

## INFORME TÉCNICO

**ENTIDAD<sup>1</sup>:** XXXXXXXXXXXXXXX

**PROYECTO<sup>2</sup>:** IDI-20220105

**TÍTULO PROYECTO:** ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA LA MEJORA DEL EQUILIBRIO BIOLÓGICO DEL SUELO EN CULTIVOS INTENSIVOS Y CON BAJA DISPONIBILIDAD HÍDRICA

**PERIODO JUSTIFICADO<sup>3</sup>:** 01/07/2021 A 31/12/2022

Versión vigente			
Versión	Elaborado/Validado	Aprobado	Fecha Aprobación
1.1	División de Control de Proyectos	Jefe División Control de Proyectos	Diciembre 2021

<sup>1</sup> ENTIDAD beneficiaria de la ayuda CDTI (en su caso, entidad líder del consorcio).

<sup>2</sup> Tipología y número de proyecto.

<sup>3</sup> Período: Número de hito o anualidad (según corresponda) objeto de la justificación.

# 1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

## 1.1. CRONOGRAMA

	M1- M2	M3- M4	M5- M6	M7- M8	M9- M10	M11- M12	M13- M14	M15- M16	M17- M18
<b>ACTIVIDAD 1 – APLICACIÓN DE TRATAMIENTO DE OZONIZACIÓN E INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS</b>									
T1.1.- CREACION DE SUBPARCELAS EXPERIMENTALES Y PREPARACION DEL TERRENO									
T1.2.- APLICACIÓN DE TRATAMIENTO DE OZONO Y DE MICROORGANISMOS									
<b>ACTIVIDAD 2 – ESTUDIO DEL IMPACTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL CULTIVO</b>									
T2.1.- ANÁLISIS DE SUELOS PARA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA									
T2.2.- ANÁLISIS MOLECULARES PARA ESTUDIO DE BIODIVERSIDAD DEL SUELO									
T2.3.- SENSORIZACION HIDRICA E INFORMES DE RIEGO									
T2.4.- MEDIDA DEL IMPACTO SOBRE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN									
T2.5.- ANALISIS DE RESULTADOS E INFORME DE VALIDACION									

## **ACTIVIDAD 1 – APLICACIÓN DE TRATAMIENTO DE OZONIZACIÓN E INOCULACIÓN DE MICROORGANISMOS.**

### **T1.1. – CREACION DE SUBPARCELAS EXPERIMENTALES Y PREPARACION DEL TERRENO**

Los ensayos se han realizado en las parcelas:

- Sandía:
  - Comunidad Autónoma: 30 - Murcia
  - Municipio: 3 - Águilas
  - Superficie: 0,45 Ha

Fue dividida en 4 subparcelas de 0,11 Ha cada una, con un sector de riego propio para cada subparcela, que ha permitido aportar los tratamientos diferenciales a validar.

- Tomate:
  - Comunidad Autónoma: 30 - Murcia
  - Municipio: 3 - Águilas
  - Superficie SIGPAC: 10,53 Ha. De ellas han sido utilizadas 0,44 Ha.

Fue dividida igualmente en 4 subparcelas: 3 de 0,11 Ha y 1 de 0,33 Ha (SP0, sub-parcela control), con un sector de riego propio para cada subparcela, que ha permitido aportar los tratamientos diferenciales a validar.

Las variedades utilizadas para los ensayos, según previsto en la propuesta, han sido: tomate variedad Caniles, en rotación con sandía variedad Red Jasper/Premium.

Se ha aportado en cada una de las sub-parcelas el agua suficiente para alcanzar la capacidad de campo en los bulbos de riego de la plantación, con el fin de hacer un efecto llamada a los microorganismos que poseen una reducida movilidad pero que, en pocas jornadas, se desplazan al interior del bulbo de riego para alimentarse, reproducirse y completar así su ciclo biológico. Además, tanto los hongos como bacterias que se encuentran en la zona radicular, van a comenzar igualmente su desarrollo.

Para alcanzar esta capacidad de campo, se ha empleado la red de riego existente en cada explotación, y previamente han sido revisados exhaustiva y minuciosamente los emisores para evitar fugas de agua que produzcan encharcamientos. Se ha aplicado un exceso de agua que ha sido el doble de tiempo de un riego normal. Esta aplicación ha sido realizada cada tres días, con un total un mínimo de cuatro riegos.

## **T1.2.- APLICACIÓN DE TRATAMIENTO DE OZONIZACIÓN**

En sandía, la aplicación de agua con ozono se ha realizado antes de trasplantar el cultivo, aplicando dos horas de riego para conseguir llegar a la mayor parte del bulbo de riego.

En tomate, en cambio, la aplicación de agua con ozono se ha realizado después de trasplantar el cultivo, aplicando dos horas de riego para conseguir llegar a la mayor parte del bulbo de riego.

Se realiza la primera medición a los 20 minutos de empezar el tratamiento, otra a los 50 minutos después de la primera y la última antes de terminar la aplicación.

Siempre se coge una muestra de agua del gotero más alejado de la conexión con el cabezal, para asegurar que la cantidad de ozono deseada llega al punto más alejado del tratamiento.

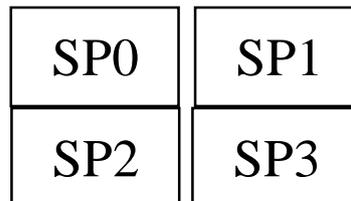
En todos los análisis realizados la concentración de ozono salía por encima de 5 ppm, cantidad máxima que mide el sensor del instrumento. Por encima de las 5 ppm se controlan todos los patógenos que pueden causar enfermedades a los cultivos.

### T1.3.- APLICACIÓN DE TRATAMIENTO DE MICROORGANISMOS

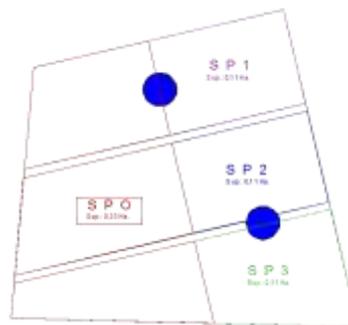
**Microorganismos aplicados:** Se ha ensayado con la rizobacteria *Pseudomonas fluorescens*, el hongo *Glomus iranicum* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

**Esquema de aplicación de microorganismos:** se ha establecido el siguiente esquema de aplicación en las sub-parcelas:

SANDÍA:



TOMATE:



- Los tratamientos de inoculación de microorganismos han sido realizados para tomate y para sandía. Se han aplicado en tres momentos cada uno de los tratamientos:
- T1: transcurridas 24 horas desde la aplicación del ozono.
- T2: a los 7 días desde la primera aplicación.
- T3: a los 28 días desde la primera aplicación.

