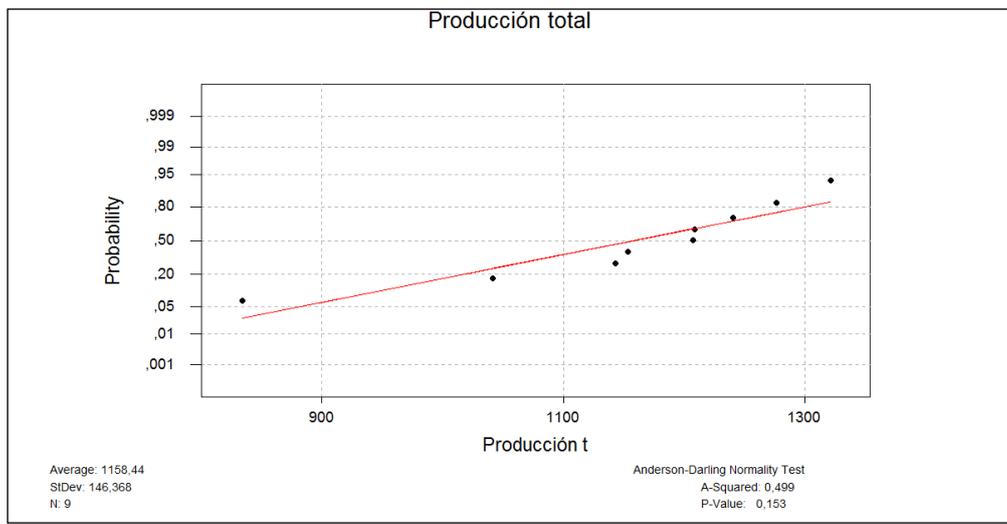
Level	N	Mean	StDev
1	3	167,91	11,43
2	3	248,72	51,27
3	3	235,83	29,61

Pooled StDev = 34,81

Individual 95% CIs For Mean
 Based on Pooled StDev



PRODUCCIÓN TOTAL



Homogeneity of Variance

Response Producción t
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
74,1050	162,144	1772,49	3	1
18,5296	40,543	443,20	3	2
17,0595	37,327	408,04	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 4,487
 P-Value : 0,106

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 1,605
 P-Value : 0,276

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for Producci

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	112732	56366	5,77	0,040
Error	6	58656	9776		
Total	8	171388			

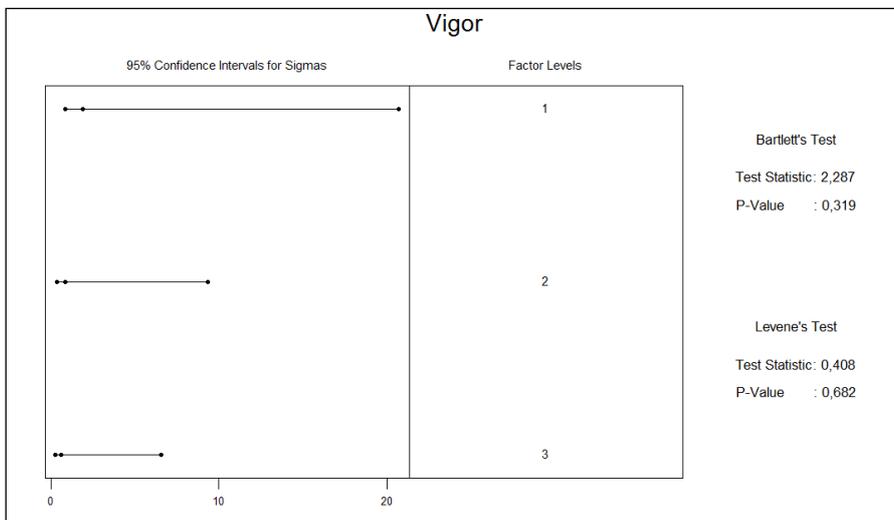
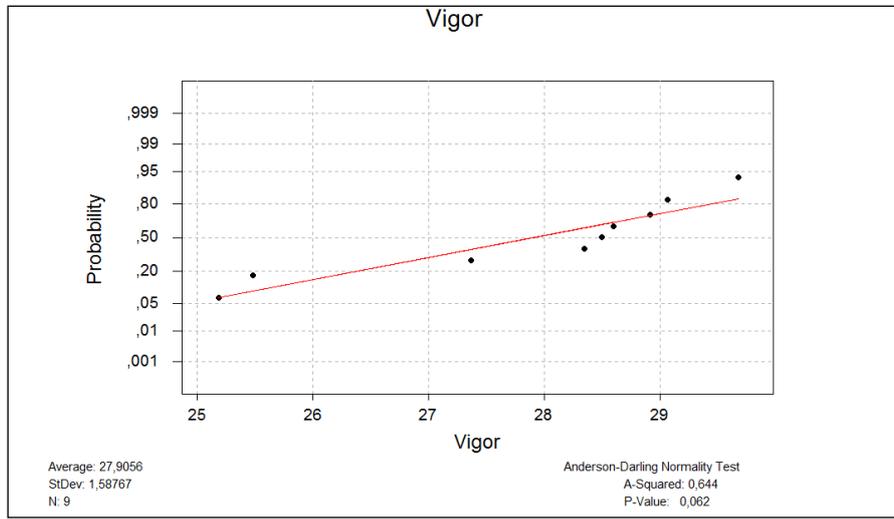
Individual 95% CIs For Mean
 Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	1009,5	162,1
2	3	1279,4	40,5
3	3	1186,4	37,3

Pooled StDev = 98,9

ANÁLISIS DE MEDIAS DE MUESTREOS:

VIGOR



Homogeneity of Variance

Response Vigor
Factors Tesis

ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,865565	1,89388	20,7031	3	1
0,389988	0,85331	9,3280	3	2
0,273354	0,59811	6,5383	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 2,287

P-Value : 0,319

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,408

P-Value : 0,682

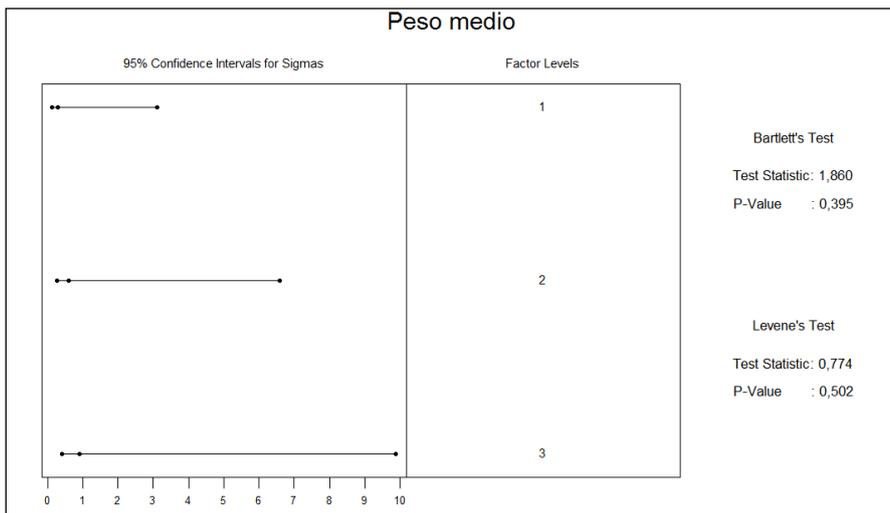
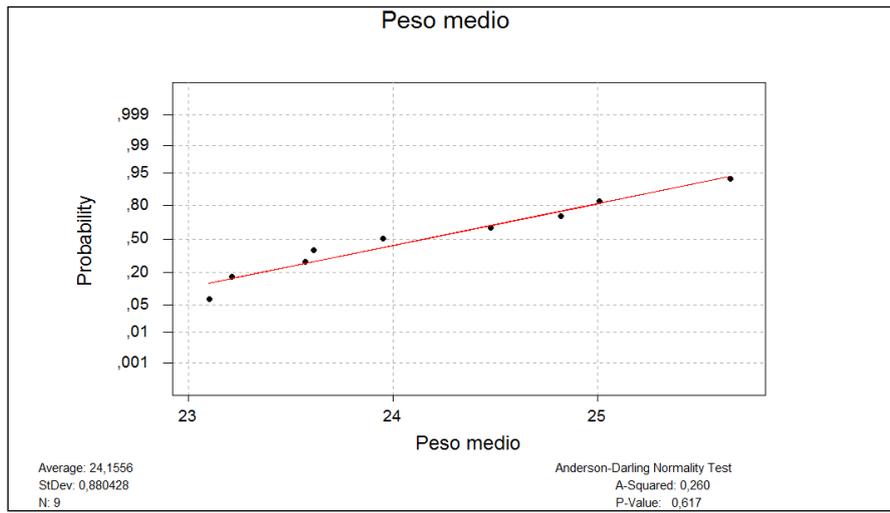
One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for Vigor

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	10,82	5,41	3,47	0,100
Error	6	9,35	1,56		
Total	8	20,17			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev		
1	3	26,420	1,894	-----+-----+-----+----- (-----*-----)		
2	3	28,263	0,853	(-----*-----)		
3	3	29,033	0,598	(-----*-----)		
Pooled StDev = 1,248				26,0	28,0	30,0

PESO MEDIO



Homogeneity of Variance

Response Peso medio
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,129618	0,283608	3,10028	3	1
0,275068	0,601858	6,57926	3	2
0,413489	0,904728	9,89010	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1,860
P-Value : 0,395

