

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL



ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE COMPOST EN EL CULTIVO
DE MANDARINA ORONULES

TRABAJO FIN DE GRADO

Julio 2023

Autora: María Martínez Pomares

Directores: Pilar Legua Murcia

Francisco Javier Andreu Rodríguez



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

AUTORIZACIÓN COIR



INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)

Elche, a 28 de abril del 2021

Nombre del tutor/a	Pilar Legua Murcia
Nombre del alumno/a	María Martínez Pomares
Tipo de actividad	6. Actividad de investigación técnica (publicable y no aplican las opciones 7-11)
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	Estudio de la aplicación de compost en el cultivo de mandarina
Código/s GIS estancias	-
Evaluación Riesgos Laborales	Conforme condicionado
Evaluación Ética	No procede
Registro provisional	210427123808
Código de Investigación Responsable	TFG.GAA.PLM.MMP.210427
Caducidad	2 años

Una vez atendidas las observaciones/condiciones mencionadas en el informe adjunto del Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, en caso de que las hubiera, se considera que el presente proyecto/contrato/prestación de servicios carece de riesgos laborales significativos para las personas que participan en el mismo, ya sean de la UMH o de otras organizaciones y, por tanto, es conforme.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **Estudio de la aplicación de compost en el cultivo de mandarina** ha sido realizada en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)" y "Condiciones de prevención de riesgos laborales" (si procede). Es importante destacar que si la información aportada en dichos formularios no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos
Secretario del CEII
Vicerrectorado de Investigación

Domingo L. Orozco Beltrán
Presidente del CEII
Vicerrectorado de Investigación

Información adicional:

- En caso de que la presente actividad se desarrolle total o parcialmente en otras instituciones es responsabilidad del investigador principal solicitar cuantas autorizaciones sean pertinentes, de manera que se garantice, al menos, que los responsables de las mismas estén informados.
- Le recordamos que durante la realización de este trabajo debe cumplir con las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales. En concreto: las recogidas en el plan de prevención de la UMH y en las planificaciones preventivas de las unidades en las que se integra la investigación. Igualmente, debe promover la realización de reconocimientos médicos periódicos entre su personal; cumplir con los procedimientos sobre coordinación de actividades empresariales en el caso de que trabaje en el centro de trabajo de otra empresa o que personal de otra empresa se desplace a las instalaciones de la UMH; y atender a las obligaciones formativas del personal en materia de

REFERENCIAS DEL TRABAJO

IDENTIFICACIONES:

AUTORA: María Martínez Pomares

TÍTULO: Estudio de la aplicación de compost en el cultivo de mandarina Oronules.

DIRECTORES: Pilar Legua Murcia / Francisco Javier Andreu Rodríguez

AÑO: 2023

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental

PALABRAS CLAVE: Oronules, cítricos, enmienda orgánica, déficit hídrico, emisiones de gases de efecto invernadero, producción.

OTROS DATOS:

- N° de figuras: 58
- N° de tablas: 26



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

RESUMEN:

Debido a las características climáticas de la zona, donde la pluviometría y contenido en materia orgánica en los suelos son escasos, es de suma importancia el estudio del control del riego, así como el aporte de materia orgánica exógena para perfeccionar los recursos agronómicos presentes.

Este trabajo consiste en el estudio de la respuesta del cultivo de mandarina, variedad Oronules, ante una disminución del riego y el aporte de diferentes tipos de enmiendas orgánicas, mediante el análisis de su efecto sobre la cosecha y calidad de la fruta.

La plantación se sitúa en la finca San Onofre en Orihuela, Alicante. Los tratamientos orgánicos empleadas han sido: compost binario (C) a base de lodo EDAR y poda de jardinería urbana, estiércol de vaca de Cuenca (ESTC) y estiércol de vaca de Murcia (ESTM). Todos ellos se han aplicado a dosis de 20 y 40 t/ha sobre materia fresca. Por otro lado, el parámetro de riego, se ha reducido en todos en un 25% (D25) y 50% (D50), realizando cada tratamiento por triplicado.

Se han analizado parámetros morfológicos y fisicoquímicos de los frutos, así como el estado nutricional mediante analíticas de hojas y de suelo. Además, se ha observado el secuestro de carbono, así como las emisiones de gases de efecto invernadero.

PALABRAS CLAVE: Oronules, mandarinas, cítricos, enmienda orgánica, déficit hídrico, emisiones de gases de efecto invernadero, producción.

ABSTRACT:

Due to the climatic characteristics of the area, where the rainfall and organic matter content in the soils are scarce, the study of irrigation control is extremely important, as well as the contribution of exogenous organic matter to improve the present agronomic resources.

This work consists of the study of the response of the mandarin crop, Oronules variety, to a decrease in irrigation and the contribution of different types of organic amendments, by analyzing their effect on the harvest and quality of the fruit.

The plantation is located on the San Onofre farm in Orihuela, Alicante. The organic treatments used have been: binary compost (C) based on WWTP sludge and urban garden pruning, Cuenca cow manure (ESTC) and Murcia cow manure (ESTM). All of them have been applied at doses of 20 and 40 t/ha on fresh matter. On the other hand, the irrigation parameter has been reduced in all of them by 25% (D25) and 50% (D50), performing each treatment in triplicate.

Morphological and physical-chemical parameters of the fruits have been analyzed, as well as the nutritional status through leaf and soil analysis. In addition, carbon sequestration has been observed, as well as greenhouse gas emissions.

KEY WORDS: Oronules, mandarin, citrus, organic amendment, water déficit, emissions of greenhouse gases, production.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. EL CULTIVO DE LOS CÍTRICOS	17
1.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL CULTIVO	19
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN	22
1.1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	23
1.2. EXIGENCIAS DEL CULTIVO	27
1.3. COMPOSTAJE Y MATERIA ORGÁNICA	35
1.3.1. SECUESTRO DE CARBONO	37
1.3.2. EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO	38
1.3.3. FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA EN COMPOSTAJE	40
1.3.4. PROCESO DE COMPOSTAJE Y TIPOS DE COMPOST	42
2. OBJETIVOS	48
3. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1. Diseño experimental	50
3.1.1. Parcela de estudio y tratamientos empleados	50
3.1.2. Cronograma de eventos	52
3.2. Características edafoclimáticas y manejo de la finca	53
3.2.1. Suelo y climatología	53
3.2.2. Fertilización y riego	56
3.3. Desarrollo experimental	57
3.3.1. Aplicación de compost y programación del riego	57
3.3.2. Muestreo y parámetros determinados	62
3.3.2.1. Suelo	62
3.3.2.2. Foliar	63
3.3.2.3. Fruto	64
3.3.2.4. Gases de efecto invernadero	65
3.4. Métodos analíticos	66
3.4.1. Análisis de suelo	66
3.4.2. Análisis foliar	76
3.4.3. Análisis de frutos	76
3.4.3.1. Caracterización morfológica	77
3.4.3.2. Caracterización fisicoquímica	80
3.4.4. Análisis de emisiones de Gases Efecto Invernadero en los suelos tratados	83

3.5. Métodos estadísticos _____	84
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	87
4.1. Parámetros del suelo _____	87
4.2. Parámetros nutricionales de las plantas _____	93
4.3. Stock de carbono en el suelo y concentración en la planta _____	97
4.4. Parámetros de frutos _____	99
4.4.1. Morfológicos _____	99
4.4.2. Fisicoquímicos _____	101
4.5. Emisiones de Gases Efecto Invernadero en los suelos _____	103
5. CONCLUSIONES _____	110
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	114
ANEJOS _____	133



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Producción citrícola mundial 2021.
- Figura 2.** Producción mundial de tangerinas, mandarinas, clementinas y satsumas, 2021.
- Figura 3.** Superficie total de cítricos en España, 2021.
- Figura 4.** Superficie de mandarinas en España, 2021.
- Figura 5.** Superficie de mandarinos clementinos en España, 2021.
- Figura 6.** Adulto de *Tetranychus urticae*.
- Figura 7.** *Ceratitis capitata*.
- Figura 8.** Macho de *Aonidiella aurantii*.
- Figura 9.** Hembra de *Aphis spiraecola*.
- Figura 10.** Fruto de mandarina con síntomas de aguado.
- Figura 11.** Fruto de mandarina con costras causadas por *Alternaria alternata*.
- Figura 12.** Gomosis en un árbol infectado por *Phytophthora*.
- Figura 13.** Árbol decaído debido al virus de la tristeza.
- Figura 14.** Contenido de materia orgánica en los suelos españoles.
- Figura 15.** Esquema del proceso de compostaje.
- Figura 16.** Fases del proceso de compostaje aerobio.
- Figura 17.** Situación de la parcela de ensayo.
- Figura 18.** Datos climatológicos promedio año 2021.
- Figura 19.** Elementos que componen el suelo.
- Figura 20.** Programador de riego empleado en la parcela de ensayo.
- Figura 21.** Subparcelas en las que se han trabajado.
- Figura 22.** Aplicación de las enmiendas orgánicas al suelo.

Figura 23. Comparación de una de las muestras de suelo antes y después del desmenuzamiento.

Figura 24. Muestra de hojas antes y después de la trituración.

Figura 25. Muestra de frutos antes y después de ser secados y triturados.

Figura 26. Toma de muestras para el posterior análisis en laboratorio de GEI.

Figura 27. pHmetro utilizado en la determinación del pH de las muestras.

Figura 28. Instrumental utilizado en la determinación de la conductividad eléctrica de las muestras.

Figura 29. Proceso para la determinación del carbono orgánico oxidable.

Figura 30. Sal de Mohr empleada y muestras donde se aprecia el viraje de color.

Figura 31. Destilador utilizado y muestras donde se aprecia el proceso de destilación.

Figura 32. Comparación de una muestra antes y después de ser valorada.

Figura 33. Proceso de centrifugación de las muestras.

Figura 34. Muestras de fruto para realizar su estudio morfológico.

Figura 35. Calibre electrónico empleado para la determinación del diámetro de los frutos.

Figura 36. Cortezas de frutos para determinar su espesor.

Figura 37. Corte de los frutos para el conteo de carpelos y extracción del zumo.

Figura 38. Colorímetro empleado para la determinación del color de frutos.

Figura 39. Zumo extraído de los frutos.

Figura 40. Valorador empleado para la determinación de la acidez de las muestras.

Figura 41. Colorímetro empleado para la determinación del color del zumo de las muestras.

Figura 42. Refractómetro empleado para la determinación de sólidos solubles.

Figura 43. Equipo empleado para la medición de GEI en las muestras de suelo.

Figura 44. Ejemplo de resultados obtenidos en la medición de GEI.

Figura 45. Evolución del carbono almacenado en el suelo, según los tratamientos de fertilización.

Figura 46. Evolución del carbono almacenado en el suelo, según los tratamientos de riego.

Figura 47. Rendimiento (kg fruto/árbol), en función de las variables riego y fertilización.

Figura 48. Sólidos solubles (°Brix), en función de las variables riego y fertilización.

Figura 49. Gráfica de emisión acumulada (kg CO₂-eq) por tratamiento.

Figura 50. Gráfica de emisión acumulada (kg CO₂-eq) por reducción de riego.

Figura 51. Gráfica de temperatura media mensual, 2021.

Figura 52. Gráfica de humedad relativa media mensual, 2021.

Figura 53. Gráfica de velocidad del viento media mensual, 2021.

Figura 54. Gráfica ETo media mensual, 2021.

Figura 55. Gráfica de radiación media mensual, 2021.

Figura 56. Gráfica de horas de sol medias mensuales, 2021.

Figura 57. Gráfica de horas de frío mensuales, 2021.

Figura 58. Gráfica de precipitación mensual, 2021.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Períodos de recolección de variedades clementinas.

Tabla 2. Composición nutricional de la mandarina.

Tabla 3. Resultados del análisis de agua de riego.

Tabla 4. Necesidades nutritivas de los cítricos.

Tabla 5. Cronograma de eventos.

Tabla 6. Datos climatológicos promedio año 2021.

Tabla 7. Características iniciales del suelo de ensayo.

Tabla 8. Cantidad aplicada de los diferentes tratamientos de enmiendas.

Tabla 9. Asignación código LER de las enmiendas orgánicas empleadas.

Tabla 10. Características de las enmiendas orgánicas empleadas.

Tabla 11. Duración del riego en cada fila.

Tabla 12. Clasificación del suelo en función de su pH.

Tabla 13. pH y CE del muestreo final de suelo.

Tabla 14. Valores NTK del muestreo final de suelo.

Tabla 15. Valores de Carbono Orgánico y Materia Orgánica en los suelos.

Tabla 16. Concentración N, P, K, C (%) del análisis foliar.

Tabla 17. Concentración (%) de micronutrientes (Ca, Mg, S) del análisis foliar.

Tabla 18. Concentración (ppm) de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, B, Cu) del análisis foliar.

Tabla 19. Parámetros morfológicos de los frutos.

Tabla 20. Parámetros fisicoquímicos de los frutos.

Tabla 21. Índice de color de los frutos.

Tabla 22. Gases de Efecto Invernadero (CH_4 , CO_2 , N_2O) en los diferentes muestreos de suelo.

Tabla 23. Puntuación para valorar el peso de los GEI, en función del potencial de cada gas.

Tabla 24. Valores para los diferentes tratamientos en la emisión de GEI, obtenidos tras la ponderación.

Tabla 25. Valores para las reducciones de riego en la emisión de GEI, obtenidos tras la ponderación.

Tabla 26. Valores foliares de referencia de macro y micronutrientes en clementinos.

ABREVIATURAS UTILIZADAS

C. Compost binario a base de lodo de depuradora procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Torrevieja (29'8%) y poda de jardinería urbana de Guardamar del Segura (70'2%).

C/N. Relación Carbono/Nitrógeno

CO₂-eq. Dióxido de carbono equivalente

Ca. Calcio

CE. Conductividad Eléctrica

Corg. Carbono Orgánico

Cu. Cobre

EDAR. Estación Depuradora de Aguas Residuales.

ESTC. Estiércol de vaca procedente de Cuenca

ESTM. Estiércol de vaca procedente de Murcia.

ETo. Evapotranspiración

Fe. Hierro

GEI. Gases de Efecto Invernadero

HR. Humedad Relativa

IG. Índice de germinación

K. Potasio

Mg. Magnesio

Mn. Manganeseo

MOrg. Materia Orgánica

MOT. Materia Orgánica Total

N. Nitrógeno

Na. Sodio

P. Fósforo

SS. Sólidos Solubles

Zn. Zinc



1. INTRODUCCIÓN



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL CULTIVO DE LOS CÍTRICOS

Los cítricos son una de las frutas más cultivadas en todo el mundo, en zonas con diferentes condiciones climáticas y edáficas, aunque bien es cierto que son características de zonas con climas templados.

Hay numerosas hipótesis respecto al centro de origen de los cítricos, ya que no se conoce con exactitud, pero todas lo sitúan en las regiones tropicales y subtropicales del Sureste Asiático. De igual modo, tampoco se conoce con precisión la forma de distribución de estos al resto del mundo, aunque es cierto que hay numerosos indicios que la propagación de los cítricos en general fue lenta.

La finalidad de los primeros cítricos era el empleo de estos como cosméticos y medicinas, debido principalmente a su aroma, fuente de vitaminas y propiedades antioxidantes (Gómez, R.L, 2020), pero no se incluían dentro de la dieta a causa de su elevada acidez, pequeño tamaño y gran cantidad de semillas que contenían (Wu et al. 2018).

El equipo de investigadores, liderado por el Centro de Genómica del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), encabezado por Manuel Talón, director del centro en aquel momento y biólogo, junto al US Department of Energy Joint Genome Institute, en EE.UU. realizaron el estudio, “Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication”, (Albert Wu, G., et al., 2014), en el cual observaron y compararon los genomas de 58 variedades de cítricos, más concretamente los genomas de una compilación de pomelos, mandarinas y naranjas, con el objetivo de revelar los orígenes y diversificación de varios cultivares cítricos.

En esta investigación se evidencia que los cítricos actuales descienden de 10 especies procedentes de un área cercana al Himalaya. Además, los resultados de los análisis realizados dotan la diversificación de los cítricos hace unos 6 – 8 millones de años.

En la mayoría de plantas silvestres, el polen de la planta “padre” viaja, de una forma u otra (ya sea de forma anemófila si es el viento el que transporta el polen, hidrófila si es transportado por una corriente de agua o zoófila, si son los animales los encargados de

transportar el polen en su propio cuerpo) hasta la flor de la planta madre, obteniendo como resultado una planta con la mitad de genes de cada antecesor, pero Talón, junto a su equipo de investigadores especializados en cítricos, señalaron que hace aproximadamente 1'6 millones de años esto sucedió en mandarinas de las montañas de Nanjing, ciudad al este de China, de forma completamente natural, hecho posible debido a una mutación, donde apareció el gen de la apomixis, variación por la cual las nuevas semillas sólo desarrollaban copias de la planta madre, característica que pasó de unas generaciones a otras, siendo a día de hoy el tipo de reproducción al que acuden la gran mayoría de especies cítricas comestibles.

Además, los análisis genómicos realizados a diferentes genomas de mandarina por dicho grupo de científicos concluyeron que los genomas de los cultivares de mandarinas analizados contenían un cruce de *Citrus máxima*, por lo que describieron que hace unos 4.000 años, en China, un árbol de pummelo polinizó un árbol de mandarinas, dando lugar a nuevas variedades de mandarinas comestibles, en las cuales “se redujo la acidez, aumentó la cantidad de azúcar y se incrementó el tamaño, porque las mandarinas ancestrales eran algo más grandes que las aceitunas”, precisa el biólogo, razón por la cual se consolida la teoría que aunque el origen exacto de las mandarinas es incierto, al igual que el del resto de cítricos, como he comentado anteriormente, en las montañas de Nanjing, actual sur de China se comenzaron a diversificar las primeras mandarinas, que inicialmente eran incomedibles, y posteriormente se han ido dispersando a otras zonas. Dichas frutas son de menor tamaño que la naranja, más aplastadas y con la piel más granulada, característica que le dota esa facilidad de pelarla, siendo estos los motivos más importantes por los que es una de las frutas favoritas por los consumidores.

En el año 1805, el horticultor Abraham Hume introdujo en Europa las mandarinas en Inglaterra, aunque a España no llegaron hasta años después (Scora, R., 1975).

Posteriormente, en 1856, gracias a Polo de Bernabé se empezaron a cultivar las primeras mandarinas en España, más concretamente la conocida como mandarina común, en Burriana, Castellón, pero hasta la década de los años 1920 – 1930 no surgieron nuevas variedades de este tipo de cítrico, como Satsuma o Clementina, siendo esta última una hibridación natural, descubierta de forma casual por el misionero francés, Clement Rodier. (Torres, A., et al., 1978; Agustí, 2003).

1.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL CULTIVO

El encuadre taxonómico del mandarino:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Sapindales*

Familia: *Rutaceae*

Género: *Citrus*

Especie: *Citrus reticulata*

Las mandarinas se clasifican en 3 grandes grupos: clementinas, satsumas e híbridos. La variedad Oronules, objeto del trabajo, pertenece al grupo clementinas.

La variedad Oronules surgió por una mutación de clementina fina detectada en 1970 en Nules, pueblo de Castellón. (Cubillo, 2013).

Respecto a las características morfológicas de la variedad de mandarino clementino Oronules, es un árbol vigoroso, y su desarrollo es lento. La forma de su copa es esférica y su modo de crecimiento es abierto. Es un árbol con buen desarrollo vegetativo, poco productivo y de maduración extratemprana.

Las ramas son de color marrón oscuro, superficie lisa y sin espinas. Las hojas son pequeñas y alargadas, coriáceas, es decir, su textura es dura y flexible, con tendencia a curvarse hacia el envés. Los entrenudos son cortos, un gran número de hojas, lo que le aporta un aspecto frondoso.

Las flores de esta variedad son pequeñas y abundantes.

Los frutos son pequeños, con la corteza granulosa de color naranja rojizo, con consistencia blanda y adherencia ligera, por lo que se pela fácilmente. La pulpa es tierna

y tiene un alto contenido en zumo, el cual es dulce y de buen sabor. Las membranas carpelares son algo duras. (Soler Aznar, J., 1.999)

Estas mandarinas no tienen semillas, pueden polinizar y polinizarse con variedades compatibles.

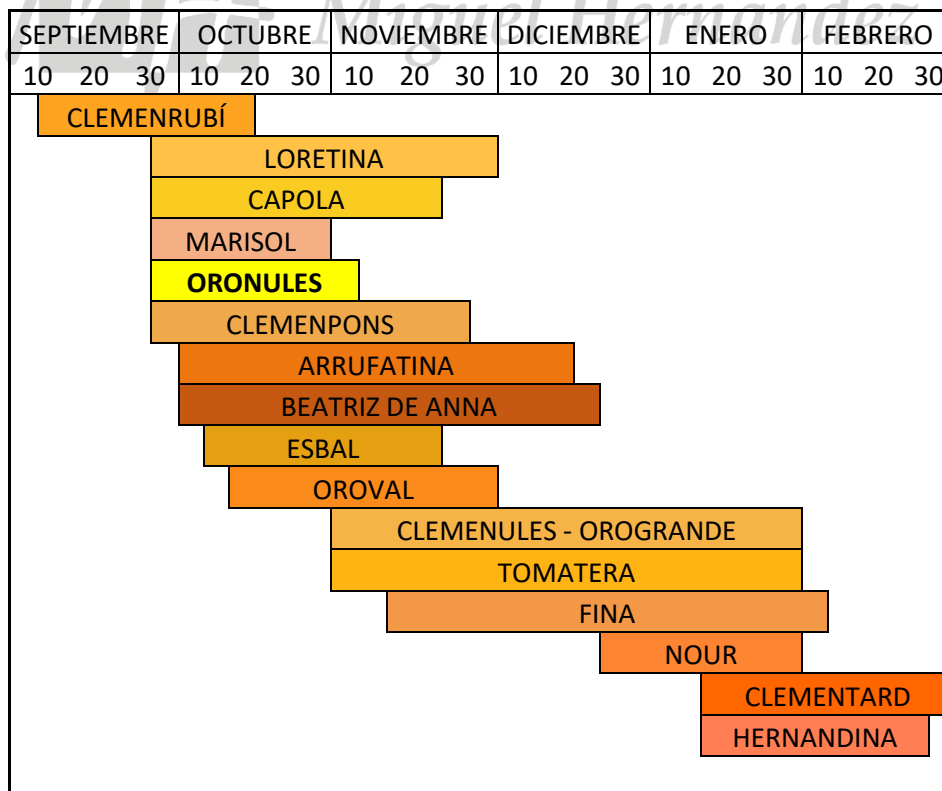
Son propensas al bufado cuando alcanzan la madurez.

El cambio de color del fruto ocurre repentinamente en muy pocos días. (Bono-Úbeda, R. et al. 1990).

La recolección de esta variedad se lleva a cabo desde principios de octubre hasta mediados de noviembre. (IVIA, 2.019).

Al representar gráficamente sobre una escala temporal las fechas de recolección de algunas variedades del grupo clementino, se observa como la variedad Oronules es de las primeras en ser recolectadas.

Tabla I. Períodos de recolección de variedades clementinas. (Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de MAPA).



De las mandarinas se puede destacar su alto contenido en agua, riqueza en nutrientes y bajas en proteínas y lípidos, así como su bajo contenido en fibra. Pero en especial, poseen importantes cantidades de vitaminas C y A, antioxidantes. También destaca su apreciable contenido en potasio y calcio y la pequeña cantidad de hidratos de carbono, por lo que es una fruta con un valor calórico muy bajo. Estas son algunas de las razones por las que la Organización Mundial de la Salud, OMS recomienda el consumo de una pieza diaria de cítricos. En la Tabla 2 se indican los principales componentes nutricionales de las mandarinas.

Tabla 2. Composición nutricional de la mandarina. (Fuente: Elaboración propia a partir de Moreiras y col. 2013, obtenido de MAPA y de Monera, 1999).

Agua (g/100g)	88,3
Calcio (mg/100g)	36
Calorías (Kcal/100g)	45-50
Carbohidratos (g/100g)	9
Fibra (g/100g)	1'9
Fósforo (mg/100g)	17,2
Hierro (mg/100g)	0,3
Lípidos (g/100g)	0'2
Magnesio (mg/100g)	11
Potasio (mg/100g)	160
Proteínas (g/100g)	0'8
Sodio (mg/100g)	2
Vitamina A (µg/100g)	56
Vitamina B (µg/100g)	0
Vitamina C (mg/100g)	35
Zinc (mg/100g)	0'4

Las propiedades nutricionales de las frutas dependen principalmente de las condiciones de cultivo, ya que son ellas las que afectan a la composición vitamínica y modifican sus propiedades. En este trabajo se pretende analizarlo a través de diferentes tratamientos de fertilización y riego.

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PATRÓN

El patrón sobre el que se han plantado los mandarinos ha sido *Citrus macrophylla*.

Los patrones se pueden utilizar con diversos fines, como obtener una mayor producción, aumentar la calidad de los frutos, así como adelantar el periodo de recolección de estos, aportar resistencia a la salinidad, siendo estos los más comunes. También se debe tener en cuenta las características que otorga el patrón a la especie injertada (Durán, 1993).

A la hora de escoger un patrón es muy importante ser consciente de cuál es el más adecuado para cada situación, teniendo en cuenta aspectos fundamentales como el tipo de suelo de la plantación, clima, el agua que se va a emplear para realizar el riego y la variedad implantada sobre el patrón, ya que es muy importante que tengan buena afinidad, de lo contrario aparecerá miriñaque, una especie de abolladura visible en la zona de unión patrón – variedad.

Las principales razones por las que se emplea *Citrus Macrophylla* como patrón son su profundo y denso sistema radicular, su precocidad en la entrada en producción, así como su elevada productividad, la tolerancia que presenta a la salinidad y a la caliza. También presenta resistencia al encharcamiento.

Respecto a las enfermedades, este patrón resulta tolerante a exocortis y resistente a *Phytophthora sp.*, aunque es sensible a *Xiloporosis sp.*, nematodos y al virus de la tristeza (Agustí, 2003).

C. Macrophylla es muy sensible a heladas y a la asfixia radicular, por tanto, con las características edafoclimáticas de esta región, con escasas precipitaciones y limitada presencia de heladas, junto a la tolerancia a la salinidad, convierten a *Citrus Macrophylla* en el principal patrón utilizado en esta zona, ya sea como pie de mandarino, naranjo o limonero. (Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente, 2013).

1.1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Según los datos recogidos de la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la fruta cítrica es la que centra mayor producción a nivel mundial.

El primer país productor de cítricos es China, el cual en el año 2020 produjeron casi 45.000.000 toneladas, concretamente 44.124.954 toneladas, por delante de Brasil, India, México, Estados Unidos de América y España, situado como sexto país con una producción de 6.696.400 toneladas de fruta cítrica.

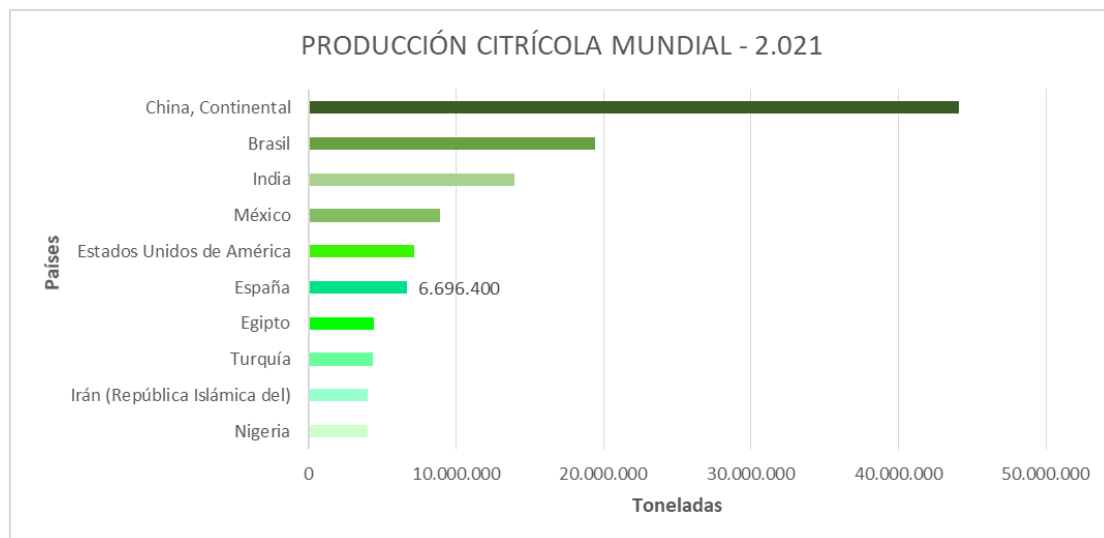


Figura 1. Producción cítrica mundial 2021. (Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de FAO).