Estos momentos de aplicación han sido idénticos para tomate y sandía.

## ACTIVIDAD 2 – ESTUDIO DEL IMPACTO DE LOS TRATAMIENTOS

### T2.1.- ANÁLISIS DE SUELOS PARA OBTENER CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

Los resultados de los diferentes análisis físicos-químicos se adjuntan como **Anexo II** y un resumen de los principales resultados se muestra a continuación:

En lo que se refiere al **cultivo de sandía**, se realizaron análisis de suelo físico-químicos antes del tratamiento del ozono y después de la cosecha del cultivo, para ver si dichos tratamientos afectaban las características físico-químicas del suelo, ya que se tratan de suelos agrícolas que se cultivan todos los años y suelen tener niveles anormalmente altos de materia orgánica oxidable, materia inorgánica, macros y micro elementos (hierro, manganeso, etc.), lixiviados orgánicos y salinidad.

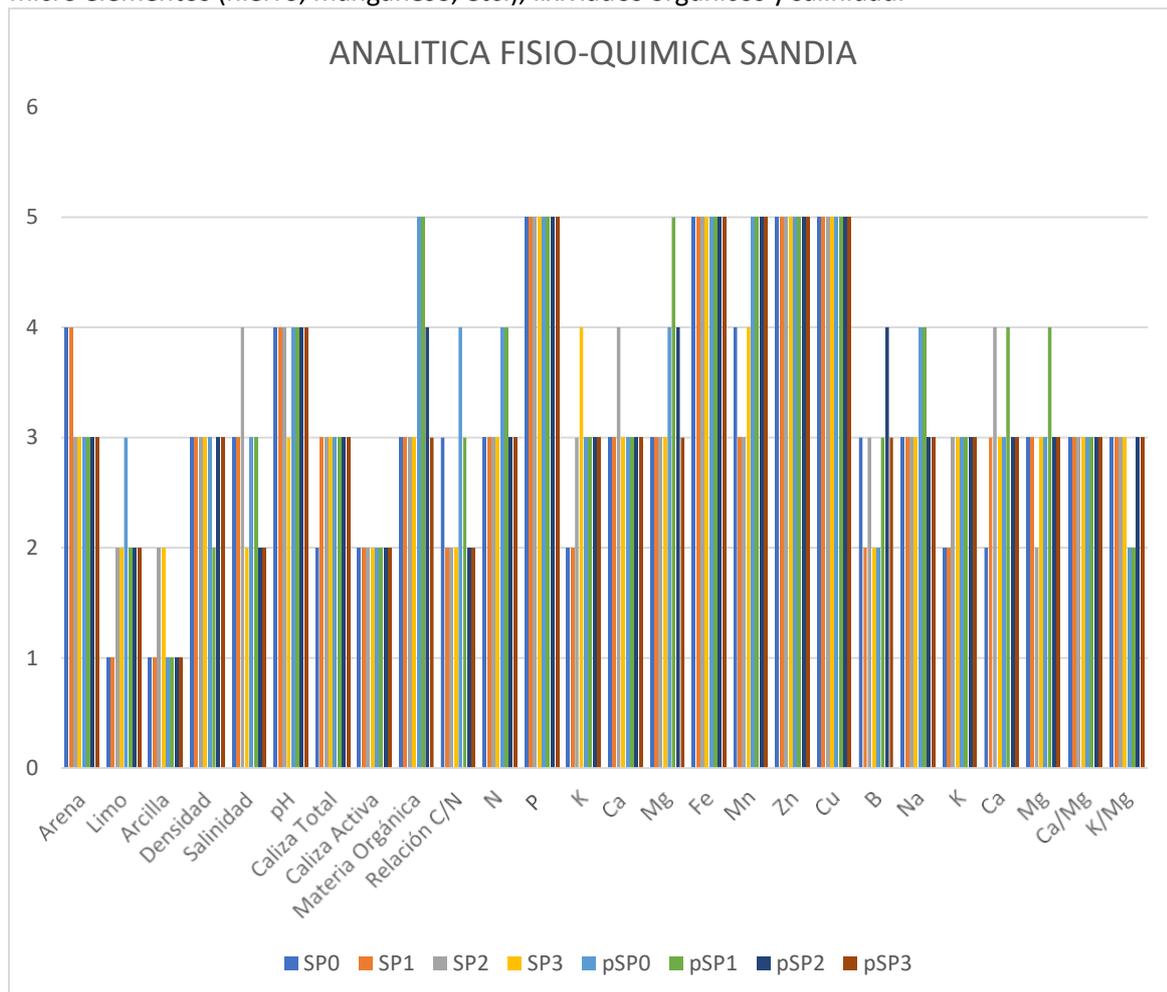


Figura 2: Resultados de analíticas físico-químicas en sandía

Como conclusión, después de analizar los datos y tratarlos estadísticamente nos confirma que son significativos (ya que tienen una varianza baja y una baja dispersión) para poder utilizarlos para nuestras conclusiones.

Podemos observar que no se producen alteraciones en las propiedades físicas antes y después del tratamiento.

De los parámetros importantes para nuestro estudio vemos que no afecta a la materia orgánica, se producen las variaciones normales en el suelo por la actividad de intercambio de catiónico y las acciones de los microorganismos del suelo.

En cuanto a la salinidad si se observa una disminución en las parcelas tratadas frente a la parcela testigo.

El pH, la caliza total y la activa, la relación C/N, el N, el P, el K, el Ca, el Fe, el Zn, el Cu, el Ca asimilable, la relación Ca/Mg y la relación K/Mg no tienen variaciones significativas antes y después del tratamiento ni entre las parcelas tratadas y la testigo.

Y en el K asimilable, el Mg, el Mn, el B, el Na y el Mg asimilable si se observan variaciones positivas antes y después del tratamiento y entre las parcelas tratadas y la testigo.

Con lo que podemos concluir que antes y después del tratamiento no se afectan las condiciones físico-químicas del suelo, como resultado positivo, si se observa que el suelo al final del cultivo es más rico en algunos nutrientes en las parcelas tratadas, que antes del cultivo, es decir, se mejora el suelo agrícola.

En lo que se refiere al **cultivo de tomate**, se realizaron análisis de suelo físico-químicos antes del tratamiento del ozono y después de la cosecha del cultivo, para ver si los tratamientos afectaban las características físico-químicas del suelo, ya que se tratan de suelos agrícolas que se cultivan todos los años y suelen tener niveles anormalmente altos de materia orgánica oxidable, materia inorgánica, macros y micro elementos (hierro, manganeso, etc.), lixiviados orgánicos y salinidad.