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,774
P-Value : 0,502

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for Peso med

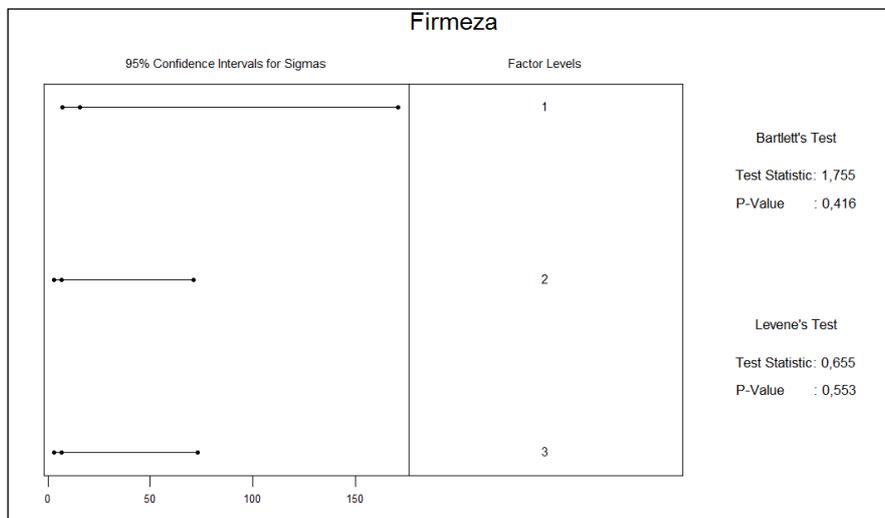
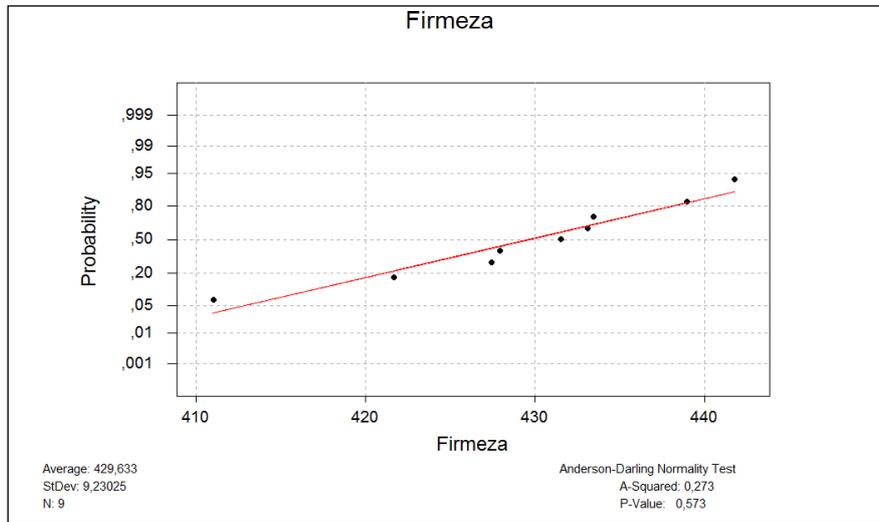
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	3,679	1,839	4,38	0,067
Error	6	2,522	0,420		
Total	8	6,201			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	23,427	0,284
2	3	24,983	0,602
3	3	24,057	0,905

Pooled StDev = 0,648

FIRMEZA



Homogeneity of Variance

Response Firmeza

Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
7,15580	15,6571	171,157	3	1
2,97598	6,5115	71,181	3	2
3,05657	6,6879	73,109	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1,755
 P-Value : 0,416

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,655
 P-Value : 0,553

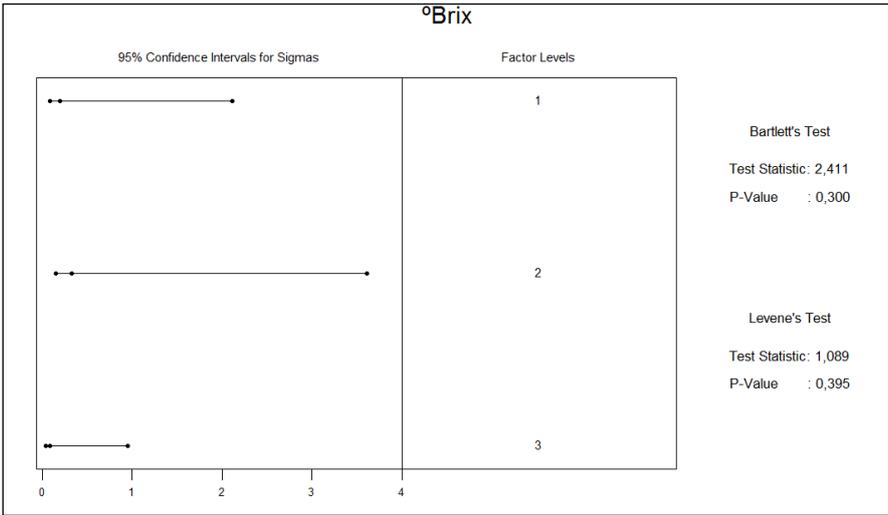
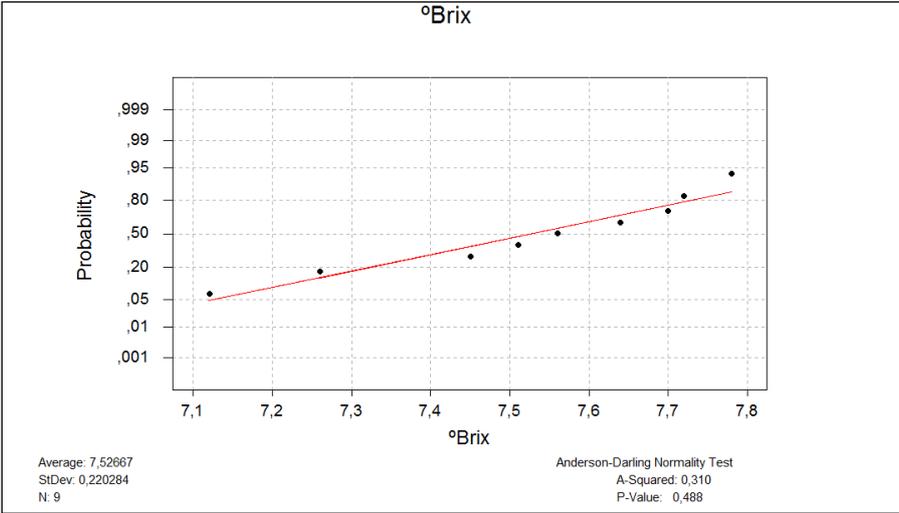
One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for Firmeza

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	17	9	0,08	0,927
Error	6	665	111		
Total	8	682			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	3	428,08	15,66	(-----+-----+-----+-----)
2	3	431,43	6,51	(-----*-----)
3	3	429,39	6,69	(-----*-----)
Pooled StDev = 10,52				-----+-----+-----
				420 430 440

°BRIX



Homogeneity of Variance

Response °Brix
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,088267	0,193132	2,11124	3	1
0,150820	0,330000	3,60742	3	2
0,039843	0,087178	0,95299	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 2,411
 P-Value : 0,300

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 1,089
 P-Value : 0,395

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for °Brix

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	0,0806	0,0403	0,79	0,497
Error	6	0,3076	0,0513		
Total	8	0,3882			

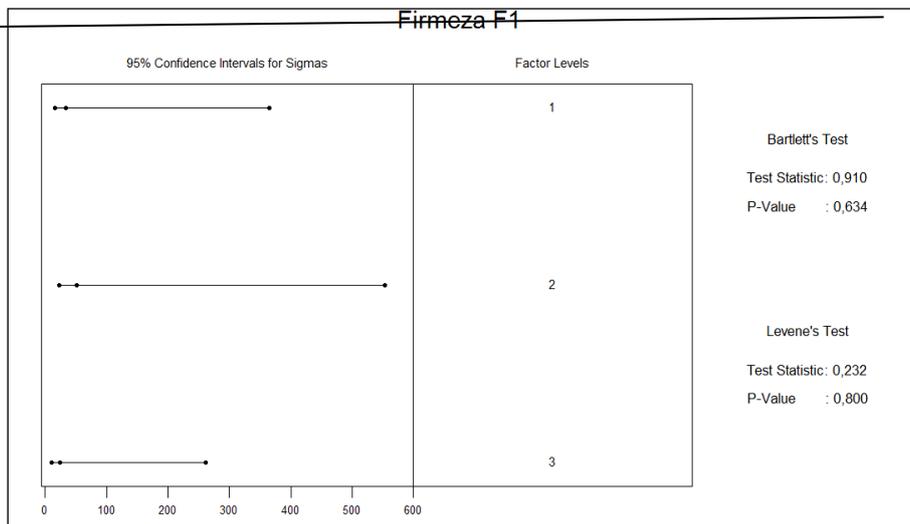
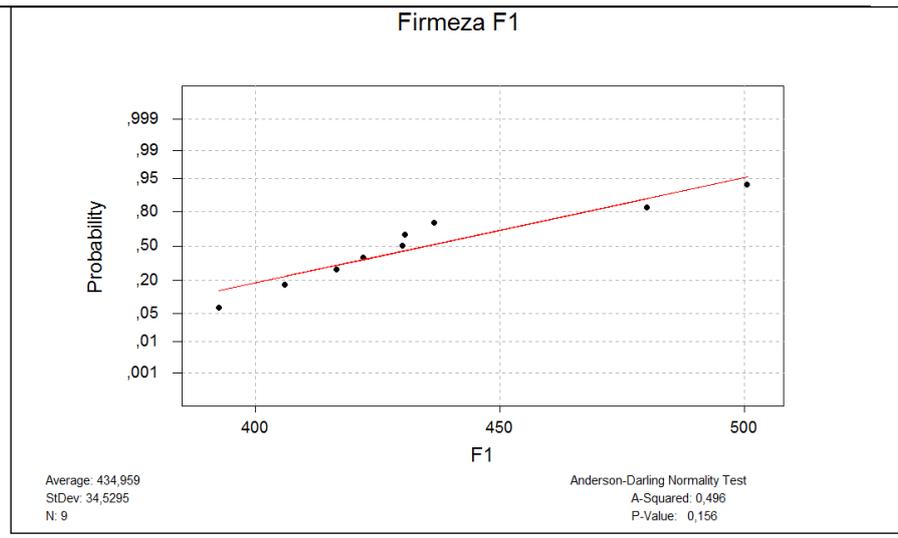
Individual 95% CIs For Mean
 Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	7,4700	0,1931	7,0738	7,8662
2	3	7,4500	0,3300	6,7800	8,1200
3	3	7,6600	0,0872	7,4856	7,8344

