

**UNIVERSIDAD MIGUEL  
HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE  
ORIHUELA**

**GRADO EN INGENIERÍA  
AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL**



**VALIDACIÓN AGRONÓMICA Y  
MEDIOAMBIENTAL DEL USO DE UN  
COMPOST DE LODO DE  
DEPURADORA EN NARANJO NAVEL  
V. CHISLETT SUMMER**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Julio 2021

Autora: Silvia Sánchez Méndez

Tutoras: Aurelia Pérez Espinosa y

Encarnación Martínez Sabater



## **REFERENCIAS DEL TFG**

### **IDENTIFICACIONES:**

AUTORA: Silvia Sánchez Méndez

TÍTULO: Validación agronómica y medioambiental del uso de un compost de lodo de depuradora en naranjo Navel v. Chislett Summer

DIRECTORA: Aurelia Pérez Espinosa

CODIRECTORA: Encarnación Martínez Sabater

AÑO: 2021

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental

### **PALABRAS CLAVE:**

Riego, enmienda orgánica, emisiones GEI, C exógeno, suelo, Chislett Summer Navel, rendimiento, calidad

### **OTROS DATOS:**

- N° Figuras: 23
- N° Tablas: 15



## Resumen

Los niveles bajos de materia orgánica en los suelos y la aridez del sureste español, hace que el aporte de materia orgánica y el control del riego sean esenciales para una optimización de los recursos agronómicos. Este trabajo se realizó en una plantación de naranjo tipo Navel situada en el municipio de Almoradí (Alicante) y se estudió el posible efecto combinado de dos variables riego y fertilización orgánica sobre distintos parámetros. Los tratamientos que se aplicaron fueron 1) variable fertilización: sin aporte de enmienda (E0), con 30kg/árbol (E30) y con 60kg/árbol (E60) y 2) variable riego: riego sin reducción (D0), riego reducido al 25% (D25) y riego reducido al 50% (D50).

Se analizó la influencia de los tratamientos en suelo, mediante un análisis estadístico univariante y multivariante donde también intervendría el factor tiempo. Se analizó estadísticamente la efectividad de los tratamientos sobre el rendimiento del árbol y calidad del fruto. Asimismo, se analizó la evolución del estado nutricional a nivel foliar desde el inicio hasta la recogida del fruto. Se evaluó el secuestro de C y la fijación de C en la planta y por último, se estudió la emisión acumulada de los gases de efecto invernadero en el suelo enmendado.

**Palabras clave:** riego, enmienda orgánica, emisiones GEI, C exógeno, suelo, Chislett Summer Navel, rendimiento, calidad

## Abstract

The low levels of organic matter in soils and the aridity of southeastern Spain make the contribution of organic matter and irrigation control essential for the optimization of agronomic resources. This work was carried out in a Navel orange plantation located in the municipality of Almoradí (Alicante) and studied the possible combined effect of two variables, irrigation and organic fertilization, on different parameters. The treatments applied were 1) fertilization variable: no amendment (E0), 30kg/tree (E30) and 60kg/tree (E60) and 2) irrigation variable: irrigation without reduction (D0), irrigation reduced to 25% (D25) and irrigation reduced to 50% (D50).

The influence of the treatments on soil was analyzed by means of a univariate and multivariate statistical analysis in which the time factor was also taken into account. The effectiveness of the treatments on tree yield and fruit quality was statistically analyzed. Likewise, the evolution of the nutritional status at the foliar level from the beginning until fruit harvest was analyzed. C sequestration and C fixation in the plant were evaluated. Finally, the cumulative emission of greenhouse gases in the amended soil and the influence of study variables were studied.

## Key words:

Irrigation, organic amendment, GHG emissions, exogenous C, soil, Chislett Summer Navel, yield, quality

**INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	8
1.1. Cultivo de los cítricos	8
1.1.1. Taxonomía y morfología	9
1.1.2. Importancia económica de los cítricos	9
1.2. El aporte de materia orgánica a nivel agronómico	11
1.2.1. Efectos sobre el suelo	11
1.2.2. Efectos sobre la planta	13
1.3. Materia orgánica y compostaje. Aspectos medioambientales	13
1.3.1. Secuestro de C	14
1.3.2. Emisiones de Gases de efecto Invernadero	14
1.3.3. Fuentes de materia orgánica en compostaje	15
1.3.4. Proceso de compostaje y tipos de compost	15
1.4. El riego en el sureste español	18
<b>2. OBJETIVOS</b>	21
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	24
3.1. Diseño experimental	24
3.1.1. Parcela de estudio y tratamientos empleados	24
3.1.2. Cronograma de eventos	26
3.2. Características edafoclimáticas y de manejo de la finca	26
3.2.1. Suelo y climatología	26
3.2.2. Fertilización y riego	28
3.3. Desarrollo experimental	29
3.3.1. Aplicación de compost y programación de riego	29
3.3.2. Muestreos y parámetros analíticos	30
3.3.2.1. Suelo	30
3.3.2.2. Foliar	31
3.3.2.3. Fruto	32
3.3.2.4. Gases de Efecto Invernadero en suelo	32
3.4. Métodos analíticos	33
3.4.1. Análisis de suelo	33
3.4.2. Análisis foliar	33
3.4.3. Parámetros de calidad del fruto	34
3.4.4. Análisis de emisiones de GEI en suelos tratados	35
3.5. Métodos estadísticos	36
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	38
4.1. Parámetros en suelo	38
4.2. Estado nutricional de las plantas	42
4.3. Stock de C en el suelo y fijación en la planta	46
4.4. Parámetros de rendimiento y calidad del fruto	48
4.5. Emisiones de GEI en los suelos	50
<b>5. CONCLUSIONES</b>	57
<b>ANEJOS</b>	60
<b>6. REFERENCIAS</b>	61

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Centros de origen y distribución de los cítricos	8
<b>Figura 2.</b> Producción mundial de cítricos	10
<b>Figura 3.</b> Producción de naranja por países	10
<b>Figura 4.</b> Evolución del valor de la naranja en miles de euros	11
<b>Figura 5.</b> Evolución de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del	



compostaje y eficiencia del proceso	16
<b>Figura 6.</b> Situación de la parcela de estudio	24
<b>Figura 7.</b> Diseño experimental	25
<b>Figura 8.</b> Precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo del ensayo	27
<b>Figura 9.</b> Programador de riego empleado en el ensayo de campo	28
<b>Figura 10.</b> Muestreo de suelos	31
<b>Figura 11.</b> Enmienda orgánica y suelos extendidos en el laboratorio de la EPSO	31
<b>Figura 12.</b> Muestreo de gases en el suelo del ensayo	32
<b>Figura 13.</b> Concentración de nitrógeno total foliar inicial y final	43
<b>Figura 14.</b> Concentración de fósforo total foliar inicial y final	43
<b>Figura 15.</b> Concentración de potasio total foliar inicial y final	44
<b>Figura 16.</b> Evolución del carbono almacenado en el suelo (Mg C/ha) según los distintos tratamientos	46
<b>Figura 17.</b> Concentración de carbono total foliar inicial y final	47
<b>Figura 18.</b> Número de frutos según las variables riego y fertilización	48
<b>Figura 19.</b> kg de fruta por árbol según las variables riego y fertilización	48
<b>Figura 20.</b> Correspondencia de los tratamientos de riego (C) y de la fertilización orgánica en combinación con el riego (ORG)	51
<b>Figura 21.</b> Emisión acumulada de N <sub>2</sub> O (gN-N <sub>2</sub> O/ha) durante los 82 días de estudio	51
<b>Figura 22.</b> Emisión acumulada de CH <sub>4</sub> (kg C-CH <sub>4</sub> /ha) durante los 82 días de estudio	53
<b>Figura 23.</b> Emisión acumulada de CO <sub>2</sub> (kg C-CO <sub>2</sub> / ha) durante los 82 días de estudio	54

#### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parámetros en el proceso de compostaje	17
<b>Tabla 2.</b> Cronograma de eventos	26
<b>Tabla 3.</b> Datos climatológicos anuales de Almoradí	26
<b>Tabla 4.</b> Características iniciales del suelo	27
<b>Tabla 5.</b> Características de la enmienda orgánica	29
<b>Tabla 6.</b> Parámetros analíticos (pH, CE) a tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados	38
<b>Tabla 7.</b> Parámetros analíticos nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) y nitrógeno total Kjeldahl (NTK) tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados	40
<b>Tabla 8.</b> Parámetros analíticos carbono oxidable y materia orgánica oxidable a tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados	41
<b>Tabla 9.</b> Parámetros analíticos carbono orgánico y materia orgánica a tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados	42
<b>Tabla 10.</b> Concentración de microelementos en mg kg <sup>-1</sup> (ppm) en el análisis foliar inicial (1) y final (2) del experimento	44
<b>Tabla 11.</b> Concentración de microelementos en mg kg <sup>-1</sup> (ppm) en el análisis foliar inicial (1) y final (2) del experimento	45
<b>Tabla 12.</b> Características físicas de los frutos y rendimiento	49
<b>Tabla 13.</b> Parámetros de calidad del zumo de naranja y fruto (IC)	50
<b>Tabla 14.</b> Niveles foliares de referencia para naranjos	60
<b>Tabla 15.</b> Niveles foliares de referencia de macro secundarios y microelementos en cítricos	60



# *1. INTRODUCCIÓN*

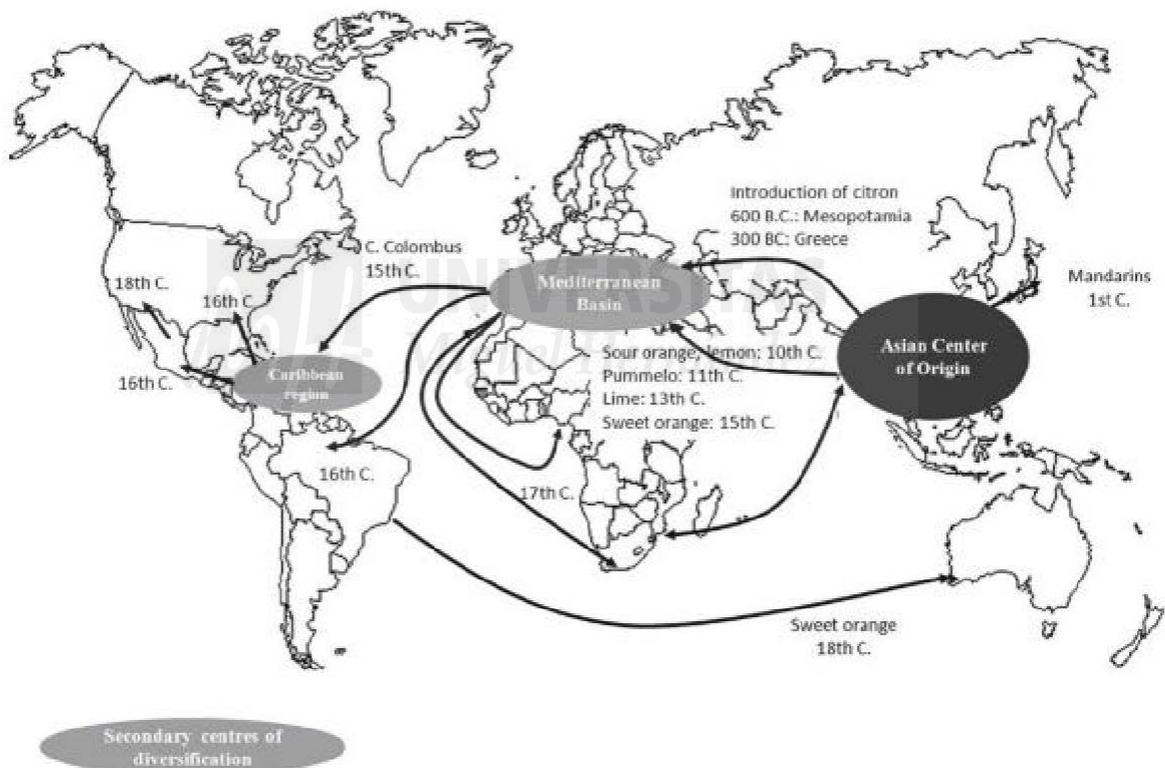


# 1.INTRODUCCIÓN

## 1.1 Cultivo de los cítricos

Uno de los seis grupos de cítricos (Rhodes, 1976) más consumidos mundialmente son los naranjos dulces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).

El lugar de origen y domesticación de los cítricos se sitúa en el Sureste de Asia, incluyendo el Sur de China, la Península de Indochina, el Noreste de la India y Burna (Peña et al., 2008), posteriormente estos fueron distribuidos por el mundo (Figura 1. )(Ollitrault & Navarro, 2012). En concreto, los naranjos dulces llegaron a España desde Italia y Portugal en los siglos XV y XVI y las primeras plantaciones datan de finales del siglo XVII (IVIA, 2001).



**Figura 1.** Centros de origen y distribución de los cítricos. (Ollitrault y Navarro, 2012).

Las naranjas se clasifican en distintos grupos, Blancas, Sucreñas, Navel y Sangre. La variedad estudiada en este caso pertenece al grupo Navel, en concreto se trata de la variedad Chislett Summer que fue descubierta en Australia en 1988 y es procedente de una mutación espontánea de yema de la variedad Washington Navel.(Soler y Bono, 2015).

En general, los cítricos se cultivan en una amplia diversidad de condiciones climáticas y de suelo y, en consecuencia, se ven afectados por varios estreses abióticos. La creciente escasez de agua y la degradación de su calidad (principalmente por salinidad) son parte de las principales limitaciones abióticas de muchas zonas (Ollitrault y Navarro, 2012). Las naranjas tienen buen comportamiento frente a heladas, las del grupo Navel, tienen la característica de tener una moderada resistencia al frío. En cuanto al suelo los cítricos prefieren suelos permeables, bien aireados y con buena percolación.

### 1.1.1 Taxonomía y morfología

A continuación, se muestra la clasificación taxonómica del naranjo:

Reino: *Plantae*

División: *Mangoliophyta*

Clase *Magnoliopsida*

Orden: *Sapindales*

Familia: *Rutaceae*

Género: *Citrus*

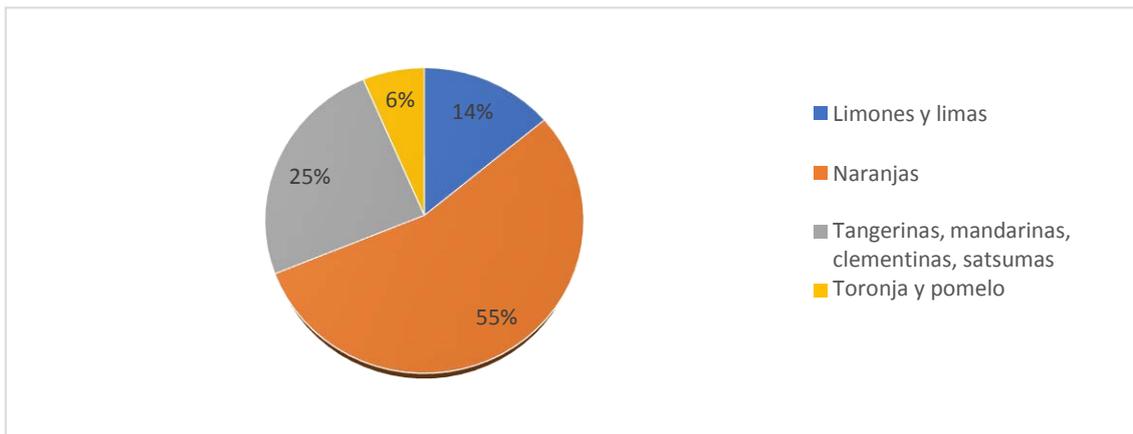
Especie: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

En cuanto a la morfología, en concreto de la variedad Chislett Summer Navel, es un árbol muy vigoroso con hábito de crecimiento abierto y forma redondeada (Soler y Bono, 2015). Las hojas son lanceoladas con ala en el peciolo, márgenes enteros y ápice agudo. Las flores son grandes y blancas y se pueden encontrar aisladas o en racimos. Los frutos son partenocárpicos, es decir sin semilla (Soler Aznar, 1999), es de buen tamaño y gran calidad, con el ombligo característico de las Navel debido a la aparición de un segundo verticilo carpelar. Tiene entre un 55-58% de zumo. Finalmente, la recolección se da desde principios de febrero hasta mediados de mayo. (IVIA, 2003).

### 1.1.2 Importancia económica de los cítricos

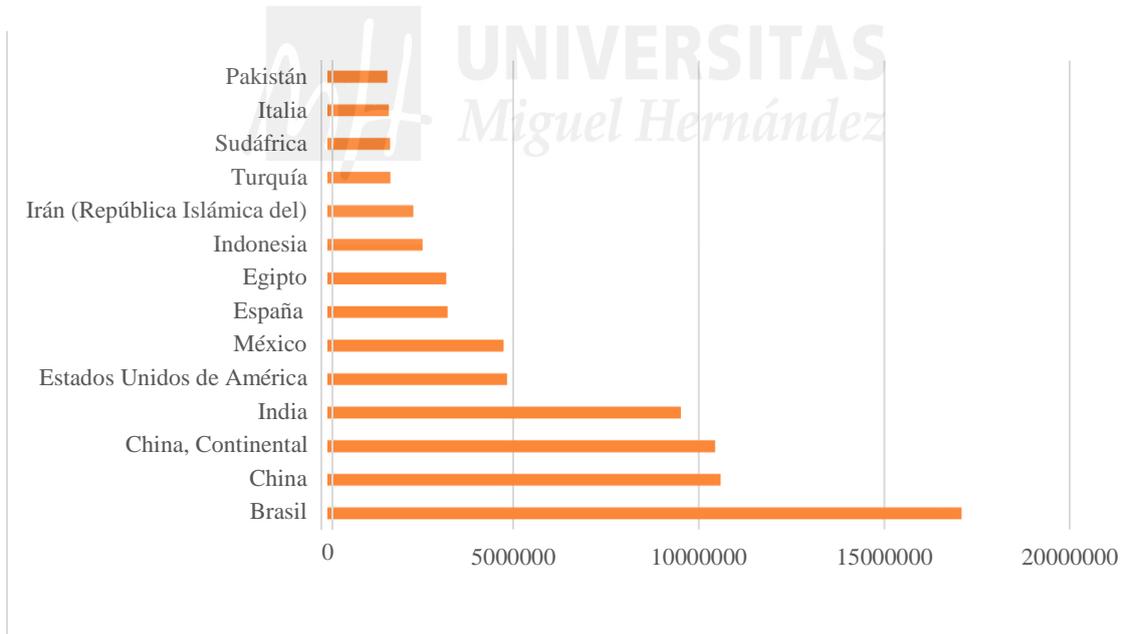
Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) los cítricos son los frutos más producidos mundialmente con aproximadamente 158 t.