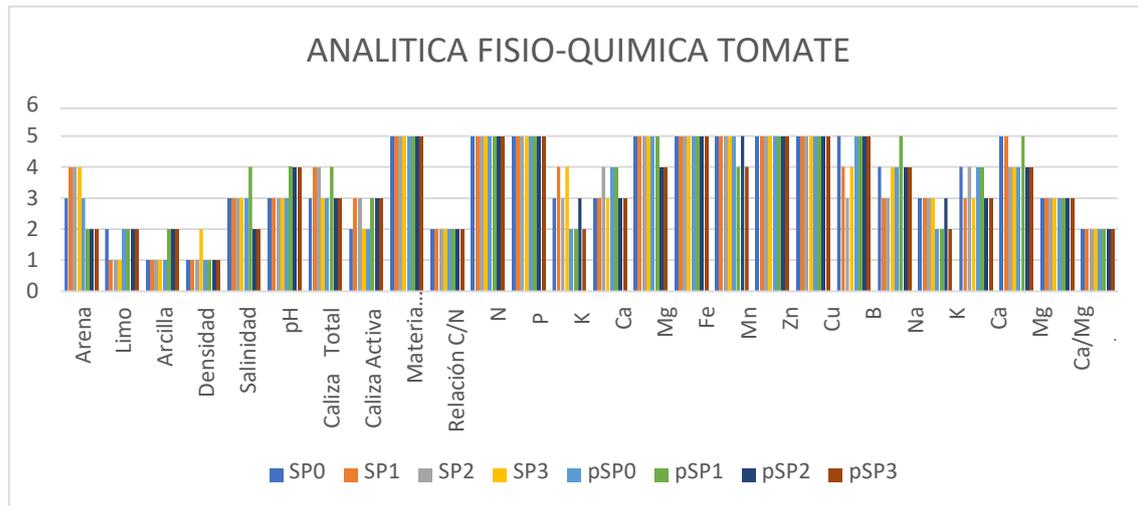


Figura 3: Resultados de analíticas físico-químicas en tomate

Como conclusión, después de analizar los datos y tratarlos estadísticamente nos confirma que son significativos (ya que tienen una varianza baja y una baja dispersión) para poder utilizarlos para nuestras conclusiones.

Podemos observar que no se producen alteraciones en las propiedades físicas antes y después del tratamiento ni en la densidad.

De los parámetros importantes para nuestro estudio vemos que no afecta a la materia orgánica del suelo.

En cuanto a la salinidad si se observa una disminución en las parcelas tratadas frente a la parcela testigo.

La caliza total y la activa, la relación C/N, el N, el P, el Ca, el Fe, el Zn, el Cu, el Ca asimilable, el Mg asimilable, la relación Ca/Mg y la relación K/Mg no tienen variaciones significativas antes y después del tratamiento ni entre las parcelas tratadas y la testigo.

Y en los que respecta a pH, el B y el Na si se observan variaciones positivas antes y después del tratamiento y entre las parcelas tratadas y la testigo.

El K, el Mg, el Mn, el K asimilable y el Mg asimilable disminuyen antes y después del tratamiento debido a que el cultivo ha usado más estos nutrientes.

Con lo que podemos concluir que antes y después del tratamiento no se afectan las condiciones físico-químicas del suelo, como resultado positivo; si se observa, al igual que en sandía, que el suelo al final del cultivo es más rico en algunos nutrientes en las parcelas tratadas que antes del cultivo, por tanto, se mejora el suelo agrícola.

### T2.2.1.- ANALISIS MICROBIOLÓGICO PARA ESTUDIO DE NEMATODOS

En el cultivo de sandía, se han tomado 3 muestras por parcela, tanto para la parcela control SP0 como para la parcela SP3.

Los muestreos se han llevado a cabo en tres momentos del desarrollo del cultivo: previamente a la ozonización, al día siguiente de ozonizar y 3 meses después de la ozonización e inoculación, tomando en este caso solamente una muestra en cada parcela (SP0 y SP3).

En tomate, se ha tomado 1 muestra por parcela, tanto para la parcela control SP0 como para la parcela SP3. Los muestreos se han llevado a cabo en tres momentos del desarrollo del cultivo: previamente a la ozonización, al día siguiente de ozonizar y 3 meses después de la ozonización e inoculación.

profundidad mínima de 5 cm. En este punto se tomaron muestras de alrededor de 500 gramos, que se conservaron frescas y se mantienen en frío el mayor tiempo posible para su conservación. Las muestras se enviarán al laboratorio para su cuantificación mediante métodos microbiológicos tradicionales.

En el cultivo de sandía, el suelo presentaba concretamente en la sub-parcela SPO antecedentes de nematodos localizados en unas zonas concretas dentro de dicha sub-parcela, por lo que se decidió incrementar el número de muestras tomadas en este cultivo, para determinar los niveles de nematodos existentes en el resto de la parcela.

Las analíticas determinaron que efectivamente en la sub-parcela SPO existen unas zonas delimitadas con nematodos, y que estos no se han extendido al resto de la parcela como se validó en las diferentes muestras y en los distintos momentos que se tomaron.

En cambio, en los análisis del cultivo de tomate, todas las muestras de suelo analizadas no presentaron problemas de nematodos.

Como puede apreciarse para ambos cultivos, los niveles de nematodos antes y después del cultivo son muy bajos. En ninguno de los análisis salen niveles de nematodos que puedan ser limitantes del cultivo o que puedan influir en su producción.

## **T2.2.2.- ANALISIS MOLECULARES PARA ESTUDIO DE HONGOS Y BACTERIAS**

### **Análisis y cuantificación de *Pseudomonas fluorescens* por qPCR.**

Es posible inferir de manera visual una mayor presencia de especies de *Pseudomonas* en algunas de las subparcelas que han sido tratadas.

**En el caso del cultivo de sandía**, existe un aumento en las subparcelas 2 y 3, aquellas con mayor combinación de microorganismos presentes. Esto es más llamativo a los 3 meses desde el tratamiento, donde se ve claramente una mayor presencia de *Pseudomonas* en las dos subparcelas.

En el caso del tomate, aunque la toma de muestras un mes tras la inoculación no muestre ninguna diferencia entre muestras, y únicamente parezca aumentar algo en la subparcela 1 en la primera semana de tratamiento, sí se puede vislumbrar la misma tendencia encontrada en sandía cuando el cultivo lleva ya un tiempo establecido tras realizar los tratamientos, aumentando la cantidad de *Pseudomonas* en aquellas subparcelas con tratamientos más completos.

Tanto en el cultivo de sandía como en el de tomate, el crecimiento de las *Pseudomonas* inoculadas en el suelo parece verse beneficiado por la presencia de la micorriza *Glomus iranicum* y el hongo *Saccharomyces cerevisiae* a diferencia de cuando es inoculada en solitario, lo que podría confirmar el efecto sinérgico de varios microorganismos, potenciando los efectos combinados de ellos a la hora de enriquecer un suelo para aumentar su productividad.