Pooled StDev = 0,2264

FIRMEZA POR FECHAS:

FECHA 1:



Homogeneity of Variance

Response F1
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
15,2889	33,4527	365,691	3	1
23,1494	50,6516	553,702	3	2
10,9051	23,8607	260,835	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,910
P-Value : 0,634

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,232
P-Value : 0,800

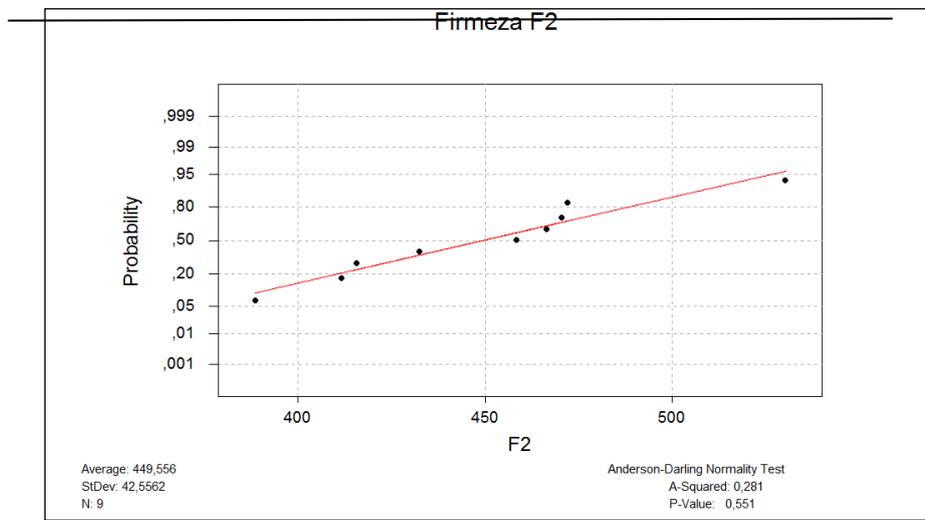
One-way Analysis of Variance

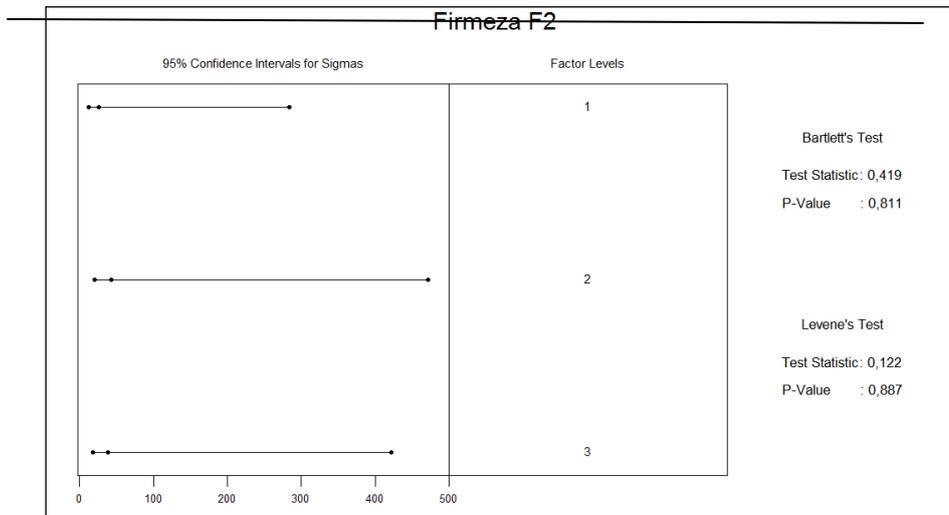
Analysis of Variance for F1

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	1030	515	0,36	0,710
Error	6	8508	1418		
Total	8	9538			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
1	3	442,17	33,45	-----+-----+-----+-----+	(-----*-----)		
2	3	442,88	50,65	-----+-----+-----+-----+	(-----*-----)		
3	3	419,83	23,86	-----+-----+-----+-----+	(-----*-----)		
Pooled StDev = 37,66				-----+-----+-----+-----+			
				385	420	455	490

FECHA 2:





Homogeneity of Variance

Response F2
 Factors Tesis
 Conflvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
11,8682	25,9679	283,870	3	1
19,7120	43,1306	471,486	3	2
17,6298	38,5746	421,681	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,419
 P-Value : 0,811

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,122
 P-Value : 0,887

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F2

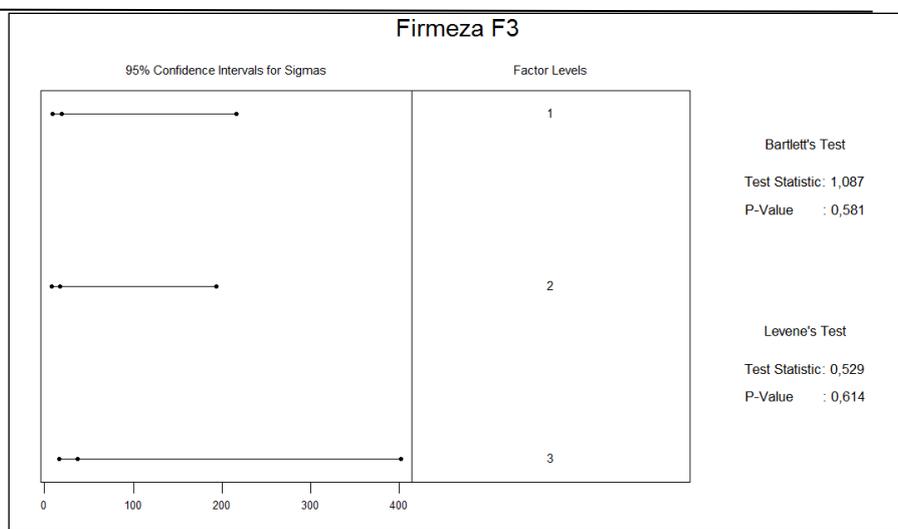
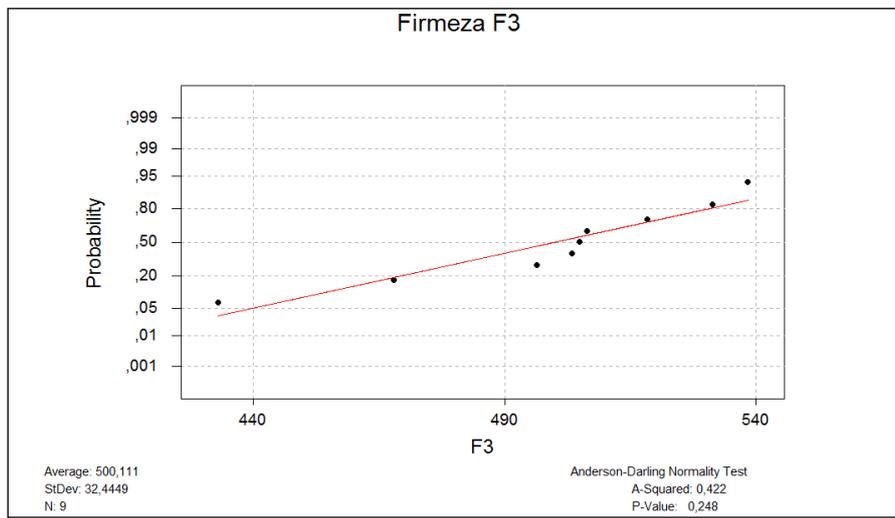
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	6443	3222	2,40	0,171
Error	6	8045	1341		
Total	8	14488			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	3	438,17	25,97
2	3	424,00	43,13
3	3	486,50	38,57

Pooled StDev = 36,62

FECHA 3:



Homogeneity of Variance

Response F3
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
9,0439	19,7885	216,319	3	1
8,0857	17,6918	193,399	3	2
16,8022	36,7639	401,887	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1,087
 P-Value : 0,581