En relación a la producción de mandarinas, clementinas y satsumas, España se encuentra en segunda posición, con 2.172.180 toneladas producidas en 2021, solo superado por China, que se sitúa de nuevo como primer país productor con 23.120.000 toneladas producidas sólo en el año 2021.

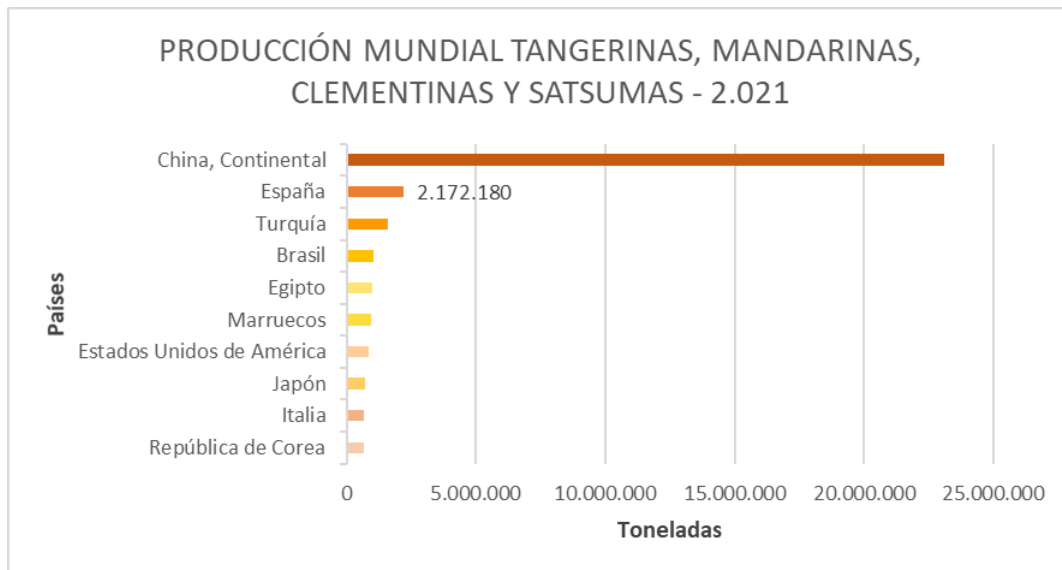


Figura 2. Producción mundial de tangerinas, mandarinas, clementinas y satsumas, 2021. (Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de FAO).

En el ámbito nacional, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, más conocida como FAO, a nivel mundial España es el principal exportador de cítricos, así como de mandarinas, por delante de países como Sudáfrica, China o Estados Unidos, entre otros.

Según datos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, la cantidad de cítricos exportada desde España durante la campaña 2020 – 2021, concentrándose la de mandarinas en los meses de octubre a abril, aumentó un 1'2% respecto a la del año 2019 – 2020.

Los datos ofrecidos por el MAPA indican que sólo en el año 2021, España contaba con algo más de 300.000 hectáreas destinadas a la producción citrícola, concretamente 300.504, de las cuales 269.407 se encontraban en producción, lo que supone un 89'7% de las hectáreas productivas, originando 1.097.086 toneladas de cítricos.

Analizando por comunidades autónomas la campaña del 2021, la Comunidad Valenciana se situó en primer puesto en superficie de plantación de cítricos, con un total de 158.785 hectáreas, de las cuales 137.080 se encuentran en producción, lo que supone que un 53% de la producción nacional sucede en la Comunidad Valenciana.

Tras la Comunidad Valenciana, se encuentra Andalucía, con un total de 88.876 hectáreas, de las cuales son productivas 83.180, correspondiendo estos datos a un 30% de la producción española.

En tercer lugar, está la Región de Murcia, con 37.667 hectáreas productivas de las 39.940 totales, lo que supone un 13% de la producción nacional.

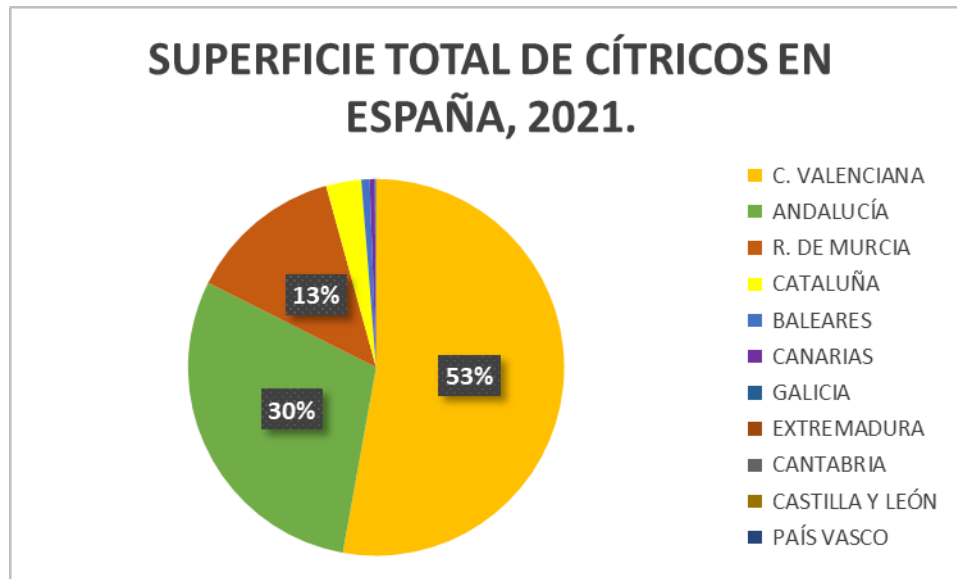


Figura 3. Superficie total de cítricos en España, 2021. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MAPA).

En el último año, el cultivo de mandarino incrementó su producción un 26'1% respecto a la campaña anterior, según datos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

La alta productividad, unida a las limitadas precipitaciones del verano y otoño supusieron un menor calibre de las mandarinas, lo que desencadenó un descenso en su valor comercial, el cual volvió a aumentar a partir de enero gracias a un incremento de la demanda.

Más concretamente en el año 2021 se emplearon, solo en España, 102.384 hectáreas en el cultivo de mandarino, lo que supuso una producción total de 227.527 toneladas de mandarinas, siendo la Comunidad Valenciana la de mayor superficie cultivada con este cítrico, con 69.527 hectáreas, suponiendo esto el 68% de la producción total de mandarinas en España. En segundo lugar, Andalucía destinó 19.991 hectáreas a este cultivo, lo que corresponde a un 19% de la producción nacional de mandarinas. En tercer

y cuarto puesto se situaron Cataluña y Murcia, con 6.793 y 5.704 hectáreas productivas respectivamente.

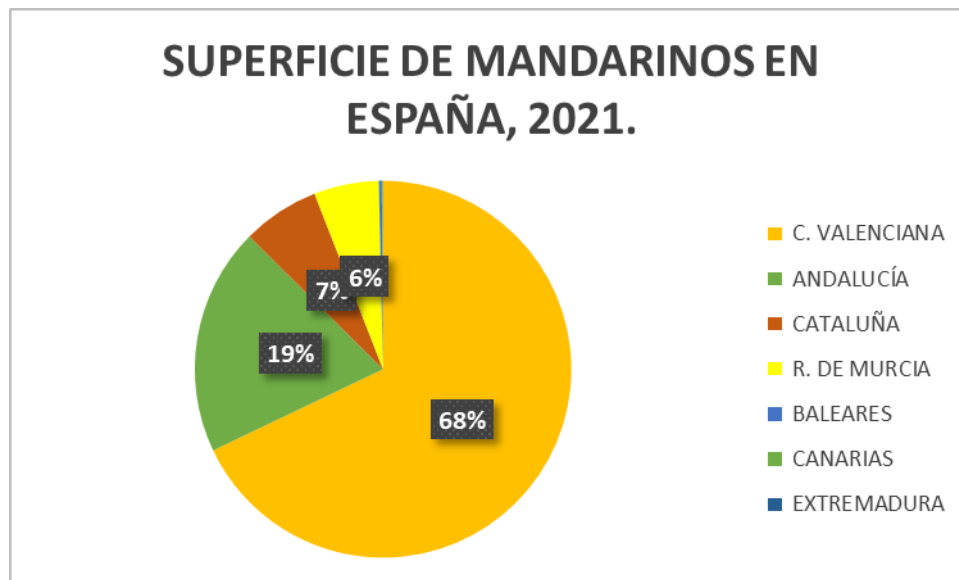


Figura 4. Superficie de mandarinas en España, 2021. (Fuente Elaboración a partir de datos de MAPA).

De toda la superficie destinada al cultivo del mandarino, se destinaron mayor número de hectáreas al cultivo de las mandarinas tipo clementinas, con una cabida de 58.029 hectáreas de plantación, produciendo 164.750 toneladas de este tipo de mandarinas, seguidas de las mandarinas tipo satsumas, con 6.745 hectáreas destinadas, superficie muy inferior en comparación con las primeras.

Al igual que en la producción de mandarinas total, la Comunidad Valenciana abanderó la superficie de plantación de mandarinas clementinas, y por tanto las toneladas producidas; al grupo Clementinas se destinaron 42.094 hectáreas, un 73% de la producción total de mandarina clementina nacional, siendo la provincia de Alicante la de menor superficie de plantación, con 2.489 hectáreas, tras Castellón y Valencia.

Tras la Comunidad Valenciana, la comunidad autónoma con mayor superficie de plantación en mandarinas Clementinas en el año 2021 fue Cataluña, con 6.451 hectáreas seguida de Andalucía, con 6.132 hectáreas, lo que supone un 11% cada una de la producción de mandarina clementina de España y la Región de Murcia, con 3.115 hectáreas, lo que corresponde a un 5% de la producción de mandarina clementina española.

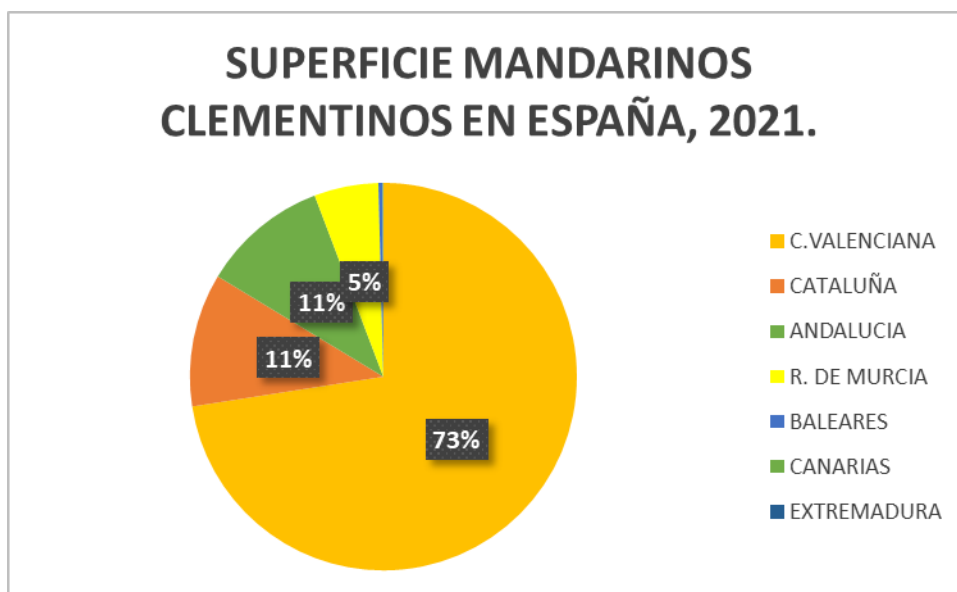


Figura 5. Superficie de mandarinos clementinos en España, 2021. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MAPA).

1.2. EXIGENCIAS DEL CULTIVO

NECESIDADES HÍDRICAS

Aunque los mandarinos son resistentes a la sequía, las necesidades hídricas son un factor muy importante, como en el cultivo de cualquier cítrico, donde se debe tener en cuenta que estos son sensibles a la salinidad, por lo que la calidad del agua de riego es importante.

Entre los elementos nutritivos en solución que se encuentran en el agua y aportan nutrientes a la planta destacan el calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y potasio (K^+). En contraposición, el boro y el ion cloruro, relacionado con la salinidad del agua, pueden inducir una toxicidad en los cítricos (Soler, 2006).

Las necesidades hídricas de los cítricos, según indica el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, oscilan entre los 6.000 – 9.000 m^3/ha año, valores que actualmente, ya se están disminuyendo. ([Material vegetal] - Ministerio - mapa.gob.es, s. f.). Como las lluvias no son suficientes en esta zona, se complementan con riego. En la finca donde se ha desarrollado el estudio se han aportado 4.500 m^3/ha año de agua en el tratamiento sin reducción del riego.

Durante el ciclo vegetativo del árbol hay que adaptar el riego para satisfacer las necesidades del cultivo, según el momento fisiológico en el que se encuentre (Badillo et al., 2009): en las fases de cuajado y maduración, donde el fruto está presente, no debe haber abundancia de agua, sino ocasionará un desarrollo vegetativo excesivo. Por el contrario, en las fases de brotación, floración y desarrollo del fruto, donde ocurre actividad vegetativa, debe haber agua suficiente para un buen desarrollo de los nuevos órganos.

De acuerdo a lo afirmado por Cabrera (2011), el empleo de agua está relacionado con el de la energía, por lo que mediante un ahorro de agua llevará implícito un ahorro de la energía, lo que contribuye a una disminución de las emisiones de Gases de efecto Invernadero. Actualmente, este ahorro es de gran interés, debido al aumento del consumo energético en los últimos años (Carrillo-Cobo et al. 2010; Rodríguez et al. 2011; Abadía et al. 2012).

El sureste español es una zona con una importante escasez de agua, debido a su clima semiárido donde la pluviometría es reducida, por lo que es muy importante la optimización de este recurso, así como su máximo aprovechamiento.

Además de la escasez de agua de esta zona, ocasionalmente la calidad de la misma es deficiente, y como resultado se dan zonas con acuíferos contaminados por nitratos, sales disueltas y diversas sustancias nocivas (Confederación Hidrográfica del Segura, 2019).

Según datos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, los dos sistemas de riego mayoritarios en esta zona son el riego por gravedad y el riego localizado o por goteo, siendo este último el empleado en la finca donde se ha desarrollado el estudio.

El agua empleada para el riego de la finca proviene de la comunidad de regantes San Onofre.

Los resultados obtenidos del análisis del agua empleada se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del análisis de agua de riego. (Fuente: Elaboración a propia a partir de analítica de agua de riego).

Determinaciones	Resultado	(mg/l)	Incertidumbre	Equivalencias		LC	Método
				meq/l	mmol/l		
Sodio (Na)	254		± 25	11,0	11,0	5,0 (mg/l)	QUI_1000_IPC_MS
Potasio (K)	12,1		± 1,2	0,309	0,309	1,0 (mg/l)	QUI_1000_IPC_MS
Calcio (Ca)	136		± 14	6,8	3,4	5,0 (mg/l)	QUI_1000_IPC_MS
Magnesio (Mg)	106		± 11	8,72	4,36	5,0 (µg/l)	QUI_1000_IPC_MS
Boro (B)	0,52		± 0,052	0,0481	0,0481	0,05 (mg/l)	QUI_1000_IPC_MS
Cloruros (Cl ⁻)	360		± 54	10,1	10,1	5,0 (mg/l)	IC - 100
Sulfatos (SO ₄)	725		± 109	15,1	7,55	5,0 (mg/l)	IC - 100
* Carbonatos (CO ₃ ²⁻)	< 5,0		---	< 0,167	< 0,0833	5,0 (mg/l)	QUI0006
* Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	120		± 24	1,97	1,97	5,0 (mg/l)	QUI0006
Nitratos (NO ₃)	34		± 0,5	0,0548	0,0548	1,0 (mg/l)	IC - 100
* Nitrógeno Amoniacal (NH ₄)	< 0,10		---	< 0,00556	< 0,00556	0,1 (mg/l)	QUI0009
Fósforo Total (Expresado como Fosfatos (H ₂ PO ₄))	< 0,63		---	< 0,00649	< 0,00649	0,63 (mg/l)	QUI_1000_IPC_MS
DETERMINACIONES POTENCIOMÉTRICAS							
Determinaciones	Resultado	Unidades	Incertidumbre	LC	Método		
pH (a 19'2°C)	6,9		± 0,2	2,0	AGU0101		
Conductividad Eléctrica (a 25°C)	2,59	(mS/cm)	± 0,26	0,15 (mS/cm)	AGU0201		
OTRAS DETERMINACIONES							
Determinaciones	Resultado	Unidades	Incertidumbre	LC	Método		
* Sales Solubles Totales (TDS)	1680	(mg/l)	± 170	---			
ÍNDICES							
Índice	Resultado	Unidades	Índice	Resultado	Unidades		
* Sales Solubles	1,72	(g/l)	* SAR Ajustado	7,56			
* Presión Osmótica	0,93	(atmósferas)	* Índice de Scott	5,56			
* Punto de congelación	-0,07	(°C)	* Índ. Saturación Langelier	-0,55			
* Dureza	77,71	(° Franceses)	* Alcalinidad a eliminar	0,00	(meq/l)		
* pH corregido (pHc)	7,49		* Alcalinidad P	98,36	(ppm CaCO ₃)		
* Carbonato Sódico Residual (C.S.R.)	-13,56	(meq/l)	* Alcalinidad M	< 4,17	(ppm CaCO ₃)		
* Relación de Adsorción de Sodio (SAR)	3,96		* Índice de Ryzner	8,04			

El nivel de pH es normal.

Se observa una elevada concentración de sales.

El nivel de Boro se encuentra dentro de los parámetros normales, esto es muy importante ya que una acumulación de este microelemento por encima de 0'5 mg/l puede ser perjudicial en el cultivo de los cítricos.

Respecto al nitrógeno, debido a su procedencia, el agua puede tener cierta concentración de Nitrógeno, aunque en este caso es baja.

Para la determinación de la calidad del agua empleada se han tenido en cuenta los valores del índice de Scott y de la Conductividad Eléctrica.

- Si el Índice de Scott es elevado a 8 y la CE es inferior a 2, se considera que la calidad del agua es óptima.

- Si el Índice de Scott es inferior de 6 y la CE supera el valor de 3, el agua se clasifica con una calidad incorrecta.

En este caso, el valor del Índice de Scott es 5'56 y el de la Conductividad Eléctrica de 2'59 dS/cm, por lo que esta agua es de una calidad media.

NECESIDADES NUTRICIONALES

Este factor es muy importante, al cumplir con las necesidades nutricionales de las plantas estas podrán desarrollarse correctamente, y al mismo tiempo, al conocer estas demandas de los árboles, se realizará un adecuado abonado, controlando las carencias o excesos que se puedan presentar.

En la Tabla 4 se muestra, orientativamente la cantidad de nutrientes necesarios de los elementos más representativos en el cultivo de los cítricos.

Tabla 4. Necesidades nutritivas de los cítricos. (Fuente: Elaboración propia a partir de Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España, obtenido de MAPA, 2009).

EDAD (años)	CONSUMO DE NUTRIENTES (g/árbol)					NUTRIENTES CUBIERTOS POR HOJAS VIEJAS (%)					NECESIDADES NETAS ANUALES (g/árbol)				
	N	P	K	Mg	Fe	N	P	K	Mg	Fe	N	P	K	Mg	Fe
PLANTÓN (2)	6,8	0,8	3,6	1,4	0,04	25	12	22	24	-	5,1	0,7	2,8	1	0,04
EN DESARROLLO (6)	210	18	121	46	1,1	32	16	28	30	-	142	15	87	32	1,1
ADULTO (>12)	667	53	347	135	3,4	32	17	29	30	-	453	44	246	95	3,4

Es importante controlar los niveles de macro y micronutrientes en la fertilización.

Entre los que se encuentran en la tabla, el nitrógeno es un factor de crecimiento y desarrollo, mientras que el fósforo es un elemento de precocidad, ya que estimula el desarrollo de las raíces y favorece la floración y el cuajado de los frutos.

Al igual que el nitrógeno y fósforo, el potasio es un macronutriente esencial en el desarrollo de los cítricos, ya que mejora la actividad fotosintética de la planta, siendo así un buen indicador de calidad.

El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, por lo que es muy importante en el proceso de la fotosíntesis.

En la fotosíntesis también es muy importante el papel del hierro, ya que está involucrado en la síntesis de clorofila.

Las necesidades netas anuales de los nutrientes son la diferencia entre el consumo de los elementos en cuestión y los cubiertos gracias a las reservas de la planta, presentes en las hojas viejas, ya que en los cítricos las hojas también se comportan como órgano de reserva (Millard et al., 2001).

En el caso del Nitrógeno, a los 2 años de vida de la planta, el consumo de este elemento es de 6'8 g/árbol, y los nutrientes cubiertos son el 25%, por tanto:

$25\% \cdot 6'8 = 1'7$ gramos de nitrógeno son cubiertos, en cada árbol, debido a la reserva de la propia planta.

Por tanto, $6'8 - 1'7 = 5'1$ g/árbol de nitrógeno son las necesidades netas anuales, y así con los diferentes elementos, en las diversas edades de la planta.

NECESIDADES EDÁFICAS

Los cítricos se adaptan a lugares con diferentes condiciones edáficas, aunque no se adaptan de la misma forma. Un suelo apropiado para este cultivo debe ser profundo para un buen desarrollo radicular, que no limite su desarrollo y por tanto su producción. Además, la permeabilidad del terreno debe ser media, es decir, que no presente una alta permeabilidad, ya que se filtrará el agua fácilmente sin que lo aproveche la planta, ni con una escasa permeabilidad, porque en ese caso no les llegara suficiente oxígeno a las raíces.

Como se ha comentado anteriormente, los cítricos son sensibles a la salinidad, por lo que se deben evitar suelos muy salinos.

También se recomienda que la textura del suelo sea media suelta, con presencia de elementos finos y gruesos, de forma que quede bien drenado, pero con una buena retención de agua.

Autores como Melgarejo, P. (2020) indican que el pH ideal en el cultivo es aquel comprendido entre 5,5 – 7.

NECESIDADES CLIMÁTICAS

En esta componente intervienen varios factores: temperatura, lluvia, humedad relativa, heladas, viento y granizo, siendo más o menos determinantes según el patrón y variedad a cultivar, así como el estado fenológico del árbol.

En el cultivo de los cítricos se considera que la temperatura es óptima entre 23-34°C (Melgarejo, P., 2020). Las altas temperaturas no suelen ser limitantes, al contrario que las heladas, que si se dan durante un largo período puede llegar a una pérdida de la cosecha, aunque bien es cierto que en esta zona no suele ocurrir eso, hay que tener en cuenta la humedad relativa, que puede alterar los efectos de las temperaturas.

Por otro lado, si las necesidades hídricas no se garantizan con las precipitaciones, habrá que aportar agua mediante un sistema de riego, como se ha hecho en este caso, ya comentado anteriormente.

Finalmente, el viento es un factor negativo, ya que puede ser el causante de daños tanto en el follaje como en los frutos.

PLAGAS Y ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO

En este punto se comentan brevemente algunas de las plagas y enfermedades más importantes en el cultivo de los cítricos en el sureste español, mencionadas en la Guía de Gestión Integrada de Plagas, MAPA.

Algunas de las principales plagas son:

- Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Común en zonas de clima mediterráneo, lo que supone un problema para los mandarinos clementinos, sensibles a esta especie. Este insecto forma colonias en el envés de las hojas, las que pueden decolorar y desecar, produciendo finalmente defoliaciones. También se aprecian manchas mohosas en el caso de atacar a los frutos.

- Mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann). El principal daño de esta mosca es la zona de la picadura por la puesta de la hembra en el fruto, lo que supone un conducto de entrada de hongos y bacterias. Como resultado final ocurre la maduración precoz y caída del fruto.
 - Piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii* Maskell). Cochinilla que daña principalmente los frutos, los cuales se deprecian comercialmente. También puede ocasionar clorosis, caída de hojas y muerte de ramas.
- Pulgón verde (*Aphis spiraecola* Patch). Los clementinos son muy sensibles a estos insectos, que pican las hojas, que finalmente se deforman.



Figura 6. Adulto de *Tetranychus urticae*.
(Fuente: <https://certisbelchim.es/soluciones-para-eliminar-la-arana-roja-en-citricos/>).



Figura 7. *Ceratitis capitata*. (Fuente: <https://www.universidad.com.ar/reparacion-la-mosca-del-mediterraneo-activaron-protocolo-de-accion>).



Figura 8. Macho *Aonidiella aurantii*.
(Fuente: Guía Gestión Integrada de plagas, MAPA).



Figura 9. Hembra *Aphis spiraecola*.
(Fuente: Guía Gestión Integrada de plagas, MAPA).

Respecto a las enfermedades, se pueden citar:

- Aguado (*Phytophthora spp.*). Los síntomas que se observan son pudriciones en el fruto.
- Mancha marrón de las mandarinas (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl.). Es una enfermedad causada por un hongo, pero Oronules es una de las variedades menos afectada. Los síntomas característicos son la necrosis por los nervios de las hojas, ocasionando defoliaciones, así como abultamientos y necrosis en los frutos.
- Podredumbre del cuello o gomosis (*Phytophthora spp.*). Según avanza la infección, se aprecian exudaciones gomosas en las lesiones.
- Virus de la tristeza de los cítricos (*Citrus tristeza virus*, CTV). Se transmite fundamentalmente por la infección del injerto, o bien por propagación vegetativa. Las plantas infectadas presentan estrías en la madera y decaimiento.



Figura 10. Fruto de mandarina con síntomas de aguado. (Fuente: Guía Gestión Integrada de plagas, MAPA).



Figura 11. Fruto de mandarina con costras causadas por *Alternaria alternata* (Fuente: Guía Gestión Integrada de plagas, MAPA).



Figura 12. Gomosis en un árbol infectado por *Phytophthora* (Fuente: Guía Gestión Integrada de plagas, MAPA).



Figura 13. Árbol decaído debido al virus de la tristeza (Fuente: Guía Gestión Integrada de plagas, MAPA).

1.3. COMPOSTAJE Y MATERIA ORGÁNICA

En primer lugar, es importante diferenciar ambos términos. Se entiende por compostaje la combinación de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se destina a la mejora de la estructura del suelo (FAO, 2021). En base a esta definición, se considera compost al producto resultante de este proceso, caracterizado por presentar un contenido en materia orgánica estabilizada, compatible con el desarrollo de las plantas (Stentiford y de Bertoldi, 2010), cuyas propiedades fisicoquímicas como capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, humedad, tamaño de partícula o N total, determinan sus aplicaciones (Hargreaves et al. 2008).

No existe una definición de materia orgánica en la que todos los autores estén de acuerdo, sin embargo, la mayoría de estos mencionan indistintamente humus (Gros et al., 1992) o materia orgánica (Navarro et al., 1995) a la parte orgánica que cumple un papel indispensable en el suelo. La materia orgánica se emplea como un parámetro indicador de la calidad del suelo, relacionado con propiedades biológicas y fisicoquímicas del mismo (Izquierdo, J et al. 2020).

El compostaje se ha empleado en la agricultura desde el comienzo de la misma, donde los residuos eran enterrados, quemados o empleados como alimentación para el ganado

(Gotaas, H., 1956). Se han encontrado confirmaciones que los romanos y griegos ya empleaban el compost (Moreno, J., Moral, R. 2007), aunque no se comprendía como se hace actualmente (Soliva et al., 2008). Se trata de un proceso versátil, el cual se puede aplicar a numerosos tipos de materiales (Soliva et al., 2011). En base a esto, se puede afirmar que el proceso de compostaje es controlado por el hombre, no se trata de un proceso natural, mediante el cual se busca la reutilización de determinados residuos orgánicos.

Según establece la ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, se entiende como residuo *“Cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar”*.

En la actualidad, debido a un incremento de la población, la generación de residuos ha aumentado, por lo que es de vital importancia la puesta en marcha de una estrategia de gestión de residuos adecuada, la cual sea respetuosa con el entorno, y económicamente sostenible, ya que las novedades tecnológicas no son sinónimo de una mejor calidad o rendimiento (Moreno, J. et al., 2007).

La posibilidad de emplear compost para mejorar la conservación y fertilidad de los suelos, engloba el peligro que presenta la presencia de metales pesados en algunos de estos productos. Con el objetivo de controlar el contenido de dichos metales del compost, se regula el contenido máximo admisible de los mismos. (López y col., 2007), según lo estipulado en el Artículo 20, “Nivel máximo de metales pesados” del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

La materia orgánica supone entre un 0-5% del suelo natural, sin embargo, es un componente con una estructura molecular compleja, y muy importante en las propiedades físicas, químicas, así como en la riqueza biológica del terreno. Además, al aportar fertilidad al suelo, mejora el rendimiento de este (Moral Herrero, R. ,2021), mejorando también su productividad y facilitando el secuestro de carbono en el suelo. Sin embargo, a la hora de aplicarla sobre el terreno agrícola, es de vital importancia tener presente las características del suelo, para evitar efectos negativos como la acumulación de nitrógeno en el suelo, elevada temperatura o anoxia del mismo.