Una vez tratado el suelo con ozono se inocularon los microorganismos para la mejora del suelo. En este caso sí que se ha logrado obtener una visión clara de la mejora en las cantidades relativas de *Pseudomonas* en la parcela SP3.

A diferencia de lo que ocurría en bacterias, en este caso sí que se observa una diferencia en las abundancias y en la comunidad de hongos presentes en la muestra tratada con respecto al control. En este caso, la diversidad de hongos del suelo después del tratamiento ha disminuido considerablemente, donde la presencia de Pleosporales cubre prácticamente todas identificaciones realizadas en la muestra ozonizada.

Al igual que para *Pseudomonas* en el análisis de bacterias, se ha podido observar en este caso un incremento de lecturas perteneciente a familias dentro del orden Saccharomycetales en los suelos que han sido inoculados con el combinado de microorganismos.

Estas levaduras, que no estaban presentes en el suelo sin tratar, hacen su aparición con un 4% sobre el total de secuencias identificadas en la muestra tras 1 semana desde el tratamiento, no siendo identificadas en el control. Tras un mes y una segunda inoculación, la abundancia de Saccharomycetales aumenta hasta un 19%, adquiriendo especial importancia en la comunidad fúngica del suelo.

### **Resultados del cultivo de tomate**

Cuando nos fijamos en el cultivo de tomate, las conclusiones que se desprenden de los resultados de diversidad alfa son similares a los de sandía. Sin embargo, en este caso el número total de secuencias y de lecturas encontradas es inferior al cultivo de tomate, especialmente en el caso de los hongos, donde la identificación de especies ha sido bastante reducida.

Observando las muestras de manera independiente, se observa una mayor diversidad en el momento inicial del experimento en ambas parcelas, cuando aún no se ha realizado el tratamiento. Por el contrario, la misma subparcela SP3 presenta una de las menores riquezas de especies justo después de la ozonización, como era de esperar tras una esterilización.

En general, la riqueza de especies encontrada en el suelo del cultivo de tomate es más baja que la que se ha observado en el cultivo de sandía. Las localizaciones de ambos cultivos eran diferentes y el tipo de suelo y el uso que han tenido con anterioridad también presenta variaciones que pueden explicar esa diferencia. Igualmente, mientras que el cultivo de sandía se inició en invierno, los primeros muestreos en la parcela del cultivo de tomate se realizaron en pleno verano, con unas temperaturas y humedades completamente diferentes y mucho más extremas que en el primer caso.

Las diferencias también son claras al observar los gráficos de diversidad beta obtenidos para las muestras del cultivo de tomate, donde no se ve una clara agrupación de las muestras que han sido sometidas a tratamiento.

Por otro lado, las características físico-químicas del suelo adquieren especial relevancia a la hora de establecer unas condiciones óptimas de crecimiento de las comunidades de hongos y bacterias en el suelo. Una gran diferencia del suelo del cultivo de tomate con respecto al de sandía es que es mucho más arenoso, y como tal presenta una menor retención y asimilación hídrica que uno más arcilloso. Esto puede adquirir especial importancia a la hora de realizar la inoculación de microorganismos, que podrían haber sido asimilados mucho mejor en el primer cultivo, perdiéndose gran parte al realizar el tratamiento en el suelo del cultivo de tomate.

En el mismo sentido, las condiciones climatológicas de temperatura y humedad son cruciales para la supervivencia y el éxito en el desarrollo de las bacterias y hongos del suelo. Igual que se ha observado una menor riqueza en el cultivo de tomate, los tratamientos en este suelo se realizaron durante los meses de verano, con temperaturas extremas de calor y ausencia de humedad que pueden estar por encima de los rangos de viabilidad de las especies inoculadas, impidiendo la colonización del suelo.

Independientemente de los resultados obtenidos en tomate, mediante el uso de técnicas moleculares se ha demostrado la capacidad de realizar un seguimiento y una validación de los cambios ocasionados en suelos de cultivo, estudiando las variaciones en la riqueza de especies y las abundancias de aquellos organismos de interés de cara a obtener una comunidad en el suelo que nos permita optimizar la producción de un cultivo. Más específicamente, ha permitido validar la eficacia del tratamiento de ozonización en un suelo de cultivo de sandía, posteriormente inoculado con un combinado de microorganismos cuyo efecto queda reflejado en los resultados obtenidos en el análisis molecular.

### **T2.3.- SENSORIZACION HIDRICA E INFORMES DE RIEGO**

Fueron instalados dos nodos en dos subparcelas que, por la proximidad física, permiten dar servicio a las

4 subparcelas experimentales establecidas. Los equipos fueron cambiados de ubicación cuando se decidió el cambio de parcela experimental.

Un ejemplo de informe sobre los registros realizados se adjunta como **Anexos VIII**; han sido realizados 15 informes en el ciclo de sandía y 19 del ciclo de tomate. Un resumen de las principales conclusiones se muestra a continuación:

Tras analizar los datos registrados por las sondas instaladas en los 4 tratamientos podemos decir que en el Tratamiento T0 se produce una menor retención de la humedad en el perfil de suelo monitorizado, por lo que se da un mayor agotamiento del agua fácilmente disponible para el cultivo y de una forma más rápida. Mientras que en los diferentes tratamientos aplicados se observa una mayor retención del contenido de humedad.

En el caso del ensayo realizado en cultivo de sandía, durante los 2 primeros meses, las intensas precipitaciones caídas con un total de 227 mm hasta el 04/05/2022 provocaron que se mantuviera un elevado contenido de humedad en los 4 tratamientos.

Analizando los datos a partir de esa fecha podemos observar como el tratamiento T0 es el que comienza a presentar un mayor agotamiento del agua fácilmente disponible para el cultivo, mientras que el T3 es el que presenta una mayor retención en la zona más superficial.

Si analizamos el perfil de suelo a 40 cm de profundidad, se puede observar como los tratamientos T2 y T3 presentan un menor contenido de humedad que T0 y T1, produciéndose menor percolación al mantenerse más retenido en la zona más superficial.

En el ensayo realizado en cultivo de tomate observando la globalidad de los datos podríamos decir que en tratamiento T0 presenta un mayor agotamiento del agua fácilmente disponible para el cultivo entre riegos, siendo los tratamientos T1 y T3 los que presentan una mayor retención de la humedad en la zona más superficial. Mientras que si observamos los datos obtenidos de contenido volumétrico de agua en el suelo a 40 cm se podría concluir que el tratamiento T1 presenta un mayor contenido de humedad, incluso observándose drenaje en la mayoría de los riegos. Mientras que el T0 es el que mantiene durante la mayor parte del periodo el contenido de humedad más bajo. Los tratamientos T2 y T3 se mantienen en valores intermedios entre los 2 anteriores.