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,529
 P-Value : 0,614

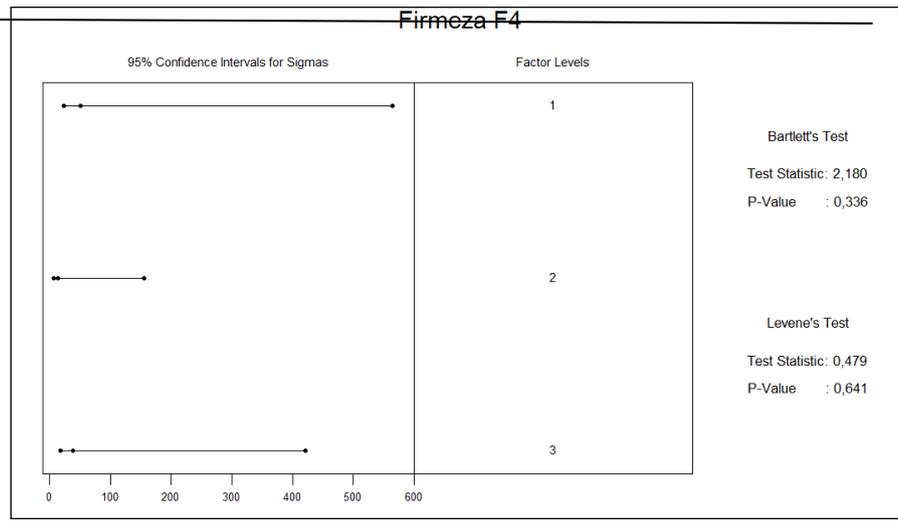
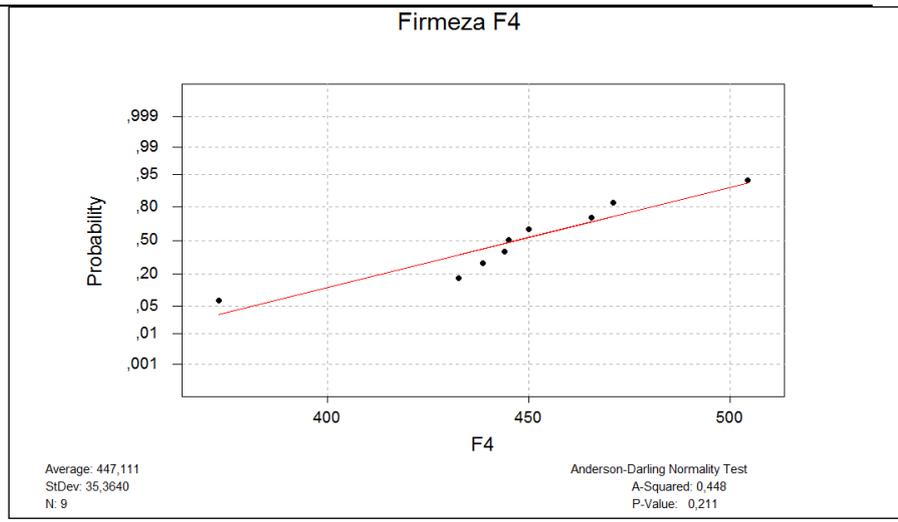
One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F3

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	4309	2155	3,14	0,116
Error	6	4112	685		
Total	8	8421			

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
1	3	515,67	19,79	(-----*-----)
2	3	515,50	17,69	(-----*-----)
3	3	469,17	36,76	(-----*-----)
Pooled StDev = 26,18				-----+-----+-----+-----
				455 490 525

FECHA 4:



Homogeneity of Variance

Response F4
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
23,5818	51,5978	564,045	3	1
6,5210	14,2683	155,975	3	2

17,5828 38,4719 420,558 3 3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 2,180
P-Value : 0,336

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,479
P-Value : 0,641

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F4

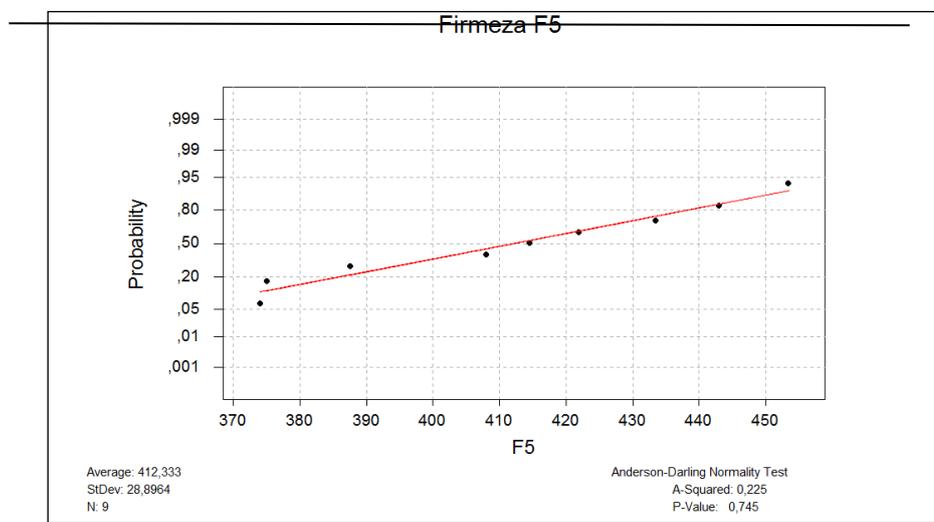
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	1313	656	0,45	0,656
Error	6	8692	1449		
Total	8	10005			

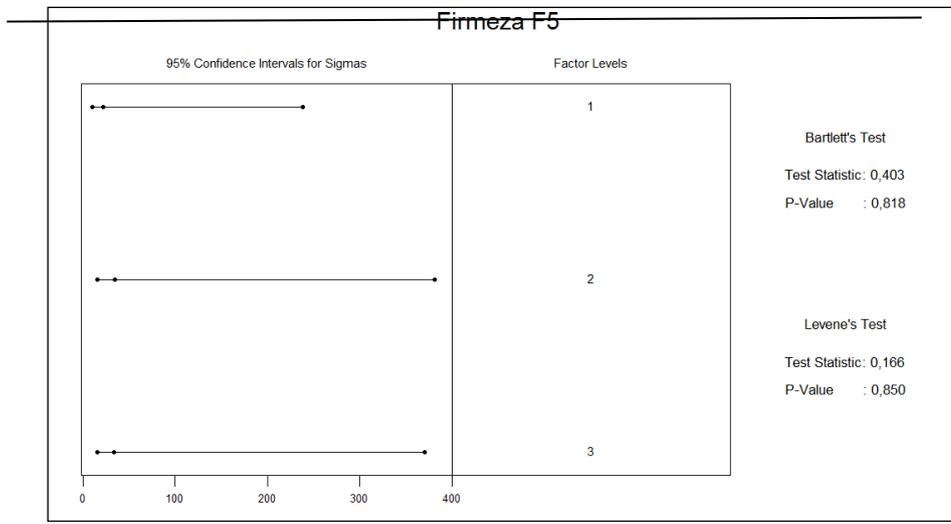
Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+
1	3	431,33	51,60	(-----*-----)
2	3	449,33	14,27	(-----*-----)
3	3	460,67	38,47	(-----*-----)
Pooled StDev = 38,06				-----+-----+-----+-----+

400 440 480 520

FECHA 5:





Homogeneity of Variance

Response F5
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
9,9407	21,7505	237,767	3	1
15,9132	34,8186	380,622	3	2
15,4672	33,8428	369,955	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,403
P-Value : 0,818

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,166
P-Value : 0,850

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F5

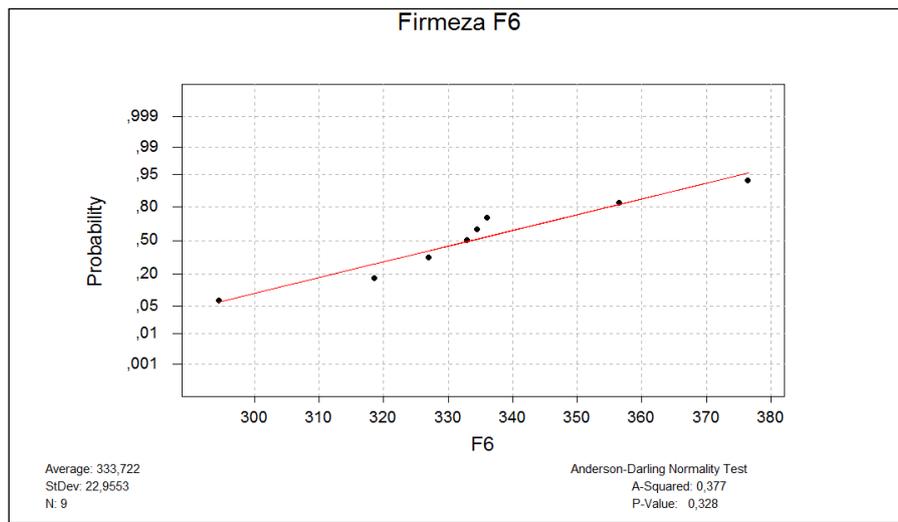
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	1019	509	0,54	0,609
Error	6	5662	944		
Total	8	6680			

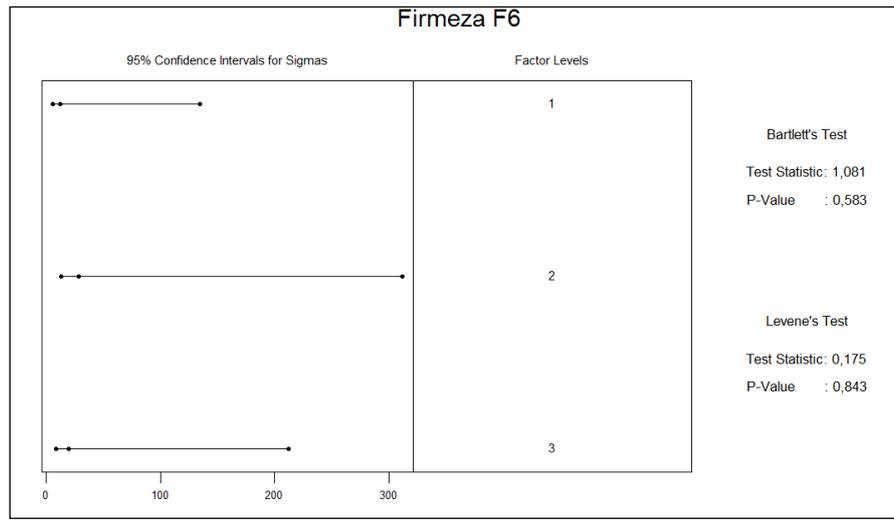
Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	398,83	21,75	355,33	442,33
2	3	413,33	34,82	343,69	483,00
3	3	424,83	33,84	357,13	492,53