En cuanto a la naranja es el primer cítrico más cultivado (Figura. 2.) alcanzando las 78 toneladas de producción mundial. (FAO, 2019)



**Figura 2.** Producción mundial de cítricos (FAO, 2019)

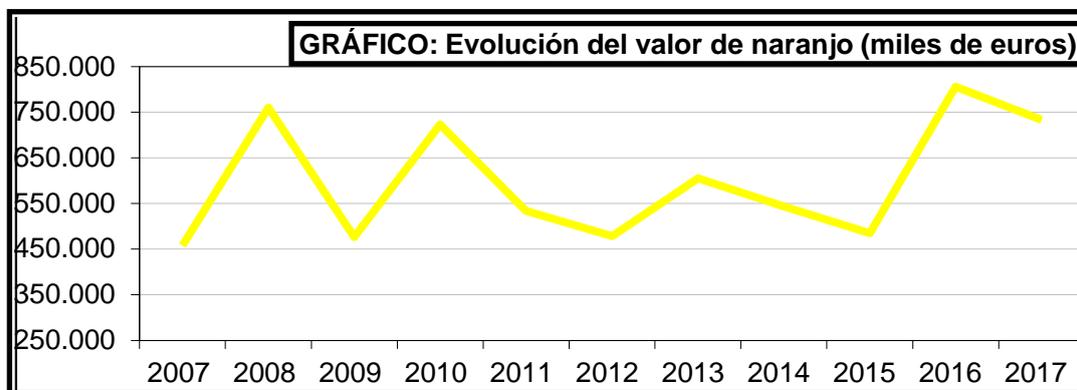
España es el sexto productor mundial de naranjas y ocupa el primer puesto en exportación mundial de fruta fresca, siendo el primer exportador de naranjas, mandarinas y limones, lo que convierte a los cítricos en una de las principales fuentes de entrada de divisas. En España la producción de cítricos se concentra sobre todo en naranjas (3344428 t), mandarino (1967018 t) y limones (923192 t). (Fig.3) (FAO, 2019)



**Figura 3.** Producción de naranja por países (FAO, 2019)

En nuestro país la producción de naranja alcanza las 3344428 t y sobre todo se concentra en Andalucía (48,13 %), Comunidad Valenciana (46%), y Región de Murcia (4 %). (MAPA, Anuario de Estadística, 2017).

Según el Anuario de estadística del MAPA las más producidas son las del grupo Navelo (2393975 t) y la Valencia (532584 t). En cuanto al valor generado por la producción de navelos (Figura 4.) en el año 2017 fue de 733433 miles de euros.



**Figura 4.** Evolución del valor de la navelo en miles de euros (MAPA, 2017)

Teniendo en cuenta todos estos datos, podemos decir que el sector de los cítricos es muy importante en España, en este es de destacar la producción de navelos y en concreto nuestra variedad de tipo Navelo es también apreciada en el mercado.

## 1.2 El aporte de materia orgánica a nivel agronómico

El uso de los materiales orgánicos (en forma de enmienda, compost o vermicompost) en la actividad agrícola ha sido empleado de forma tradicional desde los orígenes de la agricultura y está directamente relacionado con la fertilidad y la productividad de los suelos. (Labrador et al., 1993). A continuación, se muestran los efectos del aporte de materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

### 1.2.1 Efectos sobre el suelo

#### Efectos sobre las propiedades físicas

- ✓ Densidad aparente (da). Como muestran algunos investigadores (Athira et al., 2019; Courtney & Mullen, 2008; Goswami et al., 2017) en sus estudios, disminuye en suelos enmendados; debido a la mezcla de materia orgánica (que es más ligera) con la fracción mineral del suelo lo que provoca la disminución de la densidad (Adugna, 2016; Brown & Cotton, 2011). La disminución de la densidad aparente como consecuencia, conlleva una mejora de la porosidad del suelo.
- ✓ Estabilidad estructural. Como muestran en su estudio Bouajila & Sanaa, 2011 la materia orgánica produce una mejora significativa de la estabilidad del suelo que tiene que ver tanto por la adición de materia, como por la actividad microbiana. Esto es debido a que los materiales orgánicos, junto

con las partículas minerales del suelo, forman agregados estables gracias a la acción cementante de las sustancias húmicas. (Navarro-Pedreño et al., 1995). La estabilidad de los agregados y la densidad aparente son parámetros relacionados con el índice de resiliencia del suelo a la erosión (García-Orenes et al., 2005).

- ✓ Permeabilidad y retención de agua. En general la materia orgánica al mejorar la estructura, la porosidad y la cohesión del suelo mejoran también la infiltración del agua y del aire (Labrador et al., 1993). Al aumentar la fracción orgánica del suelo esta actúa como esponja reteniendo el agua e impidiendo que se pierda en el perfil. (Golabi et al., 2004).

### **Efecto sobre las propiedades químicas**

- ✓ Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). Con la adición de enmiendas aumenta (Cruz-Macías et al., 2020; Zebarth et al., 1999) ya que las sustancias húmicas, producto de los procesos de humificación, son muy activas químicamente y tienen mayor CIC que las arcillas (Diacono & Montemurro, 2010) gracias a los grupos funcionales -COOH, -OH, etc. Esta propiedad influye directamente en la fertilidad del suelo.
- ✓ Amortiguación del pH del suelo. La materia orgánica humificada, aumenta el poder tampón del suelo amortiguando cambios bruscos en el pH.
- ✓ Mejora en los niveles de nutrientes. Principalmente los suelos enmendados mejoran en fertilidad debido al aumento de materia orgánica, que provoca actividad en la microbiota del suelo (Raviv, 2005). Según varios investigadores (Golabi et al., 2004; Moinard et al., 2021) el aporte de material orgánico exógeno aumenta los macro y micronutrientes del suelo. Esto es debido a que, al mineralizarse la materia orgánica, gracias a la acción microbiana, muchos nutrientes quedan fácilmente disponibles para la planta.

### **Efecto sobre las propiedades biológicas**

- ✓ Actividad biológica del suelo. La adición de materia orgánica aumenta la actividad de la microbiota del suelo al proporcionarle alimento para descomponer. En algunos estudios (Pezzolla et al., 2015) incluso se observa un aumento de la diversidad de los microorganismos. También las enmiendas en forma de compost tienen un efecto supresivo de diferentes fitopatógenos (Moral et al., 2009)

- ✓ Respiración del suelo. Como consecuencia del aumento de la actividad biológica aumenta también la respiración de los microorganismos (Kuzyakov, 2010). Esta actividad va a ser importante para el ciclo del C y N en el suelo.

### 1.2.2 Efectos sobre la planta

Los distintos aportes de materia orgánica, al aumentar los niveles de nutrientes en el suelo, tiene un efecto positivo en el rendimiento de las plantas, Vico et al., 2020 demostraron que el rendimiento de cosecha de espinacas enmendadas con materia orgánica y compost resultó mayor o igual a una fertilización convencional. Igualmente (Pascual et al., 2010) encontraron en plantas de pimiento un aumento en la producción de frutos por planta y en el crecimiento de las mismas.

Si se hace correctamente la aplicación de las enmiendas se puede conseguir un incremento en la productividad de los suelos a largo plazo ya que al mejorar las capacidades físicas del suelo como la porosidad o la densidad aparente, se mejora la capacidad de las raíces para explorar el suelo y así poder captar el agua y los nutrientes necesarios (Karlen et al., 2008).

Perez-Murcia et al., (2006), indicaron que en suelos con presencia de compost la concentración de metales pesados en plantas tiende a disminuir, debido a los cambios en el pH que se produce en el suelo.

### 1.3 Materia orgánica y compostaje. Aspectos medioambientales

En los últimos años la generación de residuos ha aumentado, debido a un aumento de población. Por eso es necesario la implementación de una estrategia de gestión de residuos que sea medioambiental y económicamente sostenible (Sayara et al., 2020).

La Unión Europea ha adoptado un plan de economía circular, donde se pretende alargar la vida de los productos lo máximo posible y los residuos generados prepararlos para su reutilización, su reciclaje o valorización y así transformarlo en un nuevo recurso (materias primas secundarias). Este plan de la UE también incluye la regulación de fertilizantes donde se incluyen fertilizantes orgánicos como los compost (European Commission, 2009).

El uso de enmiendas orgánicas como el compost tienen un papel importante en la mitigación y adaptación al cambio climático, entra dentro de las Prácticas de Manejo Agrícola (PMAs) orientadas al fomento en el secuestro de C y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2001).

### 1.3.1 Secuestro de C

El suelo se considera el tercer almacén de C de la tierra (Behera et al., 2020). Los procesos de degradación provocan la pérdida de Carbono Orgánico del Suelo (COS) que se traduce en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera en forma de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> (Lal, 2015).

Para conseguir disminuir las emisiones de C desde el suelo en el sector agroalimentario se tiene que conseguir un balance positivo entre inputs y outputs de C en el suelo (Lal et al., 2011). Hay que tener en cuenta que la presencia de COS es importante tanto para el mantenimiento de la fertilidad del suelo como para la productividad agronómica.

También las plantas contribuyen a aumentar el C del suelo indirectamente a través de la biomasa vegetal generada que muere y se deposita en el suelo, también por los exudados y otras sustancias orgánicas que emiten las raíces. (Kuzyakov & Domanski, 2000)

La aplicación de enmiendas, entre otras prácticas (no laboreo, rotación de cultivos, cubiertas vegetales, etc.) fomenta el secuestro de C en el suelo. Brown & Cotton, (2011); Aguilera et al., (2013) demostraron la relación entre uso de enmiendas orgánicas en forma de compost y el secuestro de C.

El incremento de COS es una estrategia clave tanto para la mitigación como la adaptación al cambio climático.

### 1.3.2 Emisiones de Gases de efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero asociados a la actividad agrícola son el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O principalmente (IPCC, 2003).

Las emisiones CO<sub>2</sub> están relacionadas con la descomposición de la materia orgánica en el suelo por los microorganismos y se ve acelerado con la degradación de los suelos.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> están relacionadas con la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. La liberación de CH<sub>4</sub> en la mayoría de suelos agrícolas y aireados es poco importante (Thangarajan et al., 2013).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O están relacionadas con la transformación microbiana del nitrógeno en los suelos, con los procesos de nitrificación y desnitrificación (Charles et al., 2017) viéndose su emisión acelerada por la fertilización excesiva con N, especialmente en condiciones húmedas. (Smith et al., 2007).

El CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se encuentran en menor proporción que el CO<sub>2</sub> en la atmósfera sin embargo tienen un impacto más adverso, teniendo el N<sub>2</sub>O una contribución al calentamiento global de 298 veces más que el CO<sub>2</sub> (Butterbach-Bahl et al., 2013).

Entre las prácticas agronómicas para mitigar los GEI tenemos la sustitución de fertilizantes sintéticos, por fertilizantes orgánicos., por ejemplo, compost. La aplicación de enmiendas orgánicas estabilizadas no solo proporciona macronutrientes (NPK) y micronutrientes, sino que también supone un input de C. (Sanz-Cobena et al., 2017)

Como hemos visto en el apartado anterior el secuestro de carbono y la emisión del CO<sub>2</sub> están muy relacionados. Las enmiendas que introducen C exógeno al suelo actúan secuestrando el C y como consecuencia también mantienen la productividad agronómica y la biomasa. (Lal, 2004)

También la aplicación de enmiendas ricas en C supone una mejora en la porosidad del suelo y aumenta la tasa de respiración, consecuentemente reduciendo la descomposición de la materia en condiciones anóxicas, reduciendo por lo tanto la emisión de CH<sub>4</sub> (Sanz-Cobena et al., 2017).

El compost se trata de un material maduro y estabilizado, con componentes parecidos a los húmicos (Alburquerque et al., 2009), por lo tanto, los nutrientes tales como el N serán liberados más lentamente, lo que, indirectamente disminuiría la emisión de N<sub>2</sub>O (Smith et al., 2007).

### 1.3.3 Fuentes de materia orgánica en compostaje

La mayoría de residuos orgánicos sólidos de origen biológico, así como muchos productos sintéticos y biodegradables son susceptibles de ser compostados. Los límites para el uso de estos residuos orgánicos estarán condicionados por la presencia de algunos materiales incompatibles al proceso biodegradativo, como algunos materiales inertes (plásticos, metales, vidrios) y productos químicos peligrosos (metales pesados, contaminantes, etc.) (Nogales et al., 2002). Entre la tipología de residuos compostables tenemos:

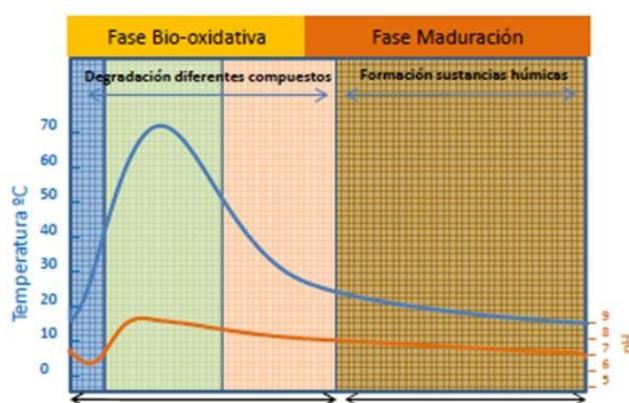
- Residuos agrícolas
- Residuos forestales
- Residuos agroindustriales
- Residuos ganaderos
- Lodos de EDAR o EDARI
- Fracción orgánica de residuos municipales.

### 1.3.4 Proceso de compostaje y tipos de compost

El compostaje es un proceso de biooxidación controlado que requiere sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido. En el proceso intervienen microorganismos aerobios que

descomponen la materia orgánica, en determinadas condiciones de aireación, humedad y temperatura. El proceso es exotérmico y discurre en una fase termofílica y una producción temporal de fitotoxinas, dando al final como productos de los procesos de degradación, dióxido de carbono, agua y minerales, así como una materia orgánica estabilizada y sin patógenos (compost), que puede ser usado como abono o sustrato (de Bertoldi et al, 2007). El proceso de compostaje discurre en las siguientes fases:

1. Etapa mesofílica: bacterias y hongos mesófilos degradan compuestos solubles y fácilmente degradables. Las bacterias producen ácidos orgánicos y el pH desciende a 5-5,5. La temperatura comienza a subir espontáneamente a medida que se libera calor de las reacciones de degradación exotérmica. La degradación de proteínas conduce a la liberación de amoníaco y el pH aumenta rápidamente a 8-9. Esta fase dura desde unas horas hasta unos días.
2. Etapa termofílica: El compost entra en la fase termofílica cuando la temperatura alcanza los 40 ° C. En esta etapa actúan las bacterias y hongos termófilos. Aumenta la tasa de degradación de los desechos. Cuando la temperatura supera los 55-60 ° C, la actividad y diversidad microbiana disminuyen drásticamente. Después del calentamiento máximo, el pH se estabiliza a un nivel neutro. La fase termofílica puede durar desde unos pocos días hasta varios meses.
3. Etapa de enfriamiento y maduración: después de la degradación de los compuestos más biodegradables, el compost se enfría. Los hongos y bacterias mesofílicas vuelven a aparecer, también aparecen diversos macroorganismos y sigue la fase de maduración. Los procesos biológicos se ralentizan y el compost comienza a humificarse hasta que está maduro. La duración dependerá de la naturaleza de los residuos empleados.



**Figura 5.** Evolución de la temperatura y pH durante las diferentes etapas del compostaje (Costa et al., 1991) y eficiencia del proceso. (Rudnik, 2019).

Al llevarse a cabo el proceso gracias a distintos microorganismos habrá que mantener unas condiciones y controlar distintos factores, estos son: aireación, humedad, temperatura, pH, la relación C/N y factores nutricionales.

**Tabla 1.** Parámetros en el proceso de compostaje

Parámetro	Valor óptimo
<b>Aireación</b>	Al ser un proceso aerobio, la aireación habrá de controlarse en unos niveles adecuados a lo largo del proceso, de forma que el aporte de O <sub>2</sub> sea suficiente y se permita al máximo la evacuación de CO <sub>2</sub> . (Labrador et al., 2000)
<b>Humedad</b>	La humedad está relacionada con la aireación. Es necesaria para que los microorganismos transporten los nutrientes y lleven a cabo su metabolismo. La humedad se ajusta volteando las pilas
<b>Temperatura</b>	La temperatura varía dependiendo de la actividad microbiana. En cada etapa del proceso varía.
<b>pH</b>	El pH inicial será bajo debido a la transformación de la materia orgánica en ácidos orgánicos por los microorganismos. Luego el pH se estabiliza.
<b>C/N</b>	Es un factor importante para conseguir una correcta degradación
<b>Factores nutricionales</b>	Los sustratos del compost tienen nutrientes variables y de su composición en C dependerá su biodegradabilidad. (Labrador et al., 2000; Nogales et al., 2002)

Según el Real Decreto 506/2013 Del 28 de Junio, sobre productos fertilizantes, en el anejo 1 grupo 6, se clasifica el compost en los siguientes grupos:

- ✓ Enmienda orgánica, Compost
- ✓ Enmienda orgánica, Compost vegetal
- ✓ Enmienda orgánica, Compost de estiércol
- ✓ Enmienda orgánica, Vermicompost

## 1.4 El riego en el sureste español

En el sureste español se incluyen las provincias de Alicante, Murcia y Almería. Esta zona se caracteriza por su clima árido, con potente radiación solar y escasas precipitaciones (menos de 300 mm anuales) (Geiger, 1973).

En el sureste la agricultura es un sector muy potente y debido a su climatología es, u y dependiente del regadío. En la cuenca del Segura en concreto el 87% del agua va destinada a la agricultura, (Grindlay et al., 2011).

Para satisfacer la demanda de agua se han estado utilizando aguas procedentes de los recursos superficiales (agua de los ríos), el trasvase Tajo-Segura, explotación de los acuíferos subterráneos, la reutilización y la desalación de agua marina, (Calvo García-Tornel, 2006).

Los agricultores para la utilización del agua han de pertenecer a una comunidad de regantes adscritas a la cuenca Hidrográfica que le corresponde. Según el Real Decreto Legislativo 1 / 2001 de 20 de Julio , por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, 2013 estas comunidades de usuarios tienen la concesión de las aguas para regadío e imponen unas tarifas o cánones a los usuarios participantes.

Los municipios de la provincia de Alicante pertenecen a la Mancomunidad de los canales de Taibilla dentro de la Confederación Hidrográfica del Segura. y la comarca de la Vega Baja los usuarios acuden a la Comunidad de regantes, Riegos de Levante Margen Derecha e Izquierda.

El precio del agua en la mancomunidad se sitúa alrededor de los 0,69 € m<sup>3</sup> para municipios y entidades y del trasvase 0,13€/m<sup>3</sup> (Mancomunidad de los Canales de Taibilla, 2017).

Los usuarios de las comunidades de regantes también integran el abonado en el riego (fertiirrigación). La fertiirrigación comunitaria tiene numerosas ventajas como el ahorro en la explotación del sistema, mejor distribución y eficiencia en la aplicación de fertilizantes, optimizar la nutrición de los cultivos, ahorro de mano de obra y en adquisición de productos, disminuir la compactación del suelo por maquinaria pesada, ahorro energético y la posibilidad de aportar diferentes tipos de insumos.(GENERALITAT VALENCIANA, 2020).

A pesar de esta dependencia, en el sureste hay escasez de agua y en ocasiones esta es de mala calidad estando parte del sureste en zonas con acuíferos contaminados por nitratos, o por otras sustancias (Confederación Hidrográfica del Segura, 2019).

En las zonas del sureste español según el MAPA los dos sistemas de riego mayoritarios son el riego localizado y el riego por gravedad:

- El riego localizado o por goteo consiste en la aplicación del agua a través de un emisor de forma uniforme, formando lo que se llama un bulbo húmedo, este riego permite la integración de la fertilización, al ser de alta frecuencia permite el mantenimiento de la humedad, regar con aguas de peor calidad y controlar la salinidad.
- El riego por gravedad, consiste en el reparto del agua por una parcela aprovechando la fuerza de la gravedad. Este tipo de riego tiene distintas modalidades, por surcos, alcorques, a manta e inundación. (MAPA, 2019). El riego por inundación es menos uniforme ya que también está condicionado por el terreno.

El sistema de riego influye directamente en la eficiencia en el uso del agua siendo el sistema de riego por goteo el más eficiente, a parte también existen diferentes técnicas para mejorar el ahorro de agua como el riego deficitario controlado, mulching, acolchado, etc. (Melgarejo Moreno, 2019)

Hay que tener en cuenta que con el cambio climático los recursos hídricos se verán afectados debido al aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación, las zonas que se verán más afectadas serán las que de por sí tengan ya un clima semiárido como pasa en nuestras latitudes. Esto aumentará la presión de los recursos hídricos en España. (EEA, 2020; Sanz & Galán, 2020). Por eso hay intentar optimizar el uso de este recurso.

## ***2. OBJETIVOS***



## 2. OBJETIVOS

El empleo de residuos orgánicos en agricultura con la finalidad de realizar una mejora en las propiedades agronómicas y aumentar el nivel basal de materia orgánica del suelo, tan bajo en zonas del sureste español, es una práctica cada vez más usual ya que se han visto claramente sus beneficios en numerosos estudios.

Las fuentes de aporte de esta materia orgánica pueden ser muy variadas siempre y cuando el entorno normativo así lo permita. Si la legislación lo indica, pueden emplearse directamente, como es el caso de restos de cosecha y poda, por ser considerado un residuo verde o biodegradable o como los lodos de EDAR que hasta el momento pueden ser empleados directamente en uso agrícola, aunque en algunas comunidades autónomas, ya su uso directo, sin un proceso previo de compostaje, está empezando a estar prohibido.

El proceso de compostaje siempre que se realice de manera adecuada, mejora las características del producto obtenido que se vaya a aportar al suelo, siendo mucho más favorable tanto para la mejora de las propiedades agronómicas del cultivo, como para evitar posibles problemas de tipo medioambiental al estar el producto estabilizado, frente al aporte del residuo fresco o poco estabilizado en ocasiones.

Además, el aporte de materia orgánica al suelo mejora también las condiciones físicas del suelo y la capacidad de retención de agua tan importante en esta zona del sureste español. En este ensayo la segunda variable de estudio es el riego empleado, con la finalidad de poder realizar si fuera posible una reducción de este, tan importante y necesaria en una explotación agrícola de esta zona como la que es objeto de estudio, donde el agua puede ser un factor muy limitante.

*El objetivo general de este trabajo experimental en campo es observar la influencia agronómica de la aplicación de un compost binario procedente de lodo EDAR de Torrevieja y de poda de jardinería de Guardamar del Segura en cultivo de naranjo, combinando esta variable con la de la reducción del riego aportado a este cultivo.*

Los objetivos concretos que pretendemos estudiar son los siguientes:

- Analizar el posible efecto de las variables (aporte de materia orgánica y riego) sobre los parámetros de suelo analizados y su estudio multivariante.
- Cuantificar la efectividad de los tratamientos en el rendimiento de árbol y en las características de calidad de fruta.



- Analizar a corto plazo a nivel foliar si puede verse alguna influencia o no con los distintos tratamientos.
- Analizar el secuestro de C que ha tenido lugar en el suelo con los distintos tratamientos durante el ensayo, así como la fijación de C en la planta a nivel foliar.
- Estudiar cuales han sido las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en el suelo enmendado y la influencia de las posibles variables de estudio.



### ***3. MATERIALES Y MÉTODOS***



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Diseño experimental

##### 3.1.1. Parcela de estudio y tratamientos empleados

La finca Las Moreras en la que se desarrolló el ensayo, pertenece al término municipal de Almoradí (Alicante), comarca de la Vega Baja, situada en el polígono 12, parcela 155, recinto 6, subparcela b. Las coordenadas de la finca son  $38^{\circ} 1' 37.28''$  N,  $0^{\circ} 46' 1.02''$  O. (Figura 6, donde se muestra en amarillo la subparcela de estudio). Es una finca en la que se cultivan cítricos, mayoritariamente: limones ecológicos y convencionales, naranjas, mandarinas y limas. El ensayo abarcó desde el 23 de diciembre del 2020 hasta el 15 de marzo de 2021.



**Figura 6.** Situación de la parcela de estudio (SIGPAC y IGN )

La parcela de estudio cuenta con 6900 m<sup>2</sup> aproximadamente, plantados con naranjos de la variedad Chislett Summer Navel, sobre el patrón de *Citrus macrophylla* con marco de plantación de 5,5 x 3 m. Está compuesta por 9 filas y para el ensayo se seleccionaron las 3 filas centrales. Como vemos en la siguiente imagen (Figura 7.) se muestra la disposición del diseño experimental con las dos variables: riego y fertilización, con aporte de materia orgánica. Se escogieron 10 árboles para cada tratamiento, dejando entre ellos un margen de separación de 2 árboles.

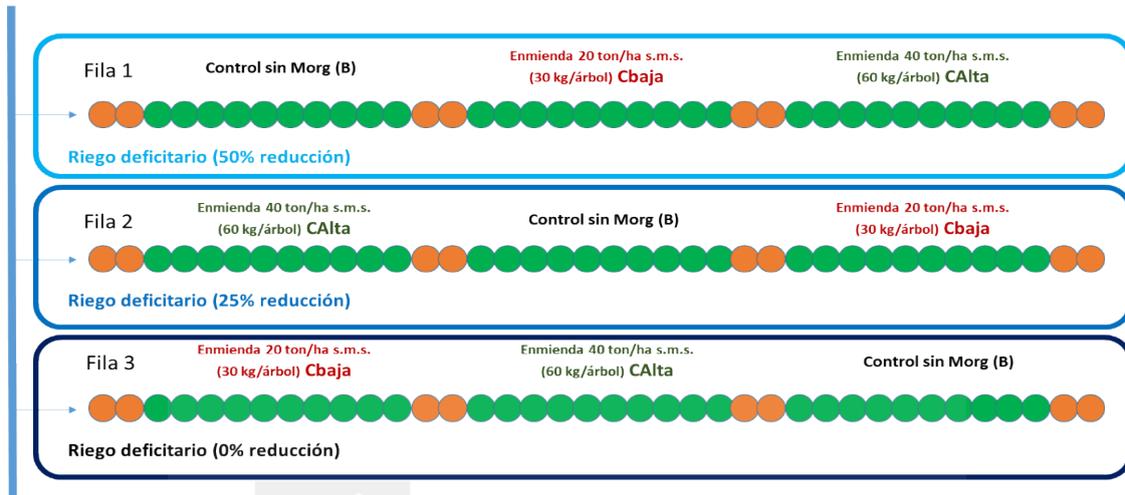
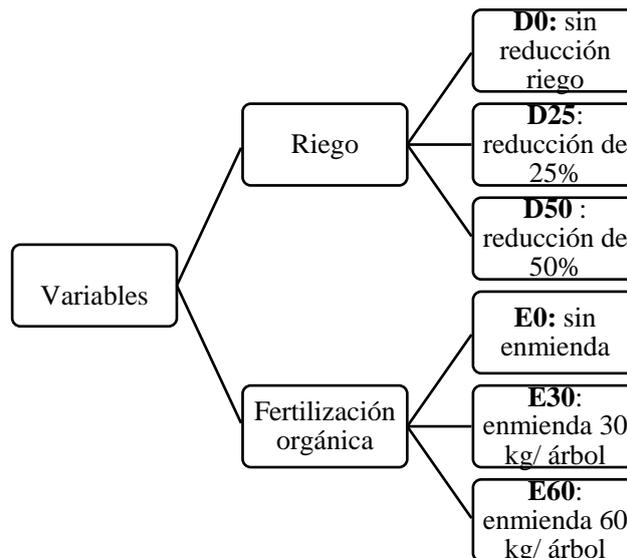


Figura 7. Diseño experimental

Para facilitar la denominación en las tablas y figuras del apartado resultados y discusión, se asignaron las siguientes claves para cada una de las variables estudiadas, quedando de la siguiente manera:



### 3.1.2. Cronograma de eventos

En el siguiente cuadro resumen se ven todas las acciones realizadas cronológicamente en el ensayo de campo. Tanto el aporte de la materia orgánica como el control de riego se realizaron desde el momento inicial del estudio.

**Tabla 2.** Cronograma de eventos

Fechas eventos	<i>Muestreo Suelo</i>	<i>Muestreo Foliar</i>	<i>Muestreo Fruto</i>	<i>Muestreo GEI</i>	<i>Aporte orgánica</i>	<i>Control riego</i>
23/12/2020						
15/01/2021						
18/02/2021						
04/03/2021						
15/03/2021						

## 3.2 Características edafoclimáticas y de manejo de la finca

### 3.2.1 Suelo y climatología

El clima de la Vega Baja se clasifica en general como mediterráneo subtropical según la clasificación de Papadakis. La temperatura media anual es de 18°C, el periodo de heladas varía de 1-3 meses, la precipitación anual es de 292'9 mm y la evapotranspiración media de 912,3 mm. En cuanto al régimen de humedad, la comarca se considera un tipo mediterráneo seco, ya que se caracteriza por tener varios meses con periodo seco y árido. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014).

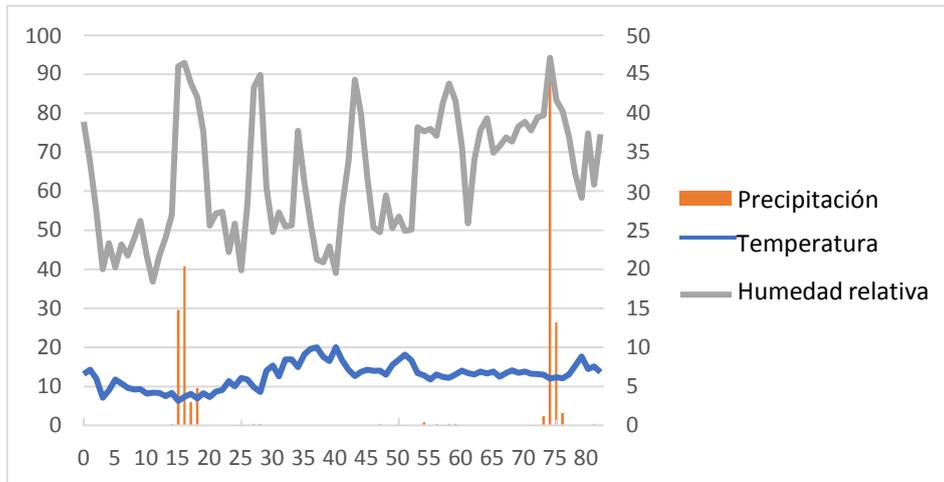
Los valores climáticos anuales del municipio de Almoradí se muestran en la siguiente tabla (Tabla 3). Para sacar estos valores se ha hecho la media de la climatología de los últimos 10 años.

**Tabla 3.** Datos climatológicos anuales de Almoradí (Datos meteorológicos IVIA, Estación meteorológica de Almoradí). (IVIA, 2021)

<b>Precipitación anual (mm)</b>	<b>T<sup>a</sup> mín (°C)</b>	<b>T<sup>a</sup> med (°C)</b>	<b>T<sup>a</sup> máx (°C)</b>	<b>ETP anual (mm)</b>
287	6,0	18,5	30,0	1200

A continuación, en la Figura 8, se muestra la precipitación, temperatura y humedad durante el período del ensayo, desde el 23 de diciembre hasta el 15 de marzo, donde se reflejan

los episodios de lluvia que fueron especialmente abundantes respecto a otros años en esta época y en esta zona.



**Figura 8.** Precipitación, temperatura y humedad relativa durante el periodo del ensayo.

La clasificación edafológica del suelo sería tipo Aridisol, en concreto *Calciorthid* (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014). Nuestra parcela de estudio (Figura 6), es de textura franco-arcillosa (USDA): 42,6% arena, 23,9% limo y 33,4% arcilla, por lo que corresponde a una clasificación textural de tipo fina. Estas son sus características según una analítica inicial aportada por la finca.

**Tabla 4.** Características iniciales del suelo.

pH (1:2,5 p/v)	8,85
Conductividad eléctrica (1:5 p/v) (dS m <sup>-1</sup> )	0,27
Sodio asimilable (meq/100)	0,54
Potasio asimilable (meq/100)	0,47
Calcio asimilable (meq/100)	6,94
Magnesio asimilable (meq/100)	3,99
Materia Orgánica Total (%)	1
Materia Orgánica Oxidable (%)	0,77
Nitrógeno Total (%)	0,06
Nitratos 1:5 (ppm)	<25
Carbono Orgánico Total (%)	0,58
C/N	9,33
Carbonatos Totales (%)	45
Caliza activa (%)	14,4

Este suelo posee un pH ligeramente alcalino, pudiéndose deber a la presencia de MgCO<sub>3</sub>, tal y como vemos en la cantidad de magnesio asimilable que tiene. Tiene una CE baja y niveles

bajos de nutrientes asimilables. Además, tiene un bajo porcentaje de materia orgánica oxidable, es fuertemente calizo y tiene poder clorosante muy elevado. Los niveles de nitratos son muy bajos.

### 3.2.2 Fertilización y riego

El riego de la finca, es un riego por goteo, dividido en sectores y está programado para regar durante 105 min cada riego, dando 3 riegos por semana. En las filas 1 y 2 el riego se reduce un 50% y 25% y está controlado por un programador de riego “Galcon Modelo 11000L” (Figura 9). situado aproximadamente en la mitad de las filas.

El control del riego de las filas que tienen reducción según el diseño, se realizó, dividiendo en tiempo correspondiente al 50 % y al 25% respecto al tiempo habitual del riego, ajustándolo con él programador.

La aplicación de fertilizantes en la finca se realiza mediante fertirrigación, según el plan habitual de la explotación.



**Figura 9.** Programador de riego empleado en el ensayo de campo.

### 3.3. Desarrollo experimental

#### 3.3.1 Aplicación de compost y programación de riego

En este experimento tenemos dos variables a tener en cuenta para la evaluación de los resultados finales: el aporte al suelo de enmienda orgánica y el control del riego, mediante una reducción o no de este.

El compost utilizado tiene como materias primas lodo de depuradora, concretamente de la de EDAR Torrevieja y poda de jardinería procedente de Guardamar del Segura, ambos residuos muy cercanos geográficamente a la zona de ensayo. Esta enmienda por las materias primas que lo componen (códigos LER: 19 08 05 Lodos del tratamiento de aguas residuales urbanas y 20 02 01 Residuos biodegradables de jardines municipales), sería denominada como compost en general, ya que, a pesar de llevar restos vegetales, no puede ser denominado como compost vegetal al llevar también en su composición lodo EDAR. En la siguiente tabla, se muestra las características de la enmienda orgánica empleada, aunque por su bajo valor de materia no podría comercializarse como compost. Este compost según el Real Decreto 506/2013 de 28 de junio, sobre Productos Fertilizantes, están dentro del Grupo 6.02. cumple los requisitos para ser comercializado exceptuando su contenido en MO que debería ser más del 35%. Presenta una salinidad moderada y un valor de pH considerado como neutro, su valor de C/N < 20 adecuada según el RD sobre productos Fertilizantes. Destaca su elevada cantidad de Fe por el tratamiento fisicoquímico realizado al lodo en la EDAR.

**Tabla 5.** Características de la enmienda orgánica.

Parámetros		Macronutrientes y Na		Micronutrientes y otros elementos (ppm)	
		(%)			
MOT (%)	21,86	N	1,46	Cd	0,4
CE (dS/m)	2,92	P	0,45	Cr	2
pH	7,35	K	0,72	Co	2
Da (g/L)	0,854	Ca	17,11	Cu	47
C/N	13,04	Mg	1,67	Fe	10433
H (%)	28	Na	0,145	Mn	244
Polifenoles S (mg Kg sms)	875			Ni	8
IG (%)	88			Pb	18
				Zn	128

M.O.T- Materia Orgánica Total. H- Humedad. da- Densidad aparente. CE- Conductividad eléctrica IG- Índice de Germinación.

La aplicación de la materia orgánica al suelo, tuvo lugar el 23 de diciembre de 2020. Para ello se cargaron 8 sacos de compost en el depósito del aplicador que tenía acoplado el tractor, para la aplicación se abrió una zanja en el lateral derecho de las mesetas y se aplicó la dosis de compost que se indica en el croquis del experimento\_ (Figura 7.). Se aportaron 30 kg/árbol y 60 kg/árbol en aquellas posiciones en las que en el diseño había enmienda orgánica.

En cuanto al riego, es una variable importante para intentar evaluar cómo afecta la capacidad de retención de agua que pudiese ocasionar el empleo o no del compost y la dosis, además de otras propiedades. La programación del riego de la finca durante el experimento fue de 105 min cada riego, dando 3 riegos por semana. El riego en la fila 1 y 2 al haberse reducido un 50 y un 25%, riegan 79 y 52 min, siendo la fila 3 el control del parámetro. En resumen:

<i>Fila 1 (reducción 50%)</i>	3 riegos/ semana	52 min
<i>Fila 2 (reducción 25%)</i>	3 riegos/ semana	79 min
<i>Fila 3 (sin reducción)</i>	3 riegos/ semana	105 min

### 3.3.2. Muestreos y parámetros analíticos

Los muestreos de todos los parámetros necesarios para seguir este ensayo de campo se hicieron en las fechas que indica el cronograma de eventos. (Tabla 2).

#### 3.3.2.1. Suelo

El muestreo del suelo se hizo en el momento inicial y final del experimento, o sea en el momento en el que se incorporó la materia orgánica y tras la recolección de la naranja. (Tabla 2). En cada uno de los tratamientos establecidos (grupos de 10 árboles) se tomaron muestras de suelos de distintos puntos, concretamente: en la zona donde se realizó el aporte de materia orgánica y en la zona de la meseta cercana al gotero.

Se recogió suelo de los primeros 10-25 cm con ayuda de azada y pala. El suelo de cada tratamiento, se depositó en un cubo, donde se mezcló adecuadamente para homogeneizar la muestra y se metió en una bolsa debidamente etiquetada, para su preparación y análisis en el laboratorio. Una vez en el laboratorio, se extendió en bandejas para su secado al aire y fue tamizado a través del tamiz de 2 mm separando los elementos gruesos de la tierra fina, para ya proceder a su análisis.



*Figura 10.* Muestreo de suelos



*Figura 11.* Enmienda orgánica y suelos extendidos en el laboratorio de la EPSo.

### 3.3.2.2. Foliar

Para el muestreo foliar se recogieron 10 hojas por árbol, obteniendo 100 de cada tratamiento. Se deben de coger hojas de varios puntos de la copa, intentando no coger aquellas con deficiencias o las que estén afectadas por plaga/enfermedad. Las hojas una vez llevadas al laboratorio se lavaron con jabón sin fosfatos y agua destilada, fueron extendidas en bandejas y secadas en estufa a 45 °C y posteriormente molidas para su análisis multielemental.

### 3.3.2.3. Fruto

La recogida del fruto tuvo lugar el día 4 de marzo. Se cosecharon todos los frutos de los árboles de cada tratamiento, para poder determinar el rendimiento en peso y el número de frutos de cada árbol. De cada tratamiento cosechado se seleccionaron posteriormente 20 frutos para después poder determinar los parámetros de calidad en el laboratorio.

### 3.3.2.4. Gases de Efecto Invernadero en suelo

Para captar los gases del suelo, se utilizaron anillas y cámaras con septum, donde con una jeringuilla primero purgábamos el interior de la cámara, seguidamente se absorbieron 60 ml de gases del interior. Tras haber captado los gases con la jeringuilla, se trasladaron a los viales, primero inyectando 30ml con recirculación y finalmente los 30 ml restantes con sobrepresión.



*Figura 12.* Muestreo de gases en el suelo del ensayo.

Las muestras de los gases al igual que la de suelos se tomaron en dos puntos. En cada tratamiento tomamos dos muestras una en la parte de la meseta cercana al gotero, a la que llamamos Control (C) y otra donde se puso la enmienda (ORG). Los gases se muestrearon dos veces, a tiempo 0 ( $t=0$ ) y tras 60 min del primer muestreo ( $t=1$ ).

### 3.4. Métodos analíticos

#### 3.4.1. Análisis de suelo

En la siguiente tabla resumen se muestran los métodos empleados para cada uno de los parámetros analíticos realizados sobre la muestra de suelo, tras su etapas de preparación en el laboratorio (secado al aire y tamización a 2 mm), para el comienzo de su analítica.

Parámetro	Método
<i>pH</i>	La medida con el pH -metro, en la suspensión suelo-agua desionizada, obtenida por agitación mecánica durante 10 minutos con una relación de 1:2,5 (p/v) (MAPA, 1994)
<i>Conductividad eléctrica</i>	Medida con conductímetro en una suspensión suelo-agua desionizada, obtenida por agitación mecánica durante 30 minutos y por centrifugación con una relación 1:5 (p/v) (MAPA, 1994)
<i>Carbono Orgánico Oxidable</i>	Oxidación parcial del carbono con dicromato de potasio en medio ácido sulfúrico (Yeomans & Bremmer, 1989).
<i>NTK</i>	Método Kjeldahl: transformación del nitrógeno orgánico en amoniacal mediante digestión de la muestra. (Bremmer & Britenbeck, 1983)
<i>Nitratos (<math>NO_3^-</math>)</i>	Medido con espectrofotómetro, en una disolución filtrada, proveniente de una suspensión suelo- agua. (Simal, Lage, & Iglesias, 1985)

#### 3.4.2. Análisis foliar

Una vez lavadas todas las hojas muestreadas con jabón sin fosfato y agua desionizada, se secaron a 45 °C y posteriormente fueron molidas, para su análisis, separándolas por tratamientos. En la siguiente tabla resumen se muestran los métodos empleados para cada uno de los parámetros analíticos realizados sobre las muestras.

Parámetro	Método
C y N	Analizador elemental CN
Resto de elementos	ICP-OES SOLIDAS Espectroscopía de emisión atómica de plasma de acoplamiento inductivo (ICP) es una fuente de ionización que junto a un espectrofotómetro de emisión óptico (OES) constituye el equipo de ICP-OES.

### 3.4.3. Parámetros de calidad en fruto

Para los parámetros que queríamos determinar en el fruto, se hicieron varias separaciones de estos, excepto para el rendimiento de cada árbol, en donde se cogieron todos los frutos cosechados, realizando la medida de estos parámetros in situ en campo, siendo necesario para ello una balanza de campo y un medidor de calibre de fruto portátil conectado a un ordenador para volcar las medidas a un Excel.

#### ❖ Rendimiento de cada árbol

Parámetro	Método
Frutos por árbol ( <i>nº frutos/árbol</i> )	Conteo de los frutos de cada árbol
Rendimiento en peso del árbol ( <i>kg/árbol</i> )	Peso con balanza de toda la cosecha de cada árbol
Calibre ( <i>mm</i> )	Medición con calibre en campo de al menos 10 frutos de cada árbol

#### ❖ Análisis de los frutos

Para el análisis de los frutos se seleccionan 20 frutos de cada tratamiento y se determinaron ya en laboratorio los siguientes parámetros:

Parámetro	Método
Peso del fruto ( <i>g</i> )	Medido con balanza
Altura ( <i>mm</i> )	Medido con calibre orientado en forma polar
Diámetro ( <i>mm</i> )	Medido con calibre en posición ecuatorial

<i>Espesor (mm)</i>	Con la naranja partida por la mitad, medido con calibre en dos puntos de la naranja (a 0° y 180 °)
<i>Color</i>	Medido con colorímetro <i>Konica Minolta Cm-700d</i> , tres medidas, en tres puntos de la parte ecuatorial del fruto (a 0°, 90° y 180°). (Jiménez-Cuesta, Cuquerella, & Martínez-Javaga, 1981)

#### ❖ Análisis del zumo

Tras haber hecho el análisis del fruto, se exprime el zumo de las naranjas y se depositan en duquesitas. De cada tratamiento se extraen tres duquesitas de zumo y se procede a la medida de los siguientes parámetros.

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
<i>Sólidos Solubles (° brix)</i>	Medidos con refractómetro digital de la marca <i>Atago Pocket Refractometer</i>
<i>Acidez (g/ml)</i>	Medidos por valoración con hidróxido de sodio (NaOH), mediante un valorador automático <i>Tritino plus 877</i> con agitador <i>801 Stirrer</i>
<i>Índice de madurez</i>	Se obtiene empíricamente, siendo una relación entre los sólidos solubles y la acidez.

#### 3.4.4. Análisis de emisiones de GEI en suelos tratados

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>
<i>Gases de efecto invernadero (NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>)</i>	Mediante cromatógrafo de gases de la marca <i>Agilent modelo 7890B GC System</i>

### 3.5 Métodos estadísticos

El análisis estadístico estuvo basado en un análisis de la varianza GLM-Univariante, que permitiera evaluar el efecto de las variables consideradas: riego y fertilización.

Para la variable riego se establecieron tres tratamientos, 1) riego control sin reducción D0, 2) riego con reducción del 25% D25 y 3) riego con reducción del 50% D50. Para la variable fertilización los tratamientos fueron 1) sin enmienda E0, 2) con 30 kg/árbol de enmienda E30 y 3) con 60 kg/árbol de enmienda E60.

También se hizo un análisis multivariante para los parámetros del suelo, donde se mostraba un análisis de la combinación de las variables: riego, fertilización y el tiempo. Cuando la F-ANOVA mostró significación, se realizó el contraste post-hoc Tukey-b a P=95%. Previamente al ANOVA, se evaluaron la normalidad y homogeneidad de las varianzas utilizando los tests de Shapiro-Wilk y Levene. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa informático SPSS 22.0.

## **4. *RESULTADOS Y DISCUSIÓN***



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Parámetros en suelo

En las tablas 6, 7, 8 y 9 se muestran los parámetros analizados en este estudio en el momento inicial una vez aplicados los tratamientos (1) y final (2) tras la recolección de la naranja. Se ha hecho un análisis de resultados según las variables del diseño experimental (fertilización y riego) y también un análisis multivariante, donde se analiza el efecto del tiempo, el efecto combinado tiempo y la fertilización, el efecto combinado tiempo y riego y el efecto de las dos variables con el tiempo.

#### pH y CE

El **pH** nos da una idea de la acidez o basicidad del suelo, es un parámetro que influye en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, sobre la actividad microbiana y sobre las propiedades físicas del suelo. (Delgado & Gómez, 2017).

La **conductividad eléctrica (CE)** determina la salinidad de un suelo, pudiendo llegar a ser salino cuando la conductividad es de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ . Su determinación es importante para saber cuándo el suelo está deteriorado y por los efectos negativos que puede tener sobre el crecimiento de los cultivos. (Delgado & Gómez, 2017). También la salinidad puede resultar problemática para la biota y los procesos biológicos esenciales del suelo (Pankhurst et al., 2001).

**Tabla 6.** Parámetros analíticos (pH, CE) a tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados

Variable	Tratamiento	pH 1	pH 2	CE 1 ( $\text{dS m}^{-1}$ )	CE 2 ( $\text{dS m}^{-1}$ )
<i>Riego</i>	<b>D0</b>	7,99 a	8,24 a	1,93 b	0,70 a
	<b>D25</b>	7,93 a	8,07 a	2,04 b	0,65 a
	<b>D50</b>	8,06 a	8,27 a	1,18 a	0,63 a
	<b>F-ANOVA</b>	0,57 ns	1,84 ns	4,96 *	0,097ns
<i>Fertilización</i>	<b>E0</b>	8,30 b	8,40 c	0,94 a	0,43 a
	<b>E30</b>	7,88 a	8,20 b	2,11 b	0,51 a
	<b>E60</b>	7,80 a	7,98 a	2,10 b	1,04 b
	<b>F- ANOVA</b>	32,3***	12,69***	18,04***	47,12***
<b>MULTIVARIANTE</b>					
<i>Tiempo</i>	<b>F- ANOVA</b>	386***		6004***	
<i>Tiempo* Fertilización</i>	<b>F- ANOVA</b>	41,6***		525***	
<i>Tiempo* Riego</i>	<b>F- ANOVA</b>	8,16**		359***	
<i>Tiempo*Fertilización* Riego</i>	<b>F- ANOVA</b>	17,6***		44***	

En este ensayo el **pH** del suelo no se ha visto afectado por la variable riego para ninguno de los dos muestreos. Sin embargo, la fertilización con la enmienda ha reducido el pH mostrando un descenso significativo a medida que aumenta la dosis en ambos muestreos. Con respecto al cambio de pH con la variable tiempo, los valores finales han aumentado con respecto al momento inicial y esto mismo ha ocurrido al realizar el análisis multivariante: el tiempo ha producido un cambio estadísticamente muy significativo, al igual que las otras combinaciones el tiempo con la fertilización, tiempo con el riego y con la fertilización y el riego.

En algunos estudios el pH del suelo disminuye al aumentar la enmienda (Golabi et al., 2004) como en nuestro caso. En cambio, en otros tiende a aumentar con los aportes (Courtney & Mullen, 2008; Ouédraogo et al., 2001). El efecto sobre el pH del suelo dependerá de la composición de la enmienda (Zebarth et al., 1999).

La **conductividad eléctrica** se ha visto estadísticamente reducida con el tratamiento D50 en el primer muestreo, no mostrándose cambios significativos entre estos tratamientos para el segundo muestreo. Esto no está en concordancia con algunos estudios que muestran un aumento en la CE al aplicar riego deficitario como en nuestro caso (Aragüés et al., 2014; Ding et al., 2020; Nagaz et al., 2020).

Respecto a la variable fertilización orgánica se han visto afectados los valores de CE del suelo de ambos muestreos, siendo mayor en los suelos donde se aplicó enmienda. Esto coincide con Soria et al., (2021) que observaron que con el empleo de diferentes enmiendas la CE tiende a aumentar. Esto podría ser debido a la salinidad que le ha aportado la enmienda al suelo, que, aunque no es muy elevada (2,92) sí que incorpora sales al suelo.

En general los valores son mayores para T1 que para T2 para ambas variables, lo que indica una reducción en el contenido de sales en el suelo a medida que avanza el ensayo de campo. En cuanto a la gran disminución que ha sufrido el CE del momento inicial al final, ha podido ser por el episodio de lluvias sufrido en los días anteriores al muestreo final del suelo. Lo que explicaría también la poca significación que ha tenido el riego en el CE final. Del análisis multivariante existe mucha significación en todas las variables combinadas.

### Formas nitrogenadas

En la tabla 7, se muestran los valores de **nitrógeno total Kjeldahl (NTK)** y los **nitratos** ( $\text{NO}_3^-$ ) obtenidos.

El **nitrógeno total Kjeldahl (NTK)**, representa el nitrógeno orgánico y el amoniacal. La mayoría del nitrógeno en los suelos generalmente se presenta en formas orgánicas (Allison, 1973; Batjes, 1996) como proteínas, amino azúcares, aminoácidos libres y sustancias complejas. Las

últimas mencionadas son resistentes a la degradación y se originan por los procesos de humificación. Otra pequeña parte del nitrógeno orgánico se mineraliza cada año en el suelo que puede quedar disponible para las plantas (Powelson & Barraclough, 1993).

**Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )**, son la principal fuente de nitrógeno para las plantas y se encuentran como iones libres en el suelo. Son muy móviles y no se suelen retener en el suelo, perdiéndose fácilmente por lixiviación y pasando a los acuíferos subterráneos por infiltración pudiendo ocasionar contaminación de estos (FIAPA, 2006). Estos también pueden perderse por acción microbiana, bien por procesos de desnitrificación o inmovilización. (Marañés et al., 1998).

**Tabla 7.** Parámetros analíticos nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitrógeno total Kjeldahl (NTK) tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados.

VARIABLE	Tratamiento	NTK 1 (g kg <sup>-1</sup> )	NTK 2 (g kg <sup>-1</sup> )	$\text{NO}_3^-$ (mg kg <sup>-1</sup> )	$\text{NO}_3^-$ (mg kg <sup>-1</sup> )
<i>Riego</i>	<b>D0</b>	4,43 a	2,65 a	97,4 a	148 a
	<b>D25</b>	4,48 a	2,17 a	128 a	154 a
	<b>D50</b>	2,64 a	2,55 a	70,9 a	94,4 a
	<i>F anova</i>	1,70ns	0,27ns	0,97ns	1,76ns
<i>Fertilización</i>	<b>E0</b>	0,91 a	0,81 a	212 b	116 a
	<b>E30</b>	5,16 b	2,57 b	31,4 a	196 b
	<b>E60</b>	5,48 b	3,99 c	52,7 a	83,4 a
	<i>F anova</i>	33,15***	71,8***	106,7***	8,09**
<b>MULTIVARIANTE</b>					
<i>Tiempo</i>	<i>F anova</i>	2110***		1886***	
<i>Tiempo * Fertilización</i>	<i>F anova</i>	568***		9621***	
<i>Tiempo * Riego</i>	<i>F anova</i>	489***		129***	
<i>Tiempo * Fertilización * Riego</i>	<i>F anova</i>	220***		1491***	

En cuanto a los valores de **nitrógeno total (NTK)** y **nitratos  $\text{NO}_3^-$**  no han sufrido diferencias significativas con la variable riego. Por otro lado, la fertilización si ha afectado, tanto al NTK como al nitrato, aumentando de manera muy importante el NTK con la enmienda orgánica, en ambos muestreos y especialmente en el muestreo inicial.

Esto concuerda con otros estudios similares (Hannet et al., 2021; Madejón et al., 2003) donde el **NTK** en el suelo aumenta al aumentar la dosis de la enmienda, existiendo una relación entre el N aportado con la materia orgánica y el aumento del nitrógeno orgánico y amoniacal. Respecto a su evolución con el tiempo se ha producido una disminución desde el momento inicial al final. Esta disminución del NTK, que engloba la forma  $\text{NH}_4^+$ , en el muestreo final ha podido ser la causa de la disminución de la CE anteriormente discutida.

Para ambos parámetros el análisis multivariante ha tenido mucha significación al introducir la variable tiempo, tanto en cada una de ellas por separado como al combinarlas.

Los **nitratos** han aumentado en el muestreo final con la fertilización E30, pero no se han visto diferencias entre el tratamiento E0 y E60. En el primer muestreo se han visto diferencias significativas entre el tratamiento E0 y los tratamientos E30 y E60, teniendo estos últimos menos concentración de  $\text{NO}_3^-$ . Esto puede ser debido a la gran movilidad de este ion en el suelo que puede justificar este comportamiento. Además, el aporte de nitrógeno con la enmienda en forma orgánica tiene que ser desnitrificado por los microorganismos (Knowles, 1982).

Sin embargo, la enmienda aplicada fue sometida a un proceso de compostaje, el cual hace que los nutrientes sean de liberación lenta (Bernal et al., 2009), es decir que el N ha de mineralizarse. La mineralización dependerá de 1) la ratio C/N 2) el pH 3) la temperatura y 4) la humedad, en nuestro caso las condiciones climáticas fueron favorables para la desnitrificación. Todo ello justificaría que en el muestreo final las cantidades de  $\text{NO}_3^-$  en los tratamientos E30 y E60 son mayores que en el primero, se han mineralizado en ese periodo de tiempo.

### Materia orgánica oxidable

A continuación, en la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos relacionados con el **carbono oxidable (C.ox)** y la **materia orgánica oxidable (MO.ox)**. Estos dos parámetros están relacionados y se refieren a la cantidad de materia orgánica que puede ser oxidada en el suelo y mineralizada (Porta et al., 1994).

**Tabla 8.** Parámetros analíticos carbono oxidable y materia orgánica oxidable a tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados

VARIABLE	Tratamiento	Cox 1 (%)	Cox 2 (%)	MOox 1 (%)	MOox 2 (%)
<i>Riego</i>	<b>D0</b>	2,38 a	1,75 a	4,10 a	3,02 a
	<b>D25</b>	2,45 a	1,33 a	4,23 a	2,29 a
	<b>D50</b>	1,47 a	1,74 a	2,53 a	3,01 a
	<i>F anova</i>	1,41ns	0,57ns	1,41ns	0,57ns
<i>Fertilización</i>	<b>E0</b>	0,44 a	0,52 a	0,76 a	0,91 a
	<b>E30</b>	2,89 b	1,70 b	4,98 b	2,94 b
	<b>E60</b>	2,97 b	2,60 c	5,12 b	4,47c
	<i>F anova</i>	30,30***	57,72***	30,30***	57,72***
<b>MULTIVARIANTE</b>					
<i>Tiempo</i>	<i>F anova</i>	499***		499***	
<i>Tiempo * Fertilización</i>	<i>F anova</i>	285***		285***	
<i>Tiempo * Riego</i>	<i>F anova</i>	349***		349***	
<i>Tiempo * Fertilización * Riego</i>	<i>F anova</i>	168***		168***	

**Tabla 9.** Parámetros analíticos carbono orgánico y materia orgánica a tiempo inicial (1) y final (2) en los suelos estudiados

VARIABLE	Tratamiento	Corg 1 (%)	Corg 2 (%)	MO 1 (%)	MO 2 (%)
<i>Riego</i>	<b>D0</b>	3,07 a	2,26 a	5,29 a	3,89 a
	<b>D25</b>	3,16 a	1,71 a	5,46 a	2,95 a
	<b>D50</b>	1,89 a	2,25 a	3,26 a	3,88 a
	<i>F anova</i>	1,41ns	0,57ns	1,41ns	0,57ns
<i>Fertilización</i>	<b>E0</b>	0,571 a	0,68 a	0,98 a	1,17 a
	<b>E30</b>	3,73 b	2,20 b	6,43 b	3,79 b
	<b>E60</b>	3,83 b	3,35 c	6,60 b	5,77 c
	<i>F anova</i>	30,30***	57,72***	30,30***	57,72***
<b>MULTIVARIANTE</b>					
<i>Tiempo</i>	<i>F anova</i>		499***		499***
<i>Tiempo * Fertilización</i>	<i>F anova</i>		285***		285***
<i>Tiempo * Riego</i>	<i>F anova</i>		349***		349***
<i>Tiempo* Fertilización* Riego</i>	<i>F anova</i>		168***		168***

En cuanto al **C.ox** y la **MOox**, no han sufrido diferencias significativas con los distintos tratamientos del riego. Tampoco el **Corg** ni la **MO**.

Con la variable fertilización, en ambos muestreos el **C.ox** presenta los máximos valores en los suelos con E60 y los mínimos en los suelos control E0, al igual que la **MOox**. Esto mismo ocurre con el **C.org** y la **MO**, ya que son parámetros relacionados. El análisis multivariante ha resultado muy significativo en todos los parámetros mencionados anteriormente. Respecto a la evolución con el tiempo de muestreo, se produce un descenso muy significativo del C.ox conforme avanza el ensayo, ya que este carbono oxidable es utilizado por la biota del suelo para su metabolismo y así contribuir a la mineralización de la enmienda orgánica aportada.

Al aportar un fertilizante orgánico, se añade C exógeno que aumenta el COS y por lo tanto la materia orgánica y el carbono orgánico aumentarán como también se muestra en otros trabajos donde se han aplicado enmiendas similares (Curci et al., 2020; Picariello et al., 2021).

## 4.2. Estado nutricional de las plantas

A continuación, se muestran tres figuras donde se pueden ver los valores obtenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (Figuras 13, 14 y 15) y los efectos que han tenido el riego y la fertilización sobre los niveles de **macronutrientes**. También se han obtenido las concentraciones de los **micronutrientes** (Fe, Cu, Mn, Zn, Mo y B) iniciales y finales (Tabla 10 y 11). Hemos empleado las tablas interpretativas de análisis foliar para macronutrientes en naranjo de Caro Bohórquez, (2006) para la discusión, que se encuentran adjuntas en los anejos de este documento. La presencia de riego según las necesidades hídricas, frente a los tratamientos en los cuales se

reduzca el riego, debería establecer una situación nutricional adecuada y de almacenamiento de carbono más cómodo para la planta que se debería traducir en niveles normales frente a una situación deficitaria por falta de riego, que podría provocar estrés hídrico y nutricional en la planta.

### NITRÓGENO TOTAL

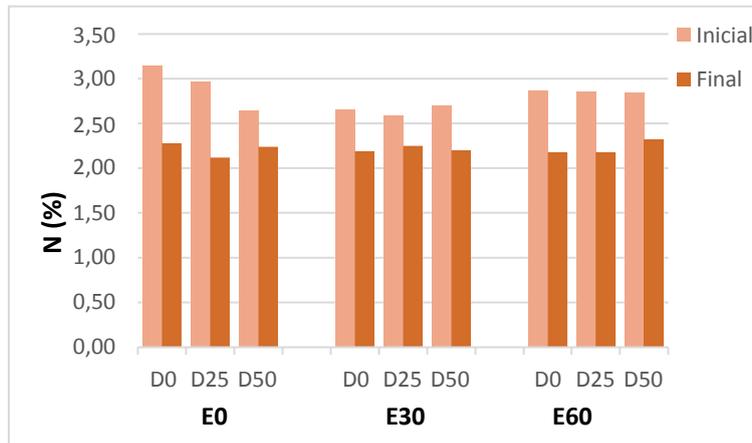


Figura 13. Concentración de nitrógeno total foliar inicial y final.

El % N total foliar en los análisis iniciales se corresponden niveles normales (D50-E0, D50- E30, D25-E30 y D0-E30) y niveles altos. Los valores finales se sitúan en niveles bajos. Es decir, que el N foliar ha disminuido tras 71 días.

### FÓSFORO TOTAL

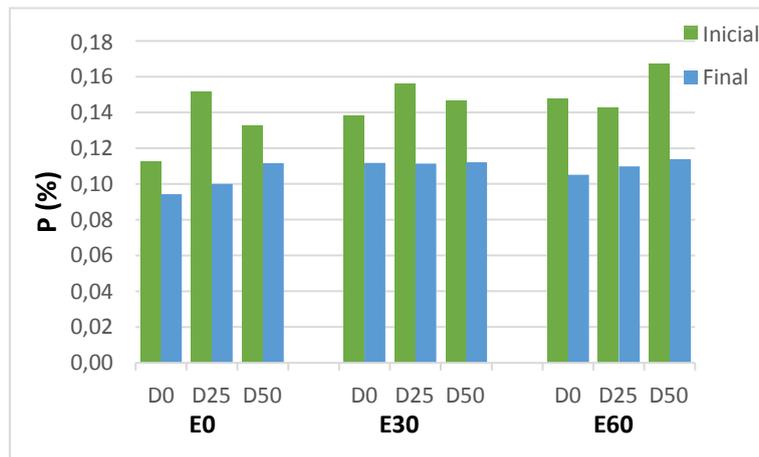
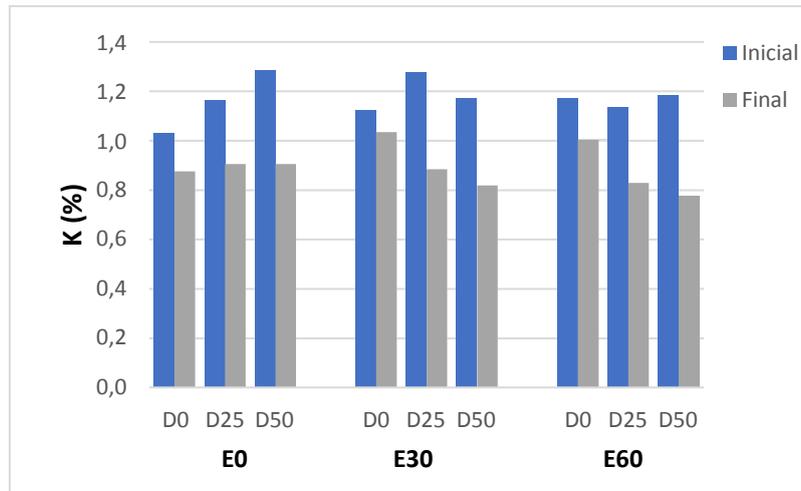


Figura 14. Concentración de fósforo total foliar inicial y final.

El % P total foliar en el análisis inicial mayoritariamente se encuentra en niveles normales alcanzando niveles bajos posteriormente.

### POTASIO TOTAL



**Figura 15.** Concentración de potasio total foliar inicial y final.

El % de K total foliar en el análisis inicial mayoritariamente se encuentra en niveles altos, disminuyendo a niveles normales en el análisis final, exceptuando el tratamiento D0-E30 que se mantiene en un nivel alto. Podemos fijarnos que en todos los casos los valores iniciales de nutrientes en la hoja han sido mucho mayores que tras los 71 días que ha permanecido la enmienda en el suelo. Esta disminución en los contenidos foliares es debido a que el árbol ha tenido que extraer parte de los nutrientes absorbidos para la fructificación y la maduración del fruto (Ma et al., 2013; Molina, 2000).

**Tabla 10.** Concentración de microelementos en mg kg<sup>-1</sup> (ppm) en el análisis foliar inicial (1) y final (2) del experimento.

Variable	Tratamiento	Fe 1	Fe 2	Cu 1	Cu 2	Mn 1	Mn 2
<b>Riego</b> <i>D0</i>	<b>E0</b>	78	129	2,30	2,64	62	78
	<b>E30</b>	73	151	2,83	3,51	50	85
	<b>E60</b>	83	127	3,76	3	49	73
<b>D25</b>	<b>E0</b>	80	133	3,61	2,98	61	75
	<b>E30</b>	106	151	3,69	3,51	79	85
	<b>E60</b>	81	110	5	3,15	65	75
<b>D50</b>	<b>E0</b>	107	114	3,53	3,32	81	73
	<b>E30</b>	80	115	3,06	3,15	64	67
	<b>E60</b>	91	113	3,44	3,24	73	60
<b>Fertilización</b> <i>E0</i>	<b>D0</b>	78	129	2,30	2,64	62	78
	<b>D25</b>	80	133	3,61	2,98	61	75
	<b>D50</b>	107	114	3,53	3,32	81	73
<b>E30</b>	<b>D0</b>	73	151	2,83	3,51	50	85
	<b>D25</b>	106	151	3,69	3,51	79	85
	<b>D50</b>	80	115	3,06	3,15	64	67
<b>E60</b>	<b>D0</b>	83	127	3,76	3	49	73
	<b>D25</b>	81	110	5	3,15	65	75
	<b>D50</b>	91	113	3,44	3,24	73	60

**Tabla 11.** Concentración de microelementos en  $\text{mg kg}^{-1}$  (ppm) en el análisis foliar inicial (1) y final (2) del experimento.

Variables	Tratamiento	Zn 1	Zn 2	Mo 1	Mo2	B 1	B 2
<b>Riego</b> <b>D0</b>	<b>E0</b>	19	37	0,124	0,208	84	103
	<b>E30</b>	14	39	0,185	0,287	89	103
	<b>E60</b>	24	34	0,225	0,234	96	106
<b>D25</b>	<b>E0</b>	21	34	0,173	0,097	94	105
	<b>E30</b>	32	39	0,163	0,196	123	103
	<b>E60</b>	22	29	0,199	0,195	92	112
<b>D50</b>	<b>E0</b>	28	22	0,151	0,157	105	98
	<b>E30</b>	21	25	0,194	0,104	90	86
	<b>E60</b>	28	19	0,237	0,157	103	86
<b>Fertilización</b> <b>E0</b>	<b>D0</b>	19	37	0,124	0,208	84	103
	<b>D25</b>	21	34	0,173	0,097	94	105
	<b>D50</b>	28	22	0,151	0,157	105	98
<b>E30</b>	<b>D0</b>	14	39	0,185	0,287	89	103
	<b>D25</b>	32	39	0,163	0,196	123	103
	<b>D50</b>	21	25	0,194	0,104	90	86
<b>E60</b>	<b>D0</b>	24	34	0,225	0,234	96	106
	<b>D25</b>	22	29	0,199	0,195	92	112
	<b>D50</b>	28	19	0,237	0,157	103	86

En cuanto a la concentración foliar de micronutrientes, están discutidas según las tablas de referencia de Legaz Paredes et al., (2008) que las podemos encontrar en el apartado de anejos:

Las concentraciones del **hierro (Fe)** iniciales presentan valores normales mayoritariamente, exceptuando los tratamientos D50-E0 y D25-E30 (107 y 106 ppm). En el análisis final los niveles del Fe son altos, existiendo bastante diferencia con las concentraciones iniciales. Esto puede ser debido a la alta concentración de hierro (10433 ppm) de nuestra enmienda.

Las concentraciones de **manganeso (Mn)** iniciales presenta en general niveles altos, con alguna excepción donde presenta valores normales (D0-E30 y D0-E60). Las concentraciones finales presentan niveles altos.

Las concentraciones **cobre (Cu)** tanto iniciales como finales presentan valores bajos o muy bajos, no existiendo gran diferencia entre las concentraciones iniciales y finales.

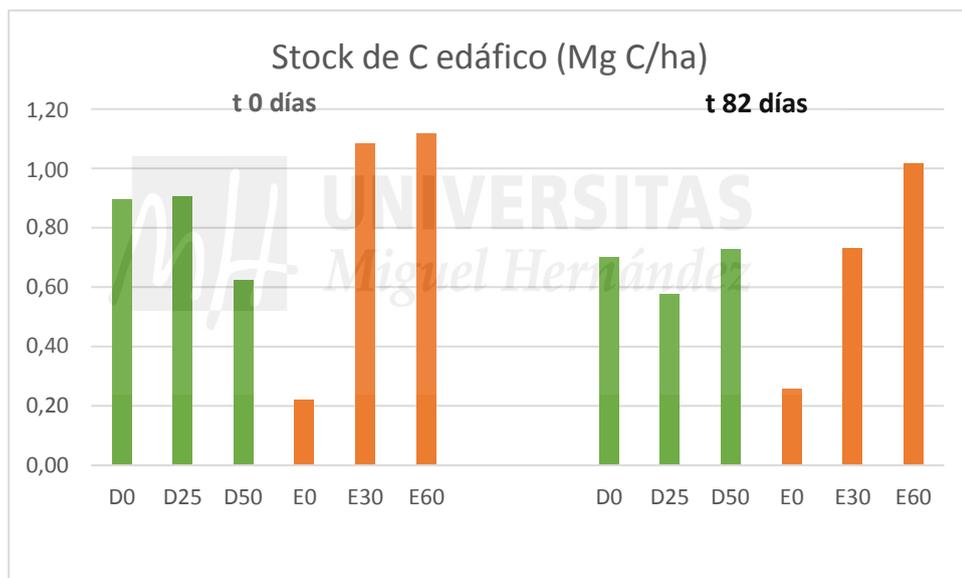
Las concentraciones de **zinc (Zn)** presentan inicialmente concentraciones altas por lo general, disminuyendo a niveles normales al final del ensayo, exceptuando los tratamientos D50 que han disminuido a niveles bajos. El déficit el Zn o el Cu, es esperable este último por el elevado poder clorosante del suelo control de la finca.

Las concentraciones de **molibdeno (Mo)** se encuentran en niveles normales, no existiendo gran diferencia entre la concentración inicial y final.

Las concentraciones de **boro (B)**, se encuentran la mayoría en niveles normales en el análisis inicial a excepción de los tratamientos D50-E0, D50-E60 y D25-E30 con valores considerados altos (105,103 y 123 ppm). En el análisis final tenemos valores normales en los tratamientos con D50 y valores altos en los demás tratamientos; lo que nos indica un aumento en los niveles tras haber dejado la enmienda durante 71 días.

### 4.3 Stock de C en el suelo y fijación en la planta

A continuación, se muestra la Figura 16, que representa el **stock de C** en el suelo obtenido a partir del análisis de resultados de C y materia orgánica del suelo según las variables fertilización y riego, y su evolución desde el inicio del experimento hasta transcurridos 82 días.



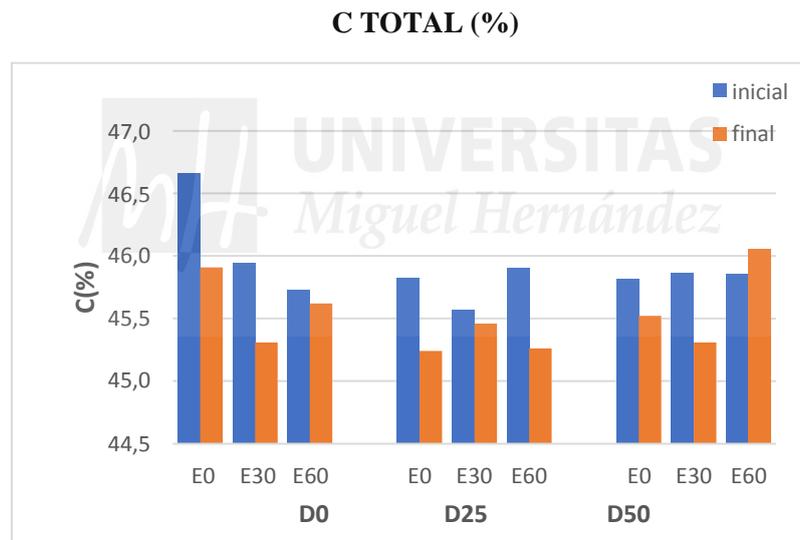
**Figura 16.** Evolución del carbono almacenado en el suelo (Mg C/ha) según los distintos tratamientos.

En general, las mayores cantidades de C en el stock de suelo están tanto en el estado inicial como en el final en los tratamientos con fertilización orgánica, especialmente en la dosis más alta de enmienda. Esto tiene sentido, ya que estos tratamientos aportan mayor cantidad de Carbono orgánico (Tabla 9) que pasa a formar parte de los complejos órgano-minerales del suelo incrementando el C.org estable (Lal et al., 2018). Esto concuerda con otros estudios donde con diferentes enmiendas se incrementó el secuestro de C del suelo (Pardo et al., 2017; Wu et al., 2021).

También al igual que la fertilización, la variable riego podría afectar al secuestro de carbono, ya que de él depende la productividad de los agroecosistemas y las condiciones para la respiración de los organismos en el suelo. En este caso el riego no ha tenido efecto de manera estadísticamente significativa ya que tal y como se vio no afectó esta variable al C.org (tabla 9) en ninguno de los muestreos.

La disminución del carbono almacenado en el suelo tras haber permanecido el tratamiento 82 días, se puede deber a la descomposición de este debido a la actividad microbiana y por lo tanto producirse una salida del carbono del suelo en forma de CO<sub>2</sub> (Powlson et al., 2011) como resultado de la mineralización de la materia orgánica y de la respiración. (Figura 22.) (Jia et al., 2017)

Al igual que el suelo es un almacén de C las plantas también lo fijan y una vez completado su ciclo pueden pasar a formar parte del C del suelo. A continuación, en la figura 17 se muestra el C total a nivel foliar.



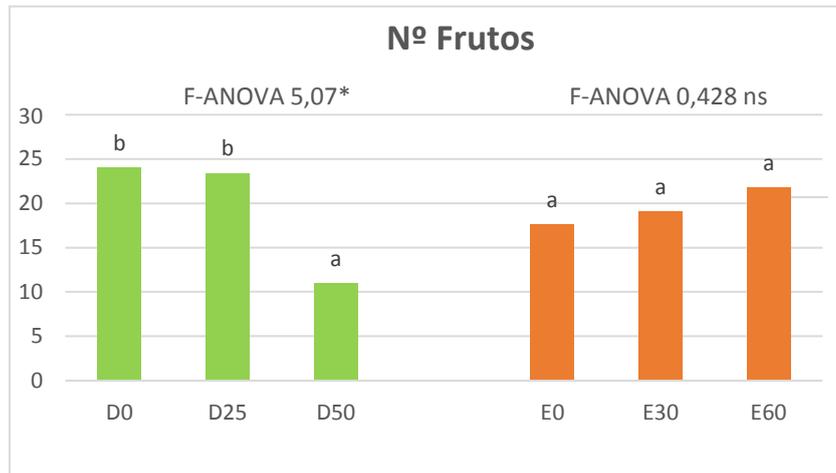
**Figura 17.** Concentración de carbono total foliar inicial y final.

Como podemos ver en general los valores iniciales de C son mayores que los finales tras los 71 días del ensayo, salvo la excepción del tratamiento D50-E60, en donde la reducción del riego junto con el aporte elevado de fertilización orgánica ha ocasionado ese efecto, aumentando el C total acumulado a nivel foliar. Asimismo, destaca el alto porcentaje de C inicial del tratamiento D0-E0.

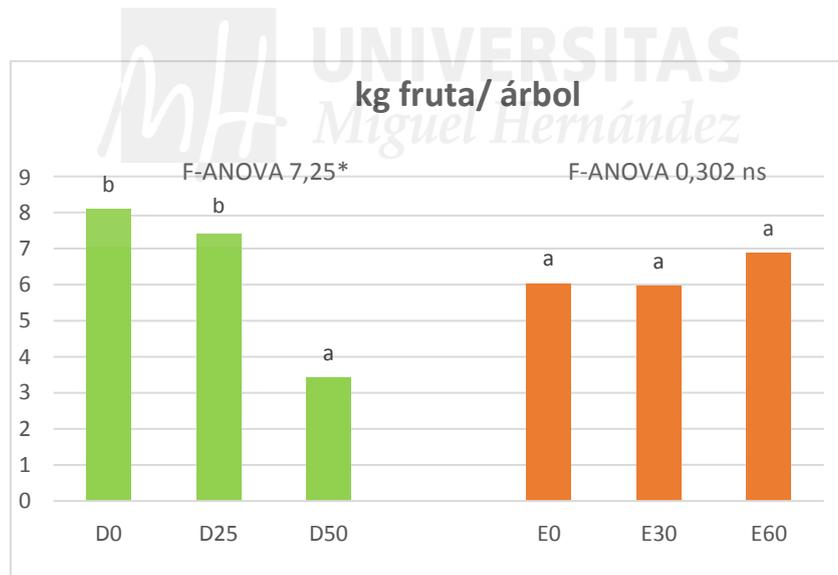
El C total final es menor debido a las pérdidas de C en forma de CO<sub>2</sub> que se da durante la respiración celular y por la traslocación del C foliar en el momento de la fructificación y de maduración del fruto, ya que los frutos y las raíces actúan como sumideros de carbono (Ma et al., 2013).

#### 4.4 Parámetros de rendimiento y calidad del fruto

Se muestran a continuación los resultados relacionados con el rendimiento de cosecha (Figuras 18 y 19) (Tabla 12) y calidad de los frutos (Tabla 13) de nuestra variedad Chislett Summer Navel.



**Figura 18.** Número de frutos según las variables riego y fertilización.



**Figura 19.** kg de fruta por árbol según las variables riego y fertilización.

Podemos observar diferencias significativas en el **nº de frutos/ árbol** y el **kg fruta/árbol**, que es más bajo cuando se aplica el tratamiento D50; esto concuerda con lo expuesto por Mossad et al., (2020) y Nagaz et al., (2020) en sus experiencias.

En cuanto a la variable fertilización no se han observado diferencias significativas. Sin embargo, autores como Vico et al. (2019) o Pascual et al., (2010) observaron que la fertilización orgánica afecta positivamente en el rendimiento de las cosechas..

Según un estudio con combinación de riego deficitario y fertilización de Ding et al., (2021) el aporte de enmienda aliviaría la pérdida de rendimiento de cosecha con el riego deficitario. En nuestro caso no ha resultado así; posiblemente debido a que solo ha permanecido la enmienda y el tratamiento del riego durante 71 días antes de la cosecha. En la tabla 12, se muestran otras características físicas estudiadas en los frutos como son el peso, el diámetro, altura y espesor, donde no se han observado diferencias significativas en ninguna de las variables.

**Tabla 12.** Características físicas de los frutos y rendimiento

VARIABLE	Tratamiento	P.fruto(g)	Ø(mm)	h (mm)	Esp 0° corteza (mm)	Esp 180° Corteza (mm)
<i>Riego</i>	<b>D0</b>	351 a	86,4 a	84,6 a	4,87 a	4,87 a
	<b>D25</b>	355 a	86,2 a	86,2 a	5,07 a	4,83 a
	<b>D50</b>	363 a	85,1 a	88,7 a	5,00 a	4,92 a
	<i>F anova</i>	0,068 ns	0,185 ns	1,064 ns	0,10 ns	0,977 ns
<i>Fertilización</i>	<b>E0</b>	367 a	87,1 a	87,5 a	5,04 a	4,89 a
	<b>E30</b>	346 a	86,2 a	85,6 a	5,04 a	5,00 a
	<b>E60</b>	357 a	84,3 a	86,2 a	4,86 a	4,73 a
	<i>F anova</i>	0,019 ns	0,788 ns	0,230 ns	0,102 ns	0,182 ns

En la tabla 13, se muestran los parámetros de calidad del fruto. **Los Sólidos Solubles (SS)**, se miden en °Brix, indica aproximadamente el contenido en azúcares del zumo de frutas o productos de la industria agroalimentaria. Este parámetro es útil para llevar un seguimiento de la evolución en la maduración de la fruta y el momento óptimo de la recolección. (Domene Ruiz & Segura Rodríguez, 2014). Valores bajos de SS indican menor contenido en azúcar.

La **Ácidoz (Ac)**. La acidez valorable se mide en (g/L) y indica la concentración total del ácido predominante, en este caso sería el ácido cítrico.

El **Índice de madurez (SS/Ac)**. Es una relación entre los sólidos solubles y la acidez del zumo, proporciona información sobre la calidad organoléptica del fruto.

El **Índice de Color (IC)** nos indica el color del fruto para determinar su evolución, estos colores varían del verde oscuro (IC=-20) al naranja (IC=+20). El color naranja predomina cuando el IC > +7. (IFAPA, 2011).

**Tabla 13.** Parámetros de calidad del zumo de naranja y fruto (IC).

VARIABLE	Tratamiento	SS (°Brix)	Ac (g/L)	SS/Ac (%)	IC
<b>Riego</b>	<b>D0</b>	10,12 b	6,65 a	15,4 b	8,49 b
	<b>D25</b>	9,30 a	7,28 a	13,0 a	8,37 ab
	<b>D50</b>	9,63 a	7,65 a	12,8 a	7,98 a
	<b>F anova</b>	14,132 ***	2,735 ns	8,03 *	4,86 *
<b>Fertilización</b>	<b>E0</b>	9,54 a	7,30 a	13,4 a	8,25 a
	<b>E30</b>	9,70 a	7,10 a	13,9 a	8,19 a
	<b>E60</b>	9,89 a	7,18 a	13,9 a	8,40 a
	<b>F anova</b>	2,031 ns	0,107 ns	0,376 ns	0,58 ns

SS: Sólidos Solubles- Ac: Acidez- E/A: relación entre los sólidos solubles y la acidez de la fruta indicándonos la madurez- IC: Índice de Color.

Podemos observar diferencias muy significativas en la cantidad de **sólidos solubles (SS)** cuyos valores más bajos lo presentan los frutos con reducción de riego D25 y D50. Como consecuencia también se ha visto afectado el cociente **SS/Ac**. También se ve afectado el **IC** que muestra valores máximos en los tratamientos de riego D0 y D25, con respecto a la fertilización no ha habido diferencias significativas.

En otros estudios similares, por ejemplo, Nagaz et al., (2020); Mossad et al., (2020); Yang et al., (2018) indicaron un incremento en los SS del zumo cuando hay reducción de riego. Sin embargo, Gasque et al., (2010) en un estudio con variedad “Navelina” sobre patrón cleopatra, no obtuvo diferencias significativas en los SS con los distintos tratamientos.

Posiblemente no hayamos conseguido el resultado esperado, debido a la poca duración del riego deficitario o por el momento elegido para establecerlo. (Gasque et al., 2010).

Esto puede ser debido al patrón utilizado, ya que en un estudio que llevaron a cabo (Legua et al., 2014) obtuvieron que el patrón *macrophylla* mostró unos SS en el fruto menores que en otros patrones. Este mismo patrón es el que usamos en este ensayo.

En cuanto al índice de color (IC) podemos ver que en todos los tratamientos presentan valores mayores de +7 por lo que en todos predomina el color naranja.

#### 4.5. Emisiones de GEI en los suelos

A continuación, se muestran las gráficas obtenidas (Figuras 21, 22 y 23) de emisión acumulada (82 días), calculada a partir de los flujos de emisión puntuales determinados en los diferentes muestreos realizados (días 23, 57 y 82, correspondientes a las medidas tomadas el 15 de enero, 18 de febrero y 15 de marzo) desde el suelo, en este caso tendremos tres gráficas: una para el **óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)**, **metano (CH<sub>4</sub>)** y **dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**.

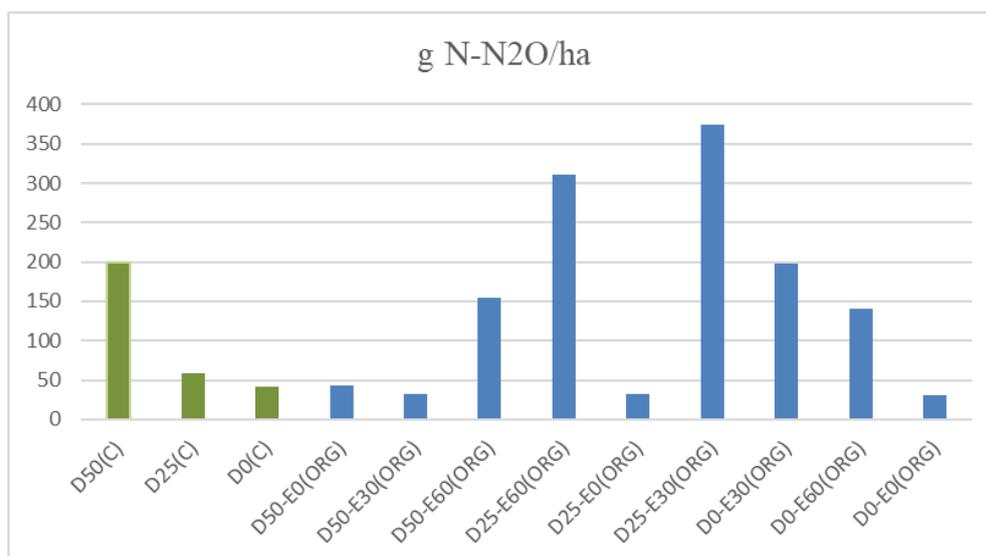
De todos los gases tendremos la concentración emitida por cada tratamiento de riego, mostradas en el gráfico en verde (D0, D25 y D50) y por tratamiento de fertilización y riego combinados: D50-E0(ORG), D50-E30(ORG), etc.

Las medidas tomadas en la zona de la meseta cercana al gotero (C) son las emisiones correspondientes al tratamiento del riego y las medidas tomadas en el lateral de las mesetas, es decir, donde se aplicó la enmienda (ORG), son las concentraciones correspondientes al tratamiento de fertilización y riego combinados. A continuación, se muestra la figura 20 donde se muestra de forma gráfica, las distintas medidas de las emisiones que se han descrito en el párrafo anterior



**Figura 20.** Correspondencia de los tratamientos de riego (C) y de la fertilización orgánica en combinación con el riego (ORG).

Previamente a la discusión de estos resultados habrá que tener en cuenta que la dinámica de los ciclos de C y N en el suelo están muy relacionados entre sí y cualquier cambio en el ciclo de C influirá en el del N. (Guenet et al., 2020).



**Figura 21.** Emisión acumulada de N<sub>2</sub>O (gN-N<sub>2</sub>O/ha) durante los 82 días de estudio.

Las **emisiones de N<sub>2</sub>O** desde los suelos en la agricultura son impulsadas por los procesos de nitrificación y desnitrificación del N mineral, que se encuentra disponible bien por aplicación de fertilizantes sintéticos o enmiendas orgánicas que contengan N, (Charles et al., 2017). Con la enmienda orgánica aplicada hemos introducido al suelo 292 kg ha<sup>-1</sup> de N en la dosis E30 y 584 kg ha<sup>-1</sup> de N en la dosis E60.

Como podemos observar, para la emisión de N<sub>2</sub>O, tanto la variable riego, como la variable aplicación de enmienda, afectaron a la misma. En cuanto a la variable riego, podemos ver como las subparcelas con reducción de un 50 % de riego mostró una mayor emisión acumulada al final del ensayo. Esta mayor emisión pudo ser debida a mayores fluctuaciones en la humectación – desecación del suelo, las cuales han mostrado ser uno de los factores de mayor influencia en el balance de procesos de nitrificación-desnitrificación, a través de la mejora de la oxigenación en el suelo y por tanto de las condiciones aerobias del mismo (Aguilera et al., 2013). Por otro lado, las subparcelas en las que se mantuvo el 100% del riego, así como las que solo tenían un 25 % de reducción, pudieron dar lugar a la saturación de los poros en el suelo, dificultando el intercambio gaseoso en el mismo y dando lugar a condiciones anóxicas, que favorecen la desnitrificación, pero con la presencia necesaria de carbono lábil. De estos resultados obtenidos, se desprende la necesidad de regular bien, tanto los aportes de nitrógeno como la cantidad de riego en función del tipo de cultivo y textura y características del suelo como una medida de mitigación de emisiones de N<sub>2</sub>O en entornos mediterráneos (Sanz-Cobeña et al., 2017).

El aporte de enmiendas de tipo orgánico supone tanto una entrada de N orgánico en el suelo, como de nitrógeno mineral, principalmente en forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, esta forma de nitrógeno entrara en el ciclo biogeoquímico del N y será transformada en el mismo mediante procesos de nitrificación-desnitrificación llevados a cabo por diferentes familias bacterianas, oxidándose primero a nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (nitrificación), y posteriormente reduciéndose a nitrógeno elemental N<sub>2</sub> (Desnitrificación), pudiéndose producir N<sub>2</sub>O como producto intermedio en ambos procesos de oxido-reducción del N (Cayuela et al., 2017).

Este proceso se ve condicionado por la 1) humedad 2) la temperatura del suelo 3) la relación C/N y 4) pH y 5) la cantidad de nitrógeno exógeno aportado en el suelo, entre otros. La humedad en el suelo condicionará la disponibilidad de O<sub>2</sub>. Esto es importante porque la desnitrificación se da normalmente en condiciones de ausencia de O<sub>2</sub> (Ashiq et al., 2021).

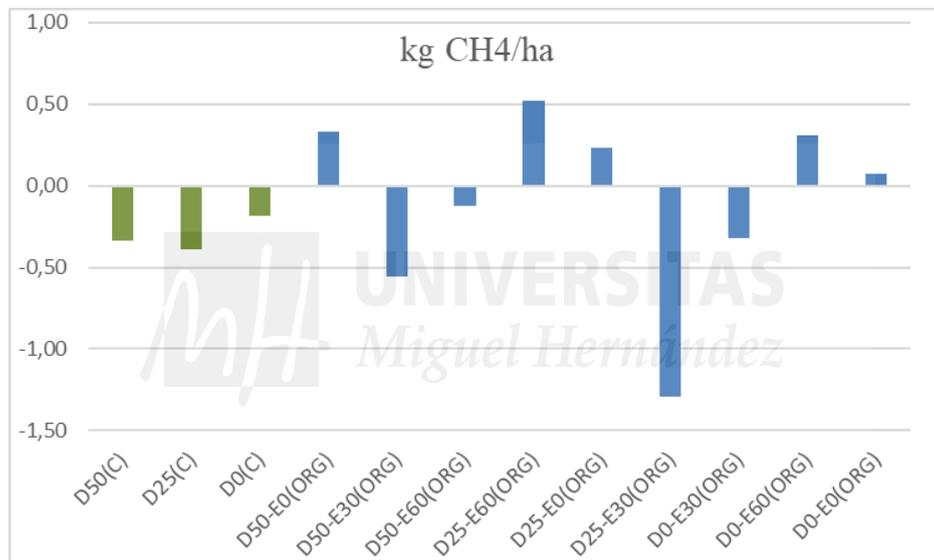
En nuestro caso de estudio podemos observar como las mayores emisiones fueron tomadas desde las subparcelas con 25 % de reducción de riego, independientemente de la cantidad

de enmienda aplicada (E30 y E60). Como era de esperar, en los tres tipos de riegos, el aporte de la enmienda orgánica aumentó las emisiones de  $N_2O$ , excepto para D50-E30 (ORG).

Es posible que los episodios de lluvias sucedidos antes de los muestreos, sobre todo en la semana anterior al muestreo del 15 de enero y 15 de marzo pudieran afectar los resultados obtenidos pudiendo provocar la lixiviación de parte de los  $NO_3^-$  contenidos en el suelo.

En cuanto nuestra enmienda, al tener una ratio C/N menor de 15 se va a dar mineralización de la materia orgánica (Brust, 2019) y quedará  $NH_4^+$  disponible para las bacterias desnitrificantes (Ashiq et al., 2021). Y el pH de este suelo es óptimo para la desnitrificación.

Sin embargo, según (Aguilera et al., 2013) las enmiendas orgánicas liberan menos  $N_2O$  que la fertilización mineral.

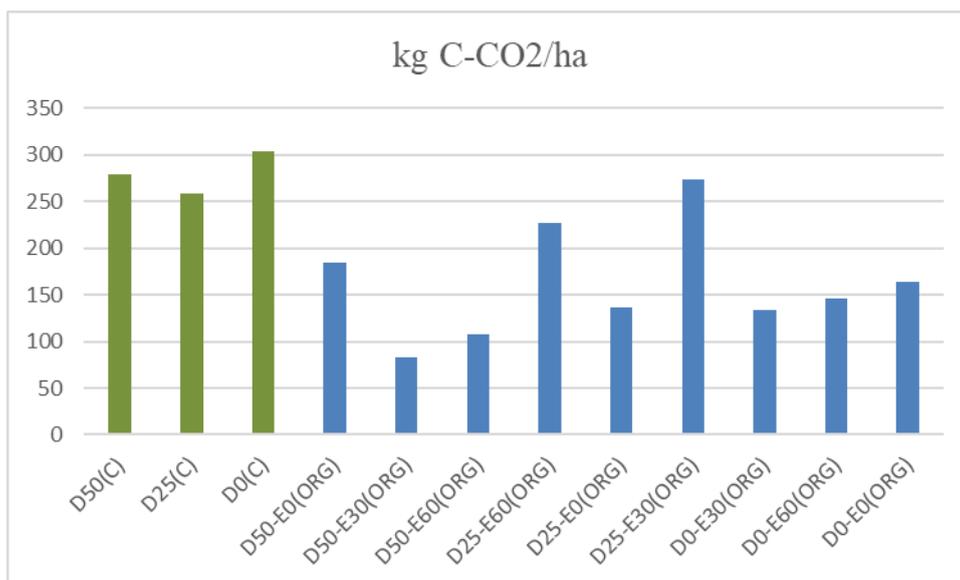


**Figura 22.** Emisión acumulada de  $CH_4$  (kg C- $CH_4$ /ha) durante los 82 días de estudio.

La **emisión de  $CH_4$** , en general ha resultado baja, actuando el suelo como sumidero en la mayoría de los tratamientos. Lo cual coincide con lo reportado en otros estudios de campo con aplicación de fertilizantes de naturaleza orgánica (Liu et al., 2018, Vico et al., 2020) Aunque este efecto sumidero ha sido descrito de manera algo contradictoria entre diferentes estudios, esta actividad metanotrófica que conduce a la oxidación de  $CH_4$ , sí que parece estar relacionada con el estatus de nitrógeno en el suelo. Aronson & Helliker (2010) reportaban un efecto sumidero en los suelos con moderada aplicación de nitrógeno (<100 kg), aunque este efecto sumidero se veía inhibido con la adición de mayores cantidades de Nitrógeno, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Se puede observar como la variable riego no ha tenido tanta influencia, mientras que el efecto combinado de riego y fertilización muestra mayores diferencias.

La mayor emisión acumulada se presenta en el tratamiento D25-E60(ORG) y la menor en el tratamiento D0-E30 (ORG). En cuanto a los tratamientos de riego (C) el que menor emisión ha tenido ha sido el D25 y el que mayor el D0, aunque con escasas diferencias.

Como es sabido el metano se produce en el suelo por la descomposición de la materia orgánica llevada a cabo por bacterias metanogénicas que actúan en condiciones anaerobias (Thangarajan et al., 2013). En nuestro caso las condiciones anaerobias las asociamos a condiciones de saturación de los poros del suelo. Por tanto, y teóricamente, en este estudio las mayores emisiones de CH<sub>4</sub> deberían haber correspondido con las subparcelas con mayor aporte de enmienda y menor reducción del riego, sin embargo, observamos fluctuación en los resultados que no coincide exactamente con lo esperado. Pensamos que esto , podría ser debido a diversos factores que hayan influido en la emisión de CH<sub>4</sub>: 1) la temperatura en el suelo durante la época de muestreo, ya que los muestreos se llevaron a cabo durante los meses de invierno, donde la Temperatura del suelo desciende por debajo del óptimo ( $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ) para el metabolismo de las bacterias metanogénicas (Liu et al., 2017), 2) Los eventos lluviosos han podido enmascarar los efectos de la variable riego, 3) la naturaleza de los compuestos de C aportados por la enmienda , al tratarse de un compost maduro y estable, es posible que el carbono aportado se encuentre principalmente en estructuras húmicas, más estables, quedando poco carbono lábil, más fácilmente utilizable por las bacterias en la .metanogénesis. 4) el aporte de Nitrógeno exógeno, que como describíamos anteriormente ha podido afectar al efecto sumidero observado



**Figura 23.** Emisión acumulada de CO<sub>2</sub> (kg C-CO<sub>2</sub>/ ha) durante los 82 días de estudio

En cuanto a las **emisiones de CO<sub>2</sub>** resulta que de los tratamientos con riego (C) la emisión más alta se ha dado en D0 y la más baja en D25. En los tratamientos de riego combinados con la fertilización (ORG) la emisión más alta ha sido en el tratamiento D25-E30 y la más baja es en D50-E30.

Cuando en la medida de emisión de gases de efecto invernadero se utiliza la técnica de cámara estática, la a emisión de CO<sub>2</sub> estará relacionada con la oxidación de la materia orgánica en condiciones aeróbicas, pero también con la ratio de respiración del suelo y las propias raíces del cultivo (Mejide et al.,2010). Por tanto los flujos de emisión de CO<sub>2</sub> medidos con este método no se incluyen en el cálculo de Potencial de efecto invernadero, ya que son compensados en gran medida por la fijación de C en la fotosíntesis, por lo que el balance de carbono es usualmente estimado a través de los cambios en el stock de carbono del suelo (Robertson et al.,2000). En un estudio hecho por (Mejide et al., 2010) se afirma observar menos emisión de CO<sub>2</sub> en el suelo enmendado con una enmienda de compost de jardinería con lodo.

## ***5. CONCLUSIONES***



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## 5. CONCLUSIONES

Tras haber discutido y estudiado los distintos efectos que han tenido las variables del ensayo, podemos sacar las siguientes conclusiones.

En cuanto a los parámetros en **suelo**, podemos decir en general que no se han visto afectados prácticamente por la variable riego, pero si por la fertilización y también el análisis multivariante han tenido bastante significación.

- ✓ El pH ha sufrido una disminución con los aportes de materia orgánica al principio del ensayo, aumentando este al final del periodo de estudio. La CE se ha visto incrementada con la enmienda, disminuyendo bastante tras 82 días del ensayo, para ambas variables estudiadas y que podría deberse a las lluvias durante este periodo.
- ✓ El nitrógeno total Kjeldahl (NTK) ha aumentado con la fertilización, teniendo relación el aumento con la dosis de la enmienda. Conforme ha ido avanzando el estudio el NTK ha disminuido probablemente debido a la mineralización de la materia orgánica. Los nitratos han aumentado en el muestreo final respecto al inicial para ambas variables (riego y fertilización) pero no ha habido relación entre el incremento y la dosis.
- ✓ El C.ox y la MO.ox y como consecuencia C.org y MO, han aumentado con la enmienda siendo el suelo con más dosis de enmienda, el que más ha aumentado el C.org y la MO. Estos parámetros han disminuido con el tiempo, debido a la actividad de la biota del suelo contribuye a la mineralización de la materia orgánica.

En relación con los posibles efectos de los tratamientos sobre el estado nutricional de las **plantas** mediante el análisis foliar vemos que,

- ✓ Los macronutrientes, han disminuido conforme ha avanzado el experimento, esto está asociado a la utilización de los nutrientes por las plantas y su traslocación en la misma, debido a que el árbol estaba en periodo de fructificación y maduración. Los niveles de N, P y K en general resultaron normales- altos inicialmente y en el momento final normales-bajos, según la tabla de referencia utilizada. Los micronutrientes presentan niveles normales, exceptuando algunos de ellos que están en niveles altos como el Mn o el Fe, debido al aporte elevado del Fe en la enmienda orgánica.

Con respecto al **secuestro de C y la fijación en planta**, con los distintos tratamientos podemos concluir que las mayores cantidades de C en el stock de suelo están tanto en el estado inicial como en el final en los tratamientos con enmienda orgánica, especialmente en la dosis más alta. Así mismo también se produce una disminución del carbono almacenado en el suelo tras 82

días de ensayo, como consecuencia de la mineralización del C org. En general los valores iniciales de C total foliar son mayores que los finales.

Los parámetros de **rendimiento y calidad del fruto**, no se han visto prácticamente afectados con la fertilización debido a la corta duración del ensayo, sin embargo, la variable riego si ha influido de manera significativa. En resumen:

- ✓ Los parámetros de rendimiento que se vieron afectados por la reducción de riego fueron el número de frutos por árbol y los kg de fruta por árbol, que sufrieron una disminución con el tratamiento D50.
- ✓ En cuanto a la calidad del zumo, los sólidos solubles presentaron valores significativamente menores en los tratamientos con reducción de riego. En el fruto, también se han notado cambios en el índice de color con la reducción del riego al 50% no mostrando ninguno de los otros parámetros cambios significativos.

Con respecto a la **emisión de gases de efecto invernadero** podemos ver que:

- ✓ La emisión acumulada del óxido nitroso resulta más alta en el tratamiento D50 (C) y respecto a las emisiones en los tratamientos combinados destaca el D25(ORG) con la enmienda, independientemente de la dosis.
- ✓ Las emisiones de metano han resultado bajas en conjunto, actuando como sumidero en la mayoría de tratamientos, sobre todo en E30. Destaca la emisión del tratamiento D25-E60(ORG).
- ✓ Las emisiones acumuladas de dióxido de carbono son mayores en las medidas control (C) y en los tratamientos combinados (ORG) la emisión más alta ha sido en el tratamiento D25-E30.

A modo de síntesis podemos decir que, los parámetros del suelo se vieron afectados por la variable fertilización orgánica, pero no fue así para el riego. Asimismo, el tiempo y el análisis multivariante si afectó de manera muy significativa a los resultados. La variable fertilización orgánica ha influido positivamente aumentando la cantidad de C en el suelo, aunque con el tiempo se produjo un descenso. En relación al fruto la variable riego si ha influido de manera significativa en varios de los parámetros, no siendo influyendo la variable enmienda orgánica. Las emisiones acumuladas de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> destacan en los tratamientos D25-E30 y D25-E60 (ORG) y siguen un comportamiento similar y el tratamiento D25-E30 ha actuado como sumidero de CH<sub>4</sub>. Para completar y justificar de forma correcta la influencia de las variables estudiadas este ensayo ha de proyectarse a largo plazo para poder sacar conclusiones que sean extrapolables para mejorar el manejo agronómico de la finca objeto de estudio.

# ANEJOS



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

## ANEJO I: Tablas interpretativas de los niveles de macro y micronutrientes

Anteriormente en el apartado resultados se han obtenido unos niveles de nutrientes que se han discutido en base a las siguientes tablas:

La tabla para la discusión de macronutrientes de Caro Bohórquez, (2006) se muestra a continuación:

**Tabla 14.** Niveles foliares de referencia para naranjos

Macronutriente	% peso seco		
	Bajo	Normal	Alto
<b>Nitrógeno (N)</b>	≤ 2,50	2,51-2,80	≥ 2,81
<b>Fósforo (P)</b>	≤ 0,12	0,13-0,16	≥ 0,17
<b>Potasio (K)</b>	≤ 0,70	0,71-1,00	≥ 1,01

La tabla para la discusión de micronutrientes se muestra a continuación la tabla de referencia de Paredes-Legaz et al., (2008):

**Tabla 15.** Niveles foliares de referencia de macro secundarios y microelementos en cítricos.

Nutriente	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
	%( peso seco) <sup>Z</sup>				
Mg	< 0,15	0,15-0,24	0,25-0,45	0,46-0,90	> 0,90
Ca	< 1,60	1,60-2,90	3,00-5,00	5,10-6,50	> 6,50
S	< 0,14	0,14-0,19	0,20-0,30	0,31-0,50	> 0,50
	ppm (peso seco) <sup>Z</sup>				
Fe	<35	35-60	61-100	101-200	>200
Zn	<14	14-25	26-70	71-300	>300
Mn	<12	12-25	26-60	61-250	>250
B	<21	21-30	31-100	101-260	>260
Cu	<3	3-5	6-14	15-25	>25
Mo	<0,06	0,06-0,09	0,10-3,00	3,10-100	>100

<sup>Z</sup>: Niveles basados en la concentración de estos nutrientes en las hojas de la brotación de primavera de 7 a 9 meses de edad, procedentes de ramas terminales sin fruto.

## REFERENCIAS

- Adugna, G. (2016). A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Agricultural Science Research Journal*, 4(3), 93–104. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2016.010>
- Aguilera, E., Lassaletta, L., Gattinger, A., & Gimeno, B. S. (2013). Managing soil carbon for climate change mitigation and adaptation in Mediterranean cropping systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 168, 25–36. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.003>
- Aguilera, E., Lassaletta, L., Sanz-Cobena, A., Garnier, J., & Vallejo, A. (2013). The potential of organic fertilizers and water management to reduce N<sub>2</sub>O emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review (p. 21). *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Albuquerque, J. A., González, J., Tortosa, G., Baddi, G. A., & Cegarra, J. (2009). Evaluation of “alperujo” composting based on organic matter degradation, humification and compost quality. *Biodegradation*, 20(2), 257–270. <https://doi.org/10.1007/s10532-008-9218-y>
- Allison, F.E., (1973). Soil organic matter and its role in crop production. *Devel. In Soil Sci.* Elsevier, Amsterdam. In: Lawrence, J., Yakovchenco, V., Cambardella, C., Doran, J., (1994). Assessing soil quality by testing organic matter. *Soil Science Society of America. Journal* 5: 41-48
- Aragüés, R., Medina, E. T., Clavería, I., Martínez-Cob, A., & Faci, J. (2014). Regulated deficit irrigation, soil salinization and soil sodification in a table grape vineyard drip- irrigated with moderately saline waters. *Agricultural Water Management*, 134, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.11.019>
- Aronson, E.L., Helliker, B.R., (2010). Methane flux in non-wetland soils in response to nitrogen addition: a meta-analysis. *Ecology* 91, 3242-3251.
- Ashiq, W., Vasava, H., Cheema, M., Dunfield, K., Daggupati, P., & Biswas, A. (2021). Interactive role of topography and best management practices on N<sub>2</sub>O emissions from agricultural landscape. *Soil and Tillage Research*, 212(March), 105063. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105063>
- Athira, M. , Jagadeeswaran, R. , & Kumaraperumal, R. (2019). Influence of soil organic matter on bulk density in Coimbatore soils. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 3520–3523.
- Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47(2), 151–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>
- Behera, L., Ray, L. I. P., Nayak, M. R., & Mehta, A. (2020). Carbon sequestration potential of Eucalyptus spp .: A review. *E -Planet*, 18(1), 79–84.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and

- chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Bouajila, K. & Sanaa, M. (2011). Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological properties. *Journal of Materials and Environmental Science*, 2(SUPPL. 1), 485–490.
  - Bremmer, J., & Britebeck, G. (1983). A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. *Commun. Soil Sci. Plan*, 905-913.
  - Bremmer, J.M. & Yeomans, J. (1989). A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.
  - Brown, S. & Cotton, M. (2011). Changes in Soil Properties and Carbon Content Following Compost Application: Results of On-farm Sampling. *Compost Science and Utilization*, 19(2), 87–96. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2011.10736983>
  - Brust, G. E. (2019). Management strategies for organic vegetable fertility. In *Safety and Practice for Organic Food*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812060-6.00009-X>
  - Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). Nitrous oxide emissions from soils: How well do we understand the processes and their controls? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>
  - Calvo García-Tornel, F. (2006). Sureste español: regadío, tecnologías hidráulicas y cambios territoriales. *scripta nova. revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Universidad de Barcelona.
  - Caro Bohórquez, J.. (2006). Análisis foliar para el diagnóstico nutricional de las plantaciones de cítricos. Toma de muestras. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA, 1–4.
  - Cayuela, M.L., Aguilera, E., Sanz-Cobena, A., Adams, D.C., Abalos, D., Barto, L., Ryals, R., Silver, W.L., Alfaro, M.A., Pappa, V.A., Smith, P., Garnier, J., Billen, G., Bouwman, L., Bondeau, A., Lassaletta, L., (2017). Direct nitrous oxide emissions in Mediterranean climate cropping systems: Emission factors based on a meta-analysis of available measurement data. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 238 (10) 25-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.006>.
  - Charles, A., Rochette, P., Whalen, J. K., Angers, D. A., Chantigny, M. H., & Bertrand, N. (2017). Global nitrous oxide emission factors from agricultural soils after addition of organic amendments: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236(3), 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.021>

- Confederación Hidrográfica del Segura. (2019). Informe Control Adicional de Zonas Protegidas. Aguas Superficiales. 8(5), 55.
- Costa, F., Garcia, C., Hernandez, T., & Polo, A. (1991). Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Madrid: CSIC.
- Courtney, R. G., & Mullen, G. J. (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology*, 99(8), 2913–2918. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.034>
- Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández- García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475–480. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>
- Curci, M., Lavecchia, A., Cucci, G., Lacolla, G., De Corato, U., & Crecchio, C. (2020). Short-term effects of sewage sludge compost amendment on semiarid soil. *Soil Systems*, 4(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/soilsystems4030048>
- de Bertoldi .M, Díaz. L.F, Bidlingmaier .W, S. (2007). *Compost Science and Technology*. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Delgado, A., & Gómez, J. A. (2017). El suelo. Propiedades biológicas, físicas y químicas. En F. J. Villalobos Martín, & E. Fereres Castiel, *FITOTÉCNIA. Principios de agronomía para una agricultura sostenible* (pág. 628). Córdoba: Mundiprensa.
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2), 401–422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Ding, Z., Ali, E. F., Elmahdy, A. M., Ragab, K. E., Seleiman, M. F., & Kheir, A. M. S. (2021). Modeling the combined impacts of deficit irrigation, rising temperature and compost application on wheat yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 244(October 2020), 106626. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106626>
- Ding, Z., Kheir, A. M. S., Ali, M. G. M., Ali, O. A. M., Abdelaal, A. I. N., Lin, X., Zhou, Z., Wang, B., Liu, B., & He, Z. (2020). The integrated effect of salinity, organic amendments, phosphorus fertilizers, and deficit irrigation on soil properties, phosphorus fractionation and wheat productivity. *Scientific Reports*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59650-8>
- Domene Ruiz, M. Á., & Segura Rodríguez, M. (2014). Parámetros de Calidad Interna De Hortalizas Y Frutas En La. *Cajamar*, 1–18. <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/005-calidad-interna-1410512030.pdf>

- EEA. (2020). Water and agriculture: towards sustainable solutions. In Report: EEA 17 (Issue 17).
- Real Decreto 506/2013 del 28 de junio, sobre productos fertilizantes, 164 Boletín Oficial del Estado 5119 (2013).
- European Commission. (2009). COM(2016)157/F1 - EN - laying down rules on the making available on the market of CE marked fertilising products and amending Regulations (EC) No 1069/2009 and (EC) No 1107/2009. Com, 170084(157).  
<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-157-EN-F1-1.PDF>
- FAO. (2019). FAO. Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/>
- García-Orenes, F., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., Gómez, I., & Mataix-Beneyto, J. (2005). Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil and Tillage Research*, 82(1), 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.06.004>
- Gasque, M., Granero, B., Turegano, J. V., & Gonzalez-Altozano, P. (2010). Regulated deficit irrigation effects on yield, fruit quality and vegetative growth of “navelina” citrus trees. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(SUPPL. 2), 5–7. <https://doi.org/10.5424/sjar/201008s2-1347>
- Geiger, F. (1973). El Sureste español y los problemas de la aridez. *Revista de Geografía*, 7(1), 166-209–209.
- Generalitat valenciana. (2001). Patrones Y Variedades De Cítricos Dirección General De Investigación Agraria Y Ganadería Servicio De Desarrollo Tecnológico Agrario.  
<http://www.ivia.gva.es/documents/161862582/161863614/Patrones+y+variedades+de+cítricos/ce05b440-e4f7-484c-947a-0fd153bff63d>
- Generalitat valenciana. (2020). Guía metodológica para la compatibilización de la fertirrigación comunitaria con la agricultura ecológica y el policultivo y para su empleo hacia una producción ecológica comunitaria.
- Goswami, L., Nath, A., Sutradhar, S., Bhattacharya, S. S., Kalamdhad, A., Vellingiri, K., & Kim, K. H. (2017). Application of drum compost and vermicompost to improve soil health, growth, and yield parameters for tomato and cabbage plants. *Journal of Environmental Management*, 200, 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.073>
- Grindlay, A. L., Lizárraga, C., Rodríguez, M. I., & Molero, E. (2011). Irrigation and territory in the southeast of Spain: Evolution and future perspectives within new hydrological planning. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 150(May), 623–638. <https://doi.org/10.2495/SDP110521>

- Guenet , B., Gabrielle, B., Chenu, C., Arrouays, D., Balesdent, J., Bernoux, M., Zhou, F. (2020). Can N<sub>2</sub>O emissions offset the benefits from soil organic carbon storage? *Global Change Biology*. Wiley, 237-256.
- Hannet, G., Singh, K., Fidelis, C., Farrar, M. B., Muqaddas, B., & Bai, S. H. (2021). Effects of biochar, compost, and biochar-compost on soil total nitrogen and available phosphorus concentrations in a corn field in Papua New Guinea. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(21), 27411–27419. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12477-w>
- IFAPA. (2011). Determinación de la Calidad de los Frutos Cítricos en Laboratorio. 1–18.
- IGN (2020). Instituto geográfico nacional . Obtenido de <https://www.ign.es/web/ign/portal/inicio>
- Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, I. (2003). Campaña 2003/04. 58. <http://www.ivia.gva.es/variedades/>
- IPCC. (2001). Cambio climático 2001 : Mitigación Resúmenes del Grupo de Trabajo III.
- IPCC. (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (E. By, K. T. and F. W. Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, & IPCC (eds.)). Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC ©.
- IVIA. (2021). riegos IVIA. Obtenido de [www.riegos.ivia.es](http://www.riegos.ivia.es)
- Jimenez-Cuesta, M., Cuquerella, J., & Martinez-Javaga, J. (1981). Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proc. Int. Sot. Citric.*, 2
- Karlen, D. L., Andrews, S. S., Wienhold, B. J., & Zobeck, T. M. (2008). Soil Quality Assessment: Past, Present and Future. *J. Integr. Biosci.*, 6(1), 3–14.
- Knowles, R., (1982). Denitrification
- Kuzyakov, Y., & Domanski, G. (2000). Carbon input by plants into the soil. Review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163(4), 421–431. [https://doi.org/10.1002/1522-2624\(200008\)163:4](https://doi.org/10.1002/1522-2624(200008)163:4)
- Kuzyakov, Y. (2010). Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(9), 1363–1371. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.04.003>
- Labrador, C., Negro, M., Villa, A., Aibar, J., Ciria, P., Cristóbal, M. ., de Benito, A., García-Martín, A., García-Muriendas, G., Lacasta, C., Lezaún, J. ., Meco, R., Solano, M. ., Pardo, G., Torner, C., y Zaragoza, C. (2000). Producción y Gestión del Compost, 1–31.
- Labrador, J., Cabanillas, A., López, L., y Reyes, J. L. (1993). La Materia Orgánica en los Sistemas Agrícolas. Manejo y Utilización.

- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Lal, R., Delgado, J. A., Groffman, P. M., Millar, N., Dell, C., & Rotz, A. (2011). Management to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*, 66(4), 276–282. <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.276>
- Lal, R., (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability (Switzerland)*, 7(5), 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Legaz Paredes, F., Quiñones Oliver, A., Martínez Alcántara, B., & Primo Millo, E. (2008). Fertilización de los cítricos en riego a goteo II: Mg y microelementos. *Levante Agrícola: Revista Internacional de Cítricos*, 400, 8–12.
- Legua, P., Forner, J. B., Hernández, F., & Forner-Giner, M. A. (2014). Total phenolics, organic acids, sugars and antioxidant activity of mandarin (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.): Variation from rootstock. *Scientia Horticulturae*, 174(1), 60–64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.004>
- Liu, J., Chen, H., Yang, X., Gong, Y., Zheng, X., Fan, M., Kuzyakov, Y., (2017). Annual methane uptake from different land uses in an agro-pastoral ecotone of northern China. *Agricultural and Forest Meteorology* 236.67-77. <https://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.01.2017>
- Mancomunidad de los Canales de Taibilla. (2017). Tarifas 2017.
- Madejón, E., Burgos, P., López, R., & Cabrera, F. (2003). Agricultural use of three organic residues: Effect on orange production and on properties of a soil of the “Comarca Costa de Huelva” (SW Spain). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65(3), 281–288. <https://doi.org/10.1023/A:1022608828694>
- MAPA.(2017). Anuario de Estadística
- MAPA. (2019). Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos a. 1–178.
- MAPA. (1994). Métodos oficiales de análisis. Volumen III. Madrid: Secretaría Técnica General.
- Marañés, A., Sánchez, J.A., de Haro, S., Sánchez, S., del Moral, F., (1998). Análisis de suelos. Metodología e interpretación. Servicio de publicaciones de la Universidad de Almería.
- Mejide, A., Cárdenas, L. M., Sánchez-Martín, L., & Vallejo, A. (2010). Carbon dioxide and methane fluxes from a barley field amended with organic fertilizers under Mediterranean climatic conditions. *Plant Soil*, 353-367.
- Melgarejo Moreno, J. (2019). Agua y economía circular

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014). Caracterización Climática de las Comarcas Agrarias de España. Tomo 5: Provincia de Alicante. Madrid.
- Real Decreto Legislativo 1 / 2001 , de 20 de julio , por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, Boletín Oficial del Estado 1 (2013). [www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-17887-consolidado.pdf](http://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-17887-consolidado.pdf)
- Mohammad H. Golabi, M.J. Denney, and C. Iyekar. (2004). Use of Composted Organic Wastes As Alternative To Synthetic Fertilizers for. *Soil Conservation*, 234, 1–6. <http://tucson.ars.ag.gov/isco/isco13/PAPERS F-L/GOLABI.pdf>
- Moinard, V., Levavasseur, F., & Houot, S. (2021). Resources , Conservation & Recycling Current and potential recycling of exogenous organic matter as fertilizers and amendments in a French peri-urban territory. *Resources, Conservation & Recycling*, 169(February), 105523. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105523>
- Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones Agronómicas*, 40(40), 5–11.
- Mossad, A., Farina, V., & Bianco, R. Lo. (2020). Fruit yield and quality of “Valencia” orange trees under long-term partial rootzone drying. *Agronomy*, 10(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020164>
- Moral, R., Paredes, C., Bustamante, M. A., Marhuenda-Egea, F., & Bernal, M. P. (2009). Utilisation of manure composts by high-value crops: Safety and environmental challenges. *Bioresource Technology*, 100(22), 5454–5460. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.007>
- Mustin ,M (1987). *Le Compost, Gestion de la Matière organique*. Paris, Editions François 954
- Nagaz, K., El Mokh, F., Ben Hassen, N., Masmoudi, M. M., Ben Mechlia, N., Baba Sy, M. O., Belkheiri, O., & Ghiglieri, G. (2020). Impact of Deficit Irrigation on Yield and Fruit Quality of Orange Trees (*Citrus Sinensis*, L. Osbeck, CV. Meski Maltaise) in Southern Tunisia. *Irrigation and Drainage*, 69(S1), 186–193. <https://doi.org/10.1002/ird.2201>
- Navarro-pedreño, J., Mora Herrero, R., & Lucas Gómez, I. (1995). Residuos orgánicos y agricultura..
- Nogales, R., Romero, E., Benitez, E., & Polo, A. (2002). Reciclaje de residuos orgánicos. *Ciencia y Medio Ambiente*, 115–124.
- Ollitrault, P. & Navarro, L. (2012). Fruit breeding. In *Fruit Breeding*. 1–875. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9>

- Ouédraogo, E., Mando, A., & Zombré, N. P. (2001). Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84(3), 259–266. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00246-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00246-2).
- Pankhurst, C. E., Yu, S., Hawke, B. G., & Harch, B. D. (2001). Capacity of fatty acid profiles and substrate utilization patterns to describe differences in soil microbial communities associated with increased salinity or alkalinity at three locations in South Australia. *Biology and Fertility of Soils*, 33(3), 204–217. <https://doi.org/10.1007/s003740000309>
- Pardo, G., del Prado, A., Martínez-Mena, M., Bustamante, M. A., Martín, J. A. R., Álvaro-Fuentes, J., & Moral, R. (2017). Orchard and horticulture systems in Spanish Mediterranean coastal areas: Is there a real possibility to contribute to C sequestration? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 238, 153–167. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.034>
- Pascual, I., Azcona, I., Aguilorreolea, J., Morales, F., Corpas, F. J., Rellán-Alvarez, R., & Sánchez-Díaz, M. (2010). Growth , Yield , and Fruit Quality of Pepper Plants Amended with Two Sanitized Sewage Sludges. 6951–6959. <https://doi.org/10.1021/jf100282f>
- Peña, L., Cervera, M., Fagoaga, C., Romero, J., Ballester, A., Soler, N., Pons, E., Rodr, A., & Peris, J. (2008). Citrus. In Europe.
- Pérez-Murcia, M. D., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Pérez-Espinosa, A., & Paredes, C. (2006). Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresource Technology*, 97(1), 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.02.005>
- Pezzolla, D., Marconi, G., Turchetti, B., Zadra, C., Agnelli, A., Veronesi, F., Onofri, A., Benucci, G. M. N., Buzzini, P., Albertini, E., & Gigliotti, G. (2015). Influence of exogenous organic matter on prokaryotic and eukaryotic microbiota in an agricultural soil. A multidisciplinary approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 82, 9–20. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.12.008>
- Picariello, E., Pucci, L., Carotenuto, M., Libralato, G., Lofrano, G., & Baldantoni, D. (2021). Compost and sewage sludge for the improvement of soil chemical and biological quality of mediterranean agroecosystems. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su13010026>
- Porta, J., López- Acebedo, M., & Roquero, C. (1994). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Madrid : MundiPrensa
- Powelson, D.S., Barraclough, D., (1993). Mineralization and assimilation in soil-plant systems. In: Knowles, R., Blackburn, T. H., (eds) *Nitrogen isotope Techniques*. Academic Press, San Diego, pp, 209-242.

- Powlson, D. S., Whitmore, A. P., & Goulding, K. W. T. (2011). Soil carbon sequestration to mitigate climate change: A critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science*, 62(1), 42–55. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01342>.
- Raviv, M. (2005). Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *HortTechnology*, 15(1), 52–57. <https://doi.org/10.21273/horttech.15.1.0052>
- Rhodes, H. C. (1976). *A Numerical Taxonomic Study of Affinity Relationships in Cultivated Citrus and Its Close Relatives*
- Robertson, G.P., Paul, E.A., Harwood, R.R., (2000). Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science*. 289 (3) 1922-1925 DOI: 10.1126/science.289.5486.1922
- Rudnik, E. (2019). Composting methods and legislation. *Compostable Polymer Materials*, 127–161. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-099438-3.00005-7>
- Sanz-Cobena, A., Lassaletta, L., Aguilera, E., Prado, A. del, Garnier, J., Billen, G., Iglesias, A., Sánchez, B., Guardia, G., Abalos, D., Plaza-Bonilla, D., Puigdueta-Bartolomé, I., Moral, R., Galán, E., Arriaga, H., Merino, P., Infante-Amate, J., Meijide, A., Pardo, G., Smith, P. (2017). Strategies for greenhouse gas emissions mitigation in Mediterranean agriculture: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 238, 5–24. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.038>.
- Sanz, M. J., & Galán, E. (2020). Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. [https://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/impactosyriesgosccespanawebfinal\\_tcm30-518210\\_0.pdf](https://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/impactosyriesgosccespanawebfinal_tcm30-518210_0.pdf)
- Saña, J., & Soliva, M. (1987). *El Compostatge. Procés, Sistemes i Aplicacions*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. Barcelona.
- Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., & Sánchez, A. (2020). Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1838. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>
- SIGPAC (2020). Obtenido de <https://sigpac.mapama.gob.es/feqa/visor/>
- Simal, J., Lage, M., & Iglesias, I. (1985). Second derivate ultraviolet spectroscopy and sulfamic acid method determination of nitrates in water. *J. Assoc Off. Anal. Chem*, 962- 964
- Smith, P., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, S., & Mcallister, T. (2007). Chapter 8 Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. B*, 363(January).

- Soler.J y Bono R, B (2015). Comportamiento de las ultimas variedades de cítricos comercializadas y características de variedades de próxima comercialización (2009/2015). Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (I.V.I.A.), 1–30.
- Soler Aznar, J. (1999). Reconocimiento De Cítricos, Variedades Campo, Divulgació Tècnica Conselleria De Agricultura, Pesca Y Alimentación. <http://www.elpalomar.es/sites/default/files/citricosweb.pdf>.
- Soria, R., Ortega, R., Bastida, F., & Miralles, I. (2021). Role of organic amendment application on soil quality, functionality and greenhouse emission in a limestone quarry from semiarid ecosystems. *Applied Soil Ecology*, 164(January), 103925. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103925>
- Thangarajan, R., Bolan, N. S., Tian, G., Naidu, R., & Kunhikrishnan, A. (2013). Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Science of the Total Environment*, 465, 72–96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.031>
- Vico, A., Sáez, J. A., Pérez-Murcia, M. D., Martínez-Tomé, J., Andreu-Rodríguez, J., Agulló, E., Bustamante, M. A., Sanz-Cobena, A., & Moral, R. (2020). Production of spinach in intensive Mediterranean horticultural systems can be sustained by organic-based fertilizers without yield penalties and with low environmental impacts. *Agricultural Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102765>
- Wu, L., Zhang, S., Ma, R., Chen, M., Wei, W., & Ding, X. (2021). Carbon sequestration under different organic amendments in saline-alkaline soils. *Catena*, 196, 104882. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104882>
- Yang, Q., Wang, Y., Jia, X. mei, Zheng, Y. qiang, He, S. lan, Deng, L., Ma, Y. yan, Xie, R. jin, Yi, S. lai, & Lv, Q. (2018). Fruit yield and quality response of Newhall navel orange to different irrigation regimes and ground cover in Chongqing Three Gorges Reservoir area. *Scientia Horticulturae*, 241(June), 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.083>
- Zebarth, B. J., Neilsen, G. H., Hogue, E., & Neilsen, D. (1999). Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Canadian Journal of Soil Science*, 79(3), 501–504. <https://doi.org/10.4141/S98-074>