No se observa variación significativa en la conductividad eléctrica aparente del suelo entre el control y los diferentes tratamientos aplicados.

#### **T2.4.- MEDIDA DEL IMPACTO SOBRE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA Y CALIDAD DEL FRUTO**

Han sido estudiados los siguientes parámetros en cada una de las 4 parcelas experimentales en el ciclo de sandía y en el ciclo de tomate:

- Vigor de la planta: Longitud y grosor del tallo. Tamaño de las hojas. Masa radicular.
- Tasa de recuperación de plantas dañadas: En el caso que se produzcan enfermedades se determinaran en cada parcela la evolución de las plantas afectadas.
- Reducción de mortalidad de la planta por incidencia de plagas y enfermedades: En las plantas enfermas se evaluará el número de plantas muertas en cada parcela.
- Producción obtenida por planta respecto del control: Se pesarán los frutos recolectados en cada parcela y en cada corte.

- Tamaño y peso de los frutos, incluyendo uniformidad: Se medirán los diámetros y la longitud de los frutos y el peso de los mismos.

Se han realizado diversas mediciones a lo largo del ciclo, para ambos cultivos. En el caso de las raíces solo una al final del cultivo.

Los resultados, mostrados gráficamente, de los registros realizados se adjuntan como **Anexo IX y X**, y un resumen de las principales conclusiones se muestra a continuación.

En relación al **cultivo de sandía**, los datos mostrados en el anexo han sido analizados y tratados estadísticamente toda la población de las muestras. El valor de la varianza es bajo, lo que nos indica que los datos están más próximos a la media, habiendo poca dispersión y por lo tanto los datos son muy representativos y fiables para realizar los cálculos.

- Longitud del tallo: en las tablas puede verse la evolución, semana a semana, siendo muy similar en las primeras semanas, pero viendo que van incrementando más, a lo largo del cultivo, en las parcelas tratadas que en la no tratada. Lo más significativo es que en todas las mediciones las parcelas tratadas dan mejores resultados que la no tratada, aunque no son grandes las diferencias.
- Grosor del tallo: son resultados muy similares en todas las mediciones tanto en las parcelas tratadas como no tratada, dato que es normal y cumple los parámetros de dispersión.
- Longitud de hoja: resultados muy similares en todas las mediciones, poca variabilidad y dispersión.
- Longitud de la raíz: resultados muy similares en todas las mediciones, poca variabilidad y dispersión.

Se muestran los datos de la semana 19, donde ya se aprecian ciertas diferencias entre parcelas:

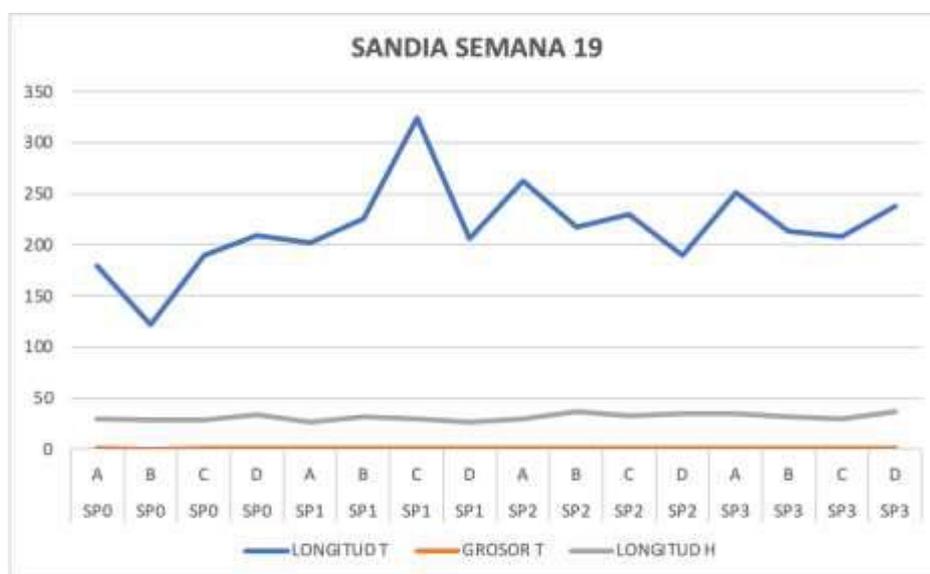


Figura 35: Medidas de longitud del tallo, longitud de hoja y grosor del tallo en cultivo de sandía semana 19.

- Producción: como puede observarse en las tablas y gráficas del Anexo, las parcelas tratadas tienen, todas, más producción que la no tratada. También podemos observar que la parcela SP2 es la que más producción da de las cuatro. Y es la que más producción tiene, calculada la media geométrica de la población de datos. Ello confirma que el tratamiento que mejor ha funcionado es el realizado en la parcela SP2.