Pooled StDev = 30,72

FECHA 6:





Homogeneity of Variance

Response F6
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
5,6176	12,2916	134,366	3	1
13,0614	28,5788	312,412	3	2
8,8867	19,4444	212,558	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1,081
 P-Value : 0,583

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,175
 P-Value : 0,843

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F6

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	1524	762	1,70	0,260
Error	6	2692	449		
Total	8	4216			

Individual 95% CIs For Mean

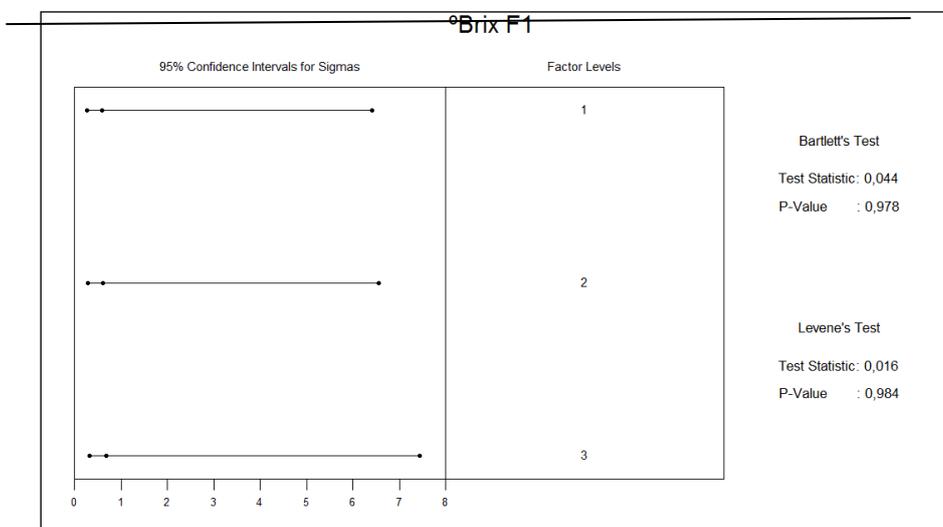
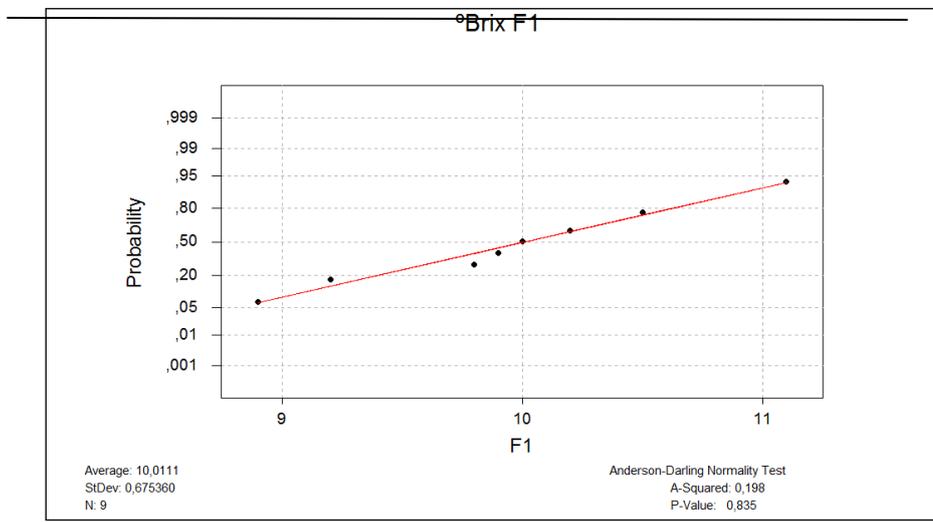
Level	N	Mean	StDev	Based on Pooled StDev
1	3	342,33	12,29	(-----*-----)
2	3	343,50	28,58	(-----*-----)
3	3	315,33	19,44	(-----*-----)

Pooled StDev = 21,18

-----+-----+-----+-----+
300 325 350 375

° BRIX POR FECHAS:

FECHA 1:



Homogeneity of Variance

Response F1
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,267796	0,585947	6,40532	3	1
0,274219	0,600000	6,55894	3	2
0,311095	0,680686	7,44097	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,044
 P-Value : 0,978

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,016
 P-Value : 0,984

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F1

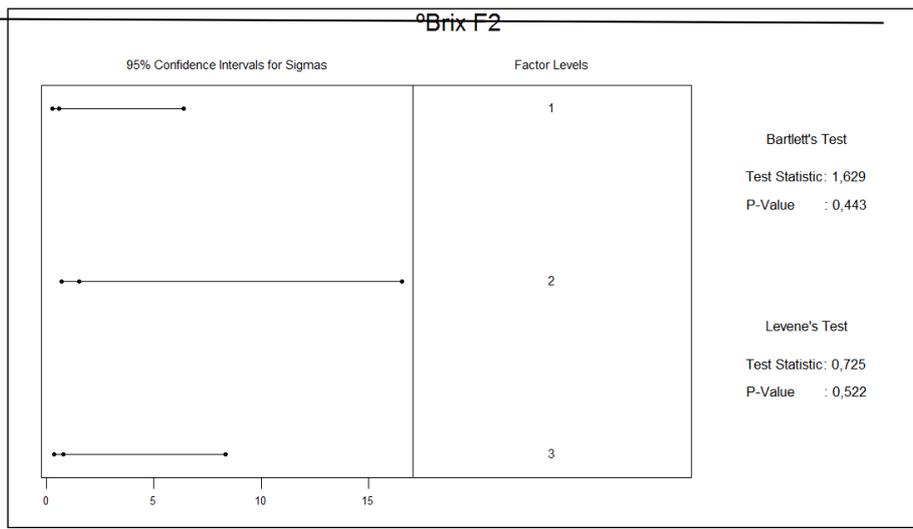
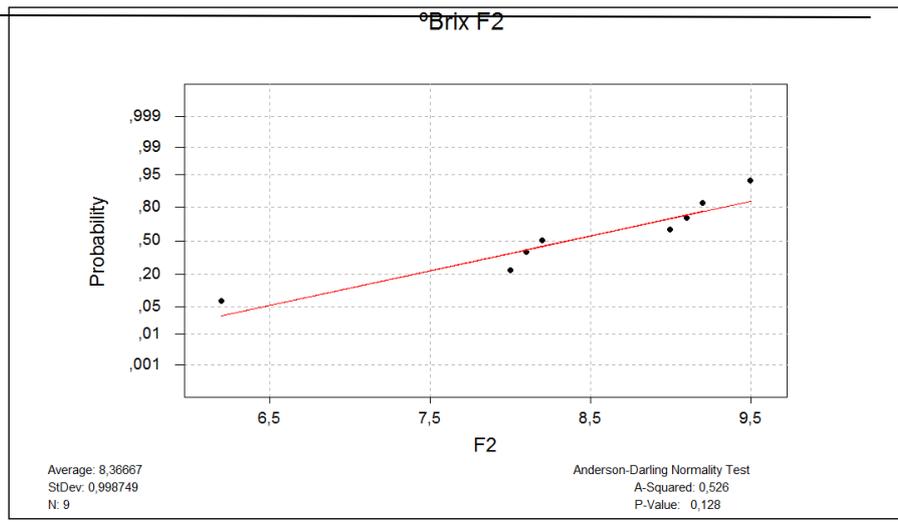
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	1,316	0,658	1,69	0,261
Error	6	2,333	0,389		
Total	8	3,649			

Individual 95% CIs For Mean
 Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	9,567	0,586	8,80	10,33
2	3	10,500	0,600	9,90	11,10
3	3	9,967	0,681	9,28	10,65

Pooled StDev = 0,624

FECHA 2:



Homogeneity of Variance

Response F2
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,267796	0,58595	6,4053	3	1
0,693624	1,51767	16,5906	3	2

0,349063 0,76376 8,3491 3 3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1,629
P-Value : 0,443

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,725
P-Value : 0,522

One-way Analysis of Variance

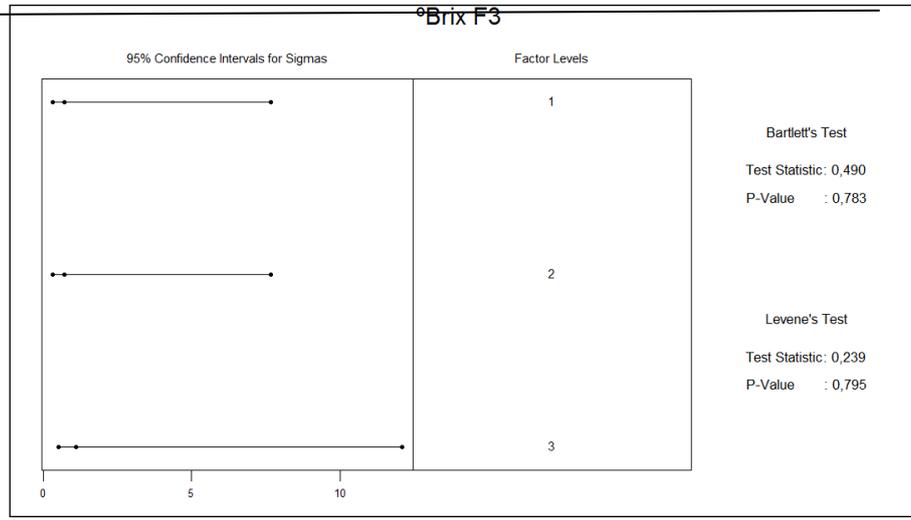
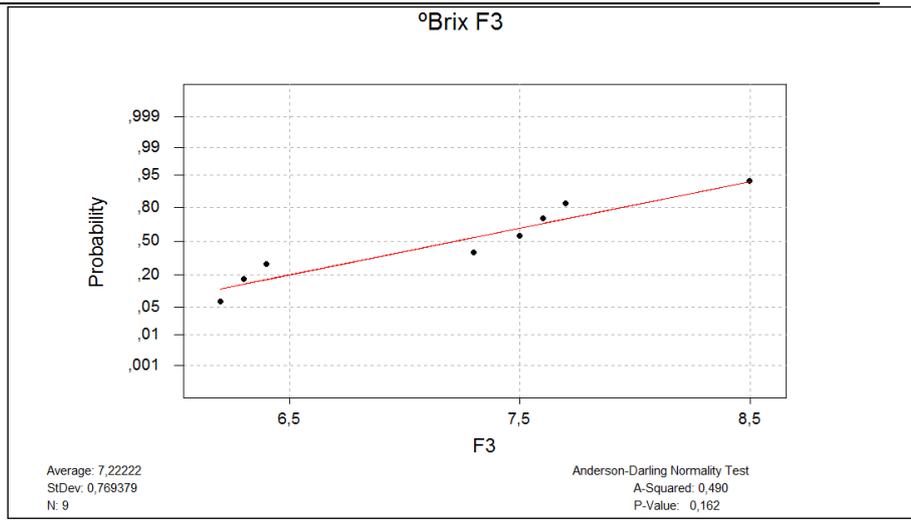
Analysis of Variance for F2