1.3.1. SECUESTRO DE CARBONO

El secuestro de carbono consiste en el traslado de CO₂ de la atmósfera y su almacenamiento en sumideros ecológicos (FAO), como son las plantas, que absorben el carbono atmosférico y lo incorporan a sus estructuras mediante la fotosíntesis, y los suelos, que son capaces de almacenar el carbono en forma de materia orgánica, por lo que favorecen a la reducción de dióxido de carbono de la atmósfera (Álvarez. M.,2019) y la mitigación del cambio climático.

El secuestro de carbono es considerado un tema de interés, puesto que es una herramienta para reducir la concentración de Gases Efecto Invernadero mediante su acumulación en el suelo. Sin embargo, existen discrepancias respecto a este tema, dado que numerosos autores no consideraban los cambios de C en el suelo, por lo que un aumento de C en la biomasa de un bosque y la pérdida de este elemento en el suelo supone un balance de secuestro negativo (Academia de Ciencias de Francia, 2000), y una disminución de emisiones de carbono supone que ocurra un balance positivo entre las entradas de carbono orgánico y salidas en el suelo de dicho elemento, procedentes del metabolismo microbiano por el que se origina CO₂ (Lal et al., 2015). Dicha producción de CO₂ indica el grado de descomposición de la materia orgánica del suelo (MOS) y, por tanto, del C que se pierde en el mismo (Lessard et al., 2006). El propio Lal planteó una serie de prácticas agrícolas, donde incluía, mediante estiércoles y residuos ricos en materia orgánica, el incremento de aporte de materia orgánica en el suelo, teniendo en cuenta, como afirman numerosos autores que la capacidad de suelos como sumideros de C está ligada a factores como el tipo de vegetación y condiciones climáticas. En ensayos realizados teniendo en cuenta estas recomendaciones se han obtenido resultados exitosos, donde se ha producido un aumento de C incorporado al suelo mediante el incremento de materia orgánica (Gil et al., 2000).

Cuantitativamente en la naturaleza, los suelos suponen el tercer sumidero de carbono, por detrás de los océanos y los bosques (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015).

Dependiendo del tipo de compost, así como de su procedencia y del clima de la zona, se mineraliza una cierta cantidad de carbono (Rabot et al., 2018). En la actualidad no existen datos que relacionen la capacidad de secuestro de C con prácticas específicas agrícolas

en sistemas de cultivo mediterráneos, sin embargo, la relación entre aplicación de materia orgánica al suelo y las ganancias de carbono en el mismo se manifiesta en toda bibliografía.

El ciclo del carbono en el suelo tiene gran importancia en la mitigación y adaptación asociados al cambio climático. Se sabe que el carbono orgánico presente en el suelo (COS) es dos veces mayor que el carbono en la atmósfera, y existe un equilibrio entre suelo y atmósfera (Moral, R., 2020), de forma que aquellas causas de degradación que provocan la pérdida de COS suponen emisiones de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera, principalmente en forma de metano y dióxido de carbono. (Lal, 2015).

La existencia de COS tiene ciertos beneficios para la adaptación al cambio climático, debido a que contribuye a la mejora de la calidad fisicoquímica y biológica del suelo, propiedades necesarias para la sostenibilidad e incremento de la producción de los cultivos en las circunstancias actuales, donde las condiciones climáticas son cada vez más extremas (Jiménez, M., 2019), con un incremento de las temperaturas, períodos cortos de intensa precipitación y extensos períodos de sequía en el área mediterránea.

La evaluación de las emisiones de GEI asociadas a diversas actividades agrícolas, así como las medidas de mitigación, cuyo objeto es la disminución de las emisiones de GEI y el secuestro de C atmosférico, inspiran al establecimiento de unas Prácticas de Manejo Agrícolas (PMA), que implican la reducción de la alteración del suelo e incrementan el COS (Robert, M. 2001), por lo que estas prácticas deberán tener presente factores como la fertilidad del suelo.

1.3.2. EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son aquellos presentes en la atmósfera que favorecen al efecto invernadero. Los principales Gases de Efecto Invernadero relacionados con la actividad agrícola son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), encontrándose los dos últimos en una menor proporción que el CO_2 en la atmósfera, pero con un efecto más adverso (Butterbach-Bahl et al., 2013), ya que poseen un potencial de retención de calor superior al CO_2 , siendo el del CH_4 Y N_2O 21 y 310 veces mayor respectivamente (Caviglia et al., 2016).

Los grandes grupos en los que se engloban las fuentes de emisión de GEI en el ámbito de la producción agrícola son 3: aquellas a causa de la utilización de electricidad, así como de combustibles fósiles, relacionadas con la producción, transporte, empleo y almacenamiento de productos fitosanitarios, así como de fertilizantes, y el tercero, debido a la aplicación de fertilizantes los cuales provocan emisiones de óxido nitroso (N_2O), estos suelen corresponder a fertilizantes nitrogenados (Lal, 2004; IPCC, 2006).

Las emisiones de dióxido de carbono están relacionadas con los procesos de degradación de compuestos orgánicos, como el compostaje o la mineralización de los suelos, por ejemplo. Por eso es importante aplicar materia orgánica en el suelo, porque de lo contrario, si solo se aplican fertilizantes inorgánicos de síntesis, la materia orgánica inicial del suelo se irá perdiendo, poco a poco se mineralizará debido que no existe una restauración de esa reserva orgánica, con lo cual no solo se pierde fertilidad orgánica del suelo, sino que además todo el carbono que este tenía secuestrado, se emitirá en forma de CO_2 a la atmósfera (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015).

Las emisiones de metano se producen como resultado de procesos anaerobios, en ausencia de oxígeno, como ocurre en el almacenamiento de estiércoles, especialmente en estiércoles líquidos. (Thangarajan et al., 2013).

Respecto al óxido nitroso, este se produce naturalmente como parte del proceso de desnitrificación en suelos sin oxígeno, por la presencia de microorganismos anaerobios que transforman los nitratos en óxido nitroso y dinitrógeno, formas muy volátiles del nitrógeno que se eliminan a la atmósfera fácilmente. Además, también aumentan las emisiones de este gas por la excesiva aplicación de fertilizantes nitrogenados. (Moral Herrero, R., 2020).

La mitigación de los Gases de Efecto Invernadero en el medio agrario busca reducir la emisión de los mismos y favorecer la extracción de carbono de la atmósfera mediante actividades que secuestran el carbono en el suelo, como puede ser el uso de fertilizantes y enmiendas orgánicas, que aportan macronutrientes y micronutrientes (Sanz-Cobena, 2017), además de carbono que será secuestrado por el suelo.

González Ubierna (2013) afirma que la aplicación de compost estabilizado procedente de residuos orgánicos favorece el almacenamiento de carbono en el suelo debido a que

incrementa los procesos de humificación, consiguiendo como resultado una disminución de la mineralización y del uso de nitrógeno, que se libera paulatinamente, por lo que contribuye a una disminución de emisiones de N_2O (Jorge-Mardomingo, I., 2015).

1.3.3. FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA EN COMPOSTAJE

Aunque la mayoría de residuos orgánicos sólidos de origen biológico son aptos para la elaboración de compost, es importante tener en consideración algunos aspectos generales. Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se diferencian dos fases: la humificación, donde los microorganismos del suelo transforman la materia orgánica de éste y la mineralización, etapa más lenta que la primera, donde otros microorganismos actúan sobre el humus transformado anteriormente, obteniendo como resultado la liberación de minerales, los cuales serán absorbidos por las plantas (Hernández et al., 2019).

Numerosos estudios de investigación han demostrado que la materia orgánica tiene efecto beneficioso sobre las propiedades del suelo, tanto fisicoquímicas como biológicas. Proporciona estabilidad estructural, al formar agregados, así como la formación del complejo de cambio debido a la unión con arcillas, lo que favorece la penetración del agua y la retención de la misma, gracias a lo cual disminuye la erosión y favorece al intercambio gaseoso. Respecto a su acción sobre las propiedades químicas del suelo, destaca el aumento de la capacidad de cambio del suelo, así como la mejora de la capacidad tampón, lo que supone la mejora de la absorción de los abonos minerales (Otiniano et al., 2006). En cuanto a las propiedades biológicas, destaca el beneficio en el desarrollo de la cubierta vegetal y la estimulación del crecimiento de la planta.

Como se comenta anteriormente, en condiciones favorables, un suelo contiene en torno al 5% de materia orgánica, oscilando este valor entre el 1 – 2% en suelos de secano y entre el 2 – 4 % en suelos de regadío (Graetz, 1997).

Para evitar problemas de erosión en el suelo, autores como Gros y Domínguez (1992), recomiendan niveles de materia orgánica en torno al 1 – 2% para evitar problemas de degradación debida a falta de materia orgánica, que actúa como elemento cementante en las fracciones del suelo.

En esta zona el porcentaje de materia orgánica es escaso, debido a las condiciones edafoclimáticas de agua, humedad y temperatura, por lo que es más sencillo que se erosione el suelo y que retenga menos agua.

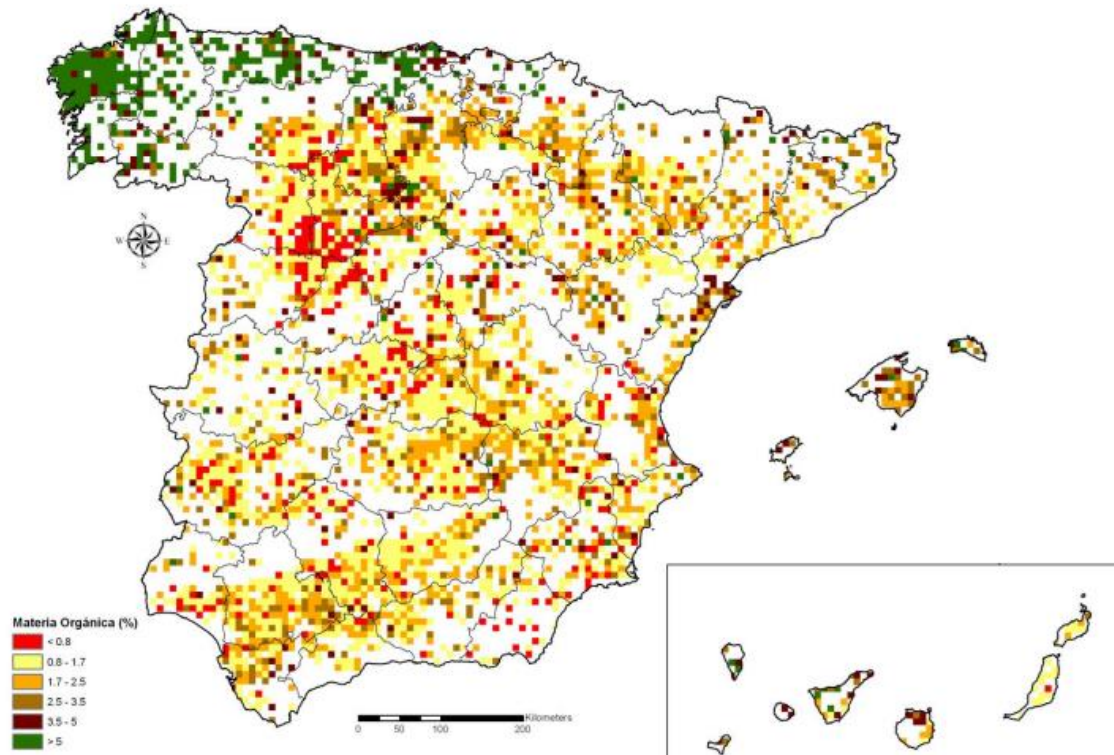


Figura 14. Contenido de materia orgánica en los suelos españoles. (Fuente: INIA, 2009).

En este mapa se aprecia, según los colores, la cantidad de materia orgánica presente en los diferentes suelos españoles. Se observa como el norte es la zona con mayor cantidad de materia orgánica, mientras que en el sureste los valores son escasos.

1.3.4. PROCESO DE COMPOSTAJE Y TIPOS DE COMPOST

Este proceso consiste en la oxidación biológica controlada, donde ciertos microorganismos aerobios transforman los desechos orgánicos en compostaje.

Como productos intermediarios del compostaje se genera dióxido de carbono, agua por la degradación de la materia orgánica y sales minerales, entre las que se encuentran los nitratos, que son especies fertilizantes y el humus (Zucconi y de Bertoldi, 1987).

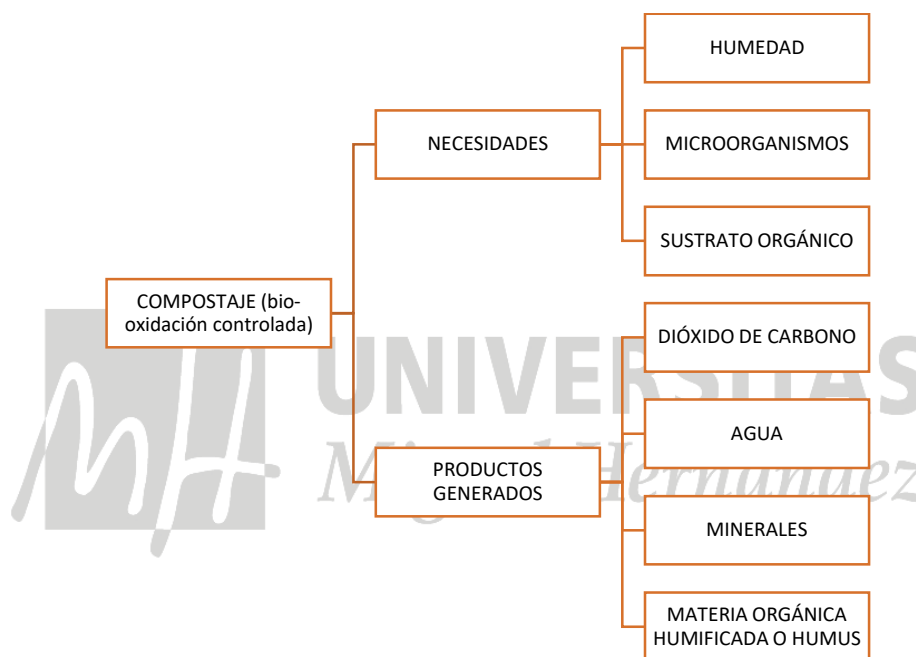


Figura 15. Esquema del proceso de compostaje. (Fuente: Elaboración propia a partir Moral, R., 2020).

En el procedimiento de compostaje se diferencian principalmente dos fases: la bio-oxidativa y la de maduración.

La primera es una fase bio-oxidativa, en la que los microorganismos que intervienen se nutren de materia orgánica fresca, que se va degradando fácilmente hasta que se mineraliza y se transforma lo orgánico en inorgánico.

En esta fase se pueden diferenciar 3 etapas: mesófila, termófila y de enfriamiento.

La etapa mesófila es la primera, donde la pila de compostaje llega a una temperatura de 40°C. Se van degradando los compuestos fácilmente degradables. Las reacciones de degradación son exotérmicas, es decir, generan calor, por lo que la temperatura aumenta.

Posteriormente ocurre la etapa termófila, donde se llega a una temperatura de 70°C a 80°C, dependiendo de las dimensiones de la pila. En esta fase la actividad microbiana es máxima, y se comienzan a degradar sustancias más complejas, como proteínas y carbohidratos. Es muy importante que se mantenga esa temperatura a lo largo de un periodo determinado, lo suficiente para suprimir aquellos microorganismos dañinos y restos de malas hierbas, y así higienizar la pila.

Finalmente comienza la etapa de enfriamiento, donde los microorganismos son menos eficientes, ya que la materia orgánica fácilmente degradable se ha degradado. En esta etapa se pierde calor de la pila y quedan materiales orgánicos de difícil degradación, los cuales solo pueden ser transformados por ciertos organismos muy especializados, como los hongos, que son organismos especializados en sustancias complejas como celulosas y hemicelulosas.

Estas tres etapas ocurren cada vez que se realiza un volteo de la pila, y pasados varios volteos, cuando la temperatura de la pila sea similar a la temperatura ambiente, concluye la primera fase.

Con la etapa de enfriamiento termina la fase bio-oxidativa, y comienza la segunda fase, la de maduración, que puede durar de uno a dos meses. En esta fase, con temperaturas similares a las del ambiente, comienza la actividad de polimerización de diferentes hongos, y lo que antes se ha mineralizado, se ha simplificado, se reunifica formando estructuras distintas, por lo que la estructura de la materia orgánica cambia y se humifica, transformándose en un residuo fresco, más difícil de degradar (Moral, R., 2020).

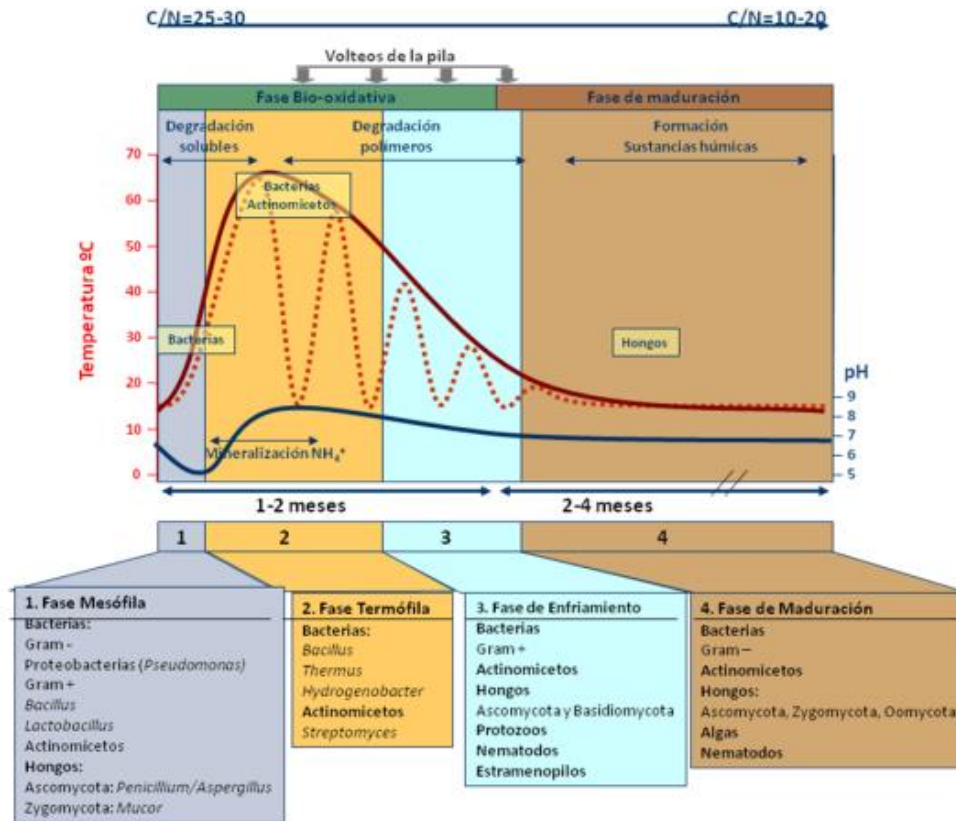


Figura 16. Fases de un proceso de compostaje aerobio. (Fuente: Moreno y Mormeneo, 2008).

Para obtener un buen compostaje hay que tener en cuenta una serie de factores, como es la temperatura, aireación y humedad fundamentalmente.

- **Temperatura.** Este parámetro es muy importante, para asegurar que la pila ha sufrido la fase termófila, en la que aumenta la temperatura, con una duración suficiente, entre 1 y 2 semanas, y se han eliminado las malas hierbas y patógenos que pudieran existir.

Además, para que ese aumento de temperatura ocurra, la pila tiene que tener unas condiciones mínimas de aireación (Saña y Soliva, 1987).

- **Aireación.** Debe haber el oxígeno suficiente para que los microorganismos puedan realizar los procesos aerobios. Si hay un exceso de aireación de la pila, cosa que puede ocurrir por haber volteado demasiadas veces la pila, o porque esta sea muy porosa, no se conseguirá alcanzar la temperatura deseada, se generará anaerobiosis y aparecerán malos olores (Bertoldi et al., 2010).

- **Humedad.** En el proceso de compostaje el valor óptimo de este parámetro se encuentra entre el 40 – 60% (Saña y Soliva, 1987). Ese porcentaje de agua es el medio de reacción para el metabolismo de los microorganismos, por lo que, si no hay suficiente humedad, la actividad de esos microorganismos se detendrá y no se llevará a cabo la degradación, por lo que habría que volver a humedecer la pila. Si por el contrario hay un exceso de humedad no habrá suficiente aire en los poros de la pila, por lo que no habrá intercambio de oxígeno y los microorganismos tampoco podrán cumplir su función. Además de presentarse condiciones anaerobias y generar mal olor, el proceso se ralentizará y se generarán gases de efecto invernadero anaerobios.

Lógicamente, no cualquier compost ni cualquier residuo orgánico es válido para realizar el proceso de compostaje, para que sea estable, es decir, para que haya una actividad biótica equilibrada a partir de la materia orgánica fresca transformada en humus y no se caliente en el suelo ni emita gases de amoníaco, dado que las propiedades de los materiales empleados influyen sobre el crecimiento de los microorganismos y, por tanto, en las propiedades del producto final (Epstein, 1997). Además, también se deben tener en cuenta ciertos aspectos, principalmente que el compost no contenga patógenos, de ahí la importancia de la etapa termófila comentada anteriormente.

Por eso, a nivel de sustrato también hay que tener en cuenta ciertas características físicas y químicas que influyan en un buen proceso.

- A nivel físico, las partículas tienen un tamaño óptimo entre 1 – 5 cm para maximizar la superficie del residuo y que puedan realizar sus funciones los microorganismos (Bridgestone y Gray, 1991). Si las partículas del sustrato son muy pequeñas resultará una pila muy compacta y los gases no podrán entrar en ella y aparecería anaerobiosis, y habría que añadir algún material como paja o restos de poda para que aumente la porosidad (Costa y col., 1991).
- A nivel químico, el compost debe tener una relación adecuada entre los ingredientes que lo forman. El metabolismo de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje necesitan en torno a 25 átomos de carbono por cada átomo de nitrógeno para que el proceso sea óptimo, por lo que será crucial que al mezclar los residuos se mantenga esa relación $C/N = 25$

(Bridlestone y Gray, 1991). Si la relación de C/N es superior a 25, el nitrógeno de la pila se perderá en forma de gas, por lo que el valor nutritivo del compost disminuirá y además se generará amoníaco. Si, por el contrario, el valor de esta relación es muy elevado también será perjudicial, el proceso de compostaje se ralentizará.

Al igual que el carbono y el nitrógeno, los demás elementos nutritivos también son muy importantes, por lo que estos nutrientes deben estar presentes en los sustratos que forman el compost para obtener unos valores equilibrados de nutrientes.

A nivel químico, también se deben minimizar los parámetros negativos para el compostaje, que incluso pueden llegar a ser limitantes, como puede ser la salinidad, polifenoles o metales pesados.

Respecto a la salinidad, si el material inicial es muy salino, la actividad microbiana se ralentizará, porque los microorganismos tienen una tolerancia limitada a la salinidad. Además, junto a polifenoles, capaces de bloquear el compostaje porque tienen efecto antimicrobiano y pueden llegar a resultar tóxicos, y metales pesados, (Bridlestone y Gray, 1991), por lo que no se podrán utilizar los compost en agricultura que no cumplan la limitación de valores establecidos en la legislación. También es importante controlar los niveles de pH, ya que el compostaje tiene un rango entre valores de 5 – 8. Si el residuo es muy ácido no se alcanzaría la temperatura adecuada, por lo que es ideal analizar el pH de la muestra para saber si añadir algún elemento como puede ser azufre o cal viva para corregir la acidez o basicidad del medio. (Costa y col., 1991).

Además, desde el residuo fresco hasta la fase de maduración de compost se debe observar que el material se ha transformado en sustancias húmicas, unas complejas moléculas con unas propiedades específicas gracias a las cuales, se regula la emisión de GEI (Porta, 1994), lo que aumentará el valor del compost. Esto se puede apreciar intuitivamente con la materia orgánica, que cada vez tendrá un color más oscuro y cuyos malos olores del principio asociados a amoníaco desaparecen. Además, esa materia orgánica se esponjará, e incluso aparecerán hongos de color blanco en la pila, siendo esto un indicador de una buena humificación (Saña y Soliva, 1987). Igualmente, esto se podrá cuantificar a nivel analítico en un laboratorio.

2. OBJETIVOS



2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es analizar el efecto de aplicación de compost, procedente de poda de jardinería del Ayuntamiento de Guardamar del Segura con Lodo de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Torrevieja, mediante diferentes tratamientos en suelo, comparándolo con estiércol de vaca procedente de Cuenca y estiércol de vaca procedente de Murcia. Además, este parámetro es combinado con el de reducción del tiempo de riego (disminución del 25% y 50%), empleando como referencia un testigo control (sin adición de compost ni de estiércol).

Los objetivos complementarios a considerar son:

- Estudiar la acción del aporte de materia orgánica y reducción de riego, en la producción y calidad del fruto.
- Cuantificar el efecto de los tratamientos en parámetros de producción total de los árboles y calidad de los frutos.
- Observar la posible influencia de los diferentes tratamientos a nivel foliar, así como la fijación de C en la planta.
- Examinar el secuestro de C producido en el suelo con los diferentes tratamientos.
- Estudiar las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, por ser los tres gases más importantes de efecto invernadero.

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 San Onofre, en la que se desarrolló el estudio experimental se encuentra en Torremendo, pedanía del municipio de Orihuela, Alicante.



Figura 17. Situación de la parcela de ensayo. (Fuentes: IGN y vuelo del dron).

El terreno cuenta con 45.600 m² de mandarina Oronules, sobre el patrón *Citrus macrophylla*, con un total de 414 mandarinos aproximadamente, entre 5 y 7 años de edad, con un marco de plantación de 5'5 x 3. La parcela cuenta con 9 filas de árboles, de las cuales se han utilizado las 3 centrales para realizar el ensayo, correspondiendo al estudio de 2.450 m², lo que abarca unos 140 árboles. Dentro de cada una de las filas, se han realizado varios tratamientos en 5 árboles cada uno.

Para una mejor identificación de los resultados, teniendo en cuenta la variable fertilización, se realizaron bloques, obteniendo 7 en cada fila, correspondiendo 1 al control (sin aporte de Materia Orgánica), 2 empleando compost a diferentes dosis (tn/ha), 2 empleando estiércol de vaca procedente de Murcia a diferentes dosis (tn/ha) y otros 2 empleando estiércol de vaca procedente de Cuenca a diferentes dosis (tn/ha). La aplicación de compost y estiércol se realizó en dos dosis para cada bloque (20 tn/ha y 40 tn/ha).

Respecto a la variable riego, la primera fila, con 0% de reducción de riego fue denominada como D0, la segunda, con 25% de reducción de riego como D25, y finalmente la tercera, con una reducción del riego del 50%, como D50.

El ensayo se llevó a cabo desde el 10 de febrero de 2.021, con el aporte de las diferentes enmiendas orgánicas, hasta el 26 de noviembre de 2.021, cuando se realizó el último muestreo de suelo.

3.1.2. Cronograma de eventos

En la siguiente tabla se muestran las fechas en las que se han llevado a cabo las diferentes actividades realizadas en la parcela de estudio.

Tabla 5. Cronograma de eventos. (Fuente: Elaboración propia).

Fechas actividades	Inicio experimento	Aporte enmiendas orgánicas	Muestreo suelo	Muestreo foliar	Medición G.E.I.	Recolección frutos	Vuelo dron
23/12/2020							
10/02/2021							
15/03/2021							
02/06/2021							
01/10/2021							
05/10/2021							
25/10/2021							
03/11/2021							
26/11/2021							
20/01/2022							
14/07/2022							

El 23 de diciembre del año 2020, se realizó el primer vuelo de un dron sobre la finca. El ensayo comenzó el 10 de febrero de 2021, día en el que se aplicó el compost y los estiércoles. Además, ese día también se tomaron los primeros muestreos de suelo y hojas de los diferentes bloques.

Posteriormente, los días 15 de marzo, 2 de junio, 1 de octubre de 2021 y 14 de julio de 2022, se llevó a cabo la medición de Gases de Efecto Invernadero en suelo. Cuatro días después a la tercera toma de gases, el 5 de octubre de 2021 se realizó el segundo vuelo del dron sobre la finca.

Algunos días después, el 25 de octubre se recolectaron frutos por primera y única vez. Y para concluir, el 3 de noviembre se realizó un muestreo foliar y el 26 del mismo mes, un muestreo de suelo para poder comparar valores con los recogidos al inicio del ensayo.

El 20 de enero de 2022 se realizó el tercer y último vuelo del dron sobre la parcela.

Durante la recolección en la parcela, se pesó la producción de mandarinas por árbol y calibre de los frutos en los diferentes tratamientos.

Posteriormente, se recogieron 20 frutos de cada uno de los diferentes bloques, de forma representativa, para ser caracterizados en el laboratorio del Dpto. de Producción Vegetal y Microbiología de la EPSO.

También se recogieron muestras de hojas de diferentes mandarinos por bloque, para la determinación de micro y macronutrientes, así como muestras de suelo para el análisis en el laboratorio del Dpto. de Agroquímica y Medio Ambiente de la EPSO.

3.2. Características edafoclimáticas y manejo de la finca

3.2.1. Suelo y climatología

En Orihuela predomina el clima mediterráneo, cálido, seco y con escasas precipitaciones.

Los datos meteorológicos se han obtenido del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), tomando como referencia la estación meteorológica de Orihuela – La Murada. Analizando los resultados mensuales del año 2021, se observa que:

Tabla 6. Datos climatológicos promedio año 2021. (Fuente: Elaboración propia, a partir de datos IVIA).

Mes	Temp media (°C)	Humedad relativa media (%)	Velocidad del viento media (km/h)	ETo total (mm)	ETo media (mm)	Radiación media (MJ/m ²)	Horas sol medias (h)	Horas frío (h)	Precipitación total (mm)
Enero	9,15	60,95	5,84	51,82	1,67	9,45	6,61	340,5	30,15
Febrero	12,35	66,73	4,93	56,03	2	11,7	8,48	88,5	2,61
Marzo	11,85	70,29	4,17	78,66	2,54	16,38	9,52	138	59,27
Abril	14,4	75,85	3,95	86,74	2,89	16,61	9,88	10,5	67,4
Mayo	19,02	63,19	4,97	144,6	4,66	24,27	11,49	0	66,79
Junio	22,25	65,15	4,58	153,93	5,13	25,23	12,23	0	52,17
Julio	25,26	63,68	4,5	179,31	5,78	26,58	12,45	0	21,11
Agosto	25,77	65,63	4,2	151,19	4,88	21,8	11,44	0	0
Septiembre	23,4	67,44	3,61	111,57	3,72	18,27	10,06	0	12,58
Octubre	18,37	74,86	3,16	72,5	2,34	14,07	8,94	0	24,37
Noviembre	12,93	62,18	5,53	52,77	1,76	10,07	7,62	46	11,78
Diciembre	12,78	63,34	5,2	47,76	1,54	8	6,89	45,5	0,81

En la Figura 18, se muestra la temperatura media, humedad, velocidad del viento y precipitación durante el año 2021, período en el que se desarrolló el ensayo.

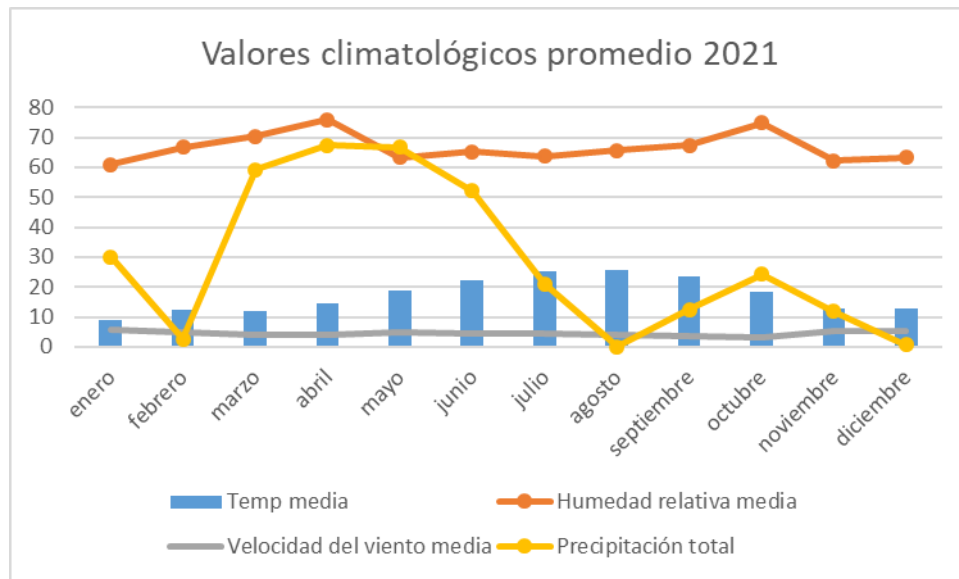


Figura 18. Datos climatológicos promedio año 2021. (Fuente: Elaboración propia, a partir de datos IVIA).

Analizando los valores de los diversos parámetros climatológicos del año 2021, se puede afirmar:

- La temperatura mínima y máxima se registraron en los meses de enero y agosto, respectivamente. En ningún mes se apreciaron temperaturas por debajo de 0°C de forma continuada, esto es favorable ya que temperaturas por debajo de 0°C de forma prolongada pueden ocasionar daños en el cultivo, aunque el mandarino es un árbol muy resistente al frío. También pueden ocasionar daños temperaturas que se mantienen sin ninguna variación durante un periodo duradero, pero esto tampoco sucedió.
- La humedad relativa, que es la relación entre la humedad que hay y la humedad en condiciones de saturación de aire, que supondría el 100%, se da la máxima en abril, con un 75'85%, y la mínima en enero, aunque se observa que la media de todos los meses ha sido muy pareja. Este parámetro influye en la calidad del fruto. Un buen rango de humedad relativa en el cultivo de los cítricos se estima entre un 60 – 80 % (Melgarejo, P., 2020), parámetro en el que se encuentran todos los meses observados.
- La velocidad del viento fue mayor en el mes de enero y menor en el mes de octubre, aunque fue bastante constante a lo largo de los meses. Fuertes rachas de

viento pueden ocasionar manchas sobre los frutos, cosa que no ha ocurrido en este caso.

- La evapotranspiración (ET_o) es un parámetro en el cual intervienen otros factores climáticos, como la velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar. Por lo que al observar las gráficas se aprecia que hubo una menor evapotranspiración en el mes de diciembre y una máxima evapotranspiración en el mes de julio, debido a los factores mencionados anteriormente.
- Respecto a la radiación solar, coincidiendo con los resultados obtenidos de evapotranspiración, se observa que es máxima en el mes de julio y mínima en diciembre.
- El mes de julio fue el de mayor número de horas de sol, al contrario que enero, mes que menos horas de sol ha tenido.
- En cuanto a las horas de frío, del mes de mayo a octubre apenas se registró ninguna hora de frío, y enero fue el mes con mayor número de horas de frío.

La precipitación máxima fue en el mes de mayo, mientras que la mínima, coincidiendo con el mes de mayor temperatura, fue agosto. Sin embargo, como en la zona no son frecuentes las lluvias, se ha recurrido al riego para cubrir las necesidades hídricas del cultivo.

El suelo de la parcela es muy calizo, de textura franco – arcillosa (USDA): 44,15% arena, 25,00% limo, 30,85% arcilla, cuya clasificación edafológica es del tipo Aridisol (MAAMA, 2014). Este terreno tiene una elevada conductividad eléctrica. El pH es básico y el contenido en materia orgánica es muy escaso, como se observa en la Tabla 7 de las características del suelo.

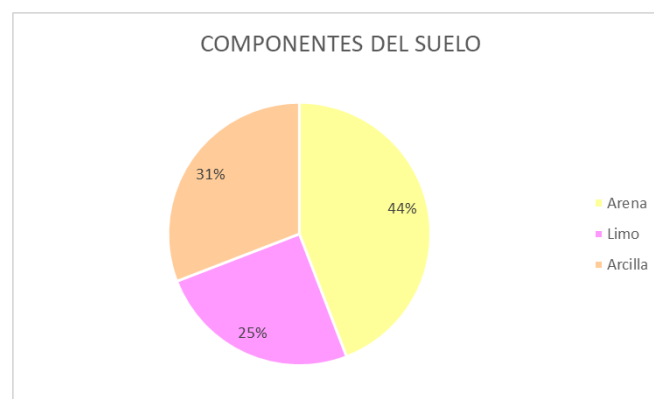


Figura 19. Elementos que componen el suelo. (Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de suelo).

A continuación, se muestran las características iniciales del suelo, antes del ensayo.

Tabla 7. Características iniciales del suelo. (Fuente: Elaboración propia a partir de la analítica de suelo).

DETERMINACIÓN	RESULTADO	UNIDADES	VALORES ÓPTIMOS
Extracto acuoso	1:2 (suelo:agua)	-	-
pH	8,13	-	6,50 – 7,50
Conductividad eléctrica (1:2)	1,24	mS/cm	0,75 – 1,50
Cloruros	2,73	meq/l	< 3
Sodio	4,31	meq/l	< 3
Nitratos 1:2	79	ppm	1,50 – 4
Potasio	0,736	meq/l	0,75 – 2
Potasio asimilable	283	ppm	-
Calcio	4,42	meq/l	1 – 2
Calcio asimilable	2.010	ppm	-
Magnesio	2,63	meq/l	0,63 – 2
Magnesio asimilable	513	ppm	-
Materia Orgánica	1,02	(%)	-
Carbono Orgánico	0,592	(%)	-
Caliza activa	13	(%)	-
Relación Carbono/Nitrógeno	7,24	-	> 10

El pH de este suelo es ligeramente salino. Los iones más tóxicos, Sodio y Cloruros se encuentran en una concentración normal. El valor de materia orgánica es muy bajo, por lo que menor capacidad de intercambio presentará el suelo. El suelo presenta una relación C/N baja, lo que puede indicar una excesiva liberación de Nitrógeno nítrico (Servicios, C., 2019).

3.2.2. Fertilización y riego

El sistema de riego empleado en la finca es el riego por goteo. Se diferencian varios sectores, y está programado para regar anualmente 4.500m³/ha. En la fila 2 y 3 se reduce el riego, en un 25% y 50% respectivamente, respecto al tiempo usual de riego, controlado mediante un programador de riego “Galcon 11000L” (Figura 13).

Dentro de cada fila se realizan los diferentes tratamientos de fertilización, mediante el plan de fertirrigación de la explotación.



Figura 20. Programador de riego empleado en la parcela de ensayo.
(Fuente: Elaboración propia).

3.3. Desarrollo experimental

3.3.1. Aplicación de compost y programación del riego

En este experimento se han tenido en cuenta dos factores: el aporte de enmienda orgánica y el tiempo de riego.

Se han realizado aportes de tres tipos diferentes de materia orgánica:

- Compost binario a base de lodo de depuradora procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Torrevieja (29'8%) y poda de jardinería urbana de Guardamar del Segura (70'2%). A esta enmienda se le ha denominado como C.
- Estiércol de vaca procedente de Cuenca. A esta enmienda se le ha denominado como ESTC.
- Estiércol de vaca procedente de Murcia. A esta enmienda se le ha denominado como ESTM.

Los tres tratamientos han sido aplicados en dosis de 20 y 40 t/ha sobre materia fresca. Además, en cada uno de los escenarios fertilizantes se ha aplicado una reducción del riego al 25% (D25), y 50% (D50). Además, también se ha incluido un tratamiento control sin enmienda y sin reducción del riego, y cada uno de los tratamientos se ha desarrollado por triplicado en subparcelas de 5 árboles cada una.

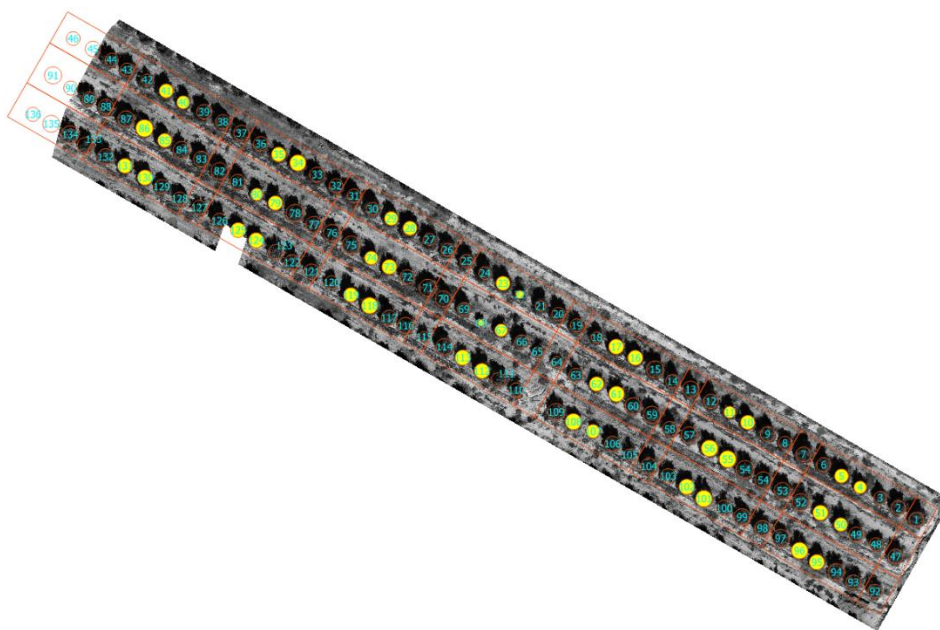


Figura 21. Imagen aérea donde se aprecian las subparcelas en las que se ha trabajado. (Fuente: Elaboración propia).

Estos tratamientos han sido:

- 40 toneladas/hectárea sobre materia seca de estiércol de vaca procedente de Murcia, lo que supone 60 kg/árbol
- 20 ton/ha s.m.s. de estiércol de vaca procedente de Murcia, (30 kg/árbol).
- 40 ton/ha s.m.s. de estiércol de vaca procedente de Cuenca, (60 kg/árbol).
- 20 ton/ha s.m.s. de estiércol de vaca procedente de Cuenca, (30 kg/árbol).
- 40 ton/ha s.m.s. de enmienda, (60 kg/árbol).
- 20 ton/ha s.m.s. de enmienda., (30kg/árbol).
- Control sin materia orgánica

A continuación, se muestran los tratamientos en forma tabulada.

Tabla 8. Cantidad aplicada de los diferentes tratamientos de enmiendas. (Fuente: Elaboración propia).

TRATAMIENTO	TONELADAS/HECTÁREA	KILOS/ÁRBOL
Estiércol de vaca procedente de Murcia	40	60
	20	30
Estiércol de vaca procedente de Cuenca	40	60
	20	30
Enmienda	40	60
	20	30
Control sin materia orgánica		



Figura 22. Aplicación de las enmiendas orgánicas al suelo (Fuente: Elaboración propia).

En la Tabla 9 se indican los códigos de la Lista Europea de Residuos (LER) correspondientes a los diferentes tipos de enmienda que se han utilizado en el ensayo. Estos códigos sirven para clasificar los residuos, según su procedencia.

Tabla 9. Asignación código LER de las enmiendas orgánicas empleadas. (Fuente: Elaboración propia, a partir de Lista Europea de Residuos, GVA.

TIPO DE ENMIENDA EMPLEADA	CÓDIGO LISTA EUROPEA RESIDUOS (LER)
Compost binario a base de lodo de depuradora procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Torrevieja y poda de jardinería urbana de Guardamar del Segura	19 08 05 – Lodo de tratamiento de aguas residuales urbanas 20 02 01 – Residuos biodegradables de parques y jardines
Estiércol de vaca procedente de Cuenca	02 01 06 – Heces de animales, orina y estiércol
Estiércol de vaca procedente de Murcia	02 01 06 – Heces de animales, orina y estiércol

Las enmiendas orgánicas empleadas fueron compost binario (C) a base de lodo EDAR y poda de jardinería urbana (29,8 % lodo, 70,2 % poda s.m.f), estiércol de vaca de Cuenca (ESTC) y estiércol de vaca de Murcia (ESTM), diferenciándose entre sí principalmente por su contenido salino y de materia orgánica.

En la Tabla 10 se muestran las principales características de las diferentes enmiendas empleadas en el ensayo, donde en todos los casos presentan un pH neutro, ligeramente superior en el estiércol de vaca de Cuenca y de Murcia respecto al compost binario, al igual que la Conductividad Eléctrica, donde es superior en ambos estiércoles.

Observando los parámetros de las enmiendas empleadas, destaca la relación C/N en el caso de los dos estiércoles de vaca, siendo superiores respecto al compost binario. La relación C/N en el caso de estiércol bovino se encuentra entre 16 a 33, dependiendo de factores propias del animal, como la fisiología de su aparato digestivo, dieta o etapa de crecimiento entre otros (Hernández et al., 2011).

Respecto al contenido en nutrientes, destaca el elevado contenido de Fe en el compost binario, muy superior al contenido de este nutriente en los estiércoles de vaca. Esto es

debido al tratamiento fisicoquímico realizado al lodo EDAR que compone dicho compost (Pozuelo,2001).

Tabla 10. Características de las enmiendas orgánicas empleadas.
(Fuente: Elaboración propia a partir de las características de las enmiendas).

Parámetro	C	ESTC	ESTM
pH	7,35	7,80	8,10
CE (dS m ⁻¹)	2,92	5,70	7,60
MOT (%)	21,9	51,9	66,6
C/N	13,0	15,3	14,9
N (%)	1,46	2,0	2,5
P (%)	0,45	0,53	0,4
K (%)	0,72	2,03	2,21
Ca (%)	17,1	6,8	5,0
Mg (%)	1,67	0,7	0,7
Na (%)	0,15	0,39	0,56
Fe (mg kg ⁻¹)	10433	5824	2958
Cu (mg kg ⁻¹)	47	99	41
Mn (mg kg ⁻¹)	244	264	237
Zn (mg kg ⁻¹)	128	288	268
Polifenoles (mg kg ⁻¹)	875	2043	1972
IG (%)	88	-	-

MOT: Materia Orgánica Total. CE: Conductividad eléctrica IG: Índice de Germinación, C: Compost binario a base de lodo de depuradora, procedente de la EDAR de Torre Vieja (29'8%) y poda de jardinería urbana de Guardamar de Segura (70'2%), ESTC: estiércol de vaca procedente de Cuenca, ESTM: estiércol de vaca procedente de Murcia.

La aplicación del compost y los estiércoles se realizó en febrero de 2021, con ayuda de un tractor con apero, abriendo una zanja en el lateral de las mesetas de los árboles y aplicando las dosis establecidas en cada uno de los casos, como se indica en la Tabla 8.

En cuanto a la variable riego, el haber reducido el riego en las filas 2 y 3 un 25% y 50% respectivamente respecto al tiempo de riego, supone un aporte de riego de 90 minutos en la fila 2 y 60 minutos en la fila 3, mientras que la fila 1 se tomó como control, y se regaron los 120 minutos. A continuación, se muestra una tabla resumen de la duración del riego en cada una de las filas durante los meses de mayor demanda.

Tabla 11. Duración del riego en cada fila. (Fuente: Elaboración propia).

FILA	DURACIÓN RIEGO (min)
1 (sin reducción)	120
2 (25% reducción)	90
3 (50% reducción)	60

3.3.2. Muestreo y parámetros determinados

Los muestreos de los parámetros analizados en el ensayo se llevaron a cabo las fechas que se indican en el cronograma (Tabla 5).

3.3.2.1. Suelo

En este ensayo se realizaron dos muestras de suelo, el 10 de febrero de 2021 por primera vez, en el momento en el cual se incorporó la materia orgánica y el 26 de noviembre de 2021, tras la recolección de los frutos. Se tomaron 21 muestras al azar de los diferentes bloques de la zona de ensayo, en dos puntos diferentes, donde se aportó la materia orgánica y en la zona cercana al gotero.

Con ayuda de una azada y una pala, se recogieron muestras de suelo de los primeros 25 centímetros, los cuales posteriormente se homogeneizaron y etiquetaron para llevar al laboratorio de la EPSO.

Una vez en el laboratorio, para la preparación de las muestras de suelo se realizó un secado de estas al aire, y una tamización.

- SECADO. Tras recoger las muestras de suelo de la parcela, estos se extendieron en bandejas de plástico y se dejaron durante una semana y media en una habitación bien ventilada, para eliminar la humedad que pudieran contener, sin necesidad de introducir las muestras en estufas.
- TAMIZADO. En segundo lugar, una vez estaban las muestras de suelo secas, en las propias bandejas donde se dejaron secar, se pasó un rodillo de madera, sin hacer demasiada fuerza, con la finalidad de desmenuzar los agregados más grandes. Una vez desmenuzadas las muestras, se colocaron en tamices de paso de

malla de 2 mm de diámetro y se agitaron suavemente para separar los componentes gruesos de la tierra fina. Las diferentes muestras obtenidas por este proceso fueron almacenadas para ser analizadas.



Figura 23. Comparación de una de las muestras de suelo antes y después del desmenuzamiento. (Fuente: Elaboración propia).

3.3.2.2. Foliar

El día 3 de noviembre de 2021 se realizó la recogida de hojas, donde se recolectaron hojas de distintas zonas de los árboles número 3 y 4 de cada bloque.

Tras la recolecta, fueron llevadas al laboratorio, donde se lavaron con agua destilada y jabón libre de fosfatos y posteriormente se colocaron en bandejas de aluminio, identificándolas para introducirlas en una estufa a una temperatura de unos 40 – 50°C, durante 6 días, con el objetivo de eliminar la humedad que estas pudieran tener.

Una vez secas, las hojas fueron trituradas, con ayuda de un molinillo eléctrico, para su posterior análisis. Las hojas ya trituradas de cada bloque se guardaron en frascos de 100 mililitros de polipropileno estéril para ser analizadas y conocer el estado nutricional de las plantas.



Figura 24. A la izquierda, una muestra de hojas antes de la trituración. A la derecha, una vez triturada la muestra. (Fuente: Elaboración propia).

3.3.2.3. Fruto

Una vez realizada la recolección de los frutos, el 25 de octubre de 2021, se conservaron 20 frutos de cada uno de los diferentes bloques que componían el ensayo con el objetivo de determinar parámetros de calidad en laboratorio. De los 20 frutos de cada bloque, 12 se emplearon para analizar sus características morfológicas y fisicoquímicas, y las restantes para examinar su contenido en humedad, macro y micronutrientes.

Los frutos destinados al análisis de humedad, fueron colocados por la mitad en bandejas de aluminio en una estufa, con el objetivo de secarlos, donde permanecieron 2 semanas. Transcurrido ese tiempo, se trituraron los frutos secos, empleando un molinillo eléctrico, al igual que se hizo con las hojas. Los frutos ya triturados de cada parche se almacenaron en frascos de 100 mililitros de polipropileno estéril para su posterior análisis.



Figura 25. Arriba a la izquierda, muestras de frutos antes de ser secados a la derecha, una vez sacados de la estufa, y debajo una vez triturados. (Fuente: Elaboración propia).

3.3.2.4. Gases de efecto invernadero

Estos gases se han medido directamente en la parcela, ya que los suelos son sumideros de gases de efecto invernadero, entendiéndose por sumidero como el lugar en el cual se almacenan dichos gases de la atmósfera.

Para la medición de los gases, que se realizó en puntos cercanos a los goteros, se emplearon cámaras con septum, donde se captan los gases con ayuda de una jeringuilla y se trasladan a viales, para su posterior análisis en el laboratorio de la Universidad, mediante un cromatógrafo de gases, donde se analizaron 3 importantes gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), los cuales se relacionan de forma directa con actividades agrícolas.

Esta operación se realizó dos veces en cada una de las cámaras, denominadas como Tiempo 0 y Tiempo 1, siendo estas últimas medidas transcurrida una hora desde el primer muestreo del Tiempo 0.



Figura 26. Toma de muestras para el posterior análisis en laboratorio de GEI. (Fuente: Elaboración propia).

3.4. Métodos analíticos

3.4.1. Análisis de suelo

Tras el secado y tamización de los suelos, como se ha comentado anteriormente, se llevaron a cabo diferentes métodos para un análisis de suelo lo más completo posible.

pH

En primer lugar, se sacan los patrones de pH y Conductividad Eléctrica (CE) del frigorífico, unos 20 minutos antes de comenzar a medir para que se atemperen. En ambos casos se llevó a cabo la metodología indicada en MAPA (1994).

Esta propiedad se mide para conocer la acidez del suelo, gracias a lo cual se pueden conocer diversas propiedades físicas y químicas de este.

INSTRUMENTAL

- pH-metro digital
- Electrodo de vidrio combinado
- Agitador
- Dihidrogenofosfato de potasio
- Hidrogenofosfato de sodio
- Hidrogenoftalato de potasio

En un tubo eppendorf de 50 ml, se pesaron 10 gramos de suelo de cada muestra. Posteriormente se añaden 25 ml de agua destilada a cada muestra, para después introducirlas en un agitador durante 10 minutos. Una vez pasados los 10 minutos, se dejaron reposar durante 30 minutos antes de empezar a analizarlas.

Es muy importante calibrar el pH-metro antes de comenzar a medir las muestras. Esto se realiza mediante los patrones que previamente se han sacado del frigorífico, como se ha comentado anteriormente.

Tras dejarlas reposar y calibrar el aparato, se mide el pH de las muestras con un pH-metro.

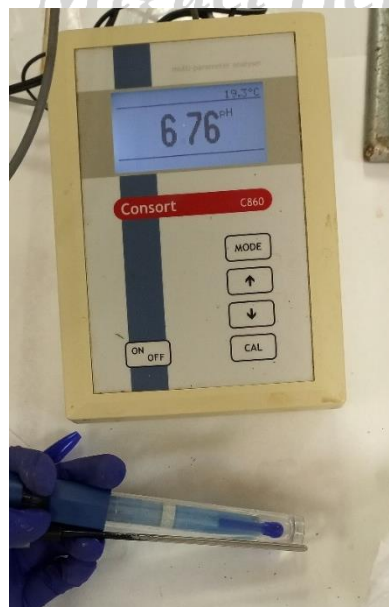


Figura 27. pHmetro utilizado en la determinación del pH de las muestras.
(Fuente: Elaboración propia).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

INSTRUMENTAL

- Conductímetro digital con sonda de temperatura
- Célula de conductividad específica
- Cloruro de potasio
- Agitador

Esta propiedad se mide para conocer la concentración de sales solubles en el suelo donde se desarrolla el ensayo.

En un tubo eppendorf de 50 ml, se pesan 5 gramos de suelo de cada muestra. Seguidamente se añaden 25 ml de agua destilada a cada muestra.

A continuación, se introducen las muestras en un agitador durante 30 minutos, y posteriormente pasan por la centrífuga, con su programa correspondiente. Una vez pasadas por el agitador y la centrifuga, se filtran con papel de filtro. De esta forma se eliminan los sedimentos que puedan quedar en las muestras.

Una vez se siguieron estos pasos, se procedió a la medida de la conductividad eléctrica de las muestras.

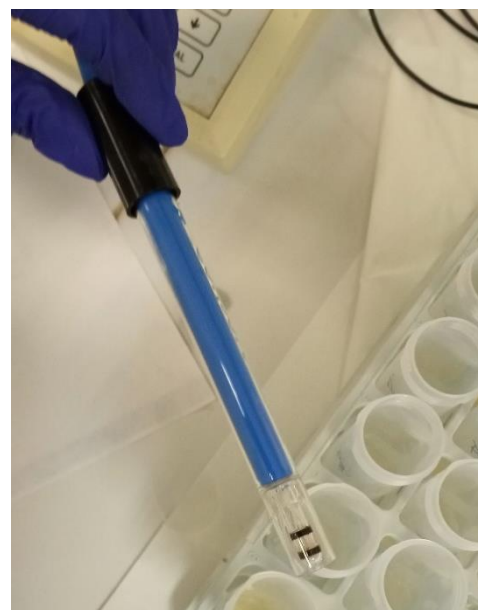
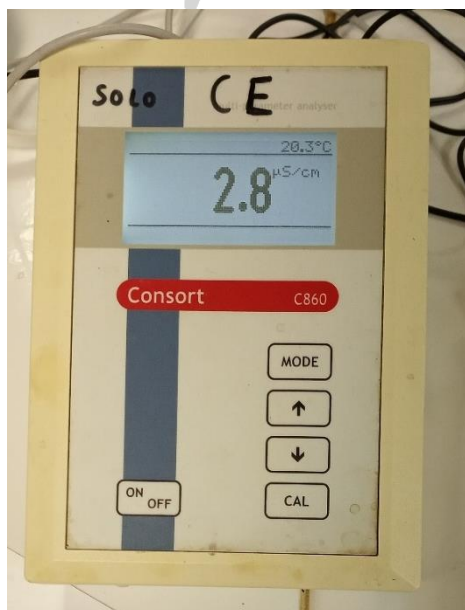


Figura 28. Instrumental utilizado en la determinación de la conductividad eléctrica de las muestras. (Fuente: Elaboración propia).

CARBONO ORGÁNICO OXIDABLE

Este parámetro se ha determinado siguiendo la metodología de Yeomans & Bremmer (1989).

INSTRUMENTAL Y REACTIVOS

- Matraces Erlenmeyer
- Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), 1N
- Ácido sulfúrico
- Agua destilada
- Ácido fosfórico (H_3PO_4) 85%
- Sulfato ferroso amónico / sal de Mohr
- Bureta
- Ferroína
- Agitador
- Imán

En primer lugar, se realiza la mezcla de dicromato, y se pone a agitar, para poder enrasarla a 1 litro e introducirla en un dispensador.

Una cierta cantidad de muestra de cada suelo se pasa por el mortero manual, buscando de esta forma una mejor homogeneización de la muestra.

Tras pasarlo por el mortero, se pesa en un pesasustancias 1 gramo de cada muestra, con su respectiva repetición cada una y las coloqué en matraces Erlenmeyer, debidamente numerados, resultando en total 42 matraces.

A los 42 matraces, se añadieron 2 más, que son los que actuaron como blancos, es decir, no contenían ninguna muestra de suelo; esos 44 matraces se introdujeron en una campana para una correcta manipulación de los reactivos.

Posteriormente, se adicionaron 10 mililitros (mL) de dicromato en cada matraz, incluidos los blancos y se agitaron manualmente.

A continuación, se añadieron 20 mL de ácido sulfúrico en cada matraz, incluidos los blancos y se agitaron nuevamente de forma manual. Es importante que, al echar los 20

mL en el primer matraz, se active un cronómetro asegurándose así que han pasado los 30 minutos necesarios para que la muestra reaccione correctamente.

Transcurridos esos 30 minutos, se adicionan 200 mililitros de agua destilada en cada matraz, incluidos los blancos, y se van agitando de forma manual.

Una vez añadida el agua destilada, se dejaron reposar las muestras, aproximadamente 20 minutos, para que se enfríen. Tras haberse enfriado, se añadieron 10 mL de ácido fosfórico y se agitó de nuevo manualmente. Finalmente se dejaron en reposo unos 10-15 minutos para que reaccione bien.

Una vez ha ocurrido la reacción, comienza la valoración de cada muestra con sulfato ferroso amónico, también llamado sal de Mohr, muy común en la valoración de análisis de suelos.

Para comenzar a valorar, se adicionó sal de Mohr en una bureta hasta que quedó bien impregnada de dicha sal para seguidamente llenar la bureta y enrasarla, poniendo especial atención en eliminar toda burbuja de aire que pueda haber.

En el matraz donde se va a valorar, se añaden 2-3 gotas de ferroína, que actuará como indicador, ya que, al ser de color rojo, al reaccionar con la muestra, ésta vira de color naranja a un color vino.

Finalmente, se coloca la muestra con la ferroína en el agitador, con un imán, y se comienza a añadir sal de Mohr con la bureta, hasta que la muestra cambie de color.





Figura 29. Proceso para la determinación del carbono orgánico oxidable. (Fuente: Elaboración propia).

UNIVERSITAS
Miguel Hernández



Figura 30. Sal de Mohr empleada, y muestras donde se aprecia el viraje de color. (Fuente: Elaboración propia).

NITRÓGENO TOTAL KJEDAHN, NTK

En este método, el cual se define como la suma del nitrógeno orgánico, amoniacado (NH_3) y amonio (NH_4) del suelo, se diferencian 3 etapas: digestión, destilación y finalmente la valoración.

El procedimiento NTK se basa en la conversión del nitrógeno orgánico en amoniacado debido a la digestión de la muestra. (Bremner & Brittembeck, 1989).

INSTRUMENTAL Y REACTIVOS

- Bloque digestor
- pH- metro
- Equipo de destilación Kjeldahl
- Agitador magnético
- Balanza analítica
- Sulfato de potasio
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Verde de bromocresol
- Naranja de metilo
- Sulfato de cobre II pentahidrato
- Carbonato de sodio
- Selenio
- Rojo de metilo
- Etanol
- Ácido bórico
- Ácido clorhídrico

Para comenzar a realizar las digestiones, se pesan 1'5 gramos (g) de muestra de cada suelo en un matraz Kjeldahl.

A continuación, se añaden 1'5 gramos de catalizador y 10 mililitros de ácido sulfúrico (H_2SO_4) en cada matraz.

Una vez incorporado el ácido sulfúrico, se colocan los matraces en la estufa, la cual alcanza una temperatura de 400°C, durante 1 hora aproximadamente, hasta que comienza a apreciarse un color verdoso de las muestras.

Una vez transcurrido este tiempo, esperamos a que se enfríen las muestras, y se añaden 20 mL de agua destilada a cada matraz. Con este paso, finaliza la primera etapa, la digestión.

A continuación, comienza la etapa de la destilación, colocando las muestras en un destilador Kjeldahl. En esta fase el amoníaco formado se destila por arrastre de vapor, una técnica de destilación en la que se separan sustancias insolubles y volátiles en agua de otras no volátiles, por lo que el destilado obtenido se extrae en una solución de ácido bórico (Bremmer & Britenbeck, 1989), de forma que, en el destilador, además del matraz con la muestra, se debe colocar un matraz, con 1'5 mL de ácido bórico, cuya función es actuar como indicador. Antes de comenzar con la destilación, ese ácido bórico tiene un color rosado, y tras la destilación, proceso el cual dura 8 minutos, se observa un color azul verdoso, y unos 75 mililitros de destilado. El otro matraz que contiene la muestra de suelo, catalizador, ácido sulfúrico y agua destilada, se puede desechar una vez obtenido el destilado.

Una vez finalizada la digestión, comienza la tercera y última etapa, la valoración. En esta etapa se valora el destilado de cada muestra, obtenidos en la etapa anterior.

Para realizar la valoración, se coloca el matraz con el destilado en un agitador, y se introduce un imán. Mientras se va agitando la muestra, se introduce poco a poco ácido clorhídrico 0'05 N, concretamente en este caso, la normalidad era de 0'04899 N, hasta el momento que la disolución de color verde, vire a color rosado.



Figura 31. Destilador utilizado, y muestras donde se aprecia el proceso de destilación. (Fuente: Elaboración propia).

MH UNIVERSITAS
Miguel Hernández



Figura 32. Comparación de una muestra antes y después de ser valorada. (Fuente: Elaboración propia).

NITRATOS

INSTRUMENTAL EMPLEADO:

- Sulfato de calcio
- Agitador
- Centrífuga
- Papel de filtro
- Tubos eppendorf
- Jeringuilla para el filtrado
- Espectrofotómetro

La metodología empleada para la determinación de los nitratos es la de Simal, Lage, Iglesias (1995).

En primer lugar, se pesaron 10 g de suelo de cada muestra en tubos eppendorf, a los que acto seguido se añadieron 30 mL de sulfato de calcio (CaSO_4) y se agitaron manualmente, para posteriormente meter los tubos en el agitador durante 20 minutos.

Al sacarlos del agitador, se metieron en la centrifuga, preparada con el programa correspondiente a los nitratos, el cual dura unos 8 minutos aproximadamente.

Tras sacar las muestras de la centrifuga, se filtraron con ayuda de papel de filtro a tubos eppendorf.

Acto seguido de filtrar las muestras de este modo, se filtraron de nuevo, pero en esta ocasión con la ayuda de una jeringuilla y un filtro.

Finalmente, se midió la absorbancia de las diferentes muestras con un espectrofotómetro, aparato que valora el color de la muestra.

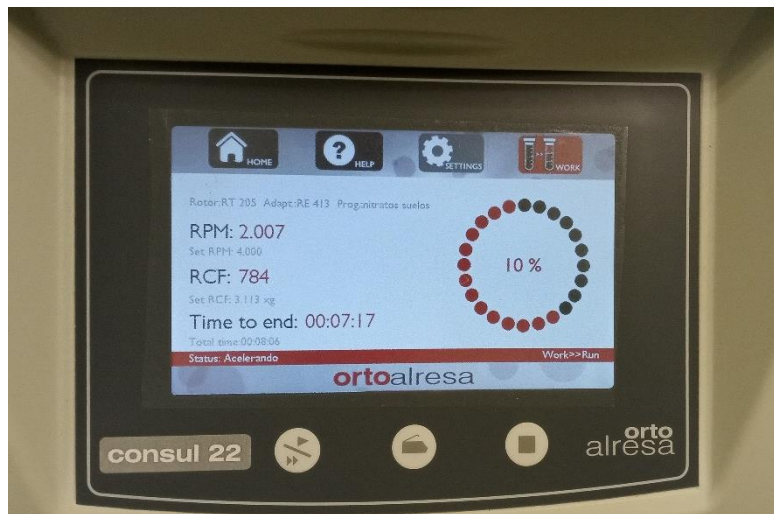


Figura 33. Proceso de centrifugación de las muestras. (Fuente: Elaboración propia).

3.4.2. Análisis foliar

INSTRUMENTAL EMPLEADO:

- Agua destilada
- Jabón libre de fosfatos
- Bandejas de aluminio
- Molinillo

Como se ha comentado anteriormente, una vez recogidas las hojas necesarias, se llevaron al laboratorio para lavarlas con agua destilada y jabón libre de fosfatos.

Tras este paso, se colocaron en bandejas de aluminio, debidamente marcadas y se introdujeron en una estufa a una temperatura de unos 40 – 50°C para eliminar la humedad. Posteriormente estas fueron trituradas para realizar un análisis multielemental.

3.4.3. Análisis de frutos

Para analizar las características del fruto, se han realizado una serie de determinaciones, las cuales se pueden agrupar en dos grandes grupos, por un lado, las que corresponden a

una caracterización morfológica, y por otro las que corresponden a una caracterización físico-química.

En primer lugar, se ha realizado la caracterización morfológica de la fruta, para la cual se han evaluado los parámetros de pesado, calibrado, diámetro, número de carpelos y color de los frutos, así como la medición y pesado del espesor de la corteza.

3.4.3.1. Caracterización morfológica

PESO

Han sido pesadas una a una las 20 mandarinas de cada parche con una balanza electrónica con el objetivo de obtener el peso medio de cada bloque.



Figura 34. Muestras de fruto para realizar su estudio morfológico.
(Fuente: Elaboración propia).

DIÁMETRO

Se han medido uno a uno los diámetros de las 20 mandarinas de cada parche. Para esto se ha empleado un calibre electrónico para obtener los resultados con mayor precisión.



Figura 35. Calibre electrónico empleado para la determinación del diámetro de los frutos.
(Fuente: Elaboración propia).

ESPESOR DE LA CORTEZA

Para el estudio de los frutos en el laboratorio se han tomado las medidas de 12 mandarinas de cada uno de los 21 parches.

Para medir el espesor de la corteza se parte cada mandarina por la mitad, se les saca el zumo con ayuda de un exprimidor y con el calibre electrónico se mide el espesor en dos puntos de la corteza.



Figura 36. Cortezas de los frutos para medir su espesor. (Fuente: Elaboración propia).

NÚMERO DE CARPELOS

Para este parámetro, al igual que en la medición del espesor de la corteza, se han empleado 12 mandarinas de cada uno de los 21 bloques. Este parámetro es fácil de obtener, simplemente se corta la mandarina por la mitad y se cuenta el número de carpelos que tiene cada una.



Figura 37. Corte de los frutos para el conteo de los carpelos y extracción del zumo. (Fuente: Elaboración propia).

PESO DE LA CORTEZA

Para este parámetro, al igual que los dos anteriores, también se han empleado 12 mandarinas de cada uno de los 21 bloques. Una vez exprimido el zumo, se pesan las dos mitades que forman cada fruto con ayuda de una balanza electrónica.

COLOR EXTERNO DE LOS FRUTOS

Este parámetro se determina para conocer el índice de madurez de cada fruto, esto se lleva a cabo mediante un colorímetro (Konica Minolta Cm 700d). Para determinar este parámetro se ha empleado el sistema de color $L^* a^* b^*$ (1976), correspondiendo las coordenadas de color a:

- L^* : luminosidad. Es la propiedad de una sensación visual, donde el área parece reflejar o transmitir mayor o menor parte de luz. Sus valores varían de 0 (correspondiendo al negro) a 100 (correspondiendo al blanco).
- a^* : variación rojo – verde. Cuando este parámetro toma valores positivos indica que predomina el color rojo, y cuando los valores que muestra son negativos, indica la contribución al verde.
- b^* : variación amarillo – azul. Cuando el valor es positivo predomina el color amarillo, mientras que, si es negativo, predomina el azul. (Melgarejo, P., 2020).

Se toman las medidas en 3 puntos diferentes de cada fruto, por lo que se obtuvieron finalmente 1.260 datos.



Figura 38. Colorímetro empleado para la determinación del color de los frutos.
(Fuente: Elaboración propia).

3.4.3.2. Caracterización fisicoquímica

Posteriormente, para una correcta caracterización físico-química, se ha medido el ácido, sólidos solubles y color de zumo de 12 frutos de cada bloque.

En lugar de analizar las propiedades fisicoquímicas de las 20 frutas de cada bloque, se midieron las de 12 frutas de cada uno, y los 8 restantes se emplearon para determinar el peso en seco de las mandarinas.

ZUMO

Una vez realizado el análisis de los frutos, se procede a la extracción del zumo de las mandarinas, diferenciando por bloques. Dentro de cada bloque se hicieron 3 repeticiones de cada uno, para una mayor comparación de resultados. Una vez obtenido el zumo, se procedió a la medición del color, pH y sólidos solubles.



Figura 39. Zumo extraído de los frutos. (Fuente: Elaboración propia).

ÁCIDO CÍTRICO

Para medir la acidez (g/ml) se ha utilizado un valorador automático (Titrino plus 877) con agitador (801 Stirrer).

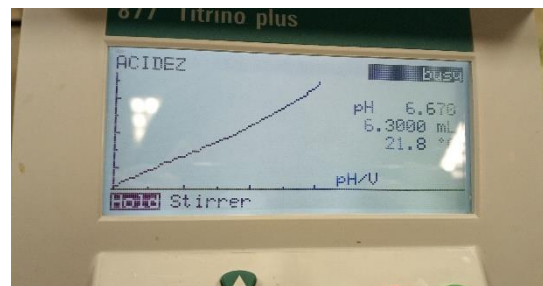


Figura 40. Valorador empleado para la determinación de la acidez de las muestras. (Fuente: Elaboración propia).

COLOR

Este parámetro se determina para conocer el color del zumo de los diferentes parches, con ayuda de un colorímetro (Konica Minolta Cm 700d). Para determinar este parámetro se ha empleado el sistema de color $L^* a^* b^*$ (1976), al igual que en la determinación del color externo de los frutos.



Figura 41. Colorímetro empleado para la determinación del color de zumo de las muestras. (Fuente: Elaboración propia).

pH

Para obtener los valores de pH de los zumos correspondientes a los diferentes parches se empleó el mismo valorador automático usado para la determinación de la acidez.

SÓLIDOS SOLUBLES

Mediante un refractómetro de mano (Atago Pocket PAL1) se han medido los sólidos solubles (SS), de acuerdo a Forner-Giner et al. (2003). Los SS se miden en ° Brix, que indican el porcentaje de sólidos solubles que se encuentran en la sustancia analizada.

El aparato empleado para la medida de esta característica tiene un sensor en el cual se coloca una pequeña muestra del zumo obtenido anteriormente.



Figura 42. Refractómetro empleado para la determinación de sólidos solubles. (Fuente: Elaboración propia).

3.4.4. Análisis de emisiones de Gases Efecto Invernadero en los suelos tratados

Este parámetro se determinó mediante el empleo de un cromatógrafo de gases (Agilent, modelo 7890B GC System), y mediante el software Agilent ChemStation.



Figura 43. Equipo empleado para la medición de los GEI en las muestras de suelo. (Fuente: Elaboración propia).

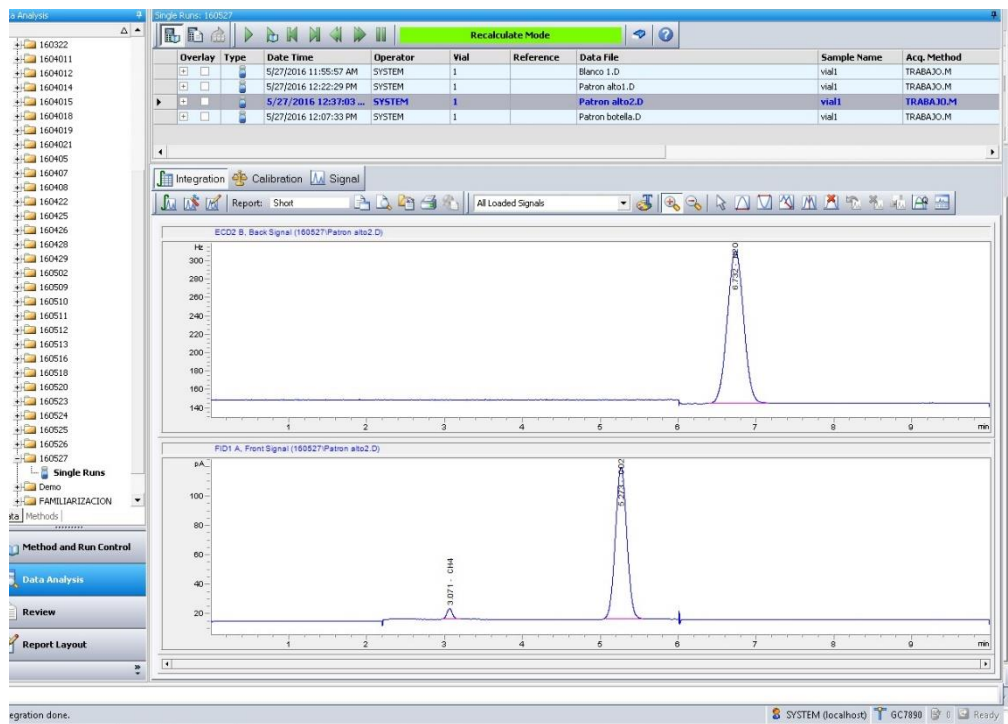


Figura 44. Ejemplo de resultados obtenidos en la medición de GEI. (Fuente: Elaboración propia).

3.5. Métodos estadísticos

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

En este proyecto se evalúan tres variables distintas, la fertilización, el riego y las dosis de estas dos anteriores. Dichas variables se valoraron mediante un análisis estadístico, basado en el análisis de la varianza GLM-Univariante.

Asimismo, se realizó un análisis multivariante para los parámetros del suelo, donde se analizó la relación de las variables fertilización, riego y tiempo.

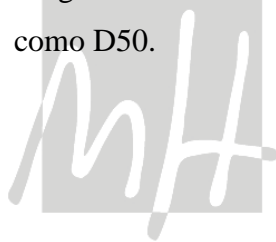
Cuando la F-ANOVA mostró significación, se realizó el contraste post-hoc Tukey-b, a una probabilidad del 95%, $P = 95\%$. Previamente al ANOVA, se evaluaron la normalidad y homogeneidad de las varianzas utilizando los test de Shapiro-Wilk y Levene. Para el análisis estadístico de los datos obtenidos en el estudio se empleó el programa informático Infostat v2021.

Para la variable de la fertilización se hizo distinción entre las cuatro aplicaciones que se realizaron:

- Sin aplicación de ningún compost, suelos que sirven como controles
- Con aplicación de compost binario a base de poda de jardinería del Ayuntamiento de Guardamar del Segura y lodo de EDAR de Torrevieja.
- Con aplicación de 30 o 60 kg/árbol de estiércol de vaca procedente de Murcia, denominado como ESTM.
- Con aplicación de 30 o 60 kg/árbol de estiércol de vaca procedente de Cuenca, denominado como ESTC.

Por otro lado, para la variable del riego se hizo distinción entre los tres tratamientos que se llevaron a cabo:

- Riego sin ninguna reducción, es decir con un riego del 100%, denominado como D0.
- Riego con una reducción del 25%, es decir con un riego del 75%, denominado como D25.
- Riego con una reducción del 50%, es decir con un riego del 50%, denominado como D50.



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Parámetros del suelo

A continuación, se exponen los parámetros examinados en este trabajo.

Los resultados se han analizado en función del riego, la fertilización y sus respectivas dosis, que son los principales parámetros a tener en cuenta en el proyecto.

Además, se ha realizado un análisis multivariante, teniendo presente la variación del tiempo, y la combinación de este con los dos parámetros anteriores. Como resultado de este análisis se han obtenido interacciones significativas entre las variables, por lo que se han analizado independientemente las diferentes variables.

pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

Los parámetros de pH y CE son empleados como indicadores de calidad de un suelo. El pH indica la acidez o alcalinidad del suelo, y determina la precipitación de algunos iones (Soil Quality Institute, 1999), por lo que interviene en la disponibilidad de los nutrientes y por tanto en el desarrollo de las plantas. Además, también condiciona el comportamiento de la microbiota del suelo (Delgado et al., 2017).

En función del pH del suelo, éste se clasifica en una categoría u otra. Dichas categorías se indican en la Tabla 12.

Tabla 12. Clasificación del suelo en función de su pH. (Fuente: Elaboración propia, a partir de Porta et al., 2003).

pH	Categoría	Observaciones
< 5	Muy ácido	Dificulta el desarrollo del cultivo y de absorción de nutrientes.
5 – 6	Moderadamente ácido	Dificulta el desarrollo de determinados cultivos.
6 – 6,5	Ligeramente ácido	
6,6 – 7,3	Neutro	Óptimo para la mayoría de cultivos.
7,3 – 7,7	Ligeramente básico	Dificulta el desarrollo de determinados cultivos.
> 7,7	Muy Básico	Dificulta el desarrollo del cultivo. Probable presencia de clorosis férrica.

A continuación, se muestra en la Tabla 13 los parámetros de pH y CE del último muestreo de suelo analizados.

Tabla 13. pH y CE del muestreo final de suelo (Fuente: Elaboración propia).

Variable	Tratamiento	pH	CE (dS m ⁻¹)
Riego	D0	8.27	2.47
	D25	8.34	2.72
	D50	8.33	2.56
	<i>F-anova</i>	0.7 ns	0.8 ns
Fertilización	CONTROL	8.47 c	2.37 ab
	ESTC	8.39 bc	2.91 b
	ESTM	8.27 ab	2.43 a
	COMPOST	8.20 a	2.37 a
	<i>F-anova</i>	3.9 *	2.8 *
Dosis	0	8.47	2.70 b
	20	8.30	2.14 a
	40	8.27	2.98 b
	<i>F-anova</i>	2.5 ns	17.3***

Con los resultados obtenidos, se observa como el pH del suelo no ha presentado diferencias significativas respecto a la variable riego para ninguno de los diferentes tratamientos. Observando el parámetro de dosis, tampoco se aprecian diferencias significativas entre ellas, aunque se aprecia una ligera disminución del pH al aumentar la dosis de la enmienda. Esto sucede también, aunque de forma más pronunciada en el estudio de Vázquez y Lolí, (2018).

Sin embargo, observando la variable fertilización sí se aprecian ciertas diferencias. El aporte de enmiendas orgánicas genera una leve disminución del pH del suelo, en comparación con el control, aquel suelo al que no se ha aportado ningún tipo de enmienda.

Con la conductividad eléctrica ocurre lo mismo que con el pH, no se muestran diferencias significativas entre las diferentes reducciones de riego, ni en las dosis de enmiendas aplicadas, mientras que en la variable fertilización sí se aprecian diferencias significativas, aumentando la CE del suelo al adicionar enmiendas. Según afirma Soria et al., (2021) esto es debido al aporte de salinidad al suelo por parte de las enmiendas aplicadas, siendo en este caso el ESTC, con $2,91 \text{ dS/m}^{-1}$ el que supone una mayor CE, por lo que se puede confirmar que éste es más salino que el ESTM y que el COMPOST. Lehrsh y Kincald (2007) anuncian que el estiércol de bovino posee elevadas concentraciones de sales solubles.

La estabilidad del pH y de la CE del suelo indica la capacidad reguladora del suelo, la cual se define por Sá Mendoça, et al., (2006) como la resistencia que presenta un suelo a modificar su pH tras la adición de sustancias, ya sean básicas o ácidas. Es decir, es posible que, en este caso las restricciones definidas no sean suficientes, ya que el suelo es capaz de regular el pH y CE.

Estos resultados coinciden con los de Murillo et al., (2010) y Camacho et al., (2015), los cuales estudiaron la capacidad buffer de suelos, los cuales resistían cambios bruscos de pH tras la aplicación de enmiendas orgánicas.

Por otro lado, López et al., (2001) apreciaron que, al analizar suelos a los que se les había aplicado estiércol bovino y compost, los valores de la CE oscilaban entre 1.9 y $2,2 \text{ dS/m}^{-1}$, sin obtener cambios significativos. Asimismo, Mass (1993) observó cómo CE superiores a $1,5 - 2 \text{ dS/m}^{-1}$ suponían una disminución en la producción de cítricos.

FORMAS NITROGENADAS

En la Tabla 14 se muestran los valores obtenidos de nitrógeno total Kjeldahl.

Tabla 14. Valores NTK del muestreo final de suelo (Fuente: Elaboración propia).

Variable	Tratamiento	NTK (g kg ⁻¹)
Riego	D0	0.18 a
	D25	0.24 ab
	D50	0.27 b
	<i>F-anova</i>	4.8*
Fertilización	CONTROL	0.08 a
	ESTC	0.31 c
	ESTM	0.23 b
	COMPOST	0.23 b
	<i>F-anova</i>	22.7 ***
Dosis	0	0.08 a
	20	0.24 b
	40	0.28 c
	<i>F-anova</i>	25.0 ***

El nitrógeno total Kjeldahl (NTK) se determina como el sumatorio del nitrógeno amoniacal y orgánico, sin tener en cuenta el nitrógeno de los nitritos (NO₂⁻) y nitratos (NO₃⁻) (Marañés et al., 1998).

Por otro lado, los nitratos son de gran importancia para el desarrollo de las plantas, dado que es la forma asimilable del nitrógeno (Griffin et al., 2011). Sin embargo, observando los resultados obtenidos en este ensayo en relación a los nitratos, no se han presentado diferencias significativas, por lo que se han discutido los valores de NTK.

Respecto a los resultados de nitrógeno total, han presentado diferencias significativas en el parámetro del riego, aumentando a medida que se restringe la dosis del riego (D50 > D25 > D0), es decir, los valores aumentan a medida que disminuye la disponibilidad del agua en el suelo. Además, también se observan diferencias entre los tratamientos de fertilización, siendo el de mayor valor el ESTC, con 0,31 g kg⁻¹. De igual forma, presentan discrepancias las dosis aplicadas, aumentando el valor de NTK conforme aumenta la dosis

de enmienda aplicada. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hannet et al., 2021, donde al aumentar la dosis de la enmienda, también lo hacía la concentración de NTK del suelo.

MATERIA ORGÁNICA OXIDABLE

La materia orgánica oxidable hace referencia a la proporción que puede ser oxidada y mineralizada en el suelo, mejorando la fertilidad del mismo. Un parámetro empleado como representación de la fracción de materia orgánica que puede ser transformada en el suelo es el carbono orgánico oxidable (Blair et al., 1995; Porta et al., 2003).

Para la determinación de la materia orgánica oxidable, así como del carbono oxidable, se han de conocer los valores de la materia orgánica y carbono orgánico, resultados que se muestran en la Tabla 15.

Teniendo presente que la materia orgánica del suelo (MOS) se define como el conjunto de residuos orgánicos que se encuentran en descomposición en el suelo (Rosell, 1999), así como los microorganismos que intervienen en la descomposición y transformación de dichos residuos (Aguilera, 2000). El carbono orgánico del suelo (COS), parámetro que determina la disponibilidad de nutrientes en el suelo está relacionado con la MOS, la cual se determina multiplicando el COS por factores como el de van Benmelen, 1'724 (Kern, 1963), aunque este factor puede variar, en función del tipo y profundidad del suelo (Martínez, et al., 2008).

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos de estos parámetros.

Tabla 15. Valores de Carbono orgánico y Materia orgánica en los suelos analizados (Fuente: Elaboración propia).

Variable	Tratamiento	COrg	MOrg
Riego	D0	0.97 a	1.68 a
	D25	1.50 b	2.58 b
	D50	1.57 b	2.71 b
	<i>F-anova</i>	5.3**	5.3**
Fertilización	CONTROL	0.37 a	0.64 a
	ESTC	1.46 b	2.51 b
	ESTM	1.36 b	2.35 b
	COMPOST	1.72 b	2.96 b
	<i>F-anova</i>	12.0 ***	12 ***
Dosis	0	0.37 a	0.64 a
	20	1.31 b	2.26 b
	40	1.71 c	2.95 c
	<i>F-anova</i>	21.0 ***	21.0 ***

Con la variable riego, observando el C.org, se muestran diferencias entre los tratamientos, aumentando a medida que se restringe la dosis de riego ($D50 > D25 > D0$). Respecto a la fertilización, tanto en el caso de la M.org como del C.org, los valores de ambos parámetros aumentan con el aporte de enmiendas. Se observa que, tanto con el aporte de estiércol como de compost, disminuye la acidez, es decir, disminuye el pH del suelo respecto al suelo control. Estos resultados discrepan con los obtenidos por Wong et al., (2000), donde observaron un aumento del pH en el suelo tras la aplicación de enmiendas con poda de árboles, al igual que Pocknee y Summer (1997), que tras aplicar diferentes materias orgánicas al suelo, obtuvieron como resultado un aumento del pH, el cual justificaron como la liberación de las bases de cambio presentes en los compuestos orgánicos, así como el contenido de N de las enmiendas empleadas, dando como resultado la formación de NH_4^+ , el cual tras un proceso de nitrificación se convierte en NO_3^- , y a

consecuencia de esto disminuye el pH. En el 2004, Martínez et al., también observaron una reducción del pH del suelo.

Además, Carrasco (1992) estudió la MOS, y los grupos que actúan como ácidos débiles, los cuales tienden a disminuir el pH. Este autor también señala que la MOS tiende a disminuir el pH cuando el suelo es alcalino, como sucede en el de este ensayo, cuyo pH inicial es de 8,13.

4.2. Parámetros nutricionales de las plantas

Los diferentes macro y micronutrientes ejercen un importante papel en el crecimiento de los cultivos. La disponibilidad de estos elementos en el suelo se ve afectada por la aplicación de enmiendas orgánicas, que alteran las propiedades del mismo (Hannet et al., 2021).

Para la interpretación de los parámetros nutricionales de las plantas se han tenido en cuenta los valores de nitrógeno, fósforo y potasio. Además, también se han observado las concentraciones de macro y micronutrientes. Para conocer dichos valores, se ha calculado la media de la concentración de los diferentes elementos en el suelo.

En la Tabla 16 se observan los resultados obtenidos de N, P y K. Para la discusión de estos resultados se ha empleado la Tabla 16, realizada por Legaz y Primo-Millo (2000), donde se exponen los valores foliares de referencia de macro y micronutrientes en clementinos, incluida en el apartado “Anejos” del trabajo.

Tabla 16. Concentración de N, P, K, C en % del análisis foliar (Fuente: Elaboración propia).

Riego	Fertilización	% N	% P	% K	% C
D0	0	3,17	0,13	0,93	44,97
	20	2,99	0,13	0,93	44,99
	40	3,23	0,13	0,93	44,93
D25	0	2,88	0,12	0,89	44,30
	20	3,01	0,12	0,87	44,92
	40	3,05	0,13	0,72	44,92
D50	0	2,98	0,17	0,91	45,00
	20	2,94	0,12	0,87	45,13
	40	2,96	0,11	0,76	45,14
Fertilización	Riego	% N	% P	% K	% C
0	D0	3,17	0,13	0,93	44,97
	D25	2,88	0,12	0,89	44,30
	D50	2,98	0,17	0,91	45,00
20	D0	2,99	0,13	0,93	44,99
	D25	3,01	0,12	0,87	44,92
	D50	2,94	0,12	0,87	45,13
40	D0	3,23	0,13	0,93	44,93
	D25	3,05	0,13	0,72	44,92
	D50	2,96	0,11	0,76	45,14

Tras el análisis foliar se observa que el % N es muy alto en todos los casos, superando el 2,9%. Además, se observa que, con una menor restricción del agua, mayor cantidad de N.

Respecto al % de fósforo (P), no se aprecian diferencias ni para la variable riego ni para la fertilización, y su concentración es normal en todos los casos, al igual que sucede con los valores de K.

Se aprecia un aumento del Carbono y del Nitrógeno al disminuir el riego, al haber más restricción del agua.

Tabla 17. Concentración (%) de micronutrientes (Ca, Mg, S) del análisis foliar.
(Fuente: Elaboración propia).

Riego	Fertilización	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
D0	0	2,99	0,50	0,31
	20	2,89	0,49	0,32
	40	2,72	0,50	0,30
D25	0	3,07	0,57	0,33
	20	2,64	0,53	0,33
	40	2,76	0,44	0,36
D50	0	3,01	0,53	0,41
	20	2,89	0,54	0,37
	40	2,57	0,50	0,33
Fertilización	Riego	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
0	D0	2,99	0,50	0,31
	D25	3,07	0,57	0,33
	D50	3,01	0,53	0,41
20	D0	2,89	0,49	0,32
	D25	2,64	0,53	0,33
	D50	2,89	0,54	0,37
40	D0	2,72	0,50	0,30
	D25	2,76	0,44	0,36
	D50	2,57	0,50	0,33

En lo que respecta al calcio (Ca), se encuentra en todos los casos en bajas concentraciones, mientras que el magnesio (Mg) y el azufre (S) presentan unos valores altos.

Tabla 18. Concentración (ppm) de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, B, Cu) del análisis foliar. (Fuente: Elaboración propia).

Riego	Fertilización	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)
D0	0	130,5	9,7	48,6	103,47	1,92
	20	146,97	10,83	49,93	115,47	2,11
	40	129,90	9,29	48,83	96,28	1,86
D25	0	140,97	10,80	56,70	115,50	2,68
	20	142,06	10,17	52,23	121,46	2,89
	40	142,91	11,42	55,31	119,00	2,23
D50	0	124,93	12,80	61,53	118,50	3,70
	20	146,26	11,03	58,97	117,38	2,80
	40	136,40	10,36	52,07	116,18	2,69
Fertilización	Riego	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)
0	D0	130,50	9,70	48,60	103,47	1,92
	D25	140,97	10,80	56,70	115,50	2,68
	D50	124,93	12,80	61,53	118,5	3,70
20	D0	146,97	10,83	49,93	115,47	2,11
	D25	142,06	10,17	52,23	121,46	2,89
	D50	146,26	11,03	58,97	117,38	2,80
40	D0	129,90	9,29	48,83	96,28	1,86
	D25	142,91	11,42	55,31	119,00	2,23
	D50	136,40	10,36	52,07	116,18	2,69

Respecto a los nutrientes mostrados en la Tabla 18 se observa que el manganeso (Mn) es el único que se encuentra en un valor normal, sin embargo, tanto el hierro (Fe) como el boro (B) presentan una concentración alta. Sin embargo, las concentraciones de zinc (Zn) y cobre (Cu) son demasiado bajas.

En todos los casos se puede afirmar que no se aprecian diferencias en cuanto a micro y macronutrientes respecto a la variable del riego, y todos presentan un aumento de contenido con una reducción del tiempo de riego, por lo que se llega a la conclusión que la disminución del riego supone una concentración de los micronutrientes. Sin embargo, observando la variable fertilización, no se aprecian tantas diferencias. En el caso del análisis de la fertilización, se puede destacar el comportamiento del hierro (Fe), que tiende a aumentar con la aplicación de enmiendas. Lo mismo sucedió en el ensayo realizado por Hannet et al., 2021, donde la aplicación de enmiendas orgánicas no mostró diferencias significativas en las concentraciones de los diferentes microelementos. Sin embargo,

autores como Chen et al., (2018), Linden et al., 2018, consiguieron aumentar la concentración de N, P y C en el suelo, con aplicación de estiércol, compost y paja.

4.3. Stock de carbono en el suelo y concentración en la planta

Para conocer el almacenamiento de carbono en el suelo se han empleado los resultados obtenidos de la analítica de carbono y materia orgánica del suelo, teniendo en cuenta los parámetros comentados anteriormente de dosis de riego y fertilización, así como su comparación desde el comienzo del ensayo hasta pasados 365 días.

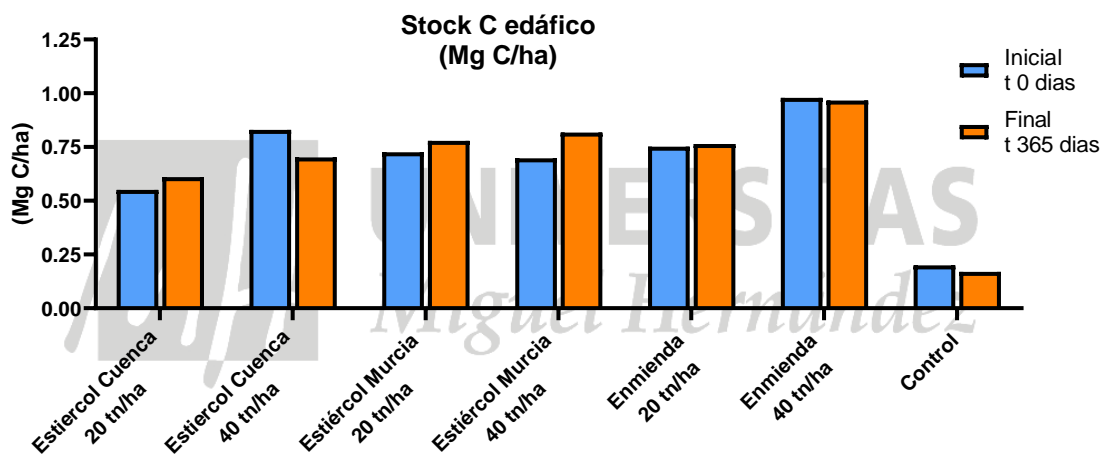


Figura 45. Evolución del carbono almacenado en el suelo, según los tratamientos de fertilización. (Fuente: Elaboración propia).

En lo referente a la variable fertilización, se observa que las mayores cantidades de C almacenado por ha se encuentran en el tratamiento con enmienda orgánica a una dosis de 40 tn/ha. Esto es lógico, ya que dicho tratamiento fue el que mayor cantidad de C orgánico presentaba (Tabla 15). Lo mismo ocurre en estudios como el de Coppens et al., (2006), Chocano et al., (2016), donde mediante la aplicación de enmiendas orgánicas de diversas procedencias se consiguió aumentar el secuestro de carbono en el suelo.

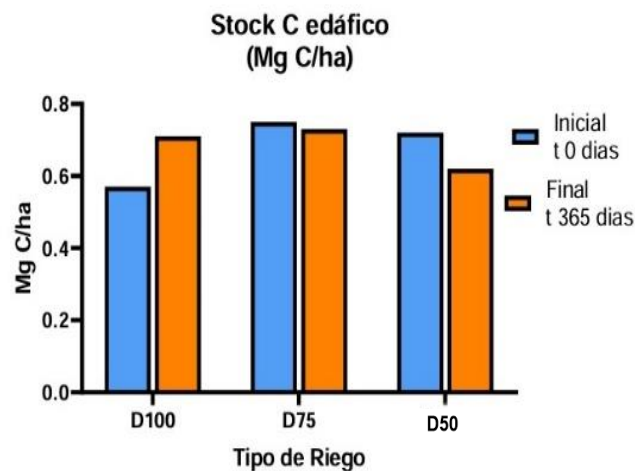


Figura 46. Evolución del carbono almacenado en el suelo, según los tratamientos de riego. (Fuente: Elaboración propia).

La variable riego también interviene en los resultados del secuestro de carbono, dado que al igual que la fertilización, las existencias de carbono del suelo se ven afectadas por los diferentes manejos de estos (Pardo et al., 2017). Se observa como el stock de C aumenta a medida que se restringe la dosis de riego, tal y como se observó en el estudio del C orgánico (Tabla 15), donde el riego presentó un efecto significativo, aumentando la concentración de Corg a medida que disminuía la dosis de riego ($D50 > D25 > D0$). Las mayores cantidades de almacenamiento de C en el suelo se encuentran en el tratamiento D25 (con una reducción del 25% de riego).

Tras los 365 días se percibe un aumento del carbono almacenado en el suelo en el tratamiento con el 100% de riego. Estos aumentos del almacenamiento del C en el suelo también se observaron en estudios realizados por Parra, (2018), donde se mostraron incrementos significativos en la tasa de secuestro de C. Así como Kirby y Potvin (2007), donde, teniendo en cuenta diversos factores del suelo en diferentes especies, se observó un aumento de entradas de C en el suelo, lo que supone una disminución de las emisiones de CO₂ (Smith et al., 2007, Nair et al, 2010).

Sin embargo, en los tratamientos a los que se les ha aplicado una reducción de riego, D25 (con una reducción del 25%) y D50 (con una reducción del 50%) ha resultado una

disminución del C almacenado, como ocurre en Parra, (2018), donde se observó en una parcela del estudio una elevada tasa de migración del carbono del suelo, en forma de CO₂ atmosférico (Six et al., 2006).

Esto puede ser ocasionado por una rotura de los agregados del suelo (Reicosky y Archer, 2007), lo que interviene en la descomposición del C, el cual queda expuesto, y lleva consigo una mayor oxidación de la materia orgánica del suelo (MOS), provocando una mayor mineralización (Chen et al., 2009) y una disminución de la misma y pérdidas de C almacenado (La Scala et al., 2009; De Campos et al., 2011, Smith et al., 2007).

4.4. Parámetros de frutos

4.4.1. Parámetros morfológicos de los frutos.

Para la determinación de los parámetros morfológicos de los frutos se han tenido en cuenta el peso de los mismos, altura, diámetro y espesor de la corteza.

Tabla 19. Parámetros morfológicos de los frutos. (Fuente: Elaboración propia).

Variable	Tratamiento	Nº frutos (frutos árbol ⁻¹)	Rendimiento (kg árbol ⁻¹)	Peso fruto (g)	Ø (mm)	Esp 0° corteza (mm)	Esp 180° corteza (mm)
Riego	D0	388 b	30,97 b	90,23 b	57,09 b	2,94 b	2,86 b
	D25	300 a	22,31 a	87,29 a	56,48 ab	2,75 ab	2,74 ab
	D50	299 a	23,19 a	84,64 ab	55,71 a	2,51 a	2,60 a
	<i>F-anova</i>	7,14 **	11,69 ***	3,20 *	3,76 *	7,39 ***	3,54 *
Fertilización	CONTROL	343 a	25,31 a	83,94 a	56,13 a	2,71 a	2,92 a
	ESTC	352 a	28,83 a	90,44 a	57,15 a	2,89 a	2,68 a
	ESTM	341 a	24,77 a	87,54 a	55,89 a	2,62 a	2,69 a
	COMPOST	287 a	22,98 a	85,93 a	56,36 a	2,72 a	2,74 a
	<i>F-anova</i>	1,74 ns	2,26 ns	2,03 ns	1,90 ns	1,87 ns	1,45 ns
Dosis	0	343 a	25,31 a	83,94 a	56,13 a	2,71 a	2,92 a
	20	300 a	23,70 a	91,38 b	56,99 a	2,72 a	2,69 a
	40	354 a	27,45 a	84,46 a	55,94 a	2,78 a	2,71 a
	<i>F-anova</i>	2,47 ns	1,96 ns	7,72 ***	2,95 ns	0,22 ns	2,01 ns

En ninguno de los parámetros analizados se aprecian diferencias significativas para las variables de fertilización y dosis entre los diferentes tratamientos empleados. Lo mismo sucede en el ensayo realizado por Vélez et al., (2007), donde tampoco se apreciaron diferencias significativas en el peso de los frutos, ni en el rendimiento de los árboles en clementinas de Nules.

Respecto al peso de los frutos, aumenta en función que aumenta el tiempo de riego, igual que sucede con el número de frutos por árbol. A medida que se reduce el tiempo de riego, estos parámetros también lo hacen, lo que conlleva a obtener frutos de calibres inferiores. Esto concuerda con lo encontrado por Agustí et al., (1995) y Dorado et al., (2015), donde sus experiencias manifiestan que, en momentos de sequía, incluso siendo breves, implican una reducción del calibre y por lo tanto del peso de los frutos, así como una disminución del espesor de corteza.

Sin embargo, el número de frutos obtenidos y, por tanto, el rendimiento de fruta por árbol en el caso de la reducción del tiempo de riego del 25% y 50%, no han presentado diferencias representativas entre ellos.

Por otro lado, observando la variable fertilización, aquellos árboles enmendados con compost han producido el menor número de frutos por árbol, en comparación a los enmendados con estiércol de vaca. Lo mismo sucede con el rendimiento de kg de fruto por árbol. Respecto al tratamiento con compost, el rendimiento ha sido menor que en el suelo control, lo que va en contraposición a lo establecido con diversos autores como Businelli (1990), Navarro (1992), Keeling et al., (1994), que argumentan que mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos se incrementa la producción, hipótesis que sí se ha cumplido al aumentar la dosis de los tratamientos.

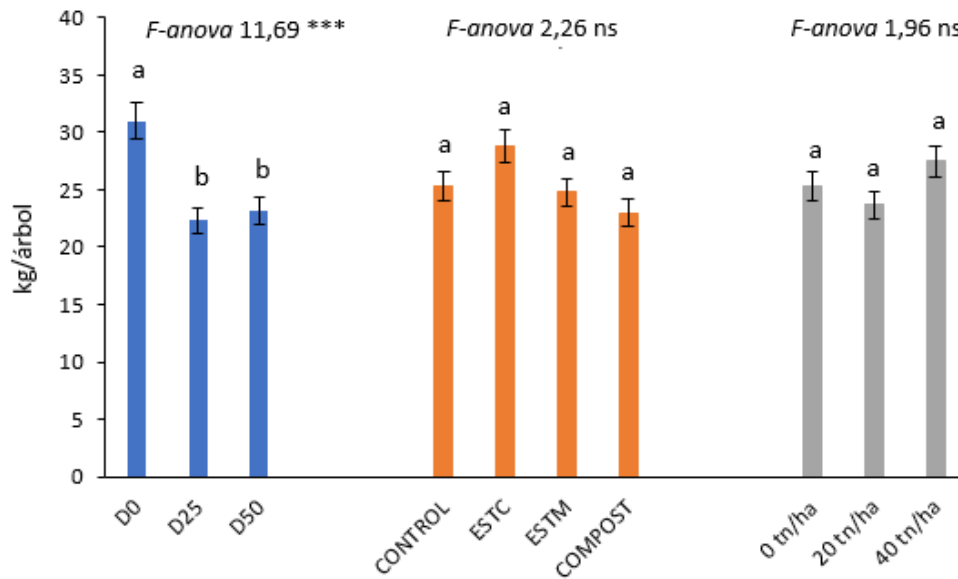


Figura 47. Rendimiento en kg de frutos/árbol, en función de las variables riego y fertilización (Fuente: Elaboración propia).

4.4.2. Parámetros fisicoquímicos de los frutos

En el caso de los parámetros fisicoquímicos de los frutos, se han analizado acidez y sólidos solubles, que se muestran en la Tabla 20. Dichos parámetros son importantes ya que intervienen en las propiedades sensoriales, y por tanto en la calidad de la fruta (Shamalia et al., 1992, Legua et al., 2014).

Los sólidos solubles indican el contenido en azúcares del zumo, siendo los °Brix su unidad de medida. Por otro lado, la acidez, expresada en g de ácido cítrico/L, indica la concentración total de ácido predominante, siendo el cítrico en el caso de la mandarina. La relación de ambos parámetros determina el índice de madurez, que se basa en el color del fruto, y se emplea para determinar la evolución de la maduración de este (Solórzano et al., 2015). A medida que el fruto va madurando, el color y los SS también lo hace.

Tabla 20. Parámetros fisicoquímicos de los frutos. (Fuente: Elaboración propia)

Variable	Tratamiento	SS (°Brix)	Ácidoz (g L ⁻¹)
Riego	D0	11,91 a	9,12 a
	D25	12,95 b	11,82 a
	D50	13,46 c	20,02 b
	<i>F-anova</i>	48,66 ***	11,67 ***
Fertilización	CONTROL	12,83 a	9,67 a
	ESTC	12,48 a	12,38 a
	ESTM	13,08 a	16,18 a
	COMPOST	12,74 a	13,07 a
	<i>F-anova</i>	1,65 ns	1,16 ns
Dosis	0	12,83 a	9,67 a
	20	12,86 a	14,54 a
	40	12,68 a	13,18 a
	<i>F-anova</i>	0,33 ns	0,92 ns

En cuanto a la calidad del zumo de mandarina, se aprecia como aumenta la cantidad de sólidos solubles de forma significativa con la disminución del tiempo de riego, al igual que sucede con la acidez. Esto se aprecia especialmente donde la reducción del riego ha sido del 50% (D50), la mayor limitación del riego, donde más aumentan los °Brix y la acidez del zumo.

El aumento de SS como consecuencia de la restricción del riego se encontró también en estudios de cítricos de autores como Mossad (2020) y Nagaz et al., (2020).

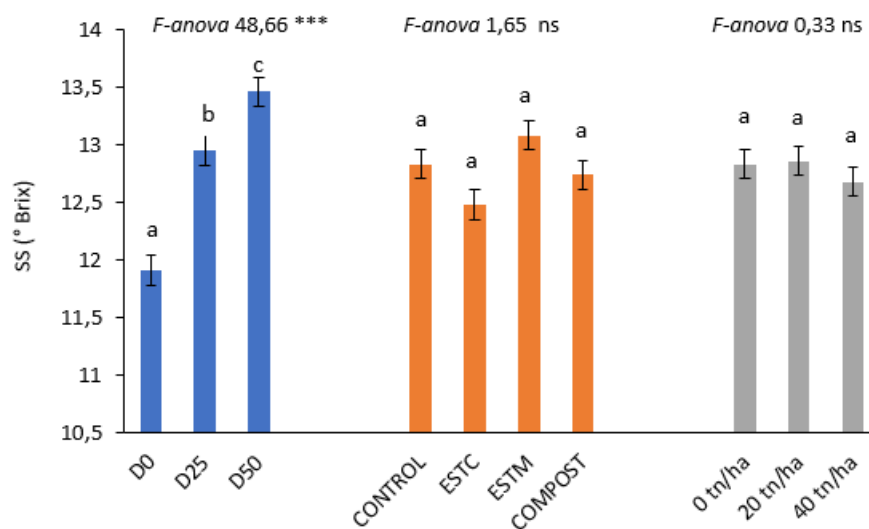


Figura 48. Sólidos solubles (°Brix), en función de las variables riego y fertilización. (Fuente: Elaboración propia).

Respecto al índice de color, como se observa en la Tabla 12, todos los tratamientos muestran valores superiores a (+) 7, por lo que se puede afirmar que en todos ellos predomina el color naranja.

Tabla 21. Índice de color en los frutos. (Fuente: Elaboración propia)

Variable	Tratamiento	IC
Riego	D0	8,41
	D25	8,29
	D50	7,97
Fertilización	CONTROL	8,18
	ESTC	8,12
	ESTM	8,32
	COMPOST	8,28
Dosis	0	8,17
	20	8,11
	40	8,32

4.5. Emisiones de Gases Efecto Invernadero en los suelos

Para la determinación de la acumulación de los diferentes gases en el suelo se han tenido en cuenta los resultados obtenidos de los diferentes muestreos llevados a cabo: el 15/03/2021, 02/06/2021, el 01/10/2021 y el 14/07/2022.

El estudio estadístico de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se realizó mediante un modelo lineal generalizado, el cual no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Con el objetivo de interpretar los resultados obtenidos de las emisiones del cultivo de mandarina y comparar los efectos de los tratamientos empleados, se estableció un baremo, el cual se muestra en la Tabla 23, para obtener una puntuación para cada día que se muestrearon gases (días 0, 79, 200 y 486, que corresponden a los días 15/03, 02/06, 01/10 de 2021 y 14/07 de 2022,) y así poder valorar el peso de los gases determinados para cada una de las variables (tipo de enmienda, dosis y tiempo de riego).

Tabla 22. GEI (CH₄, CO₂, N₂O) en los diferentes muestreos de suelo.
(Fuente: Elaboración propia)

Tratamiento	Dosis (tn/ha)	1º Muestreo (15/03/2021)			2º Muestreo (02/06/2021)			3º Muestreo (01/10/2021)			4º Muestreo (14/07/2021)		
		mg CH ₄ (m ² día)	mg CO ₂ (m ² día)	mg N ₂ O (m ² día)	mg CH ₄ (m ² día)	mg CO ₂ (m ² día)	mg N ₂ O (m ² día)	mg CH ₄ (m ² día)	mg CO ₂ (m ² día)	mg N ₂ O (m ² día)	mg CH ₄ (m ² día)	mg CO ₂ (m ² día)	mg N ₂ O (m ² día)
Estiércol Cuenca	20	-0,185	1000	16	1,071	1627	45	-0,309	1537	0,10	0,018	508	0,29
	40	0,452	611	6	0,600	1701	28	0,693	2614	1,74	0,332	247	-0,23
Estiércol Murcia	20	0,591	1100	5	1,274	559	12	0,526	1121	-0,38	0,997	469	-0,30
	40	1,025	1845	10	1,902	928	7	0,471	1609	0,86	0,886	397	-0,24
Enmienda	20	-0,277	399	1	0,268	530	4	-0,111	1016	0,47	0,139	397	0,08
	40	-0,905	698	3	0,129	305	1	1,505	1875	0,98	0,009	267	0,01
Control sin MO	0	-0,886	869	1	0,323	81	1	0,582	181	-0,02	0,139	43	-0,17

Tabla 23. Puntuación para valorar el peso de los GEI, en función del potencial de cada gas. (Fuente: GIAMA)

	CO₂	CH₄	N₂O
Más baja	0	0	0
Intermedia	1	2	2
Más alta	3	4	4

Aplicando estas puntuaciones, se obtienen los resultados de los diferentes tratamientos en la emisión de N₂O, CH₄ Y CO₂, que se pueden observar en la Tabla 24.

Tabla 24. Valores para los diferentes tratamientos en la emisión de GEI, obtenidos tras la ponderación. (Fuente: Elaboración propia)

Tratamiento	Dosis (tn/ha)	Puntuación Total	Puntuación CH ₄	Puntuación CO ₂	Puntuación N ₂ O
Estiércol Cuenca	20	24	4	6	14
	40	26	8	8	10
Estiércol Murcia	20	20	10	6	4
	40	28	14	6	8
Enmienda	20	13	4	3	6
	40	14	4	4	6
Control sin MO	0	5	4	1	0

De igual forma, en la Tabla 25 se observan los resultados obtenidos en las diferentes reducciones de riego en la emisión de N₂O, CH₄ Y CO₂.

Tabla 25. Valores para las reducciones de riego en la emisión de GEI, obtenidos tras la ponderación. (Fuente: Elaboración propia)

	Puntuación total	Puntuación CH ₄	Puntuación CO ₂	Puntuación N ₂ O
D0	17	0	9	8
D25	26	12	6	8
D50	18	5	5	8

En cuanto a la emisión de metano, en general los estiércoles presentaron una mayor emisión de este gas, lo que era de esperar al tratarse enmiendas que suponen un aporte de materia orgánica fresca y lábil al suelo, es decir, de fácil descomposición. Además, se observa una relación con la dosis de aplicación, obteniendo valores más altos para la emisión de CH₄ en las aplicaciones de 40 tn/ha de estiércoles.

Respecto a la aplicación de la enmienda, a 20 tn/ha y a 40 tn/ha, las subparcelas mostraron una emisión de CH₄ igual al Control sin fertilización. Esta emisión ha resultado baja, mostrando algunos de los tratamientos (Enmienda 20 tn/ha, Enmienda 40 tn/ha) un efecto sumidero en el primer y tercer muestreo.

El comportamiento del suelo como sumidero de metano se relaciona comúnmente con condiciones aerobias, donde suceden procesos de metanotrófia, en los que se usa el metano como fuente de carbono (Carvajal et al., 2020), donde bacterias aerobias y enzimas que utilizan el metano como fuente de C y energía, oxidan el CH₄ hasta CO₂ (Svetlana et al., 2011). Este efecto se ha observado en ensayos realizados en suelos

mediterráneos (Sánchez – Martín et al., 2010; Meijide et al., 2017). Bajo las condiciones de ensayo, la aparición de condiciones anaerobias, así como una posible metanogénesis se podrían relacionar con la saturación de poros del suelo a consecuencia del riego, hecho que sucedió en el ensayo realizado por Carvajal et al., (2020), ya que la actividad de los organismos metanogénicos varía en función de la humedad y aireación del suelo (Sanhuenza y Donoso, 2006; Castro et al., 2000). Por esta razón, en este estudio, las mayores emisiones de CH₄ deberían haber correspondido con las subparcelas en las que no se disminuyó el riego, sin embargo, las mayores emisiones se determinaron en los tratamientos con un 25% de reducción de riego (D25). Esto puede deberse a una serie de factores, relacionados con la emisión de metano, como: (1) Tipo de suelo, que influye en el drenaje y porosidad (Mer y Roger, 2001), de modo que autores como Martínez et al., (2008) han observado una mejora de la capacidad de drenaje de suelo a los que se les ha aplicado una enmienda; (2) La temperatura del suelo, ya que se ha de contar con una temperatura óptima (20°C) para la producción de metano por bacterias metalogénicas (Liu et al., 2017), ya que los muestreos de GEI se realizaron en meses donde la temperatura del suelo es superior a la óptima; (3) Tipo de N y dosis de aplicación, ya que es posible que las bacterias involucradas en el ciclo del N compitan por el oxígeno con las bacterias metanótrofas (Aronson y Helliker, 2010); (4) la naturaleza de la materia orgánica aportada en la enmienda. En el caso del compost, es probable que el C aportado se encuentre en las estructuras denominadas húmicas, las más estables (Martínez et al., 2008), mientras que en los estiércoles es fácilmente utilizable por las bacterias metanogénicas.

La emisión de CO₂ fue también más alta en los estiércoles que en la enmienda, y los valores más bajos de emisión se presentaron en el Control sin fertilización, como era de esperar, ya que el aporte de materia orgánica fresca por parte de los estiércoles pudo llevar a una mayor emisión de CO₂ como producto de la degradación aerobia de la misma.

Observando la variable riego, se obtuvo una mayor emisión en las subparcelas en las que no se redujo este parámetro (D0). Esto indica que incluso a esta dosis de riego, el sistema utilizado mediante goteo, permite un correcto proceso de humectación - desecación del suelo, sin largos periodos de saturación del mismo, lo que supone un balance agua-aire adecuado, y permite el desarrollo de las plantas (Cerisola et al., 2005).

En cuanto a la emisión de óxido nitroso, las mayores pérdidas de Nitrógeno se observaron en las subparcelas tratadas con estiércol de Cuenta (ESTC), independientemente de la dosis de aplicación. Respecto a la variable riego, no se encuentran diferencias para la emisión de N_2O , alcanzando los tres riegos (D0, D25, D50) el mismo valor exacto. Esto corrobora que cualquiera de las tres dosis de riego permite un correcto proceso de desecación - humectación, ya que este es uno de los factores que se ha demostrado (Aguilera et al., 2018) más puede influir en los procesos de nitrificación y desnitrificación. Estas mayores pérdidas por emisión de N se reflejaron en la evolución del contenido en NTK del suelo, donde en los tratamientos con ESTC se observaron pérdidas de NTK en el suelo para 20 tn/ha y 40 tn/ha. Mientras, las bajas emisiones encontradas en las subparcelas tratadas con enmienda permitieron un incremento del NTK para la aplicación de 20 tn/ha y 40 tn/ha. El correcto ajuste de la fertilización nitrogenada es una de las prácticas aconsejadas dentro del Real Decreto 1051/2022 para la nutrición sostenible en los suelos agrarios, además de ser habitualmente utilizada como una medida de mitigación de emisiones de N_2O en entornos mediterráneos (Sanz-Cobena et al., 2017).

De los resultados obtenidos, se deduce que además de la dosis de aplicación, también es importante la naturaleza y formas del nitrógeno aportado, por lo que es aconsejable hacerlo a través de enmiendas como el compost, que han sido previamente tratadas y presentan formas más asimilables y mayor estabilidad del contenido de materia orgánica, además diversos autores (Castelo et al., 2016; Corral et al., 2016) coinciden que la incorporación de enmiendas (compost) puede suponer una recuperación de las propiedades del suelo. El cuanto a la variable riego, se observa la misma tendencia.

En las Figuras 49 y 50 se representa la emisión acumulada de los tres GEI, expresados como $kg CO_2eq$, calculados según los factores de emisión para N_2O (265) y CH_4 (28) publicados por la IPCC en el Sexto Informe de Evaluación (AR6-2022). Los resultados se expresan en $kg CO_2eq$, ya que este es el gas con mayor influencia en el calentamiento global (MAPA, 2016).

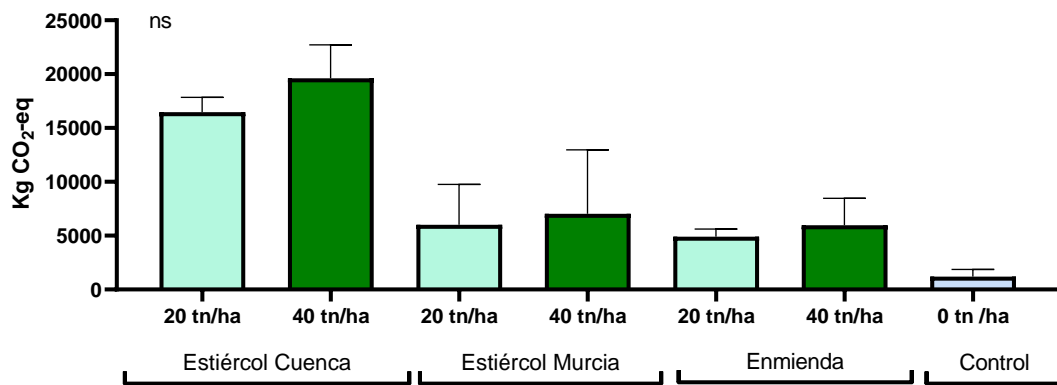


Figura 49. Gráfica de emisión acumulada (Kg CO₂-eq) por tratamiento. (Fuente: Elaboración propia).

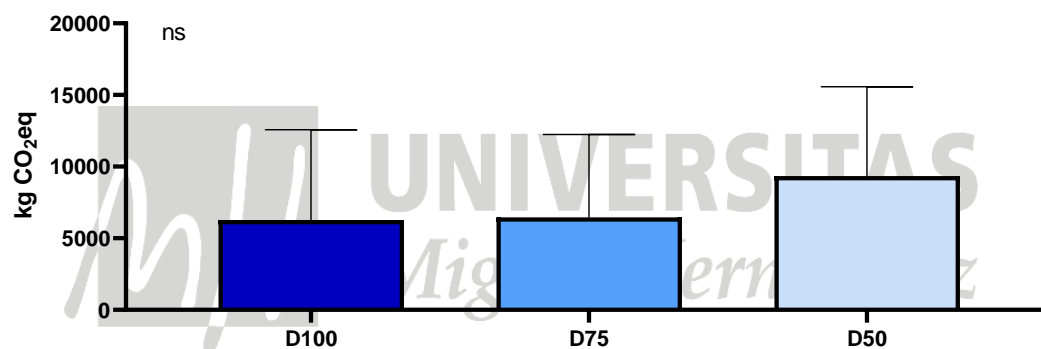


Figura 50. Gráfica de emisión acumulada (Kg CO₂-eq) por reducción de riego. (Fuente: Elaboración propia).

Al expresar las emisiones como kg CO₂eq, no se obtienen diferencias significativas para la variable fertilización ni riego. Pero sí se pueden observar los tratamientos con mayor potencial de efecto invernadero, y por tanto mayor huella de carbono, empleada para determinar las emisiones de los GEI, expresada en kg CO₂eq.

Los estiércoles, especialmente el ESTC muestra una mayor emisión acumulada, debido principalmente a la mayor emisión de CH₄ y N₂O, y el gran potencial de efecto invernadero de ambos gases. Mientras la aplicación de enmienda muestra una menor emisión acumulada al final del ensayo, más cercana al control sin fertilización, por lo que probablemente sea el tratamiento económicamente más viable de los testados.

5. *CONCLUSIONES*



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

5. CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos, se deducen las siguientes conclusiones:

De las variables observadas, el riego es la que presenta diferencias representativas, tanto en los parámetros físicos como en la productividad y calidad del fruto. Sin embargo, se observa que la fertilización no ha influenciado demasiado en los resultados obtenidos.

- El riego ha supuesto un parámetro significativo en el descenso del rendimiento del mandarino, aunque no proporcionalmente a la reducción de esta variable.
- De los 3 tratamientos de riego aplicados, los mayores rendimientos se han obtenido con el riego al 100%, sin aplicar ninguna reducción.
- Aplicar compost como fertilizante ha supuesto una disminución del rendimiento por árbol, y una menor calidad de la fruta en comparación con la fertilización con estiércol de vaca.
- Respecto al tipo de fertilización, en base a los resultados obtenidos, es preferible el uso de estiércol de vaca.
- El Nitrógeno Total Kjeldahl ha aumentado a medida que se ha restringido la dosis de riego, suponiendo $D50 > D25 > D0$.
- Para el Carbono Orgánico y Materia Orgánica se han observado aumentos a medida que ha disminuido el tiempo de riego.
- El aporte de enmiendas orgánicas ha supuesto una leve disminución del pH del suelo.
- Respecto a la CE de las materias empleadas como enmiendas, el ESTC ha mostrado una mayor CE.
- La aplicación de enmiendas orgánicas no ha mostrado diferencias significativas en las concentraciones de los microelementos.

Respecto al análisis foliar para determinar el estado nutricional de las plantas ha resultado:

- Un aumento del riego supone un aumento del contenido de los nutrientes.
- Una mayor restricción del riego, supone una mayor concentración de N en hojas.
- Se han presentado concentraciones muy elevadas de N, mientras que las de P y K han sido normales.

- Se han obtenido valores muy bajos de Zn y Cu, y elevados de micronutrientes como el Fe y el Mn.

Respecto al almacenamiento de C en el suelo:

- La mayor acumulación de carbono en el suelo se da en el tratamiento con enmienda orgánica, por ser la que mayor C.orgánico presenta.
- El stock de C aumenta a medida que se restringe la dosis de riego.
- Las diferentes prácticas del suelo afectan al stock del C en el suelo
- El almacenamiento del carbono en el suelo que contribuye a la disminución de GEI.

Los parámetros de rendimiento y calidad de frutos se han visto influenciados por la variable riego, sin embargo, la variable fertilización apenas ha tenido influencia.

- Los mayores rendimientos se han obtenido donde no se ha producido disminución del tiempo de riego, obteniendo los menores rendimientos en los tratamientos con el 50% de reducción, así como el peso de los frutos, obteniendo como resultado, frutos más pequeños en el tratamiento D50.
- Analizando la acidez y el contenido en sólidos solubles del zumo, se observa un aumento de ambos con la disminución del riego.

Respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero:

- La emisión de metano ha resultado baja, mostrando los tratamientos con Enmienda un efecto sumidero, en dosis 20 tn/ha y 40 tn/ha.
- Las mayores emisiones de metano están relacionadas con la aplicación de dosis mayores de enmienda.
- Las mayores emisiones de metano se han dado en las subparcelas con una reducción del 25% de riego.
- La emisión de dióxido de carbono ha sido mayor en las subparcelas a las que se les ha aplicado estiércol que en las que se ha aplicado enmienda.
- La mayor emisión del CO₂ ha sido mayor en aquellas zonas a las que no se ha aplicado reducción del riego.
- Las mayores pérdidas de nitrógeno se han observado en las subparcelas tratadas con Estiércol de Vaca procedente de Cuenca.

- En cuanto a la variable riego, no se encuentran diferencias para la emisión de óxido nitroso.

En conclusión, las propiedades del suelo se vieron afectadas por el parámetro del riego, mientras que la variable fertilización no mostró grandes diferencias significativas. Al obtener interacciones significativas en el análisis multivariante, se analizaron individualmente las variables, observando como el tiempo de riego suponía un condicionante en la producción.

Para una correcta justificación de la influencia de los parámetros estudiados, este estudio ha de planificarse a largo plazo para obtener conclusiones más precisas, y así mejorar el manejo agronómico de la parcela en la que se ha realizado el ensayo.



6. BIBLIOGRAFÍA



6. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2015). El suelo y el cambio climático. Recuperado de:
<http://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambio-climatico>
- Aguilera, E., Lassaletta, L., Sanz-Cobena, A., Garnier, J., & Vallejo, A. (2013). The potential of organic fertilizers and water management to reduce N₂O emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 32–52.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.006>
- Aguilera, S.M. (2000) Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín No. 14. Valdivia, 77-85.
- Agustí, M. (2003). Citricultura. Mundi-Prensa Libros.
- Agustí M, Almela V, Aznar J, Veres V. 1995. Desarrollo y tamaño final de fruto en los agrios. Serie Divulgación Técnica 32. Valencia: Generalitat Valenciana.
- Almudena. (2023, 11 enero). Soluciones para eliminar la araña roja en cítricos - Certis Belchim. Certis Belchim. <https://certisbelchim.es/soluciones-para-eliminar-la-arana-roja-en-citricos/>
- Alvarez-Gerding, X., Espinoza, C., Inostroza-Blancheteau, C., & Arce-Johnson, P. (2015). Molecular and physiological changes in response to salt stress in *Citrus macrophylla* W plants overexpressing *Arabidopsis* CBF3/DREB1A. *Plant Physiology and Biochemistry*, 92, 71–80.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.04.005>
- Álvarez. G. M. (2019). Análisis de factores que influyen en el secuestro de carbono en los suelos y su relación con la composición molecular de la materia orgánica. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=259822>
- *Anuario*. (2019). Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/default.aspx>

- Aronson, E. L., & Helliker, B. R. (2010). Methane flux in non-wetland soils in response to nitrogen addition: a meta-analysis. *Ecology*, 91(11), 3242-3251. <https://doi.org/10.1890/09-2185.1>
- Batjes, N. H. (2014). Batjes, N. H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 47, 151–163. *Reflections by N.H. Batjes. European Journal of Soil Science*, 65(1), 2–3. <https://doi.org/10.1111/ejss.12115>
- Bernal, M., Albuquerque, J., & 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>
- Blair, G. J., Lefroy, R. D. B., & Lisle, L. (1995). Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian journal of agricultural research*, 46(7), 1459. <https://doi.org/10.1071/ar9951459>
- BOE-A-2022-23052 Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios. (s/f). Boe.es. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-23052>
- BOE-A-2022-5809 Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. (s/f). Boe.es. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5809>
- BOE-A-2013-7540 Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes. (s/f). Boe.es. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2013-7540>
- Bono, R., Soler, J. & Fernández-de-Córdova, L. (1990). Variedades de agrios cultivadas en España. Valencia: Generalitat Valenciana, I.V.I.A.
- Bremner, J., & Britebeck, G. (1983). A simple method for determination of amonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. *Commun Soil Sci. Plan*, 905-913.
- Bremner, J. & Yeomans, J. (1989). A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.

- Bridlestone, A.J. y Gray, K.R. 1991. *Aerobic processing of soild organic wastes for the production of a pear alternative. Process Biocheem.*, 26, 275-279.
- Businelli, M., Gigliotti, G. & Giusquiani, P. L., 1990. Aplicazione del compost da RSU in agricultura. I: effetto sulla produttività del mais e desino dei nutrienti e dei metalli pesanti nel terreno. *Agrochimica* 35 (1-2-3), 13-25.
- 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>
- Cabrera, E. (2011). “El binomio agua-energía. ¿Un asunto de moda o de interés real?”. Fundación Ciudadanía y Valores, 21pp.
- Calvo García-Tornel, F. (2006). *Sureste español: Regadio, tecnologías hidráulicas y cambios territoriales*. Scripta Nova. revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-04.htm>
- Camacho, M. J. B., Cabalceta-Aguilar, G., & Molina-Rojas, E. (2015). Efecto de las enmiendas líquidas en un Ultisol cultivado con sorgo. *Agronomía mesoamericana*, 26(2), 291. <https://doi.org/10.15517/am.v26i2.19322>
- Caro Bohórquez, J. (2006). Análisis foliar para el diagnóstico nutricional de las plantaciones de los cítricos. Toma de muestras. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca, 1 – 4.
- Caro Bohórquez, J. (2008). *El análisis foliar para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Toma de muestras. SERVIFAPA - Plataforma de asesoramiento y transferencia del conocimiento agrario y pesquero en andalucía*. (2008, 1 enero). Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía.
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/75692c69-829c-47cf-8609-ea5cac21a76f>
- Carrasco, M.A., (1992). El suelo como sistema químico. Publicaciones Misceláneas Agrícolas N° 38, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 345 p.

- Carrillo Cobo, M. T., Rodríguez Díaz, J. A., Montesinos, P., López Luque, R., & Camacho Poyato, E. (2010). Low energy consumption seasonal calendar for sectoring operation in pressurized irrigation networks. *Irrigation Science*, 29(2), 157–169. <https://doi.org/10.1007/s00271-010-0228-2>
- Castro, M. S., Gholz, H. L., Clark, K., & Steudler, P. A. (2000). Effects of forest harvesting on soil methane fluxes in Florida slash pine plantations. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(10), 1534-1542. <https://doi.org/10.1139/cjfr-30-10-1534>
- Carvajal, M. J., Santos, J. L., Torres, J. P., Atencia, J. M., Jaramillo-Barrios, C. I., & Del Pilar Hurtado, M. (2020). Flujos de metano en suelos con coberturas de pastos en el norte de Colombia. *Agronomía mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.38387>
- Castelo-Gutiérrez, A. A., García-Mendivil, H. A., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F., Arellano-Gil, M., Figueroa-López, P., & Gutiérrez-Coronado, M. A. (2016). Compost de residuos de champiñón como mejorador de suelo y biofertilizante en producción de tomate. *Revista Chapingo. Serie: Horticultura*. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.06.012>
- Caviglia, O.P., Wingeyer, A.B. & Novelli, L. E. (2016). El rol de los suelos agrícolas frente al cambio climático. *Serie de Extensión INTA Paraná*. 78:27-32.
- Cerisola, C., García, M. L., & Filgueira, R. R. (2005). Distribución de la porosidad de un suelo franco arcilloso (alfisol) en condiciones semiáridas después de 15 años bajo siembra directa. *Ciencia del suelo*, 23(2), 167-178. http://scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672005000200007
- 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 & Environment*, 236, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.021>
- 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 & Environment*, 236, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.11.021>

- Chen, Y., Camps-Arbestain, M., Shen, Q., Singh, B., & Cayuela, M. L. (2018). The long-term role of organic amendments in building soil nutrient fertility: a meta-analysis and review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 111(2-3), 103-125. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9903-5>
- Chen, H., Hou, R., Gong, Y., Li, H., Fan, M., & Kuzyakov, Y. (2009). Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China. *Soil & Tillage Research*, 106(1), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.09.009>
- Chocano, C., García, C., González, D., de Aguilar, J. M., & Hernández, T. (2016). Organic plum cultivation in the mediterranean region: The medium-term effect of five different organic soil management practices on crop production and microbiological soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 60-70.
- CHS (Confederación Hidrográfica del Segura). <http://www.chsegura.es>. Acceso enero 2022.
- Confederación Hidrográfica del Segura (2019). Informe Control Adicional de Zonas Protegidas. *Aguas Superficiales*. 8 (5), 55.
- Confederación Hidrográfica del Segura (2020). Informe Anual 2020. Aguas subterráneas.
- Coppens, F., Garnier, P., De Gryze, S., Merckx, R., & Recous, S. (2006). Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. *European journal of soil science*, 57(6), 894-905.
- Corral, A., Flores, M. D., Téllez, R. M., Bustillos, C. G., & Hernández, R. F. D. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 441-456. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57347465006.pdf>
- Costa F., García C., Hernández T., Polo A., 1991. Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización. CEBAS-CSIC, Murcia.
- Cubillo M.T. (2013). Genómica en cítricos. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*, (Ejemplar dedicado a: XII Congreso Internacional de Cítricos) 415: 19-22.

- Cultivo de cítricos. (s/f). AZUD. Recuperado de:
<https://azud.com/cultivo/citricos/>
- De Campos, B. C., Amado, T. J. C., Bayer, C., Da Silveira Nicoloso, R., & Fiorin, J. E. (2011). Carbon stock and its compartments in a subtropical oxisol under long-term tillage and crop rotation systems. *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo*, 35(3), 805-817. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832011000300016>
- De Servicios, C. (2019, 4 abril). Relación Carbono-Nitrógeno en los agroecosistemas. *Cultivos de Servicios*.
<http://cultivosdeservicios.agro.uba.ar/relacion-carbono-nitrogeno-en-los-agroecosistemas/>
- Delgado, A., y Gómez, J.A. (2017). El suelo. propiedades biológicas, físicas y químicas. En F.J. Villalobos Martín, y E. Fereres Castiel. *FITOTECNIA. Principios de agronomía para una agricultura sostenible* (p. 628). Córdoba: Mundiprensa.
- Ding, Z., Ali, E. F., Elmahdy, A., Ragab, K., 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, 106626. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106626>
- Dorado Guerra, D., Grajales, L. C., & Ríos Rojas, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica ciencia y tecnología agropecuaria*, 16(1), 87–93. https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:382
- Epstein, E. (1997). *The Science of Composting*. *Agricultural Sciences*, 6(4), 504.
- FAO. (2020). FAO. Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/>
- Farías Tapia, R., Olivás Sánchez, M. P., Flores Margez, J. P., Martínez Ruiz, N. D. R., & Álvarez Parrilla, E. (2019). Efecto de la salinidad y nitrógeno inorgánico del suelo en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de *Lycium berlandieri*. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 37(1), 81.
<https://doi.org/10.28940/terra.v37i1.388>
- Fonfría, M. A. (2003). *Citricultura*. Mundi-Prensa Libros. Agustí, M. (2012). *Citricultura* (2ª ed., 1ª imp ed.). Mundi-Prensa.

- Forner-Giner, M.A. , Alcaide, A. , Primo-Millo, E , Forner, J.B. Rendimiento de la naranja Navelina sobre 14 portainjertos en el norte de Valencia (España). *Ciencia Hortico.*, 98 (2003) , págs. 223 – 232.
- Gamarra, C. C. E., Lezcano, M. I. D., De Ortiz, M. V., Del Pilar Galeano, M., & Cardús, A. J. N. C. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- García-Serrano Jiménez, P. G. S., Marino, R. M. A. M. D. M. E. Y. Y., & España Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Centro de Publicaciones.
- Gaspar, T. V., Hernando, F. M., Alonso, P. R., Moreno, E. R., Torres, J. M. Á., & Moreiras, G. V. (2018). La alimentación española: características nutricionales de principales alimentos de nuestra dieta. Gobierno de España, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Gil, A., Monterroso, C. & Macias, F. (2000). Revegetation of mine soils with energetic crops: Implications for carbon fixation in soil and biomass. *Proceedings of 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*. Sevilla. 381-383.
- Gimeno, V., Díaz-López, L., Simón-Grao, S., Martínez, V., Martínez-Nicolás, J., & García-Sánchez, F. (2014). Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of *Citrus macrophylla* L. seedlings to drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 308–315.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.08.008>
- Gómez, R. L. (2020, 15 octubre). Mejoramiento genético de los cítricos: millones de años de evolución. *Revista agronómica del noroeste argentino*.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S2314-369X2020000200071&script=sci_abstract&tlng=en
- Gómez, R. L., Sendín, L. S., Ledesma, V. A., Romero, L. A., & Filippone, M. P. (2020). Mejoramiento genético de los cítricos: millones de años de evolución. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 40(2), 71-91.
- González-Ubierna, S.; Jorge-Mardomingo, I.; de la Cruz, M.T.; Valverde, I.; Casermeiro, M.A. Sewage sludge application in Mediterranean agricultural Soil:

- Effects of dose on the soil carbon cycle. *International Journal of Environmental Research. Journal of Soil and Sediments*. 2013; 7 (4): 945-956.
- Gotaas, H. (1956). *Composting: Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Waste*.
- Graetz, H. A., 1997. *Suelos y Fertilización*. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p
 - Griffin, G., Jolela, W., Ross, D., Pettinelli, D., Morris, T., Wolf, A. (2011). Recommended Soil Nitrate tests. In: *Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States*, Chapter 4. *Northeastern Regional Bulletin*. University of Delaware, College of Agriculture and Natural Resources, Newark, United States of America. 3rd ed., 27-38.
 - Gros, A., Domínguez, A., 1992. *Abonos guía práctica de la fertilización*. 8va. edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
 - Hannet, G., Singh, K., Fidelis, C., Linden, M. A., 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>
 - Hargreaves J., Adl M., Warman P. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, volumen 123 (número 1), 2008:1- 14.
 - Hernández Hernández, H, Orduz Prada, J, Zapata Lesmes, H, y Duarte Ortega, M. (2011). *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia* /. [Bogotá]: Unidad de Planeación Minero Energética. ISBN:9789588504599.
 - Hernández Z., Almendros G., Álvarez A., Figueiredo T., Carral P., 2019. Soil carbon stabilization pathways as reflected by the pyrolytic signature of humic acid in agricultural volcanic soils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 137:14–28.
- Hidalgo, R. R. (2020). Indicadores físicos e hídricos y uso del suelo en los frutales. *Suelos Ecuatoriales*, 50(1y2), 40–53. [https://doi.org/10.47864/se\(50\)2020p40-53](https://doi.org/10.47864/se(50)2020p40-53) 119

- Informes de Evaluación del IPCC. (s/f). Gob.es.
https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/Cclimatico/informe_ipcc.aspx
- Ivankin, A. N., Pandya, U., & Saraf, M. (2014). Intensification of Aerobic Processing of the Organic Wastes into Compost. *Sustainable Development and Biodiversity*, 23–42. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08004-8_2
- Jorge-Mardomingo, I., Jiménez-Hernández, M. E., Moreno, L. A., De La Losa, A., De La Cruz, M. V., & Casermeiro, M. Á. (2015). Application of high doses of organic amendments in a Mediterranean agricultural soil: An approach for assessing the risk of groundwater contamination. *ResearchGate*, 131, 74-83.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.03.013>
- Keeling, A. A., Paton, I. R., & Mullett, J. A. (1994). Germination and growth of plants in media containing unstable refuse-derived compost. *Soil Biology & Biochemistry*, 26(6), 767-772. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90271-2](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90271-2)
- Kern, J. S., & Johnson, M. G. (1993). Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Science Society of America Journal*, 57(1), 200-210.
- Kirby, K. R., & Potvin, C. (2007). Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest Ecology and Management*, 246(2-3), 208-221.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.072>
- La Scala, N., Lopes, A., Spokas, K. A., Archer, D. B., & Reicosky, D. C. (2009). Short-term temporal changes of bare soil CO₂ fluxes after tillage described by first-order decay models. *European Journal of Soil Science*, 60(2), 258-264.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01102.x>
- 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. (2015). Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>

- 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), 276–285. <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.276>
- Lasallista, C. U. (2012). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Corporación Universitaria Lasallista.
- Legaz, F y Primo-Millo, E (2000). Criterios para la fertilización de los cítricos en riego localizado por goteo. En: Curso de fertirrigación de Cítricos. Phytoma-España. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Universidad Politécnica de Valencia.
- Legua, P., Forner, J., Hernández, F., & Forner-Giner, M. (2014). Total phenolics, organic acids, sugars and antioxidant activity of mandarin (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.): Variation from rootstock. *Scientia Horticulturae*, 174, 60–64. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.004>
- Lehrs, G. A., & Kincaid, D. C. (2007). Compost and Manure Effects on Fertilized Corn Silage Yield and Nitrogen Uptake under Irrigation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(15-16), 2131-2147. <https://doi.org/10.1080/00103620701548977>
- Lessard, R., Gignac, L. D. & Rochette, P. (2006). El ciclo del carbono: Midiendo el flujo del CO₂ del suelo. Recuperado de <https://greenteacher.com/article%20files/elciclodelcarbono.pdf>
- Linden, M. A., Wallace, H. M., Xu, C., Nguyen, T. H. O., Tavakkoli, E., Joseph, S., & Bai, S. H. (2018). Short-term effects of organo-mineral enriched biochar fertiliser on ginger yield and nutrient cycling. *Journal of Soils and Sediments*, 19(2), 668-682. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2061-9>
- Lista Europea de Residuos (L.E.R.) - Calidad Ambiental - Generalitat Valenciana. (s/f). Calidad Ambiental. Recuperado de <https://agroambient.gva.es/es/web/calidad-ambiental/lista-europea-de-residuos>
- 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://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.01.012>

- López, M., Soliva, M., Martínez-Farré, F.X., Fernández, M., Huerta-Pujol, O., 2010. Evaluation of MSW organic fraction for composting: Separate collection or mechanical sorting. *Resour. Conserv. Recycl.* 54 (4), 222-228.
- López Martínez., J. D., Díaz Estrada, A., Martínez Rubin, E., & Valdez Cepeda, R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Maas, E. V. (1993). Salinity and citriculture. *Tree Physiology*, 12(2), 195-216. <https://doi.org/10.1093/treephys/12.2.195>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1994). Métodos oficiales de análisis. Vol.III. Madrid: Secretaría Técnica General.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2016, 1 octubre). 08- Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora en una organización. <http://hdl.handle.net/10234/173602>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). Web del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Consultados: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-deinventario-sei-/Inventario-GEL.aspx>
- Marañés, A., Sánchez, J.A., de Haro, S., Sánchez, S., del Moral, F., (1998). Análisis de suelos. Metodología e interpretación. Universidad de Almería, Servicio de publicaciones. P 184.
- Marí, F. G. (2012). *Plagas de los cítricos* (1.^a ed.). Phytoma.
- Maroto, J.V. (1998). Historia de la Agronomía. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Martín, J. A. R., Arias, M. L., Corbí, J. M. G., España Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino Secretaría General Técnica, & Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (España). (2009). *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de los suelos agrícolas y pastos de España*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Martínez H, E., Fuentes E, J. P., & Acevedo H, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades Del suelo. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68–96. <https://doi.org/10.4067/s0718-27912008000100006>

- Martínez, E., Valle, S., Silva, P. y Acevedo, E., (2004). Evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de un suelo Mollisol asociadas a manejo en cero labranza. En: Evaluación de parámetros y Procesos Hidrológicos en el Suelo. La Serena, Chile. UNESCO, Paris. 95-100p.
- Material vegetal - Ministerio - mapa.gob.es. (s. f.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
<https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=5>
- Meijide, A., Gruening, C., Goded, I., Seufert, G., & Cescatti, A. (2017). Water management reduces greenhouse gas emissions in a Mediterranean rice paddy field. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 238, 168-178.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.017>
- Melgarejo, P. 2020. Apuntes de citricultura. E.U.I.T.A. (U.P.V.). Orihuela.
- Melián, A., De-Miguel, M. D., Ruiz, A. & Fernández-Zamudio, M. A. (2017). Uso eficiente del agua en los frutales del Sureste español. En: Pereira, J. A. (Ed). *Actas Portuguesas de Horticultura*, N.º 30, pp. 448-454. Lisboa: Asociación Portuguesa de Horticultura (APH)-SECH.
- Mer, J. L., & Roger, P. (2001). Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: A review. *European Journal of Soil Biology*, 37(1), 25-50.
[https://doi.org/10.1016/s1164-5563\(01\)01067-6](https://doi.org/10.1016/s1164-5563(01)01067-6)
- Monera Olmos, R.V., 1999. Cítricos valencianos, pura vitamina, fuente de salud. *Vida rural*, pp 26-29. De Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Moral Herrero, R. 2020. Apuntes de gestión de residuos. (UMH). Orihuela.
- Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Moreno, J. y Mormeneo, S. (2008). Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. De: Moreno, J., Moral R (Eds.) *Compostaje*, pp. 111-140. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Mossad, A., Frina, 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>

- Murillo, A. U., Llobet, J. B., Martín, A. E., & Serra, Á. B. (2010). Tecnología de suelos: estudio de casos. Universidad de Zaragoza.
- Nagaz, K., El Mokh, F., Ben Hassen, N., Masmoudi, M.M., Ben Mechila, N., Baba Sy, M.O., Belkheiri, O., & Ghilieri, 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>
- Nair, P. K. R., Nair, V. D., Kumar, B. M., & Showalter, J. M. (2010). Carbon Sequestration in Agroforestry Systems. En *Advances in Agronomy* (pp. 237-307). Elsevier BV. [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(10\)08005-3](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(10)08005-3)
- Orduz-Rodríguez, J. O., Monroy, J., Barrera, S., Núñez, V., & Ligarreto, G. (2012). Caracterización morfo-agronómica y molecular de mandarina ‘Arrayana’ en el piedemonte del Meta (Colombia). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 5–12. https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num1_art:234
- Otiniano, A. J., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA* (Chile). Volumen 24, No 1, Enero-Abril, 2006, 24(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- Pardo, G., Del Prado, A., Martínez-Mena, M., Bustamante, M. Á., Martín, J. P., 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 & Environment*, 238, 153-167. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.034>
- Parra, A. S. (2018). Modelación de los stocks de carbono del suelo y las emisiones de dióxido de carbono (GEI) en sistemas productivos de la Altilanura Plana. *Orinoquia*, 22(2), 158-171. <https://doi.org/10.22579/20112629.525>
- Pathania, S., & Singh, H. (2021). Evaluation and prediction of salinity tolerance behavior of citrus rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 289, 110422. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110422>
- Pedreño, J. N., Herrero, J. M., Universitat d’Alacant. Servei de Publicacions, Lucas, I. G., Beneyto, J. M., & Digitalia (Firm). (1996). *Residuos orgánicos y agricultura*. Universidad de Alicante.

- Pérez Murcia, M.D., Moral Herrero, R., Moreno Caselles, J., Pérez Espinosa, A., & Pareces, 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>
- Pérez-Jiménez, M., & Pérez-Tornero, O. (2020). Improved salt-tolerance in Citrus macrophylla mutant rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 259, 108815.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108815>
- Pérez-Tornero, O., Tallón, C. I., Porras, I., & Navarro, J. M. (2009). Physiological and growth changes in micropropagated Citrus macrophylla explants due to salinity. *Journal of Plant Physiology*, 166(17), 1923–1933.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.06.009>
- *Plagas de los cítricos*. (2020, 18 septiembre). Syngenta.
<https://www.syngenta.es/cultivos/citricos/plagas-de-los-citricos>
- Pocknee, S., & Sumner, M. E. (1997). Cation and Nitrogen Contents of Organic Matter Determine Its Soil Liming Potential. *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 86-92.
<https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010014x>
- Porta, J., López Acevedo, M., Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed: Mundiprensa, pp 167-202.
- Pozuelo, E. C. (2001). Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdo mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria. En TDX (Tesis Doctorals en Xarxa).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=7317>
- Prasad, V. M. (2016). *Citriculture (English Edition)*. Write & Print Publications.
- Rabot E., Wiesmeier M., Schlüter S., Vogela H.-J., 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma* 314:122–137.
- Reicosky, D. C., & Archer, D. B. (2007). Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil & Tillage Research*, 94(1), 109-121.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2006.07.004>
- Robert, M. (2001). *Soil carbon sequestration for improvement land management*. FAO. World Soil. Resources Report nº 96. Rome.

- Rodríguez, N. (2021, 6 mayo). *Los cítricos españoles conservan su posición líder en Europa*. ValenciaFruits.
<https://valenciafruits.com/citricos-espanyoles-conservan-posicion-lider-europa/>
- Rodriguez-Diaz, J. A., Camacho-Poyato, E., & Carrillo-Cobo, M. T. (2010). The role of energy audits in irrigated areas. The case of ‘Fuente Palmera’ irrigation district (Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2), 152.
<https://doi.org/10.5424/sjar/201008s2-1358>
- Rosell, RA. (1999). Materia orgánica, fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.
- Roussos, P. A., Dimitriou, G., & Voloudakis, A. E. (2011). Short communication. N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea(4-PPU) enhances in vitro direct shoot organogenesis of *Citrus aurantium* L. epicotyl segments compared to other commonly used cytokinins. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(2), 504.
<https://doi.org/10.5424/sjar/20110902-201-10>
- Rovira, P. (2017). *Secuestro de carbono en los suelos forestales: la reforestación de los terrenos baldíos contribuye a retirar carbono de la atmósfera*. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6046790>
- Ruiz de Gauna, G., Moreda, E., Talón, M. (2017, 1 junio). *Una investigación en genómica de cítricos sitúa a España como referente de innovación en el sector*. IVIA. <https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/4015>
- Sá Mendonça, E., Rowell, D. P., Martins, A. F. T., & Da Silva, A. A. (2006). Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. *Geoderma*, 132(1-2), 131-142.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.05.001>
- Sánchez-Martín, L., Sanz-Cobena, A., Meijide, A., Delgado, A., & Vallejo, A. (2010). The importance of the fallow period for N₂O and CH₄ fluxes and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated agroecosystem. *European Journal of Soil Science*, 61(5), 710-720. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2010.01278.x>
- Sanhueza, E., & Donoso, L. (2006). Methane emission from tropical Savannah *Trachypogon* sp. grasses. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6(12), 5315-5319.
<https://doi.org/10.5194/acp-6-5315-2006>

- Sanz-Cobena, A., Lassaletta, L., Aguilera, E., Prado, A. D., 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 & Environment*, 238, 5–24. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.038>
- Saña, J., & Soliva, M. (1987). *El compostatge*. Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient.
- Saunt, J. (1992). *Variedades de cítricos del mundo*. Edipublic.
- Scora, R. W. (1975). On the history and origin of Citrus. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 369-375.
- Shamaila, M., Baumann, T. E., Eaton, G. W., Powrie, W. D., & Skura, B. J. (1992). Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia. *Journal of Food Science*, 57(3), 696-699.
- SIGPAC (2021). Obtenido de <https://sigpac.mapama.gob.es/fega/visor/>
- Simal, J., Lage, M., and Iglesias, I. (1985). Second derivate ultraviolet spectroscopy and sulfamic acid method determination of nitrates in water. *J. Assoc Off. Anal. Chem*, 962-964.
- Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K., & Batten, K. M. (2006). Bacterial and Fungal Contributions to Carbon Sequestration in Agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), 555-569. <https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0347>
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H. L., Kumar, P., McCarl, B. A., Ogle, S. M., O'Mara, F. P., Rice, C. M., Scholes, B., Sirotenko, O. D., Howden, M., McAllister, T. A., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U. H., Towprayoon, S., Wattenbach, M., & Smith, J. (2007b). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1492), 789-813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>
- Soil Quality Institute (SQI). 1999. Soil Quality Test Kit Guide. USDA. U.S.A. 82 p.
- Soliva, M., López, M., Huerta, Q., (2008). Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje. En: Moreno, J. y Moral, R. (Eds.). *Compostaje*. Pp 75-92. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

- Soliva, M. (2011). Materia orgánica y compostaje. Control de la calidad y del proceso.
- Solórzano, A. C., Martín, A., Salazar, S. M., & Kirschbaum, D. S. (2015). Correlación entre la medida del color del fruto y la concentración de sólidos solubles totales en frutilla. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/279963151_Correlacion_entre_la_medida_del_color_del_fruto_y_la_concentracion_de_solidos_solubles_totales_en_frutilla_o_fresa_Fragaria_ananassa_Duch
- 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, 103925.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.103925>
- Stentiford E., De Bertoldi M. Composting process, en: Christensen T., *Solid Waste Technology & Management*, 1ra ed., United Kingdom, Blackwell Publishing Ltd., 2010, pp 515-532.
- Svetlana, N.D.; Dunfield, P.F. Chapter three—Facultative and Obligate Methanotrophs: How to Identify and Differentiate Them. In *Methods in Enzymology*; Rosenzweig, A.C., Ragsdale, S.W., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2011; Volume 495, pp. 31–44.
- Talon, M., & Gmitter, F. G. (2008). Citrus Genomics. *International Journal of Plant Genomics*, 2008, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2008/528361>
- 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>
- Torres, A. M., Soost, R. K., & Diedenhofen, U. (1978). Leaf isozymes as genetic markers in Citrus. *American Journal of Botany*, 65(8), 869-881.
- Torres, M. (2021, 28 julio). *La mutación que cambió la historia de las mandarinas*. El País.
<https://elpais.com/ciencia/2021-07-28/la-mutacion-que-cambio-la-historia-de-las-mandarinas.html>

- Universidad de Florida, EEUU. Plant Management in Florida Waters, citado por COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005. p 31-45.
- Unidiversidad. (s. f.). Reapareció la mosca del mediterráneo. Unidiversidad. <https://www.unidiversidad.com.ar/reaparecio-la-mosca-del-mediterraneo-activaron-protocolo-de-accion>
- Vázquez, J. M., & Loli, O. (2018). Compost and vermicompost as amendments in the recovery of a soil degraded by the management of *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Velez, J., Intrigliolo, D. S., & Castel, J. F. (2007). Scheduling deficit irrigation of citrus trees with maximum daily trunk shrinkage. *Agricultural Water Management*, 90(3), 197-204. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.03.007>
- Wong, M. H., Gibbs, P., Nortcliff, S., & Swift, R. S. (2000). Measurement of the acid neutralizing capacity of agroforestry tree prunings added to tropical soils. *The Journal of Agricultural Science*, 134(3), 269-276. <https://doi.org/10.1017/s0021859699007388>
- Wu, G. A., Prochnik, S., Jenkins, J., Salse, J., Hellsten, U., Murat, F., Perrier, X., Ruiz, M., Scalabrin, S., Terol, J., Takita, M. A., Labadie, K., Poulain, J., Couloux, A., Jabbari, K., Cattonaro, F., del Fabbro, C., Pinosio, S., Zuccolo, A., Rokhsar, D. (2014). Sequencing of diverse mandarin, pummelo and orange genomes reveals complex history of admixture during citrus domestication. *Nature Biotechnology*, 32(7), 656–662. <https://doi.org/10.1038/nbt.2906>
- Wu, G. A., Sugimoto, C., Kinjo, H., Azama, C., Mitsube, F., Talon, M., Gmitter, F. G., & Rokhsar, D. S. (2021). Diversification of mandarin citrus by hybrid speciation and apomixis. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24653-0>
- Wu, G. A., Terol, J., Ibanez, V., López-García, A., Pérez-Román, E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F. R., Carbonell-Caballero, J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Roose, M. L., Dopazo, J., Gmitter, F. G., Rokhsar, D. S., & Talon, M. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554(7692), 311–316. <https://doi.org/10.1038/nature25447>

- Zucconi, F. and De Bertoldi, M. (1987) Compost Specifications for the Production and Characterization of Compost from Municipal Solid Waste. In: De Bertoldi, M., Ferranti, M.P., L'Hermite, M.P. and Zucconi, F., Eds., Compost: Production, Quality and Use, Elsevier, London, 276-295.



ANEJOS



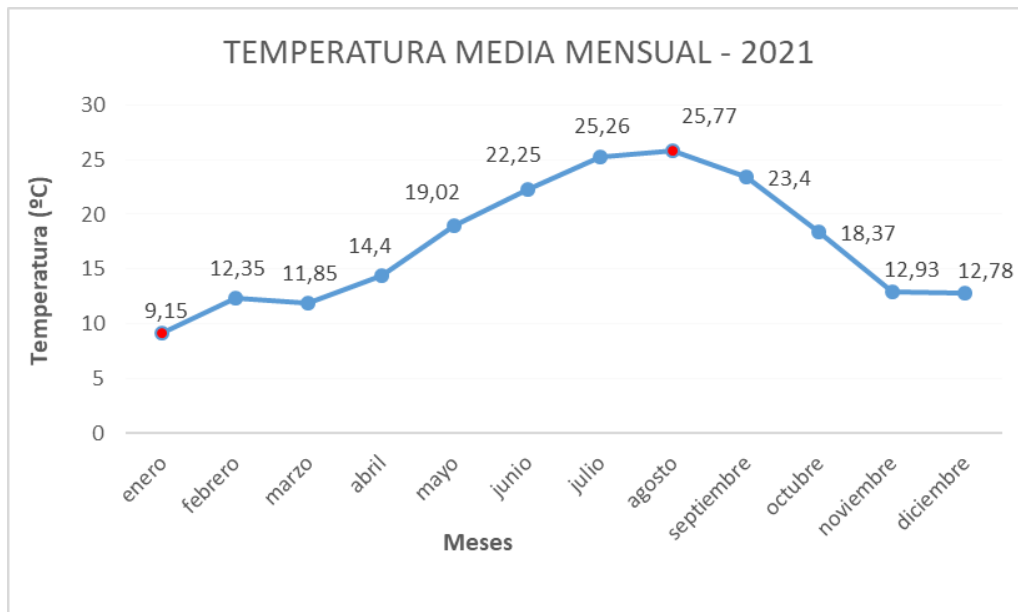


Figura 51. Gráfica temperatura media mensual, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

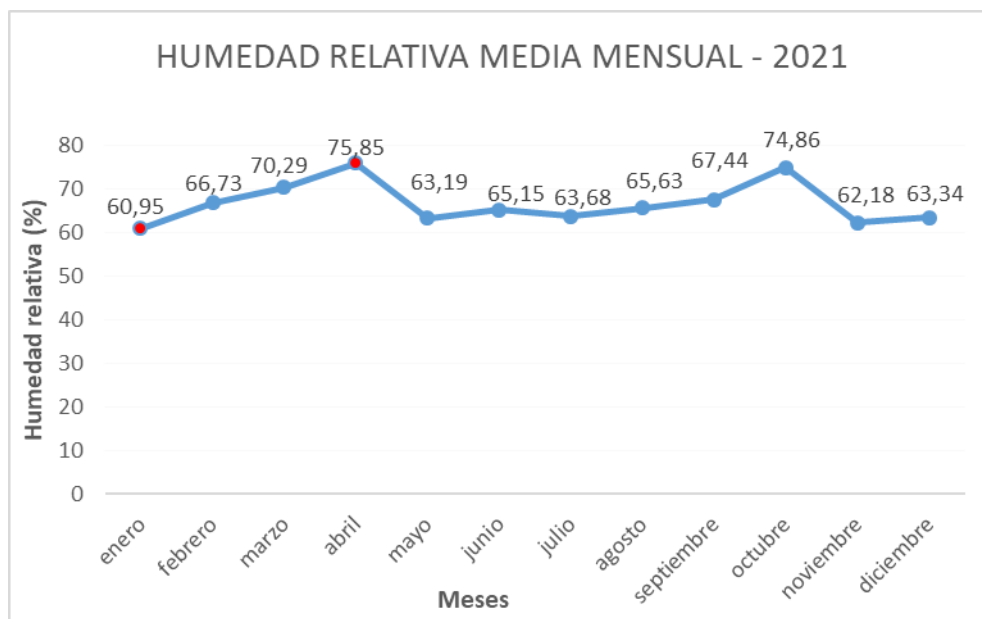


Figura 52. Gráfica HR media mensual, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

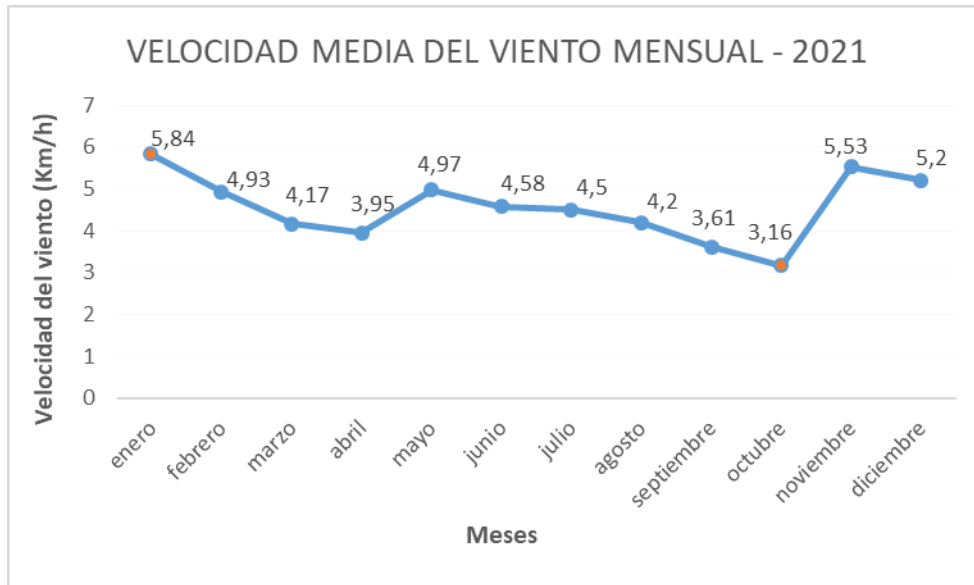


Figura 53. Gráfica velocidad del viento media mensual, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

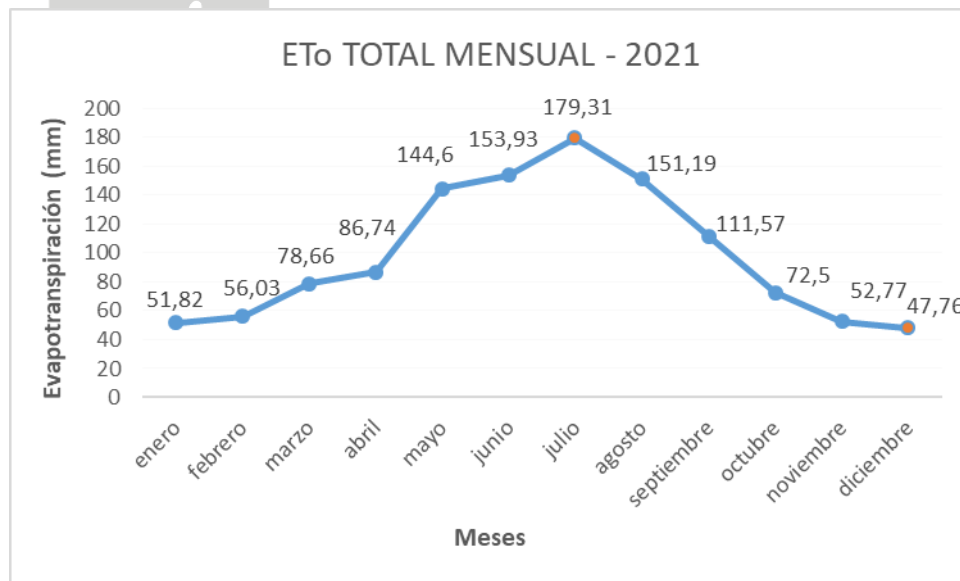


Figura 54. Gráfica ETo media mensual, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

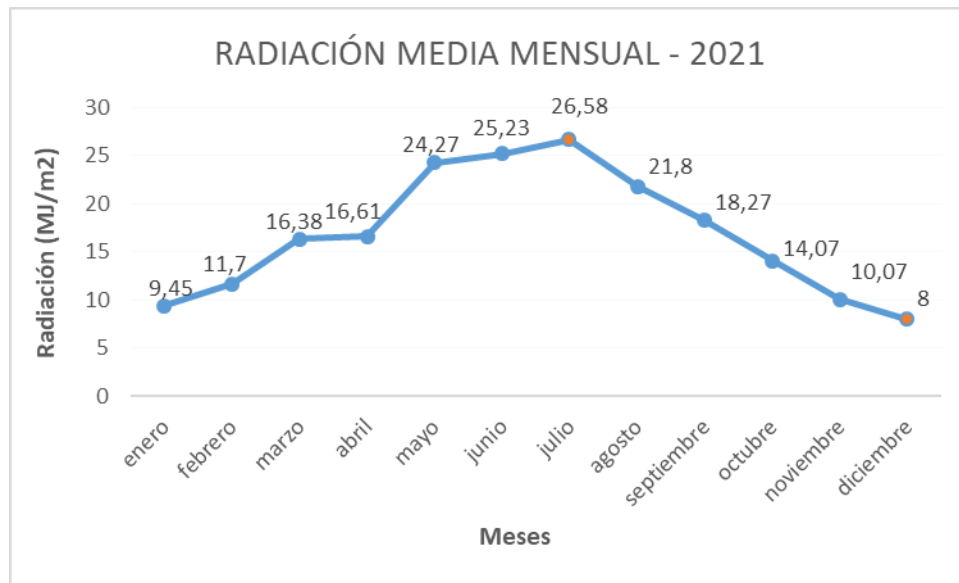


Figura 55. Gráfica radiación media mensual, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

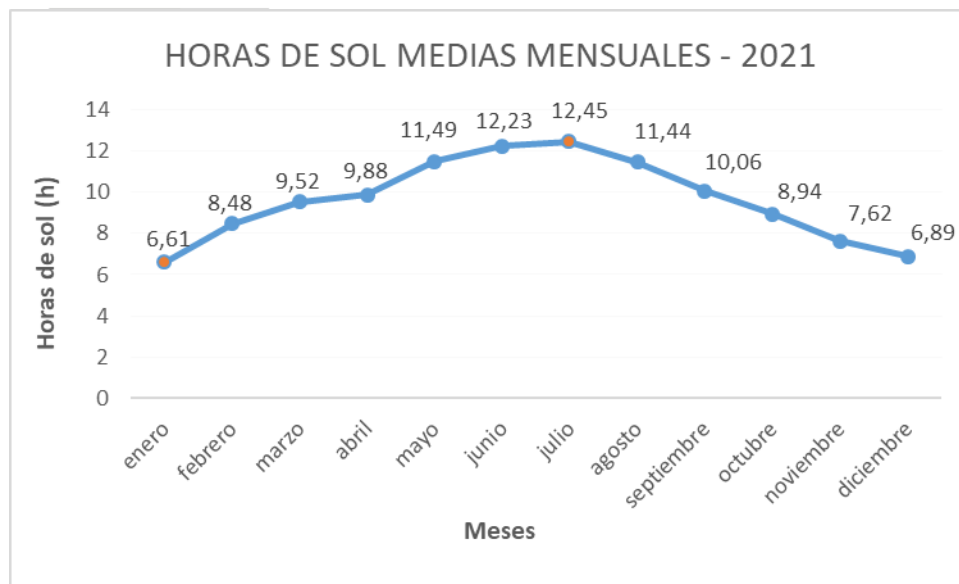


Figura 56. Gráfica horas de sol mensuales, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

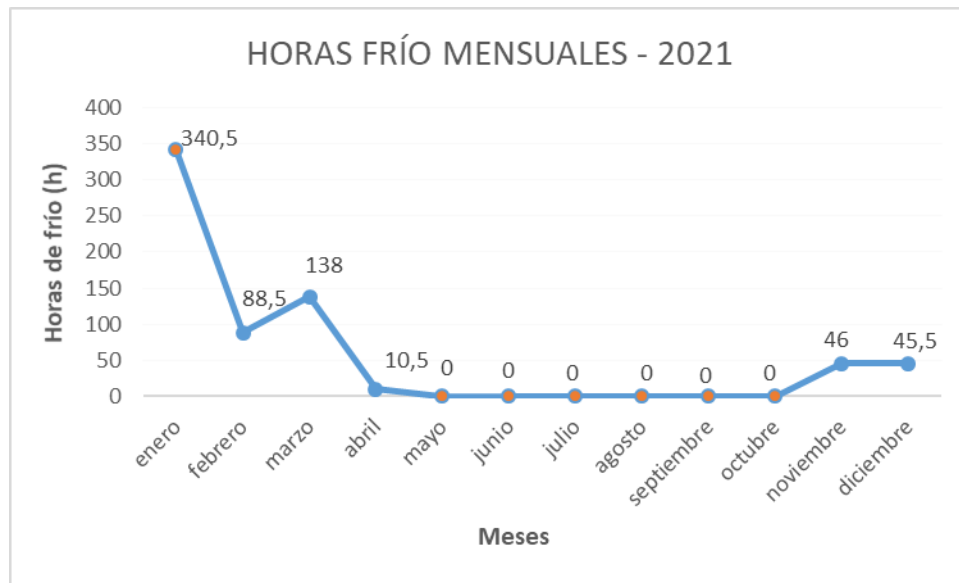


Figura 57. Gráfica horas de frío mensuales, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

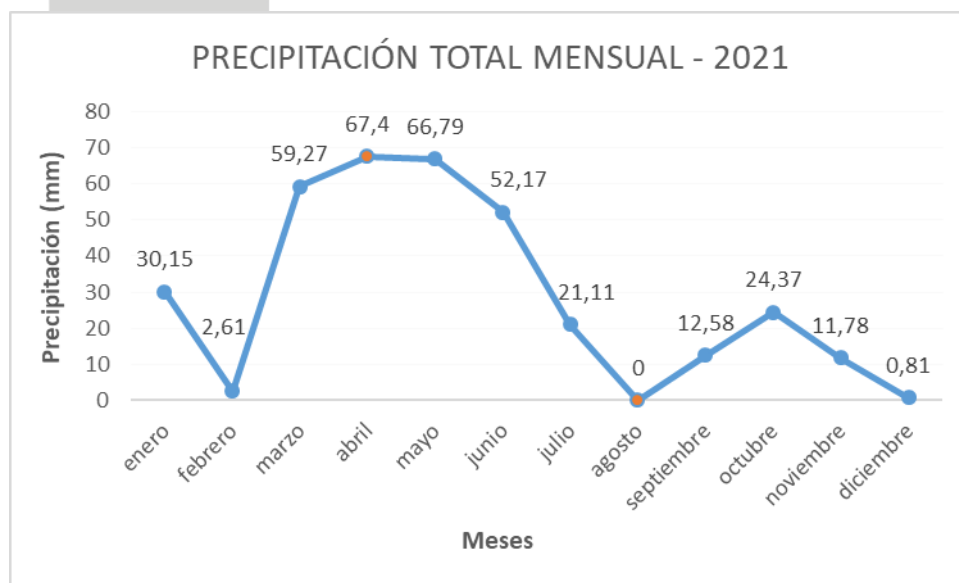


Figura 58. Gráfica precipitación mensual, 2021. Realizada a partir de datos del IVIA.

Tabla 26. Valores foliares de referencia de macro y micronutrientes en clementinos. Elaboración a partir de Legaz y Primo-Millo (2000).

	% (peso seco)				
	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
N	< 2,2	2,2 – 2,	2,41 – 2,7	2,71 - 2,9	> 2,9
P	< 0,09	0,09 – 0,11	0,12 – 0,15	0,16 – 0,19	> 0,19
K	< 0,5	0,5 – 0,7	0,71 – 1	1,01 – 1,3	> 1,3
Mg	< 0,15	0,15 – 0,24	0,25 – 0,45	0,46 – 0,9	> 0,9
Ca	< 1,6	1,6 – 2,9	3,0 – 5,0	5,1 – 6,5	> 6,5
S	< 0,14	0,14 – 0,19	0,20 – 0,30	0,31 – 0,50	> 0,5
ppm (peso seco)					
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 – 3,0	3,1 – 100	> 100