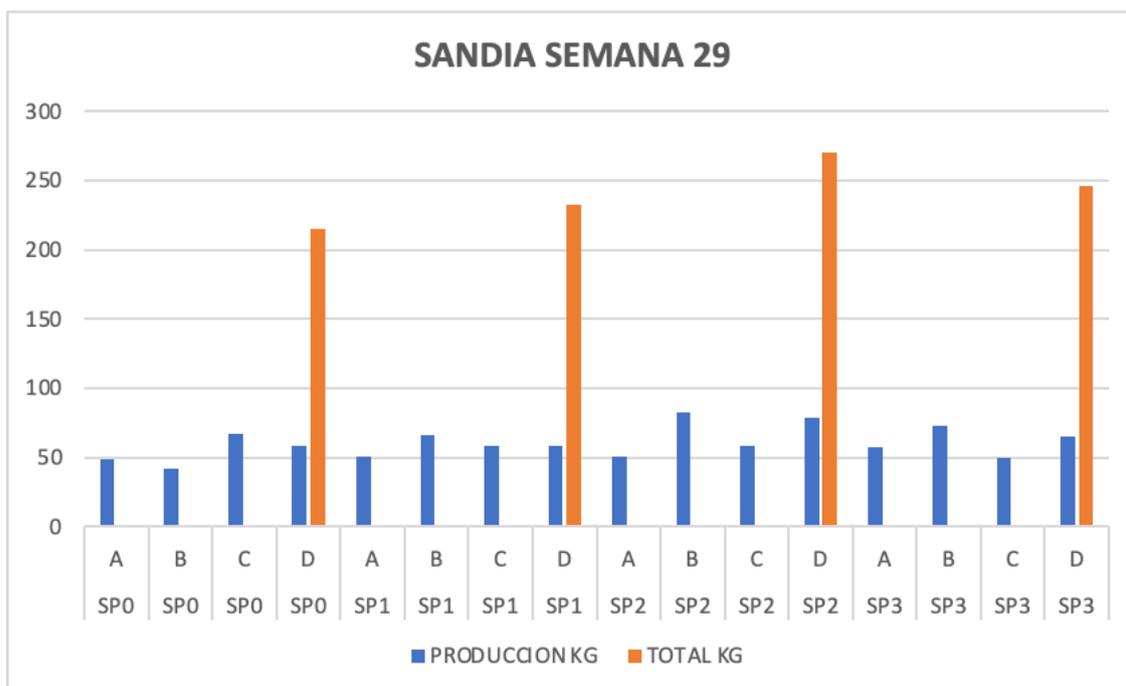


Figura 36: Producción total (kg) por parcela experimental en sandía

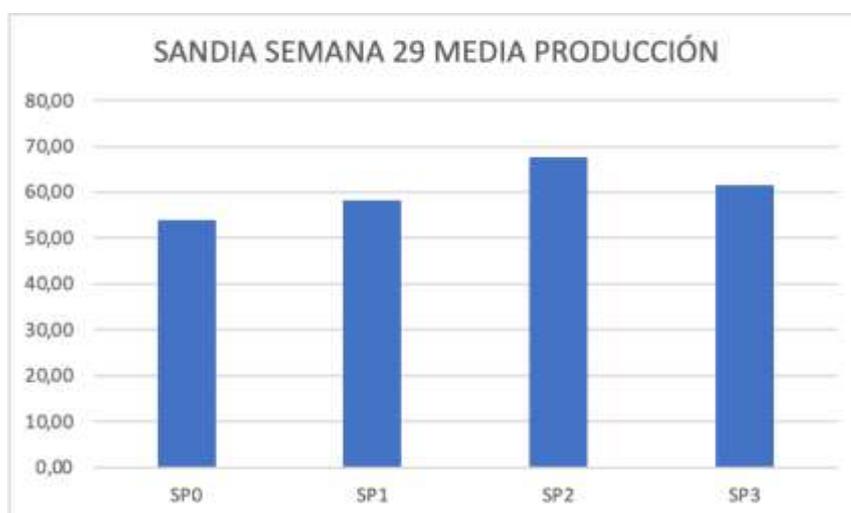


Figura 37: Media de producción por parcela experimental en sandía

En cuanto a los calibres y pesos siguen las mismas tendencias, teniendo más calibres y más pesos en las parcelas tratadas que en la no tratada y, dentro de las tratadas, la SP2 es la que mejores calibres y pesos tiene. Extrapolando los datos a la superficie de una hectárea se obtienen los siguientes datos de producción por hectárea:

- SP0 = 99.722 Kg/Ha
- SP1 = 107.796 Kg/Ha
- SP2 = 124.351 Kg/Ha
- SP3 = 113.907 Kg/Ha

Y si calculamos los incrementos de producción obtenemos:

- La SP1 tiene un incremento del 8,1% sobre la SP0
- La SP2 tiene un incremento del 24,7% sobre la SP0
- La SP3 tiene un incremento del 14,22% sobre la SP0

Estado sanitario del cultivo: como puede observarse en la tabla y gráfica, todas las parcelas tratadas han tenido menos plantas dañada, menos plantas muertas y más plantas recuperadas, que la parcela testigo. Y, dentro de las tres parcelas tratadas la SP2 es la que ofrece mejores resultados y el mejor estado sanitario del cultivo.

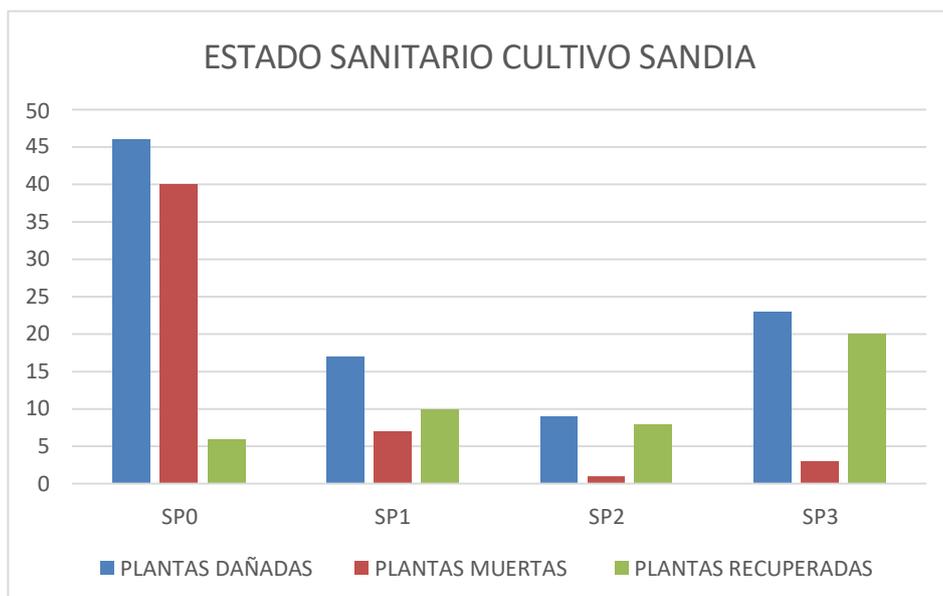


Figura 38: Plantas dañadas, plantas muertas y plantas recuperadas en el ciclo de sandia

Por todo ello podemos determinar que el ensayo ha tenido resultados satisfactorios, todas las parcelas con tratamientos obtienen más producción que la testigo, y dentro de estas se observa que la SP2 tiene los mejores resultados, lo que nos indica que es el tratamiento más adecuado para conseguir aumentos en la producción.

En relación al cultivo de **tomate**, los datos recogidos han sido analizados y tratada estadísticamente toda la población de las muestras. Al igual que para sandía, el valor de la varianza es bajo, lo que nos indica que los datos están más próximos a la media, habiendo poca dispersión y por lo tanto los datos son muy representativos y fiables para realizar los cálculos.

- Longitud del tallo: en las tablas puede verse la evolución, semana a semana, siendo muy similar en las primeras semanas, pero en el caso del tomate no aumentan las diferencias de las mediciones a lo largo del cultivo, se mantienen muy similares. Lo más significativo es que en todas las mediciones las parcelas tratadas dan mejores resultados que las no tratadas, aunque no son grandes las diferencias.
- Grosor del tallo: son resultados muy similares en todas las mediciones tanto en las parcelas tratadas como no tratadas, dato que es normal y cumple los parámetros de dispersión.
- Longitud de hoja: resultados muy similares en todas las mediciones, poca variabilidad y dispersión.
- Longitud de la raíz: resultados muy similares en todas las mediciones, poca variabilidad y dispersión, pero en el caso del tomate si se observan que los resultados de las parcelas tratadas son superiores a la no tratada y, además, la parcela SP2 es la que da mejores resultados dentro de las tratadas.

Se muestran gráficamente los datos de la semana 36 en semana 48:

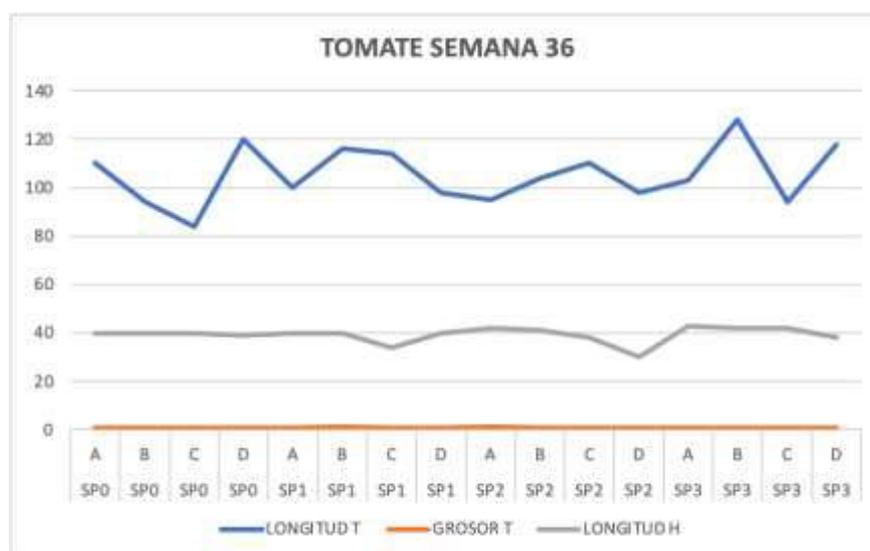


Figura 39: Medidas de longitud del tallo, longitud de hoja y grosor del tallo en cultivo de tomate, semana 36.

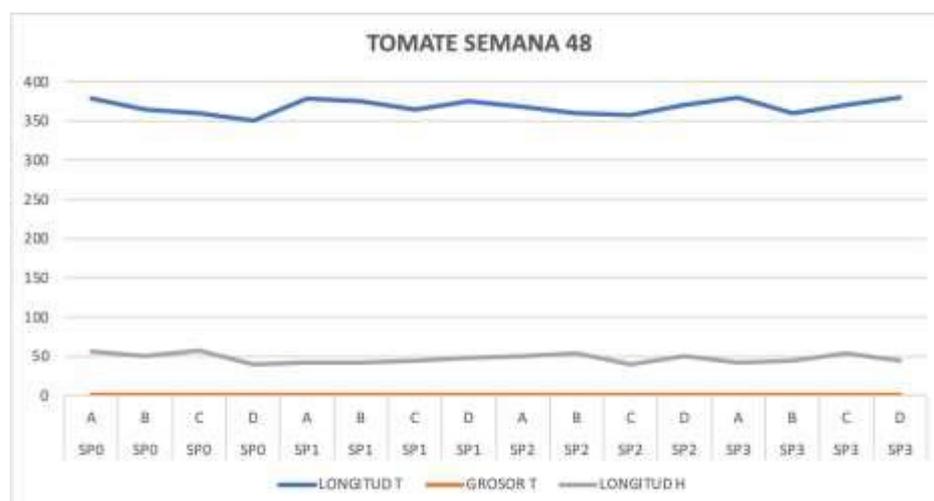


Figura 40: Medidas de longitud del tallo, longitud de hoja y grosor del tallo en cultivo de tomate, semana 48.

Producción: como puede observarse en las tablas y gráficas que las parcelas tratadas tienen, todas, más producción que la no tratada. También podemos observar que la parcela SP2 es la que más producción da de las cuatro. Y es la que más producción tiene, calculada la media geométrica de la población de datos. Ello confirma que el tratamiento que mejor ha funcionado es el realizado en la parcela SP2.

La toma de datos de producción se realizó en kilos por metro cuadrado y planta, si extrapolamos estos datos a kilos por hectárea se obtienen los siguientes resultados:

- SP0 = 89.400 Kg/Ha
- SP1 = 95.200 Kg/Ha
- SP2 = 109.300 Kg/Ha
- SP3 = 97.900 Kg/Ha

Y si calculamos los incrementos de producción, obtenemos:

- La SP1 tiene un incremento del 6,5% sobre la SP0
- La SP2 tiene un incremento del 22,2% sobre la SP0
- La SP3 tiene un incremento del 9,5% sobre la SP0

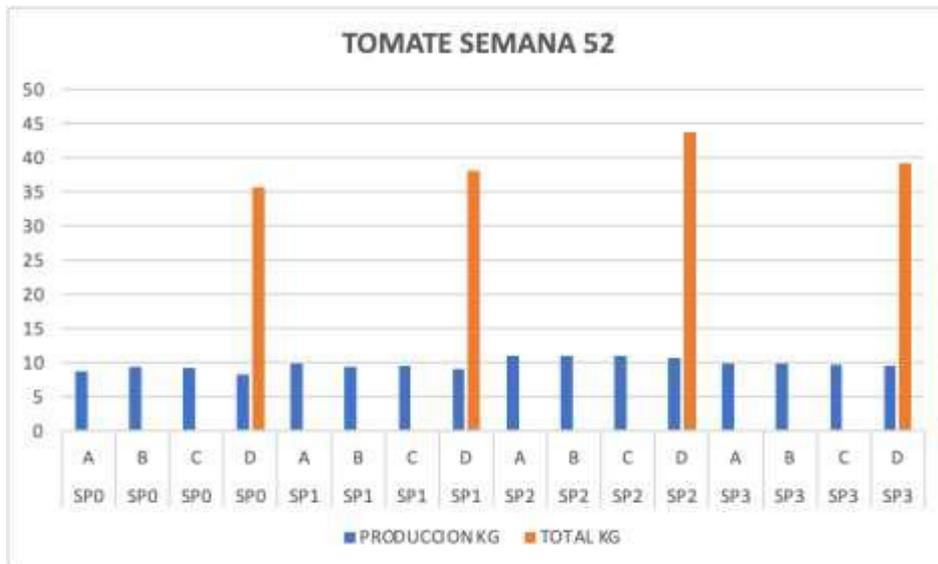


Figura 41: Producción (kg) por parcela experimental en tomate

Y en cuanto a los calibres y pesos siguen las mismas tendencias, teniendo más calibres y más pesos en las parcelas tratadas que en la no tratada y, dentro de las tratadas, la SP2 es la que mejores calibres y pesos arroja.