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	1,52	0,76	0,71	0,531
Error	6	6,46	1,08		
Total	8	7,98			

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----
1	3	8,433	0,586	(-----*-----)
2	3	7,833	1,518	(-----*-----)
3	3	8,833	0,764	(-----*-----)
Pooled StDev = 1,038				-----+-----+-----
				7,2 8,4 9,6

FECHA 3:



Homogeneity of Variance

Response F3
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,319922	0,70000	7,6521	3	1
0,319922	0,70000	7,6521	3	2
0,505497	1,10604	12,0908	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,490
P-Value : 0,783

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,239
P-Value : 0,795

One-way Analysis of Variance

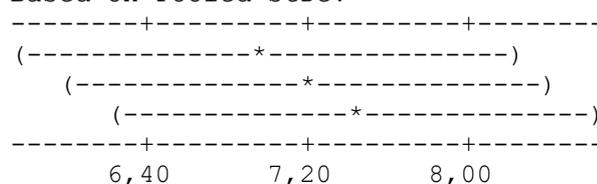
Analysis of Variance for F3

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	0,329	0,164	0,22	0,806
Error	6	4,407	0,734		
Total	8	4,736			

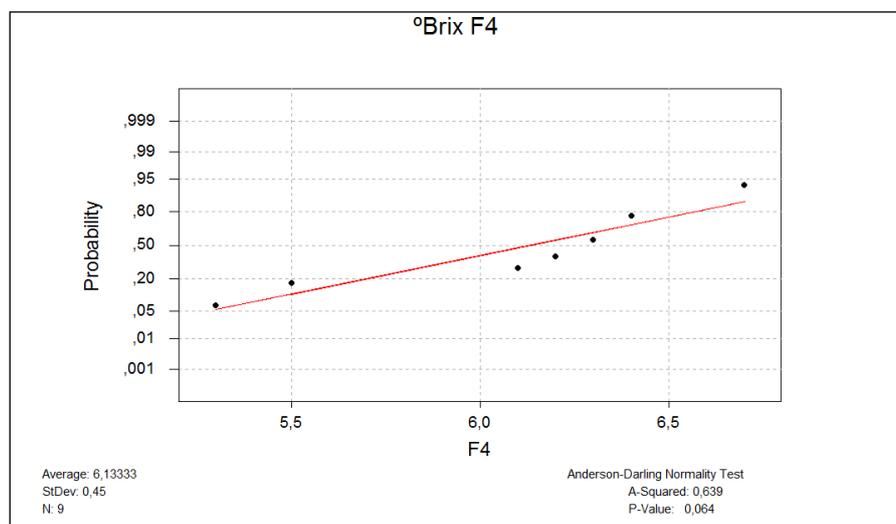
Level	N	Mean	StDev
1	3	7,0000	0,7000
2	3	7,2000	0,7000
3	3	7,4667	1,1060

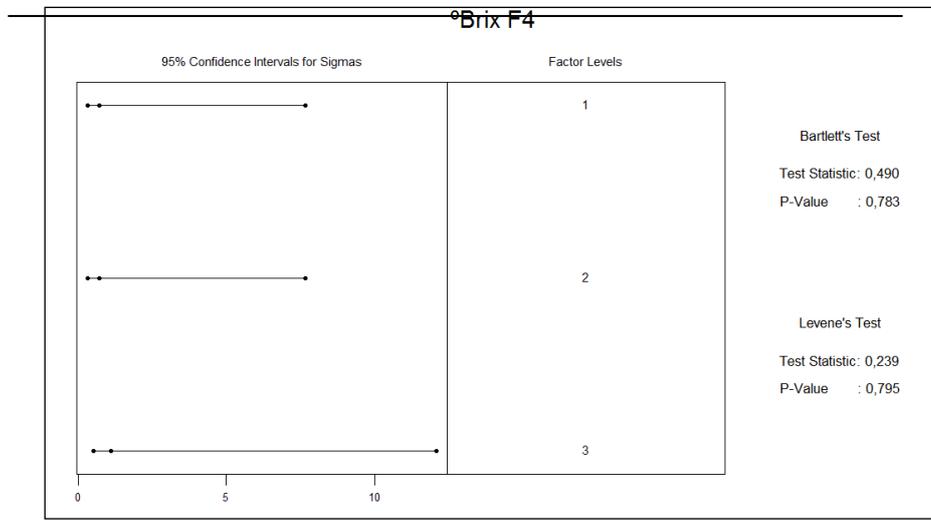
Pooled StDev = 0,8570

Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev



FECHA 4:





Homogeneity of Variance

Response F3
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,319922	0,70000	7,6521	3	1
0,319922	0,70000	7,6521	3	2
0,505497	1,10604	12,0908	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,490
P-Value : 0,783

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,239
P-Value : 0,795

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F4

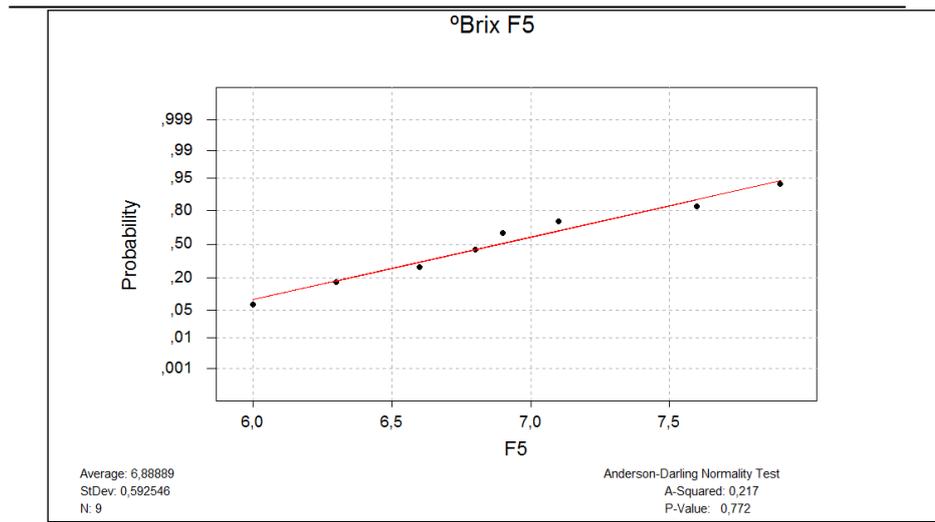
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	0,347	0,173	0,82	0,486
Error	6	1,273	0,212		
Total	8	1,620			

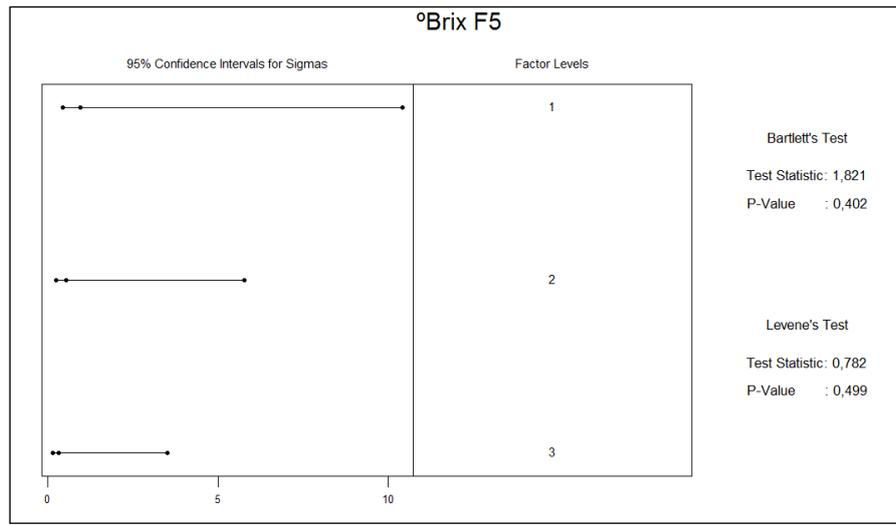
Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	6,2000	0,6245	5,50	6,90
2	3	5,8667	0,4933	5,37	6,36
3	3	6,3333	0,0577	6,27	6,40

Pooled StDev = 0,4607

FECHA 5:





Homogeneity of Variance

Response F5
Factors Tesis
ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,435980	0,953939	10,4281	3	1
0,241838	0,529150	5,7844	3	2
0,146915	0,321455	3,5140	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 1,821
P-Value : 0,402

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,782
P-Value : 0,499

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F5					
Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	0,222	0,111	0,26	0,781

Error	6	2,587	0,431
Total	8	2,809	

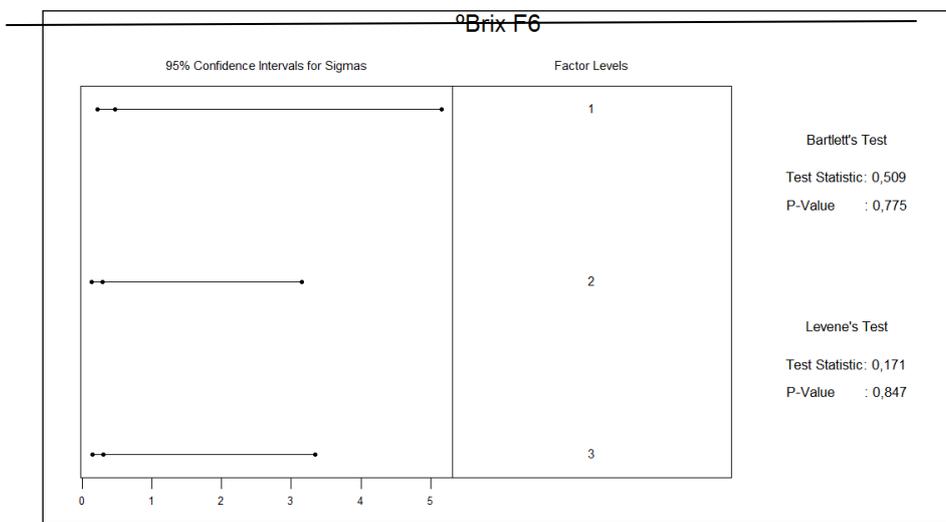
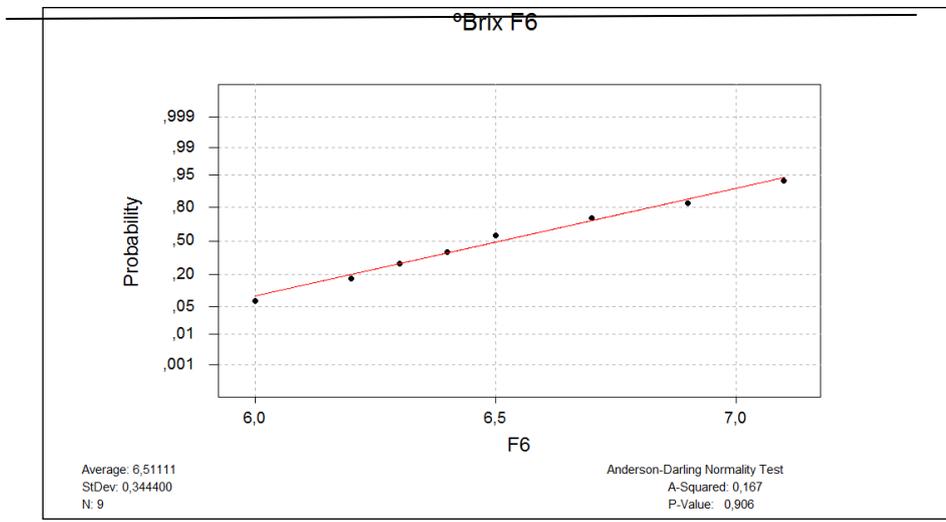
Individual 95% CIs For Mean
Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	3	7,0000	0,9539	(-----*-----)
2	3	7,0000	0,5292	(-----*-----)
3	3	6,6667	0,3215	(-----*-----)

Pooled StDev = 0,6566

6,00 6,60 7,20 7,80

FECHA 6:



Homogeneity of Variance

Response F6
 Factors Tesis
 ConfLvl 95,0000

Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Lower	Sigma	Upper	N	Factor Levels
0,215985	0,472582	5,16606	3	1
0,131934	0,288675	3,15567	3	2
0,139625	0,305505	3,33965	3	3

Bartlett's Test (normal distribution)

Test Statistic: 0,509
 P-Value : 0,775

Levene's Test (any continuous distribution)

Test Statistic: 0,171
 P-Value : 0,847

One-way Analysis of Variance

Analysis of Variance for F6

Source	DF	SS	MS	F	P
Tesis	2	0,149	0,074	0,56	0,599
Error	6	0,800	0,133		
Total	8	0,949			

Individual 95% CIs For Mean
 Based on Pooled StDev

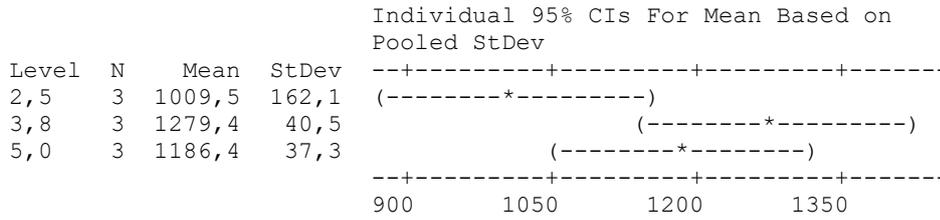
Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
1	3	6,5667	0,4726	5,6215	7,5119
2	3	6,3333	0,2887	5,7560	6,9106
3	3	6,6333	0,3055	5,9223	7,3443

Pooled StDev = 0,3651

One-way ANOVA: Producción total (gr/planta) versus Cinta de riego

Source	DF	SS	MS	F	P
Cinta de riego	2	112732	56366	5,77	0,040
Error	6	58656	9776		
Total	8	171388			

S = 98,87 R-Sq = 65,78% R-Sq(adj) = 54,37%



Pooled StDev = 98,9

Grouping Information Using Tukey Method

Cinta de riego

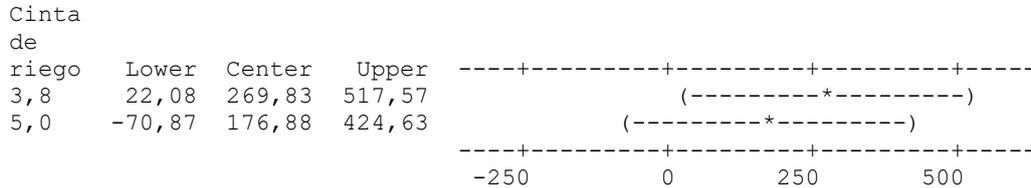
riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	1279,36	A
5,0	3	1186,41	A B
2,5	3	1009,53	B

Means that do not share a letter are significantly different.

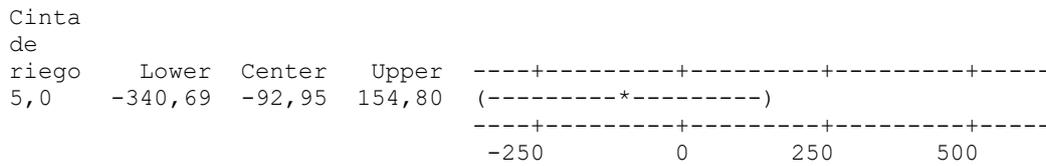
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Individual confidence level = 97,80%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:



Grouping Information Using Fisher Method

Cinta de riego

riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	1279,36	A
5,0	3	1186,41	A B
2,5	3	1009,53	B

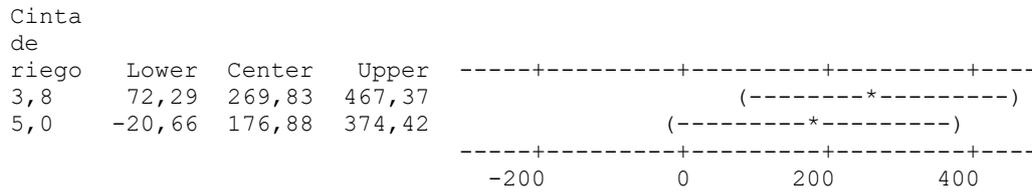
Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals

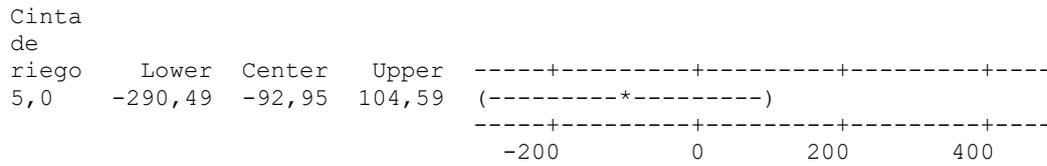
All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Simultaneous confidence level = 89,08%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:



Individual Value Plot of Producción total (gr/planta) vs Cinta de riego

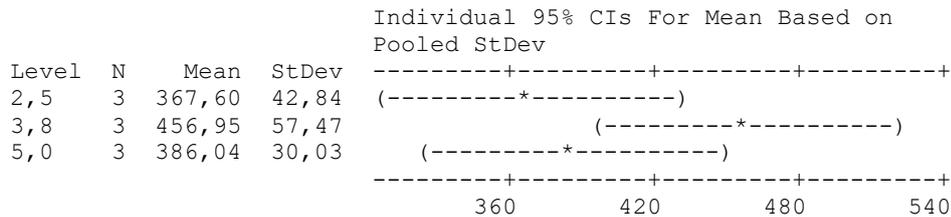
Boxplot of Producción total (gr/planta)

Residual Plots for Producción total (gr/planta)

One-way ANOVA: Producción precoz (gr/planta) versus Cinta de riego

Source	DF	SS	MS	F	P
Cinta de riego	2	13351	6675	3,32	0,107
Error	6	12080	2013		
Total	8	25431			

S = 44,87 R-Sq = 52,50% R-Sq(adj) = 36,66%



Pooled StDev = 44,87

Grouping Information Using Tukey Method

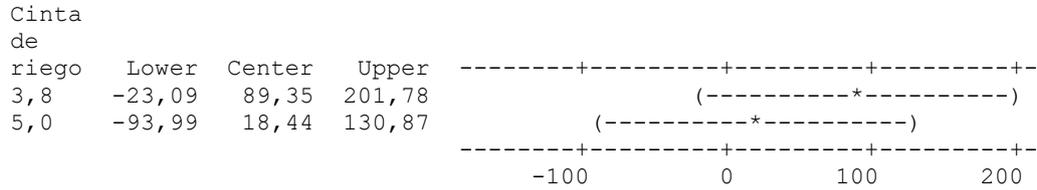
Cinta de riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	456,95	A
5,0	3	386,04	A
2,5	3	367,60	A

Means that do not share a letter are significantly different.