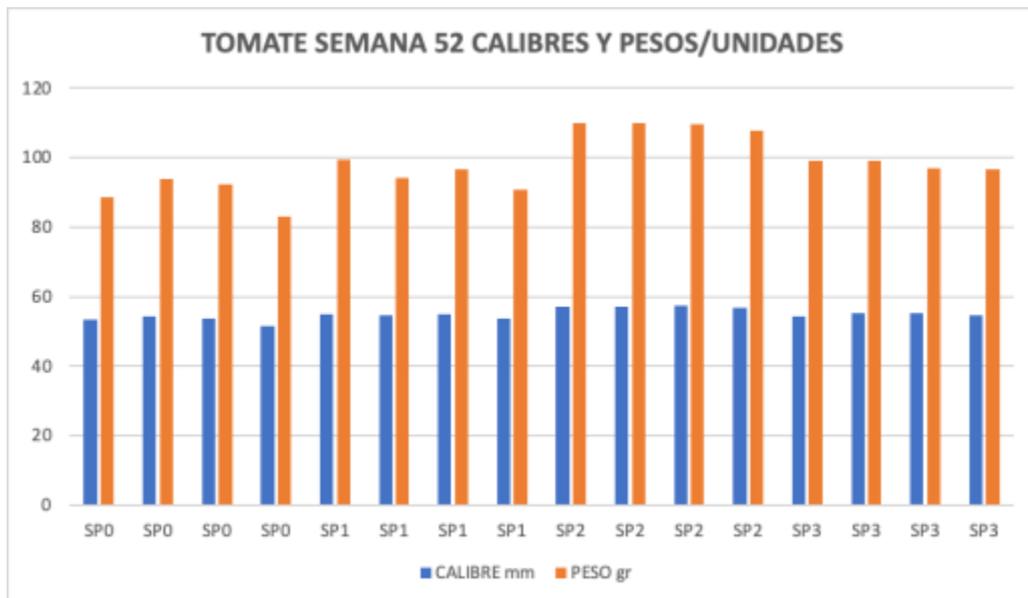


Figura 42: Calibres y pesos unitarios en tomate en la semana 52 del ciclo

Estado sanitario del cultivo: como puede observarse en la tabla y gráfica del Anexo, todas las parcelas tratadas han tenido menos plantas dañada y menos plantas muertas, que la parcela testigo. Y, dentro de las tres parcelas tratadas la SP2 es la que ofrece mejores resultados y el mejor estado sanitario del cultivo.

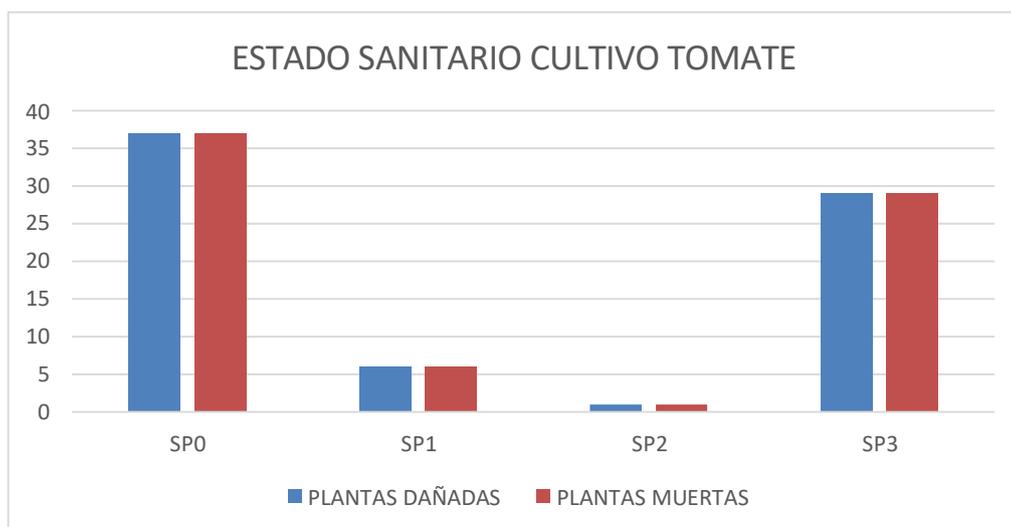


Figura 43: Plantas dañadas, plantas muertas y plantas recuperadas en el ciclo de tomate

Se puede determinar que el ensayo ha tenido resultados satisfactorios, todas las parcelas con tratamientos obtienen más producción que la testigo, y dentro de estas se observa que la SP2 tiene los mejores resultados, lo que nos indica que es el tratamiento más adecuado para conseguir aumentos en la producción.

Un reportaje fotográfico de los diferentes momentos de toma de muestras de variables productivas puede verse en **Anexo XI**.

## T2.5.- ANALISIS DE RESULTADOS E INFORME DE VALIDACION

Los principales resultados de todos los análisis e informes presentados demuestran que el tratamiento con ozono en el suelo no afecta negativamente, en ningún momento a los cultivos. Tampoco alteran negativamente las propiedades fisicoquímicas del suelo, sino todo lo contrario, después de los tratamientos los suelos son más ricos, agrícolamente hablando, que antes de los tratamientos.

También podemos observar, que el tratamiento con ozono junto a la inoculación de microorganismos, favorece la sanidad de los cultivos, se obtienen plantas más sanas y se obtienen menos mortandad de plantas por causas de enfermedades que en la parcela testigo.

Además de obtener frutos más sanos, se ve claramente, que todas las parcelas tratadas tienen mayor producción que la parcela testigo, lo que significa que, económicamente, tiene mayor rentabilidad para el agricultor.

Desde el punto de vista de necesidades hídricas, la sensorización ha mostrado que en la parcela SP0 se produce una menor retención de la humedad en el perfil de suelo monitorizado, por lo que se da un mayor agotamiento del agua fácilmente disponible para el cultivo y de una forma más rápida. Mientras que en los diferentes tratamientos aplicados se observa una mayor retención del contenido de humedad.

Se ha de tener cuenta que, mientras que en la parcela testigo, se ha cultivado de forma tradicional, utilizando productos químicos que contaminan el suelo y el medio ambiente, en las parcelas objeto del tratamiento no se han utilizado productos químicos, con lo cual hemos realizado un cultivo más sostenible, más sano y sin perjudicar al medio ambiente.

Las conclusiones permiten validar la técnica de ozonización de alta concentración en cuanto a su capacidad para reducir comunidades de patógenos de suelo degradado destinado a agricultura intensiva, y validar la sinergia de los microorganismos beneficiosos inoculados tras la ozonización asegurando las condiciones biológicas idóneas del suelo y obteniendo un cultivo con menor exigencia de insumos y con mayor productividad.