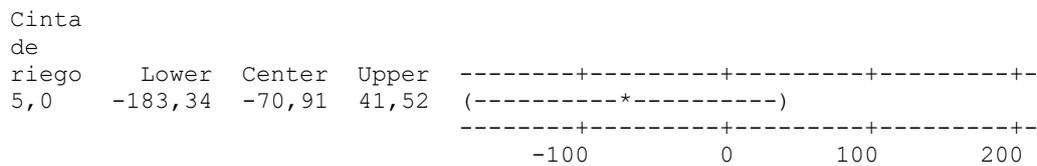
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Individual confidence level = 97,80%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:



Grouping Information Using Fisher Method

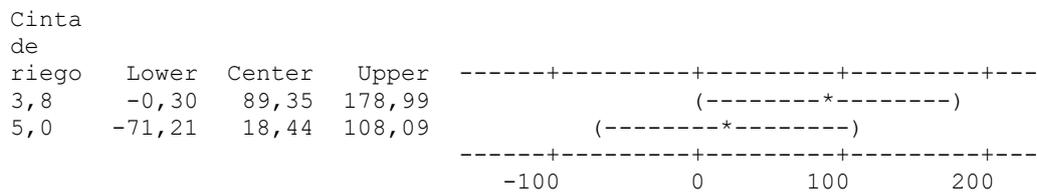
Cinta de riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	456,95	A
5,0	3	386,04	A
2,5	3	367,60	A

Means that do not share a letter are significantly different.

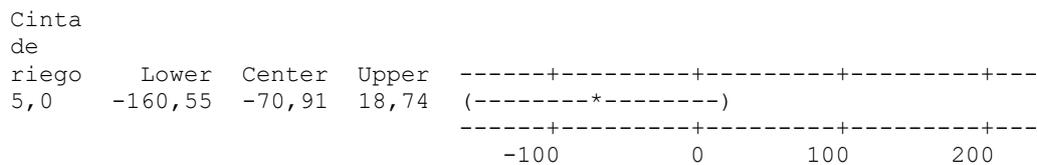
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Simultaneous confidence level = 89,08%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:



Individual Value Plot of Producción precoz (gr/planta) vs Cinta de riego

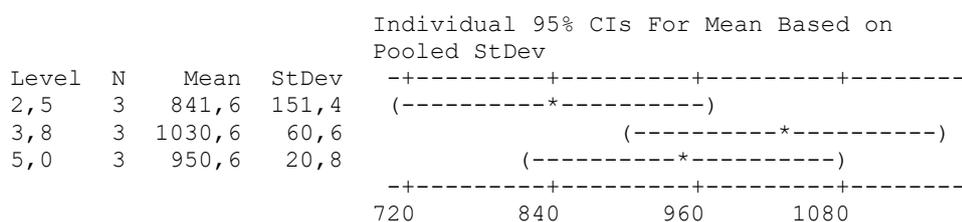
Boxplot of Producción precoz (gr/planta)

Residual Plots for Producción precoz (gr/planta)

One-way ANOVA: Producción 1ª (gr/planta) versus Cinta de riego

Source	DF	SS	MS	F	P
Cinta de riego	2	54043	27021	3,00	0,125
Error	6	54070	9012		
Total	8	108112			

S = 94,93 R-Sq = 49,99% R-Sq(adj) = 33,32%



Pooled StDev = 94,9

Grouping Information Using Tukey Method

Cinta de riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	1030,64	A
5,0	3	950,59	A
2,5	3	841,57	A

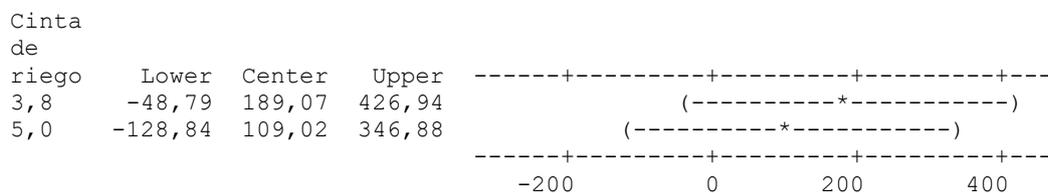
Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

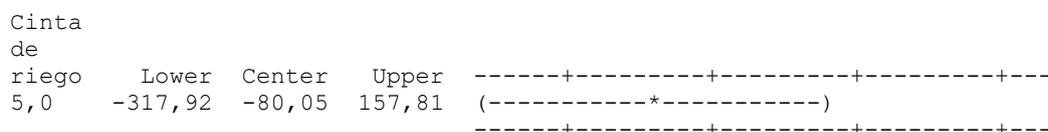
All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Individual confidence level = 97,80%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:



-200 0 200 400

Grouping Information Using Fisher Method

```
Cinta
de
riego  N      Mean  Grouping
3,8    3  1030,64  A
5,0    3   950,59  A
2,5    3   841,57  A
```

Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Simultaneous confidence level = 89,08%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:

```
Cinta
de
riego  Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----
3,8    -0,59  189,07  378,73  (-----*-----)
5,0   -80,64  109,02  298,68  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----
-200                      0                      200                      400
```

Cinta de riego = 3,8 subtracted from:

```
Cinta
de
riego  Lower  Center  Upper  -----+-----+-----+-----+-----
5,0   -269,71 -80,05  109,61  (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+-----
-200                      0                      200                      400
```

Individual Value Plot of Producción 1ª (gr/planta) vs Cinta de riego

Boxplot of Producción 1ª (gr/planta)

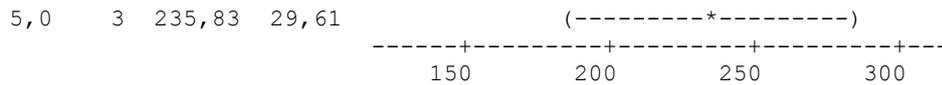
Residual Plots for Producción 1ª (gr/planta)

One-way ANOVA: Producción 2ª (gr/planta) versus Cinta de riego

Source	DF	SS	MS	F	P
Cinta de riego	2	11310	5655	4,67	0,060
Error	6	7271	1212		
Total	8	18581			

S = 34,81 R-Sq = 60,87% R-Sq(adj) = 47,82%

```
Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev
Level  N      Mean  StDev  -----+-----+-----+-----+-----
2,5    3  167,91  11,43  (-----*-----)
3,8    3  248,72  51,27  (-----*-----)
```



Pooled StDev = 34,81

Grouping Information Using Tukey Method

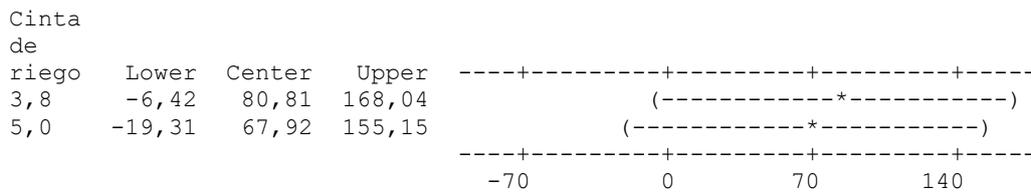
Cinta de riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	248,72	A
5,0	3	235,83	A
2,5	3	167,91	A

Means that do not share a letter are significantly different.

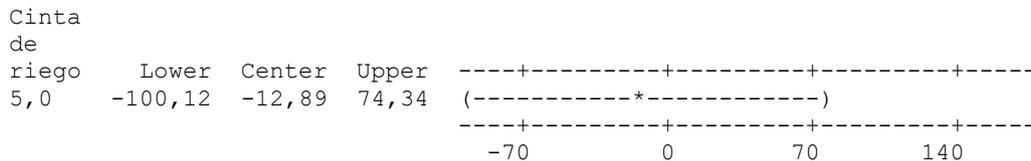
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Individual confidence level = 97,80%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:



Grouping Information Using Fisher Method

Cinta de riego	N	Mean	Grouping
3,8	3	248,72	A
5,0	3	235,83	A B
2,5	3	167,91	B

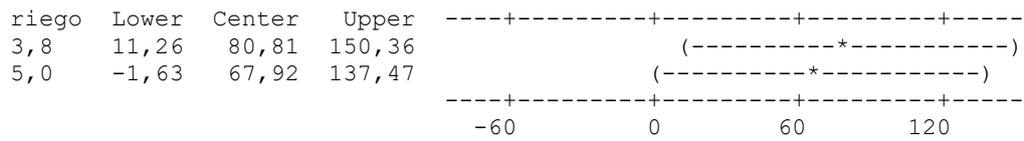
Means that do not share a letter are significantly different.

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Cinta de riego

Simultaneous confidence level = 89,08%

Cinta de riego = 2,5 subtracted from:

Cinta de



Cinta de riego = 3,8 subtracted from:

