

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



**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LIXIVIADOS DE
VERMICOMPOST EN LIMONERO (*Citrus limon* (L) Burm. f.)
FINO 95 Y MELOCOTONERO (*Prunus persica* (L) Stokes)
ASTORIA**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre - 2022

Autor: Juan Antonio Martín Armas

Tutor: Pablo Melgarejo Moreno

Co-tutora: Dámaris Núñez Gómez

**EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LIXIVIADOS DE
VERMICOMPOST EN LIMONERO (*Citrus limon* (L) Burm. f.)
FINO 95 Y MELOCOTONERO (*Prunus persica* (L) Stokes)
ASTORIA**

Resumen

La fabricación de vermicompost implica la generación de una gran cantidad de lixiviados que suponen un problema medioambiental, por lo que su aprovechamiento como insumo agrícola permite una gestión adecuada de este residuo. Para poder emplearlo como insumo agrícola debemos justificar su uso demostrando que favorece a uno o a varios factores determinantes en el proceso productivo de una explotación agrícola. Esta justificación debe obtenerse diseñando un ensayo con suficientes zonas de cultivo de limonero *Fino 95* y de melocotonero *Astoria* que actúen como testigo y comparando sus resultados obtenidos con otras zonas que hayan recibido el tratamiento con lixiviado de vermicompost. Los datos recabados deben darnos información sobre la cantidad y calidad de la producción, elementos nutricionales en el suelo y en la planta, posible adelanto de la recolección, desarrollo vegetativo, etc...

Palabras clave: vermicompost, lixiviados, insumo agrícola, limonero Fino 95, melocotonero Astoria

EFFECTS OF THE APPLICATION OF VERMICOMPOST LEACHATE ON LEMON TREE (*Citrus limon* (L) Burm. f.) *FINO 95* AND PEACH TREE (*Prunus persica* (L) Stokes) *ASTORIA*

Abstract

The manufacture of vermicompost involves generation of a large amount of leachate that entails an environmental problem; therefore, its use as an agricultural input allows an adequate management of this waste. In order to use it as an agricultural input its use shall be justified evidencing that it benefits one or more determining factors in the production process of an agricultural holding. This evidence shall be obtained designing a trial on enough cultivation areas of *Fino 95* lemon and *Astoria* peach tree acting as a control, and comparing then the results obtained with other areas that have received treatment with vermicompost leachate. Data collected should provide us information on quantity and quality of production, nutritional elements in soil and plants, any early harvesting time, vegetative development, etc.

Keywords: Vermicompost, leachate, agricultural input, *Fino 95* lemon, *Astoria* peach tree

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	10
1.1	<u>Aspectos generales de los cultivos</u>	11
1.1.1	Aspectos generales del limón	11
1.1.1.1	Taxonomía del limón (<i>Citrus limon</i> (L) Burn. f)	11
1.1.1.2	Descripción de <i>Citrus limon</i> (L) Burn. f	12
1.1.1.3	Especificidades de la variedad Limón Fino	12
1.1.1.4	Distribución mundial y nacional del limón	13
1.1.1.5	Importancia económica del limón	13
1.1.1.6	Técnicas de cultivo del limón	14
1.1.2	Aspectos generales del melocotonero	18
1.1.2.1	Taxonomía del melocotonero (<i>Prunus persica</i> (L) Stokes)	18
1.1.2.2	Descripción de <i>Prunus persica</i> (L) Stokes	19
1.1.2.3	Especificidades de la variedad Astoria	20
1.1.2.4	Distribución mundial y nacional del melocotonero	20
1.1.2.5	Importancia económica del melocotonero	20
1.1.2.6	Técnicas de cultivo del melocotonero	21
2.	OBJETIVOS	25
2.1	Objetivos principales	25
2.2	Objetivos secundarios	26
2.3	Planificación para alcanzar los objetivos	26
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1	<u>Características de las explotaciones y material vegetal</u>	27
3.2	<u>Descripción del lixiviado de vermicompost</u>	31
3.3	<u>Método de aplicación del lixiviado de vermicompost para el ensayo</u>	38
3.4	<u>Plan de abonado y de riego durante en ensayo</u>	41
3.5	<u>Obtención de datos</u>	45
3.5.1	Características físico-químicas del suelo	45
3.5.2	Contenido de elementos nutricionales en las hojas	46
3.5.3	Desarrollo vegetativo	47
3.5.4	Producción	49
3.5.5	Caracterización morfológica de los frutos	51
3.5.6	Madurez del fruto	52
3.5.6.1.	Color de la piel fruto	53

3.5.6.2.	Dureza del fruto	54
3.5.6.3.	Acidez titulable, sólidos solubles, pH e Índice de Madurez (IM) ..	55
3.5.7.	Calidad del fruto	56
3.5.7.1.	Contenido de zumo en limón y pulpa en melocotón	57
3.5.7.2.	Contenido de azúcares y ácidos orgánicos	57
3.5.7.3.	Actividad antioxidante	58
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
4.1.	Características químicas del suelo y sus contenidos nutricionales	60
4.2.	Contenido de elementos nutricionales en las hojas	63
4.3.	Desarrollo vegetativo	66
4.4.	Producción	68
4.5.	Caracterización morfológica de los frutos	69
4.6.	Madurez del fruto	71
4.7.	Calidad del fruto	72
5.	CONCLUSIONES	73
6.	BIBLIOGRAFÍA	74
7.	ANEXOS	84

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 3.1.1. Planta de la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de un año y medio	28
Imagen 3.1.2. Planta de la parcela de melocotonero <i>Astoria</i>	28
Imagen 3.1.3. Fotografía de la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de año y medio	28
Imagen 3.1.4. Fotografía de la parcela de melocotonero <i>Astoria</i>	28
Imagen 3.1.5. Planta de la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de ocho meses	29
Imagen 3.1.6. Fotografía del ataque de caracoles el comienzo del ensayo en la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de ocho meses	29
Imagen 3.1.7. Fotografía de la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de ocho meses	29
Imagen 3.2.1. Disposición en hileras del vermicompost	32
Imagen 3.2.2. Volteo del vermicompost	32
Imagen 3.2.3. Manifestación de la plataforma “Afectados de Ecocelta”	33
Imagen 3.3.1. Plano con la identificación de las zonas testigo y zonas tratamiento en la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de ocho meses	39
Imagen 3.3.2. Plano con la identificación de las zonas testigo y zonas tratamiento en la parcela de limonero <i>Fino 95</i> de año y medio	39
Imagen 3.3.3. Plano con la identificación de las zonas testigo y zonas tratamiento en la parcela de melocotonero <i>Astoria</i>	40
Imagen 3.5.3.1. Barrenador marca Eijkelkamp para la toma de muestras de tierra	49
Imagen 3.5.3.2. Cinta métrica uzada para tomar medidas de diámetros de copa	49
Imagen 3.5.4.1. Cosecha del primer año del melocotonero <i>Astoria</i>	50
Imagen 3.5.4.2. Cosecha del primer año del limonero <i>Fino 95</i>	50
Imagen 3.5.4.3. Cosecha del segundo año del melocotonero <i>Astoria</i>	50
Imagen 3.5.4.4. Cosecha del segundo año del limonero <i>Fino 95</i>	50
Imagen 3.5.4.5. Toma de datos en campo en la parcela de melocotonero <i>Astoria</i>	51
Imagen 3.5.4.6. Toma de datos en campo en la parcela de limonero <i>Fino 95</i>	51
Imagen 3.5.5.1. Limones cortados transversalmente para realizar caracterización	52
Imagen 3.5.5.2. Medición del grosor de la corteza de los limones	52
Imagen 3.5.6.1. Medición del IC con espectrofotómetro-colorímetro Minolta	54
Imagen 3.5.6.2. Determinación de la dureza del fruto con penetrómetro	54
Imagen 3.5.6.3.1. Obtención de la pulpa filtrada de los frutos de melocotón	55
Imagen 3.5.6.3.2. Valorador volumétrico automático para determinar la acidez valorable y el pH de los frutos de limón y melocotón	55
Imagen 3.5.7.2.1. Cromatógrafo de líquidos de alto rendimiento	58
Imagen 3.5.7.2.2. Detalle del cromatógrafo de líquidos de alto rendimiento	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Datos climáticos con las medias mensuales del municipio de Ojos (Murcia) para el periodo comprendido entre 1981 y 2010	30
Tabla 3.2.1. Análisis físico-químico del Lombrifertial Líquido®	33
Tabla 3.2.2: Análisis microbiológico de Lombrifertial Líquido®	34
Tabla 3.2.3. Comparativa entre la temperatura ambiente y la del suelo	35
Tabla 3.2.4. Número de días de cada mes durante los que se alcanzan temperaturas elevadas	35
Tabla 3.2.5. Asociación cultivos - microorganismos fijadores nitrógeno atmosférico ...	37
Tabla 3.3.1. Aplicaciones de Lombrifertial Líquido® el primer año de ensayo	41
Tabla 3.3.2. Aplicaciones de Lombrifertial Líquido® el segundo año de ensayo	41
Tabla 3.4.1. Plan de riego anual para la parcela de melocotonero <i>Astoria</i>	42
Tabla 3.4.2. Necesidades nutricionales para la parcela de melocotonero <i>Astoria</i>	43
Tabla 3.4.3. Necesidades nutricionales de limonero <i>Fino 95</i> en plena producción	43
Tabla 3.4.4. Necesidades nutricionales de cada parcela de limonero <i>Fino 95</i>	43
Tabla 4.1.1. Características químicas y contenidos nutricionales del suelo durante la segunda campaña en el melocotonero <i>Astoria</i>	60
Tabla 4.1.2. Características químicas y contenidos nutricionales del suelo durante la primera campaña en el limonero <i>Fino 95</i> con año y medio	61
Tabla 4.1.3. Características químicas y contenidos nutricionales del suelo durante la segunda campaña en el limonero <i>Fino 95</i> con año y medio	62
Tabla 4.2.1. Contenidos nutricionales de las hojas durante la segunda campaña en el melocotonero <i>Astoria</i>	63
Tabla 4.2.2. Contenidos nutricionales de las hojas durante la primera campaña en el limonero <i>Fino 95</i> con año y medio	64
Tabla 4.2.3. Contenidos nutricionales de las hojas durante la segunda campaña en el limonero <i>Fino 95</i> con año y medio	64
Tabla 4.2.4. Contenidos nutricionales de las hojas durante la primera campaña en el limonero <i>Fino 95</i> con ocho meses	65
Tabla 4.2.5. Contenidos nutricionales de las hojas durante la segunda campaña en el limonero <i>Fino 95</i> con ocho meses	66
Tabla 4.3.1. Parámetros del desarrollo vegetativo en melocotonero <i>Astoria</i> durante el segundo año	67
Tabla 4.3.2. Parámetros interanuales del desarrollo vegetativo	67
Tabla 4.4.1. Producción del melocotonero <i>Astoria 95</i>	68
Tabla 4.4.2. Producción del limonero <i>Fino 95</i>	68
Tabla 4.4.3. Parámetros interanuales de la producción	69

Tabla 4.5.1. Caracterización de los frutos de melocotonero <i>Astoria</i>	69
Tabla 4.5.2. Caracterización de los frutos de limonero <i>Fino 95</i> de año y medio durante el primer año	70
Tabla 4.5.3. Caracterización de los frutos de limonero <i>Fino 95</i> de año y medio durante el segundo año	70
Tabla 4.5.4. Caracterización de los frutos de limonero <i>Fino 95</i> de ocho meses durante el primer año	70
Tabla 4.6.1. Madurez de los frutos de melocotonero <i>Astoria</i> en el segundo año	71
Tabla 4.6.2. Madurez de los frutos de limonero <i>Fino 95</i> en el primer año	71
Tabla 4.6.3. Madurez de los frutos de limonero <i>Fino 95</i> en el primer año	71
Tabla 4.7.1. Parámetros para determinar la calidad del fruto del melocotonero <i>Astoria</i> durante el segundo año	72
Tabla 4.7.2. Parámetros para determinar la calidad del fruto del limonero <i>Fino 95</i>	72

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el sector agroalimentario viene experimentando un cambio de rumbo hacia prácticas de producción más respetuosas con el medio ambiente y con la salud pública incorporando materiales reciclados cuyo uso solo estaba siendo justificado en lo que se llegó a denominar a finales del siglo XX como Agriculturas Alternativas, es decir, agricultura ecológica, agricultura biodinámica, agricultura de conservación, etc...¹

El vermicompost es un ejemplo claro de valorización de residuos procedentes no sólo del medio agrario sino también del consumo doméstico, de las áreas verdes municipales e incluso de la actividad industrial.

Según la Directiva 2008/98/CE se define la valorización de residuos como:

- *La operación cuyo resultado principal es que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular.*
- *La preparación del residuo para cumplir una función particular, en la instalación o en la economía en general.*

A nadie se le escapa que, dada la escalada de precios que los fertilizantes minerales viene registrando últimamente, sumada a sus problemas de disponibilidad y los inconvenientes que su uso reiterado y constante ha generado en los suelos y las aguas de nuestros entornos naturales, tanto el vermicompost como otras enmiendas orgánicas de origen animal y/o vegetal es una alternativa cada vez más viable para las explotaciones agrarias: en unos casos porque permite a las explotaciones ganaderas dar salida a los estiércoles y purines que genera su actividad productiva y en otros porque pone a disposición de las plantas un gran número de nutrientes o es un gran aliado para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos agrícolas evitando su erosión.

Llegados a este punto, en donde todo han sido ventajas en el uso del vermicompost, debemos indicar que su proceso de fabricación implica la generación de otro tipo de residuos: los lixiviados. No son pocas las empresas

¹ Otro término que se suele utilizar para definir a estas prácticas agrícolas es la Agricultura Sostenible. Se refiere a un tipo de agricultura donde los recursos naturales originales no se degraden en el proceso productivo de manera que mantengan su potencialidad en el tiempo. (Coletto, 2004)

en nuestro país que se han encontrado con este problema a la hora de implantar un proceso de transformación de residuos orgánicos en vermicompost ya que, como veremos posteriormente, los niveles de humedad deben ser elevados y esto obliga a humedecer con agua las pilas de residuos. Como resultado de esta práctica se generan los lixiviados, unos fluidos con poca riqueza nutricional, por lo que su valoración se debe encaminar hacia otro aspecto: su vida microbiana.

En el presente trabajo se pretende demostrar la viabilidad del uso del lixiviado de vermicompost como insumo agrícola y, en caso de que sea afirmativa, la mejora de los aspectos productivos para su aplicación en el cultivo.

1.1 Aspectos generales de los cultivos

1.1.1 Aspectos generales del limonero

1.1.1.1. Taxonomía del limonero (*Citrus limon* (L) Burm. f): la clasificación taxonómica de los cítricos es muy complicada ya que existen divergencias entre los propios botánicos. Los cítricos se hibridan con mucha facilidad entre sus diferentes géneros y además mutan con mucha facilidad. En lo que sí coinciden todas las fuentes consultadas es que fue el botánico sueco Carlos Linneo quien inicialmente identificó a los cítricos en el año 1753.

A la hora de mostrar en este trabajo una clasificación taxonómica del limonero se ha considerado la facilitada para la familia de las Rutáceas por el profesor de la Universidad Politécnica de Valencia Don Francisco J. García Breijo ya que parece ser en un principio donde más coincidencias hay con el resto de los botánicos.

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Rutaceae

Subfamilia: Citroideae

Género: Citrus

Especie: *Citrus limon* (L.) Burm. f

1.1.1.2. Descripción de *Citrus limon* (L) Burn. f: existen también varios estudios que difieren sobre el origen del limonero, aunque últimamente está siendo más aceptada la que indica que proviene del cruce entre el naranjo amargo y el cidro. Lo que sí se sabe casi a ciencia cierta es que su origen se localiza en la región comprendida entre el noroeste de India, norte de Birmania y China.

El árbol del limón o limonero es de porte medio-grande, vigoroso y con un crecimiento más lateral que apical. Sus ramas cuentan con espinas que son mayores cuanto más joven es el árbol. Los brotes son de coloración púrpura y las hojas son grandes de color verde, elípticas y ligeramente aserradas. Suele presentar varias floraciones al año, aunque sólo una es la principal. Las flores son de pétalos blancos con algo de coloración púrpura. El fruto es amarillo, de forma elipsoidal, con mamelón en la zona apical que a veces puede ser pronunciado y puede presentar cuello en la parte de inserción con el pedúnculo. Su corteza es lisa o ligeramente rugosa. La pulpa es amarilla, jugosa y ácida. Presenta semillas con baja poliembrionía.

Se utiliza principalmente por su zumo para la fabricación de bebidas o como potenciador del sabor de las comidas, aunque también se utiliza para obtener aceites esenciales de sus hojas y/o de la piel del fruto que luego son utilizados en perfumería (Ancillo y Medina, 2014).

1.1.1.3. Especificidades de la variedad limonero *Fino*: es la variedad de limonero que más se cultiva en España seguida por el *Verna*². Es original de la comarca de la Vega Baja del río Segura en la provincia de Murcia. Tradicionalmente suele ser la variedad de limonero que ofrece menos problemas de cultivo y cuenta con una producción más segura, aunque sus precios no son tan estables como en el limonero *Verna*. Pese a esto último, las nuevas plantaciones de Limonero *Fino* han aumentado notablemente en los últimos años. Comparativamente entre ambas variedades mencionadas el Limonero *Fino* presenta hojas mayores que las del Limonero *Verna* y cuenta con espinas robustas con más frecuencia. El árbol es de tamaño medio-grande, vigoroso y

² Según datos aportados en la memoria de la reunión sectorial de cítricos celebrada en julio de 2021 organizada por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación la producción durante la campaña 2019/2020 en España de limón *Fino* fue de 831200 toneladas y de limón *Verna* 361238 toneladas.

muy productivo. El fruto es esferoidal u ovoidal, con mamelón pequeño y agudo, de piel fina, de color amarillo pálido y son bastante apreciados por parte de la industria de transformación en el sector alimentario por su alto contenido en zumo que es rico en ácido cítrico y aceites esenciales entre otros componentes.

La floración más importante en Limonero *Fino* se produce en la primavera (García et al., 2003). Es muy regular y se inicia algunos días más tarde que en el *Verna*, aunque terminan a la vez; su ciclo de engorde y maduración es más corto ya que se recolectan de octubre a diciembre. A finales del verano se produce otra floración cuyos frutos se conocen como “rodrejos” y que se cosechan al verano siguiente casi coincidiendo con la producción de la floración de la primavera de ese año ³. Entre ambas hay una tercera floración en junio cuyos limones se conocen como “sanjuaneros” y que se cosechan en junio del año siguiente (García et al., 2003).

La variedad Limonero *Fino* cuenta con dos clones muy presentes en las explotaciones: *Fino 49* y *Fino 95* (este último tiende a adelantar la cosecha).

1.1.1.4. Distribución mundial y nacional del limonero: según datos facilitados por la World Citrus Organization la producción mundial de limón en el año 2020 estuvo en torno a los 6,5 millones de toneladas y los principales productores mundiales son Argentina con 1,5 millones de toneladas, seguida de España con 1,2 millones de toneladas, Estados Unidos con 800.000 toneladas y Turquía con 700.000 toneladas. Los productores de limón de la Unión Europea cosechan unos dos millones, es decir, que dos tercios de los limones producidos en Europa son españoles.

Más de la mitad de los limones que se cultivan en España son concretamente de la Región de Murcia, seguida de Valencia y Andalucía (García y Contreras, 2014).

1.1.1.5. Importancia económica del limón: la cuenca del Mediterráneo se ha convertido en la principal zona productora de limón mundial ya que prácticamente garantiza cosechas a lo largo de todo el año.

Según datos de AILIMPO, en 2021 España fue el primer exportador de limón en Europa y el segundo país del mundo en productos procesados procedentes del limón. Generó más de 20.000 puestos de trabajo y el valor del

³ Los limones “rodrejos” aguantan un mes en el árbol siempre y cuando sean frutos sin semillas. Son los que se denominan como “rodrejos verdaderos”.

negocio que generó es de más de 700 millones de euros. Sólo en España se consumieron en el año 2017 una media de cuatro kilos de limones por habitante.

Los precios del limón muestran una relación con la producción, es decir, mayores producciones generan menores precios salvo contadas excepciones. Este hecho se confirma en las últimas campañas donde al aumentar la superficie de cultivo se ha experimentado un aumento de producciones y una disminución de los precios. Pero esta disminución de precios no viene influenciada sólo por mayores producciones sino también por la competencia de países como Turquía y Argentina. La bajada de precios lleva a una menor rentabilidad que además se ve agravada por el pequeño tamaño de las explotaciones en líneas generales. Para compensar este aspecto se ha mejorado su tecnificación, sobre todo en lo que se refiere a la instalación de riego localizado. En poco más de una década se ha duplicado el número de hectáreas de limonero con este sistema de fertirrigación (García y Contreras, 2014).

1.1.1.6. Técnicas de cultivo del limonero: los frutos de los cítricos necesitan mucho tiempo para su desarrollo. Las condiciones climáticas son las que más van a determinar que este desarrollo sea el óptimo pero las buenas prácticas de cultivo son fundamentales para aumentar la producción y su calidad.

Para el manejo de cultivo se requiere de un buen diseño de **la plantación**. El marco de plantación es fundamental para una buena rentabilidad de la explotación. Para el limonero se establece como la idónea una distancia de 6,5 a 7,5 metros para las calles y de 5,5 a 6,5 entre árboles. Con esto se facilita la mecanización de la explotación y se alcanza una densidad de cultivo que nos garantiza altas producciones. La orientación de las líneas ideal es de norte-sur siempre que la orografía lo permita ya que se garantiza que las dos caras del árbol reciben la misma luz del Sol (Porras, 2004).

Otra de las técnicas de cultivo que es determinante es la **elección del portainjerto** ya que va a mejorar la capacidad del árbol para extraer agua y nutrientes del suelo y, por lo tanto, influye directamente en la productividad, la calidad del fruto o el tamaño del árbol. Además, es determinante en la tolerancia o sensibilidad del árbol a agentes patógenos como el *Citrus Tristeza Virus* (CTV), *Phytophthora sp.*, nematodos, etc. Para elegir el mejor portainjerto debemos conocer las características del suelo y del agua de riego. El más utilizado es el *Citrus macrophylla* Wester ya que adelanta la producción, es muy productivo,

tolera la salinidad y los suelos calizos, es resistente al encharcamiento y a *Phytophthora sp.* pero es sensible al CTV y baja la calidad de la fruta. Otros portainjertos utilizados (sobre todo en el pasado) son los *Citranges Troyer* y *Carrizo* que aportan buena productividad, calidad de la fruta y adelantan la maduración, pero son sensibles a la salinidad, a la clorosis férrica, a los nematodos y pueden presentar problemas con el encharcamiento. El portainjerto de *naranja amarga* (*C. aurantium* L.), también más frecuente en el pasado, es resistente a la clorosis férrica, la salinidad, la sequía y *Phytophthora sp.*, pero presenta problemas de “miriñaque” en el limonero *Verna* y en *Fino* aporta buena calidad a la fruta, pero retrasa la producción. Es menos frecuente encontrar portainjertos de Mandarino *Cleopatra* (*Citrus x reshni*), *C. Volkameriana*, *Citrumelo Swingle* o *Forner-Alcaide* (Legua, 2019).

La poda es una técnica de cultivo que ayuda a aumentar los beneficios, pero hay que tener muy en cuenta que es la que supone un mayor coste en el sistema de producción de una explotación. Hay que tener en cuenta el momento de la poda. Si se realiza en otoño-invierno tras la recolección se evita la pérdida de frutos en la variedad de limón *Fino*, pero no en la variedad de limón *Verna*. La poda más extendida es la del mes de junio tras el cuaje de la flor ya que mejora la calidad y tamaño de los frutos y se realiza en función de la cantidad y distribución de estos. A la hora de realizar la poda anual se deben marcar como objetivos una buena insolación, aireación y recolección de los frutos. Los primeros años debe aplicarse una “poda de formación” y en lo sucesivo eliminar ramas mal situadas o secas y los “chupones”. Hay que tener en cuenta que cuanto más joven es el árbol las mayores cantidades de fruto se concentran en las ramas más bajas que caen hacia el suelo. Es recomendable volver a quitar “chupones” en octubre o noviembre antes de la recolección (Porrás, 2004).

Tras la poda es recomendable **triturar los restos de poda** en las calles generando, de esta forma, “efecto mulching” para favorecer la retención de humedad en el suelo y disminuir la proliferación de plantas adventicias.

La nutrición es otro de los factores de producción que más afecta al desarrollo del árbol y del fruto. Hay que evitar que presente deficiencias nutricionales en momentos claves como la brotación, floración, cuajado y crecimiento de los frutos. Los nutrientes y las proteínas se acumulan en ellos desde el principio de su desarrollo para comenzar a aumentar el contenido de

azúcares y ácidos hasta el final del verano. Luego la acidez baja y aumentan los azúcares y aunque al final del desarrollo del fruto tiende a acumular sobre todo agua si las reservas en las hojas son suficientes las concentraciones de azúcares no disminuyen (Porrás, 2004). El árbol tiende a acumular nutrientes en otoño, sobre todo en hojas y ramas para luego consumir más de la mitad de esas reservas en primavera. El nitrógeno favorece el desarrollo vegetativo (sobre todo en la brotación) y el tamaño de los frutos, pero se debe interrumpir su aportación dos o tres semanas antes de la recolección para evitar el “reverdeo” y los frutos con demasiada piel o blandos. El fósforo favorece el contenido en zumo y azúcares y ayuda a un mejor desarrollo del sistema radicular, pero tanto su exceso como su defecto afectan negativamente a la calidad del fruto. El potasio afecta al tamaño del fruto, a su contenido de zumo y su concentración de ácidos y de sólidos solubles en general. Otros elementos fundamentales en el desarrollo de los árboles son micronutrientes como el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el calcio y el magnesio que requieren un menor consumo por parte de la planta, pero juegan papeles fundamentales en su metabolismo. Un exceso o defecto de estos pueden afectar también a la asimilación de los macronutrientes (Porrás, 2004).

El factor más determinante dentro de las técnicas de cultivo es **el riego**. Cuando no hay suficiente agua en el suelo el crecimiento del fruto se para y si, además, las temperaturas son elevadas entonces aumenta la evapotranspiración y la planta toma el agua de las reservas del fruto. Por el contrario, un exceso de agua de riego provoca un tamaño excesivo de los frutos y su zumo tiene una concentración menor de azúcares y ácidos orgánicos lo que los convierte en poco apetecibles para el mercado. Existe una cierta controversia en lo referente a la cantidad del agua de riego que hay que aportar a los cítricos en general y el momento idóneo del día para aportarla. La instalación de dispositivos que miden la humedad en el suelo a varias profundidades (los tensiómetros son los dispositivos más frecuentes) es la única forma de llevar a cabo un manejo óptimo del riego porque, aunque existen numerosos tratados sobre la cantidad de agua de riego que se debe aportar en cítricos como León et al. (1987), la textura del suelo y la calidad del agua son factores determinantes que no permiten generalizar. En la actualidad para un buen control de la

humedad del suelo y de la actividad radicular se utilizan sondas de humedad multinivel (Villablanca et al., 2015).

El control de plantas adventicias⁴ es uno de los mayores inconvenientes en una explotación de limoneros debido a la desaparición de muchas de las materias activas y a la falta de mano de obra cualificada. Las plantas adventicias compiten por los nutrientes y el agua y son un factor limitante sobre todo en explotaciones con árboles jóvenes. Una de las acciones que más éxito está teniendo para su control es la **instalación de mallas “anti-hierba”** cubriendo el suelo en la línea de cultivo en el momento de la plantación. Tiene el inconveniente de que una malla antihierba sin enterrar y de calidad intermedia posee una vida útil no superior a cinco años según información aportada por los propios fabricantes (por ejemplo, Dupont™ marca Plantex® Gold), pero sin embargo con esa edad los árboles han alcanzado un tamaño de copa lo suficientemente grande para que su sombra evite la proliferación de las plantas adventicias. En las calles se emplea maquinaria para su control.

El control de plagas y enfermedades hace necesario que el agricultor cuente con una cualificación para la identificación y el control de los agentes patógenos. **El control integrado** es el sistema más extendido ya que combina el monitoreo, la acción de fauna útil y el uso de productos químicos o de síntesis. El carácter estacional de las plagas que afectan al limonero hace de este sistema un aliado muy eficaz que nos permite actuar de forma preventiva evitando la dependencia de materias activas que, por otra parte, cada vez son menos las que están autorizadas por parte de la administración. De esta forma se garantiza que el fruto esté “limpio” de sustancias químicas que puedan afectar a la salud del consumidor. Un capítulo aparte son las enfermedades. Como hemos visto el portainjerto cumple un papel fundamental en este aspecto, pero no hay uno que cubra todas las resistencias o tolerancias. Las plantas procedentes del vivero deben estar lo suficientemente saneadas sobre todo cuando su portainjerto es sensible a una de estas enfermedades, por ejemplo, plantas con un portainjerto de *C. macrophylla* que son sensibles al CTV. El manejo correcto del riego es

⁴ Este término viene a sustituir al que tradicionalmente venía empleándose y que se refería como “mala hierba” a toda aquella planta que nacía en lugares no deseados. Este cambio de terminología venía siendo demandado por el sector de producción ecológica ya que algunas de estas plantas pueden resultar un aliado para nuestros cultivos.

fundamental para evitar la aparición de enfermedades causadas por *Phytophthora sp.* o *Plenodomus trecheiphilus* (mal seco de los cítricos). Para el control de nematodos *Tylenchulus semipenetrans* en cítricos se recomienda un umbral de poblaciones óptimo por debajo del cual no hay sintomatología (Porras, 2004).

Por último, **la recolección** debe realizarse en el momento adecuado que viene marcado en muchos casos por el mercado. Las recolecciones tempranas son las que alcanzan unas mejores cotizaciones, pero están supeditadas al estado óptimo del fruto tanto si se venden verdes como si se le someten a un tratamiento de maduración en instalaciones acondicionadas a tal fin conocido como “desverdización”. Para este tratamiento se requiere un fruto totalmente seco, libre de humedades en la superficie de la piel (por lo que el momento del día debe ser idóneo para la recogida) y sin golpes. Una buena práctica agrícola a lo largo del cultivo evita que el porcentaje de “destrío” sea elevado. Deben evitarse condiciones favorables para el desarrollo de *Penicillium sp* que genera “moho” sobre el fruto, *Phytophthora sp.* y el “aguado” y para ello se debe desinfectar las herramientas de corte y las cajas para su recolección, que el agua de riego no salpique los frutos en las partes bajas del suelo, evitar en lo posible el polvo en suspensión de las calles y de los caminos próximos a los árboles y evitar unas humedades elevadas combinadas con temperaturas entre los 18 y 24 °C (Porras, 2004).

1.1.2. Aspectos generales del melocotonero

1.1.2.1. Taxonomía del melocotonero (*Prunus persica* (L) Stokes): según la clasificación del médico y botánico Jonathan Stokes publicada en 1812 ⁵.

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Amygdaloideae

Tribu: Amygdaleae

⁵ Otra clasificación bastante aceptada es la de Karl Bastch publicada en 1801.

Género: Prunus

Especie: Prunus pérsica

1.1.2.2. Descripción del melocotonero *Prunus pérsica* (L) Stokes: recibe otros nombres como duraznero y es uno de los frutales más populares cultivados en zonas templadas de todo el mundo. Las primeras referencias sobre él aparecen en China en el año 2000 a.C. aproximadamente, aunque se cree que es originario de la antigua Persia⁶ (Gratacós, 2004).

Fue introducido en España por los romanos y al principio su cultivo era marginal ya que solamente se llevaba a cabo en aquellas zonas donde la climatología era favorable y los suelos no eran demasiado pesados o calizos pues su propagación era por semilla. La expansión del cultivo a otras zonas con características edáficas más limitantes se produjo cuando se empezó a utilizar patrones de ciruelo o almendro, ya que estaban más adaptados a suelos más pesados, pobres y de poco drenaje como los suelos calizos. Las nuevas variedades empezaron a extenderse a principios del siglo XX gracias a la técnica del injerto partiendo de variedades autóctonas (Badenes, 2000).

Gracias al mejoramiento genético es el frutal con el mayor número de variedades. Es un árbol que entra en producción al segundo o tercer año, pero apenas tiene una vida comercial de 15 a 20 años (Gratacós, 2004).

En la descripción que está publicada por la web del Real Jardín Botánico de Madrid, el melocotonero es un árbol que alcanza una altura entre los 6 a 8 metros y es caducifolio. Las hojas son oblongas-lanceoladas o elípticas, cuneadas en la base, aserradas en los bordes y con estípulas caducas denticuladas. Las flores son solitarias o geminadas y con numerosas brácteas. Los sépalos son erectos enteros y los pétalos denticulados en el ápice, de color rosado fuerte. El ovario puede ser pubescente o glabro. El fruto es una drupa comestible subglobosa con mesocarpo muy carnoso y endocarpo o hueso surcado y alveolado con una sola semilla almendroide no comestible ya que cuenta con una sustancia denominada *amigdalina* que es precursora del cianuro. Su cultivo requiere de inviernos fríos y lluviosos, primaveras secas, veranos secos y calurosos y otoños templados y frescos. Para una correcta brotación necesita de unas determinadas horas de frío (temperatura por debajo de los 7°C)

⁶ Algunas fuentes datan las primeras referencias al melocotonero en el año 3000 a.C. aproximadamente en China.

para poder brotar y de esta forma salir de su parada invernal: las variedades extratempranas hasta 200 horas, variedades tempranas de 200 a 450 horas y variedades tardías hasta 800 horas. El uso de patrones ha permitido adaptar el cultivo a numerosos tipos de suelo, pero en líneas generales requiere que sean profundos, de textura franco-arenosa y pH moderado. Necesita de volúmenes importantes de agua (de 6500 a 11000 m³/ha) sobre todo en la brotación y en la fructificación (Gratacós, 2004).

1.1.2.3. Especificidades de la variedad Astoria: es una variedad de melocotonero propiedad de la empresa PSB Producción Vegetal. Se define como una variedad muy precoz (extratemprana) lo que supone las primeras recolecciones en la segunda quincena de abril. Su fruto es redondo, firme, la piel es de color rojo intenso, la carne amarilla, no es sensible al efecto “cracking”⁷, su sabor es bueno y equilibrado, de textura agradable y los calibres están comprendidos entre A y B⁸.

1.1.2.4. Distribución mundial y nacional del melocotonero: según datos publicados por la FAO (2019) el mayor productor mundial de melocotón es China con casi 16 millones de toneladas seguido por España con más de 1,5 millones de toneladas y a corta distancia se encuentran Italia y Grecia en tercer y cuarto puesto respectivamente.

En el Boletín del Frutal de Hueso de 2020 publicada por el MAPAMA aparece Cataluña como la primera comunidad autónoma española en producción de melocotón, aunque en superficie es la segunda, por detrás de Aragón que es la segunda comunidad autónoma en producción. La Región de Murcia es la tercera autonomía tanto en superficie como en producción en este cultivo. El resto de las regiones están a bastante distancia de las tres primeras destacando Extremadura, Andalucía, Comunidad Valenciana y Castilla La Mancha.

1.1.2.5. Importancia económica del melocotonero: el gran número de variedades de melocotonero nos permite disponer de muchas posibilidades para su comercialización en función del destino de la fruta: producto fresco, producto

⁷ Agrietamiento de la piel del fruto causado por determinadas condiciones climatológicas.

⁸ Según el Reglamento (CE) nº 1861/2004 por la que se establece la norma de comercialización de los melocotones y las nectarinas el calibre A está comprendido entre 67 y 73 milímetros y el calibre B entre 61 y 67 milímetros (ANEXO, Parte III).

destinado a conserva o para la industria alimentaria de transformación en la fabricación de pulpas, néctares, mermeladas, etc...

Todas estas variedades cubren una gran diversidad de zonas de producción con diferentes horas de frío y tipos de suelos lo que permite obtener producciones de manera constante desde mediados de abril hasta finales de octubre. Muchas de estas variedades han podido ser introducidas en regiones al sur de España alcanzando buenos niveles de producción y rentabilidad gracias a las mejoras en las variedades y los patrones, a la mayor eficiencia de los sistemas de riego, a la implantación de sistemas de producción integrada, a la creación de diferentes sistemas de certificación y calidad que permiten ofrecer un producto normalizado al consumidor y al avance cualitativo de las instalaciones y de la tecnología de postcosecha. No obstante, el consumo ha disminuido debido a la baja calidad del producto (sobre todo en variedades extratempranas) que suele encontrarse en los mercados en un punto de madurez muy alejado del óptimo. Esto es debido a que a la hora de diseñar las nuevas variedades las mejoras sólo han podido trasladarse a la mayor precocidad, mejor color y mayor calibre, pero no ha podido mantener el sabor característico de la fruta (Méndez et al., 2018).

La Región de Murcia es una de las principales zonas de producción de fruta de hueso temprana y extratemprana a nivel mundial. Se ha conseguido cultivar variedades de melocotón extratemprano en el litoral murciano pese a los problemas que se presentan por la falta de adaptación a sus inviernos suaves, con pocas horas frío y dificultades para conseguir una buena calidad del fruto, pero son muy interesantes ya que el mercado puede absorber más cantidad de este tipo de fruta a precios razonables. Esta sería una alternativa que posibilitaría cultivar tierras que no son óptimas para otro tipo de cultivos con un alto valor añadido como los hortícolas (Méndez et al., 2018).

1.1.2.6. Técnicas de cultivo del melocotonero: a la hora de implantar una explotación agrícola de melocotonero es muy importante **conocer las características del suelo y del clima**. En función de estos dos parámetros se puede elegir no sólo la variedad a cultivar sino el patrón que debemos utilizar. Los parámetros más importantes a la hora de estudiar el suelo de la explotación son:

- profundidad: si la profundidad es suficiente podríamos utilizar cualquiera de los patrones recomendados, pero si no es suficientemente profundo se debe utilizar como patrón el ciruelo al poseer un sistema radicular más superficial.

- compactación: en líneas generales todos los frutales necesitan suelos bien aireados lo que supone que la proporción de espacios libres (macroporos y microporos) en el volumen total de suelo sea el adecuado.

- contenido en carbonato cálcico: es el parámetro más determinante a la hora de elegir el patrón dado que si es sensible aparecerán problemas de asimilación de nutrientes fundamentales como el hierro (Vila, 2013).

En lo que se refiere al clima es un factor a tener en cuenta sobre todo si queremos emplear variedades de recolección extratemprana ya que la producción se ve muy influenciada por:

- suficientes horas de frío: en líneas generales los frutales de hueso requieren entre 400 y 800 horas de frío para tener un letargo invernal lo suficientemente largo, pero en variedades extratempranas estas necesidades son sensiblemente inferiores (de 200 a 300 horas) por lo que se pueden utilizar en zonas con climas más cálidos.

- heladas primaverales: la floración y cuajado de frutos en los frutales de hueso comienzan en febrero y terminan en abril en función de las variedades por lo que se debe disponer de un historial de heladas de la zona de cultivo para que no coincidan (Vila, 2013).

Para la **elección del portainjerto** debemos conocer que características posee para valorar su viabilidad en función del suelo de la explotación, pero también su afinidad con la especie. Las características principales que debería poseer un patrón son el vigor que aporta al frutal y su resistencia ante problemas de sequía y encharcamiento, altos porcentajes de cal activa⁹ en el suelo o su elevado contenido de nematodos u hongos patógenos de raíz (Vila, 2013). También debe haber afinidad morfológica entre los tejidos del patrón y la púa, es decir, que el diámetro, disposición y número de vasos en el cambium sea similar; así mismo, debe presentar similitudes en la cantidad y composición de la savia y el patrón debe estar activo en el momento del injerto mientras que la púa es

⁹ Óxido de calcio proveniente de la roca caliza la cual posee como compuesto principal el carbonato cálcico.

recomendable que esté en reposo o latencia (Melgarejo et al., 2001). Se podrían resumir en:

- patrones híbridos de almendro x melocotonero: además de ser compatibles con melocotonero son muy utilizados en suelos calizos pues son resistentes a la clorosis férrica, aportan vigor a los árboles¹⁰ y, en algunos casos, mejoran la resistencia al ataque de nematodos. Por el contrario, son sensibles al encharcamiento y en suelos fértiles el vigor aportado puede ser excesivo por lo que su uso se limita a suelos pobres (Vila, 2013; De Miguel, 2014).

- patrones ciruelo: tienen la ventaja de ser resistentes al encharcamiento y aportan un menor porte al árbol ya que su crecimiento es más lento lo que le confiere una entrada en producción antes y una mejor calidad de la fruta (Vila, 2013). Por el contrario, presentan los inconvenientes de una mayor emisión de “pollizos” y sólo son tolerantes a la clorosis férrica, la caliza activa y los nematodos. Además, algunos de estos patrones no son compatibles con melocotonero (Moreno, 2005).

El **marco de plantación** del melocotonero va íntimamente ligado a la técnica empleada en **la poda** ya que ambos aspectos deben combinarse correctamente para favorecer el acceso de la luz natural a la mayor parte del árbol en el periodo de producción. Hay tres etapas durante la vida útil de un frutal de hueso (López y Casanova, 2006):

- La etapa juvenil: que se caracteriza por un gran desarrollo vegetativo, producción insignificante los dos o tres primeros años, la diferenciación de yemas es casi toda vegetativa y máxima flexibilidad de las ramas. En esta etapa las podas son de formación con el objetivo de dar forma al árbol.
- La etapa de equilibrio: como su propio nombre indica, la diferenciación de las yemas vegetativas y florales está equilibrada. El desarrollo vegetativo se ralentiza ligeramente, la producción y su calidad son buenas. Durante esta etapa hay dos tipos de poda, podas de verano donde se elimina una cantidad de madera no productiva durante la fructificación eliminando chupones (poda de aclareo) o tras la

¹⁰ En algunas fuentes consultadas el vigor de un árbol frutal no conlleva una mayor producción siempre, aunque el factor que más puede verse afectado por esta propiedad es la menor calidad organoléptica del fruto.

recolección (poda en verde) quitando las ramas situadas en la parte alta, las ramas en el interior y las rastreras, facilitando la posterior poda de invierno, o poda de producción, en donde se busca potenciar a la madera que va a dar fruta.

- La etapa de vejez: crecimiento y producción limitada por lo que la poda en esta etapa busca renovar la mayor cantidad de madera posible.

El **aclareo de flores y frutos** es fundamental para conseguir una producción de calidad sobre todo en lo que se refiere al tamaño del fruto. La mejor época para realizar cada uno es en el momento de plena floración y luego justo antes del endurecimiento del hueso, aproximadamente un mes después de la plena floración ¹¹ (Barrera et al., 2011).

El periodo de **riego** se concentra principalmente entre quince días antes del comienzo de la floración y finales de octubre para que el frutal tenga agua suficiente durante todo el desarrollo vegetativo y la producción, sobre todo entre la floración y el endurecimiento del hueso del fruto, pero los riegos deben ser moderados antes de la cosecha porque, en caso contrario, tendríamos una peor conservación por la aparición de enfermedades de postcosecha (Vila, 2013).

Por último, en lo referente al **control de plagas y enfermedades** el uso integral de diferentes técnicas ha reportado los mejores resultados. De esta forma la “confusión sexual” ha demostrado ser una práctica muy eficaz para el control de las polillas *Cydia molesta* o *Cydia funebrana* y el lepidóptero *Anarsia lineatella*, el empleo de trampas con atrayente alimentario contra la “mosca de la fruta” (*Ceratitis capitata*) o el uso de fauna auxiliar como depredadores o parasitadores que ayuden a combatir la “araña roja” (*Tetranychus urticae*), los trips (*Frankliniella occidentalis*) o pulgones (*Myzus persicae* y *Myzus cerasi*), todo ellos combinado con tratamientos fitosanitarios si en algún momento las poblaciones de alguno de estos insectos amenaza con descontrolarse (Vila, 2013).

En lo concerniente a enfermedades que puedan afectar al melocotonero destaca la “lepra de los frutales” (*Taphrina deformans*) que suele aparecer sobre

¹¹ Ambas técnicas se suelen realizar con productos hormonales aplicados en tratamientos foliares (aclareo químico) o con el uso de maquinaria especialmente diseñada para este fin (aclareo mecánico). El aclareo manual es más seguro y selectivo, pero supone un costo económico destacable que sólo está justificado en variedades con un buen precio en mercado (Barrera et al., 2011).

todo con humedades del aire elevadas. Hay que comenzar su control antes de la brotación con formulados a base de cobre y una vez comience la brotación cambiarlo por polisulfuro de cal o azufre mojable. Para otras enfermedades en melocotonero como el “oídio”, la “roya” o la *Monilia sp.* debe combinarse la buena aireación del cultivo (para dispersar la humedad que contiene el aire) con tratamientos fitosanitarios (Vila, 2013).

El uso de patrones también puede ayudarnos en el control de otras enfermedades como *Armillaria mellea*, *Phytophthora sp.* o “Sharka” causada por el virus PPV (*Plum pox virus*) y que es transmitida por el “pulgón verde”. Patrones como el “Albaricoquero franco” son muy susceptibles a esta enfermedad, por el contrario, patrones “Híbridos de almendro x melocotonero” como el GF-677 (uno de los primeros patrones desarrollados para los frutales de hueso) son poco susceptibles o incluso resistentes (Vidal et al., 2011).

2. OBJETIVOS

Los dos cultivos objeto de este trabajo son las variedades Limonero *Fino* y Melocotonero *Astoria*. Ambas presentan un amplio abanico de buenas oportunidades para su comercialización, pero a la vez enfrentan al agricultor a algunos retos que ponen en riesgo su viabilidad como cultivo comercial. Por un lado, el limón *Fino* ha supuesto un impulso para las provincias de Murcia y Alicante, pero presenta varios inconvenientes: uno de ellos es la merma en la calidad de su producción en combinación con el patrón de *C. macrophylla* (el más frecuente en estas zonas) y el otro es la mayor rentabilidad del producto que está sujeta a la competencia con otros productores internacionales como Turquía o Argentina. Por otro lado, el melocotonero *Astoria* es una variedad que nos presenta otro reto muy claro: la calidad de su fruto que, por el hecho de ser extratemprano, posee unas cualidades organolépticas deficitarias.

2.1. Objetivos principales

- Aumentar la calidad del fruto Limón Fino (acidez, contenido de azúcares, porcentaje de zumo, firmeza, grosor de la piel, uniformidad del color, forma y tamaño, etc...)

- Aumentar la rentabilidad del cultivo del Limón Fino favoreciendo una recolección más temprana con mayores producciones a ser posible
- Aumentar la calidad del fruto Melocotón Astoria (acidez, contenido de azúcares, firmeza, color, forma y tamaño, etc...)
- Aumentar la rentabilidad del cultivo del Melocotón Astoria aumentando las producciones

2.2. Objetivos secundarios

- Mejorar las condiciones naturales de los suelos agrícolas que están sometidos a una carga de fertilización elevada lo que supone un exceso de nitratos y metales pesados que suponen un peligro para nuestros acuíferos (Prats y Oliveras, 2015; Ramos y Ocio, 1992; Armijo et al., 2019)
- Mejorar el estado nutricional de los árboles para futuras campañas para evitar posibles “vecerías” tras años con producciones elevadas

2.3. Plan de trabajo para alcanzar los objetivos

- 1º. Localizar y adquirir el producto a ensayar
- 2º. Determinar los cultivos donde se quiere realizar el ensayo
- 3º. Localizar las parcelas donde llevar a cabo el ensayo
- 4º. Diseñar el ensayo en cada una de las parcelas estableciendo tres zonas testigo y tres zonas de tratamiento por parcelas (nº de repeticiones = 3)
- 5º. Instalación de válvulas de corte en el sistema de riego para aislar las zonas testigo
- 6º. Identificar en las parcelas cada una de las zonas (Z0Tn, para las zonas testigo; Z1Tn, para las zonas de tratamiento)
- 7º. Obtener muestras de tierra y muestras de hojas para cada una de las zonas testigo y zonas de tratamiento (número de submuestras en las zonas testigo = 5; número de submuestras en las zonas de tratamiento = 8 ¹²)
- 8º. Realizar las mediciones del diámetro de copa y de tronco de árboles para cada zona (número de submuestras igual a la toma de submuestras de tierra y hojas)

¹² Estas submuestras se toman en las filas a cada lado de cada una de las filas que se establecen como zonas testigo.

9º. Aplicación del lixiviado de vermicompost

10º. Reponer déficit de agua de riego en las zonas testigo tras cada aplicación de lixiviado de vermicompost

11º. Repetir las tomas de muestras de tierra, de hojas, mediciones de copa y de tronco tras finalizar todas las aplicaciones de lixiviado de vermicompost

12º. Toma de datos de producción en la parcela (kg de fruta/árbol, algunas medidas para caracterización de frutos y preparar muestras de frutos para mediciones en laboratorio)

13º. Toma de datos en laboratorio (resto de medidas para completar la caracterización de frutos y medidas para establecer la calidad de frutos)

14º. Tratamiento estadístico de los datos obtenidos

15º. Redacción del Trabajo Fin de Grado

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características de las explotaciones y material vegetal

El ensayo realizado para la obtención de los resultados de este trabajo se realizó en dos explotaciones muy próximas entre si situadas en el término municipal de Ojós que se encuentra localizado en la comarca del Valle de Ricote de la Región de Murcia. Una de las explotaciones se encuentra en el paraje conocido como “La Alquibla”, T.M. de Ojós, Polígono 10 (Instituto Geográfico Nacional, 2022). La explotación cuenta con un cuarto de aperos donde se encuentra el cabezal de la instalación de riego y tres parcelas diferenciadas, dos de las cuales son las que se han empleado para llevar a cabo parte del ensayo que hemos realizado para la toma de datos del presente trabajo:

- Parcela 118 que cuenta con una superficie de 12.400 m² donde hay una plantación realizada en julio de 2018 de limonero *Fino 95* sobre patrón de *C. macrophylla* (en el momento de comenzar el ensayo contaban con 1 año y medio). La plantación se dispone en 25 filas sobre meseta, una línea de goteros (3 goteros autocompensantes por árbol y cada gotero de 4 litros/hora montados sobre manguera PE16) y marco de plantación de 3 x 5 metros (Imagen 3.1.1)

- Parcela 117 que cuenta con una superficie de 12.500 m² con una plantación realizada en febrero de 2015 de Melocotonero Astoria sobre patrón híbrido GF-677 (almendro x melocotonero). La plantación se encuentra distribuida en 45 filas sobre meseta, una línea de goteros (3 goteros

autocompensantes por árbol y cada gotero de 4 litros/hora montados sobre manguera PE16) y marco de plantación de 3 x 5 metros (Imagen 3.1.2)

Imagen 3.1.1. Planta de la parcela de limonero *Fino 95* de un año y medio

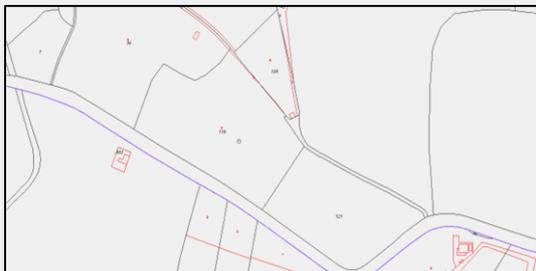


Imagen 3.1.2. Planta de la parcela de melocotonero *Astoria*



Imagen 3.1.3. Fotografía de la parcela de limonero *Fino 95* de un año y medio



Imagen 3.1.4. Fotografía de la parcela de melocotonero *Astoria*



Ambas parcelas están protegidas por un umbráculo de 5 metros de altura en la cabeza de pilares y seis metros en las cumbres con malla cortavientos de uso agrícola.

La otra parcela se encuentra en el paraje de “Los Cuartos Nuevos” a menos de un kilómetro en línea recta de la primera explotación, T.M. de Ojós, Polígono 12, Parcela 184 y con una superficie de 12.000 m². La plantación es también de limonero *Fino 95* sobre patrón de *C. macrophylla* y se realizó en junio de 2019 (en el momento de comenzar el ensayo contaban con ocho meses). La distribución de la plantación consiste en 4 líneas de unos 300 metros de longitud y otras cinco más pequeñas con longitudes que comprenden de 25 a 220 metros (Imagen 3.1.3). La plantación también está sobre meseta, pero en este caso está cubierta con malla anti-hierba de color negro sobre la cual se encuentra una línea de goteros autocompensantes de 4 litros/hora montados en manguera PE16 a razón de 4 goteros por árbol y marco de plantación de 4 x 6 metros. La

explotación también cuenta con cuarto de aperos donde se encuentra el cabezal de riego, un almacén para la maquinaria y una balsa de agua para el riego.

Imagen 3.1.5. Planta de la parcela de limonero *Fino* 95 de ocho meses

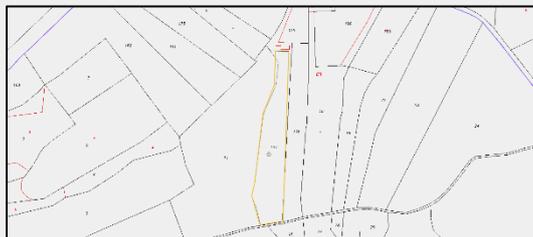


Imagen 3.1.6. Fotografía del ataque de caracoles el comienzo del ensayo en la parcela de limonero *Fino* 95 de ocho meses



Imagen 3.1.7. Fotografía de la parcela de limonero *Fino* 95 de ocho meses



El clima de la comarca donde se encuentran enclavadas las dos explotaciones es de tipo mediterráneo con carácter semiárido ¹³. La precipitación media anual es algo más de 300 mm de precipitación concentrada principalmente en las estaciones de primavera y otoño. Suelen ser precipitaciones torrenciales y con una marcada irregularidad interanual (alternancia de años lluviosos o relativamente húmedos y años de extrema sequía). La temperatura media anual es de 18°C, siendo enero el mes más frío con una media de temperaturas mínimas de 4°C y agosto el más cálido con una media de temperaturas máximas de 33°C (Tabla 3.1). La falta de suficientes precipitaciones combinado con estas elevadas temperaturas genera una

¹³ En otras publicaciones clasifican la climatología de la zona propia de un clima mediterráneo con carácter árido, pero amplían esta indicación para una zona donde también se incluye al municipio de Murcia por lo que se toma la decisión de incluir únicamente la valoración climática más concreta a la zona donde nos encontramos.

evapotranspiración potencial de, aproximadamente, 932 mm anuales lo que supone déficit de agua importante para los cultivos (Molina et al., 2014).

Tabla 3.1. Datos climáticos con las medias mensuales del municipio de Ojós (Murcia) para el periodo comprendido entre 1981 y 2010

MES	Tª media mínimas (°C)	Tª media máximas (°C)	Precipitaciones medias (mm)
Enero	4,3	15,1	21
Febrero	5,4	17,1	37
Marzo	6,9	19,6	43
Abril	8,8	21,8	29
Mayo	12,1	25,4	11
Junio	16,0	29,8	5
Julio	18,7	33,3	21
Agosto	19,5	33,3	34
Septiembre	16,7	29,6	31
Octubre	12,4	24,0	29
Noviembre	8,2	18,9	26
Diciembre	5,4	15,7	21
ANUAL	11,2	23,6	312

Fuente: AEMET

El estado en que se encuentran los cultivos de las tres parcelas a la hora de comenzar el ensayo (finales de febrero de 2020) es óptimo. El melocotonero *Astoria* está finalizando la floración. La brotación comenzó pocas semanas antes sin que se hayan manifestado carencias nutricionales hasta la fecha. Tanto la poda “en vaso” como los aclareos de flores se han realizado en los momentos adecuados y sólo falta realizar un último aclareo que ya se realizará sobre fruto pequeño, dejando tan solo dos o tres por ramo. El plan de abonado y la frecuencia de riegos se ha venido realizando según las recomendaciones del equipo técnico. En el caso del limonero *Fino* de un año y media de edad tampoco manifiesta carencias nutricionales. Todavía no ha entrado en floración y tiene muy pocos frutos procedentes de algunas de las floraciones testimoniales que pueden tener a lo largo del año diferentes a la floración principal que es la de primavera. Durante el primer año de desarrollo esta parcela estuvo sometida a alguna avenida de agua procedente de las lluvias lo que supuso la pérdida de algunos árboles (todos han sido repuestos) y una falta de suficiente oxigenación del suelo que se ha manifestado en algunos ejemplares con un leve amarillamiento generalizado. Los riegos y el abonado también siguen el plan

previsto desde el principio. Por último, en el caso del limonero *Fino* que no ha cumplido todavía su primer año tampoco manifiesta ninguna carencia y el desarrollo vegetativo es muy bueno.

Todos los árboles de las parcelas a ensayar se encuentran libres de plagas y enfermedades y sólo, en el caso del limonero *Fino* más joven, ha comenzado a parecer un ataque de caracoles que se está consiguiendo controlar con gránulos dispersables autorizados para su control (Imagen 3.1.6).

3.2. Descripción del lixiviado de vermicompost

El producto para ensayar en el presente trabajo como posible insumo que nos permita conseguir todos o alguno de los objetivos planteados en el punto 2 es el lixiado del humus de lombriz. El producto en concreto se comercializa bajo el nombre comercial de Lombrifertial Líquido[®], marca registrada por la empresa Natural d'Mezclas, S.L. (Alhama de Murcia, España) y es obtenido por la empresa Ecocelta Galicia, S.L. (Ponteareas, Pontevedra, España) como resultado de la fabricación de su producto Humus de Lombriz Ecocelta[®].

El humus de lombriz se obtiene a partir de la inoculación del Compost Ecocelta[®] con “lombriz roja californiana” (*Eisenia fetida*, Savigny, 1826). Las lombrices se inoculan junto con el sustrato en el que viven para que de esta manera se puedan ir adaptando poco a poco al nuevo medio evitando cambios bruscos de hábitat, lo que produciría una elevada mortalidad. El proceso que ocurre a partir de ese momento se conoce como “vermicompostaje”¹⁴.

El vermicompostaje es un proceso biológico de bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica donde las lombrices, junto con la acción de otros microorganismos, se alimentan de restos vegetales y deyecciones o excrementos animales que se conocen como “compost”. Durante la digestión aportan nuevas propiedades al compost ingerido gracias a su metabolismo y flora intestinal. Dichas propiedades son la de fertilizante y acondicionador de suelo entre otras. El resultado de este proceso biológico es el insumo que conocemos como “humus de lombriz” o “vermicompost” (Mikolic et al., 2018).

¹⁴ El proceso de fabricación ha sido facilitado por el propio proveedor. Para consultar otras formas de obtener humus de lombriz se recomienda el libro *Como hacer un buen compost* de Mariano Bueno (2010).

El vermicompostaje tiene una duración variable dependiendo del método empleado: dos meses de digestión si el proceso se realiza en cajas de madera o plástico, de dos a seis meses si se realiza en big-bags o en “camas” y de seis a doce meses si el proceso se lleva a cabo en hileras o montañas (Imagen 3.2.1). El método empleado puede variar según las circunstancias y el volumen de la producción. Una vez acabado el proceso de vermicompostaje se realiza el acondicionamiento del humus para poder ser cribado y envasado.

El acondicionamiento se realiza hilerando el humus bruto obtenido y forzando una deshidratación a temperatura ambiente mediante un volteo suave (Imagen 3.2.2). También dependiendo de la climatología se puede deshidratar en el secadero o en contenedores apilables con orificios. Una vez rebajada la humedad por debajo del 50% se procede al cribado (Mikolic et al., 2018).

Para favorecer el desarrollo natural de las lombrices en el interior del compost es necesario mantener unos niveles de humedad lo suficientemente altos para favorecer la transpiración cutánea por lo que se debe aportar agua pulverizada cada cierto tiempo. De esta forma se generan lixiviados que contienen sustancias presentes en el compost y deyecciones/exudados de las propias lombrices que son depositadas por acción de la gravedad en depósitos totalmente estancos por debajo del nivel del suelo.

Imagen 3.2.1. Disposición en hileras del vermicompost



Fuente: campogalego.es (2021)

Imagen 3.2.2. Volteo del vermicompost



Fuente: blog de Ecocelta Galicia, S.L. (2022)

El mercado al que va destinado este tipo de productos se ha visto incrementado de forma exponencial en las últimas décadas por lo que no solo han aumentado el número de factorías sino también el volumen que cada una

de ellas produce. Con el tiempo este tipo de producción, que en un principio estaban destinadas a la valorización de numerosos residuos procedentes del sector agrícola y ganadero, agroalimentario, industrial, urbano, industrial, etc, se han convertido a su vez en un problema para el medio ambiente por la gran cantidad de residuos que generan y uno de ellos son sus lixiviados. La empresa Ecocelta Galicia se vio inmersa en la pasada década en constantes litigios con los propietarios de parcelas colindantes hasta el punto de que se llegó a crear una plataforma vecinal bajo la denominación “Afectados de Ecocelta” (Imagen 3.2.3). Gracias a la salida comercial de estos lixiviados como posibles insumos agrícolas el problema se ha conseguido corregir en gran medida.

Imagen 3.2.3. Manifestación de la plataforma “Afectados de Ecocelta”



Fuente: web Diario Atlántico (12-10-2012)

Para comenzar un proceso de optimización del producto como un insumo agrícola se realizaron varias analíticas realizadas por Laboratorios Fitosoil encargadas por la empresa Natural d’Mezclas, S.L. (propietaria de la marca Lombrifertial Líquido®) y que nos permitieran conocer su composición.

Tabla 3.2.1. Análisis físico-químico de Lombrifertial Líquido®

Determinaciones	Resultado (% p/p s.m.o.)	Metodología
Humedad	98,3	PTA-FQ/024, desecación a 105°C
Materia seca	1,66	PTA-FQ/024, desecación a 105°C
Densidad a 20°C	1,013	Gravimetría
pH	5,93	PTA-FQ/022, pH-metro
Materia orgánica	0,824	PTA-FQ/022, calcinación a 540°C
Extracto húmico total	0,76	PTA-FQ/014, oxidación con dicromato
Ácidos húmicos	<0,1	PTA-FQ/014, oxidación con dicromato
Ácidos fúlvicos	0,76	PTA-FQ/014, oxidación con dicromato
Nitrógeno total	<0,1	PTA-FQ/036, analizador elemental
Fósforo total	0,0196	PTA-FQ/027, ICP-AES
Potasio total	0,214	PTA-FQ/027, ICP-AES

Fuente: Laboratorio Fitosoil (2016)

Tabla 3.2.2: Análisis microbiológico de Lombrifertal Líquido® (Eⁿ = exponente en base 10 que multiplica al número entero)

Determinaciones	Resultado (ufc/g)	Metodología
Aerobios mesófilos	1,2E8	PTA-MC/001. Recuento en placa
Aerobios mesófilos esporulados	2,0E4	Recuento en placa
Anaerobios mesófilos	1,6E8	Recuento en placa
Clostridios sulfitorreductores	2,5E3	Recuento en placa
Mohos ¹⁵	2,7E5	PTA-MC/030. Recuento en placa
Levaduras ¹¹	4,7E6	PTA-MC/030. Recuento en placa
Bacterias acidolácticas	2,2E8	PTA-MC/043. Recuento en placa
Actinomicetos	2,5E5	PTA-MC/034. Recuento en placa
Pseudomonas fluorescentes	< 100	Recuento en placa
Rhizobium spp.	9,6 E6	Recuento en placa

Fuente: Laboratorio Fitosoil (2018)

En función de los resultados obtenidos el interés del producto a ensayar radica fundamentalmente en su contenido en microorganismos.

Microorganismos aerobios y anaerobios mesófilos del suelo: en esta definición entran un número elevadísimo de diferentes microorganismos que tienen en común la necesidad de disponer de temperaturas relativamente elevadas en el suelo para poder desarrollar su ciclo vital. El rango de temperaturas está comprendido entre los 20 y los 45°C (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2005). Los aerobios necesitan para su desarrollo un entorno con presencia de oxígeno y los anaerobios, por el contrario, con poca proporción de oxígeno. Además, existen los mesófilos facultativos que para degradar la materia orgánica deben desarrollarse en entornos con temperaturas comprendidas entre los 30 y 40°C (rango de temperatura óptimo) ¹⁶ y que trabajan indistintamente con oxígeno o sin él. Otra clasificación los suele diferenciar entre en saprófitos o patógenos.

Estos rangos de temperaturas óptimas son un factor determinante a la hora de establecer la aplicación del lixiviado de vermicompost para que pueda llevar a cabo una de sus funciones determinantes: la descomposición de la materia orgánica en el suelo.

¹⁵ No se han encontrado datos concluyentes en toda la bibliografía consultada sobre procesos beneficiosos de estos microorganismos en el suelo o su intervención positiva sobre la vida microbiana de los suelos agrícolas

¹⁶ Algunos autores amplían este rango hasta los 45°C (Calderón, 2022) y otros llevan el desarrollo óptimo de este tipo de microorganismos a temperaturas de 50°C ya que a partir de esta temperatura comienzan a trabajar los organismos termófilos que son los que intervienen en procesos de compostaje (Tortosa, 2014).

En muchos modelos de producción, como la agricultura ecológica, la descomposición y mineralización de la materia orgánica es clave para el éxito de la explotación.

Como podemos observar en la siguiente tabla estamos supeditados a los meses de temperaturas elevadas para poder conseguir temperaturas en el suelo que nos permitan alcanzar los rangos de temperatura óptimos para los microorganismos mesófilos.

Tabla 3.2.3. Comparativa entre la temperatura ambiente y la del suelo

Día con Tª máx. del mes	Tª máxima (°C)	Tª suelo 25 cm. profundidad (°C)
16 de mayo de 2021	36,1	No hay datos
28 de junio de 2021	36,1	26,8
12 de julio de 2021	44,2	28,4
15 de agosto de 2021	46,2	29,2
10 de septiembre de 2021	35,8	28,4
21 de octubre de 2021	31,1	21,1
1 de noviembre de 2021	27,6	20,2
27 de diciembre de 2021	26	No hay datos
31 de enero de 2022	24,6	9,8
3 de febrero de 2022	25,6	10,7
2 de marzo de 2022	23,1	13
16 de abril de 2022	28,6	16,6

Fuentes: datosclima.es; Agrisensor, finca "Los Quemados", Alhama de Murcia (2022)

Tabla 3.2.4. Número de días de cada mes durante los que se alcanzan temperaturas elevadas

Día con Tª máx. del mes	Nº días Tª suelo 20-30°C	Nº días Tª suelo 30-40°C
Mayo de 2021	4	0
Junio de 2021	20	0
Julio de 2021	31	3
Agosto de 2021	31	3
Septiembre de 2021	25	0
Octubre de 2021	4	0
Noviembre de 2021	0	0
Diciembre de 2021	0	0
Enero de 2022	0	0
Febrero de 2022	0	0
Marzo de 2022	0	0
Abril de 2022	0	0

Fuente: datosclima.es (2022)

Bacterias acidolácticas: los fermentos que contienen bacterias acidolácticas (BAL) mejoran los suelos agrícolas, ayudan al control de enfermedades¹⁷, son promotores del crecimiento vegetativo y mejoran la disponibilidad de nutrientes presentes en los compuestos orgánicos. Las BAL tienen un efecto reductor durante el proceso de descomposición de la materia orgánica aumentando su velocidad de humificación y mineralización (Rivera, 2021).

Actinomicetos: pertenece a uno de los grupos de bacterias más comunes en los suelos agrícolas ($10^6 - 10^7$ ufc / gramo de suelo seco) y especialmente en los suelos con rizosfera. La mayoría de las especies, además de ser mesófilas, son heterótrofas y aerobias. Crecen en un rango de temperatura entre 25°C y 30°C y son poco tolerantes a la acidez, por lo que requieren pH neutro para su óptimo crecimiento, aunque se desarrollan también en pH ligeramente básico. Según muchos autores los actinomicetos son promotores de crecimiento vegetal: tienen efecto controlador sobre muchos de los patógenos del suelo mediante la síntesis de *quitinasas*, producen sideróforos¹⁸, ácido indol acético y giberelinas, solubilizan fosfatos y son bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico N₂ en formas orgánicas que pueden ser asimiladas luego por las plantas. Esta fijación la pueden realizar en forma libre o asociadas a las raíces de las plantas, siendo esta forma la más eficiente porque la planta puede aportarle el ATP y electrones requeridos (Osorio-Vega, 2009; González, 2010).

Clostridios sulfitorreductores: pertenece al grupo de bacterias de la rizosfera y junto con otras como las *Pseudomonas* son capaces reducir las formas insolubles de Fe³⁺ a otras solubles como Fe²⁺ que es la forma requerida por las plantas (Osorio-Vega, 2009).

Pseudomonas fluorescentes: es un organismo saprófito que crece en medio aerobio. El intervalo de temperatura para su desarrollo óptimo es de 25 a 30 °C, aunque se mantienen activos entre 5 y 42 °C. No crece bajo condiciones de pH ácido siendo el medio neutro su ideal. En condiciones de deficiencia de Fe producen agentes quelatantes que forman con Fe²⁺ complejos solubles

¹⁷ Las bacterias ácido lácticas en plantaciones como maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*) han controlado *Fusarium* sp. (Bolaños et al., 2019).

¹⁸ Elemento que se encuentra frecuentemente asociado con el hierro en estado líquido por su gran afinidad con él y menos con el oxígeno. Es el caso de micronutrientes como el manganeso o el molibdeno.

disponibles para estas bacterias. También se han reportado buenos resultados en algunos cultivos para la absorción radicular de fósforo solubilizado cuando se encuentra combinada con otros microorganismos como las micorrizas (*Glomus mosseae*) y la bacteria *Bradyrhizobium japonicum* (Osorio-Vega, 2009).

Rhizobium spp.: es el grupo de microorganismos citados, hasta este momento, que más referencias tiene sobre sus efectos beneficiosos. Sin duda, de todos los efectos beneficiosos que se citan, el más común por ser, a su vez, el más destacable es la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico. Pero a su vez todas las referencias a los beneficios que generan vienen condicionados a su asociación con un número determinados de especies vegetales (Tabla 3.2.5) por lo que siempre se hace referencia a llevar a cabo un estudio exhaustivo de las plantas adventicias presentes en la explotación antes de su erradicación. Desarrolla su ciclo vital casi a cualquier temperatura, pero su desarrollo es el óptimo a una temperatura de 25 °C (Madigan et al., 2003).

Tabla 3.2.5. Asociación entre cultivos y microorganismos que fijan nitrógeno atmosférico

Asociación con cultivos	Kilos N ₂ fijado / ha x año
Soja - Bradyrhizobium ¹⁹	57-94
Alfalfa – Rhizobium	128-600
Judía – Rhizobium	84
Trébol – Rhizobium	104-160
Altramuz – Rhizobium	150-169

Fuente: Foth y Ellis (1996)

Estos datos vienen a justificar que el producto sólo se pueda aplicar como descomponedor de la materia orgánica para una posterior mineralización por parte de otros microorganismos en un periodo anual comprendido entre los meses de mayo a octubre, siempre y cuando nos limitemos a zonas con clima mediterráneo. Para regiones con otro clima esos periodos se verán acortados o ampliados. Con los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de la Tabla 3.2.2 tenemos bastantes datos sobre la posible utilidad del lixiviado de humus de lombriz como insumo para la agricultura: su contenido de más de dos billones de microorganismos por gramo. Pero han quedado muchas preguntas sobre el

¹⁹ Familia de las bacterias del orden *Rhizobiales* al que también pertenece la familia *Rhizobium spp.*

verdadero potencial de este producto y para intentar resolverlas se amplió la determinación con su secuenciación masiva de ADN. Los resultados figuran en el **Anexo 1** del presente trabajo y aunque el resultado aporta mucha información no se pudo determinar la especie de gran parte de los microorganismos debido a su gran carga biológica. Algunas son:

Corynebacterium stationis: bacteria mesófila, anaerobia y saprófita que participa en la extracción de determinados aminoácidos como la lisina de las proteínas de células bacterianas y también favorece la asimilación de manganeso. Trabaja bien en medios salinos (Mahmood, 1996).

Saccharomonospora viridis: bacteria mesófila y termófila aerobia. Es común encontrarla en los compost y puede desarrollarse en presencia de sales ayudando a compensar los efectos perjudiciales de las sales en el suelo. Participa en la biosíntesis de algunos aminoácidos esenciales como la valina o el triptófano y en el metabolismo de otros muchos y del nitrógeno (Kim, 2015).

Thermobifida fusca: bacteria termófila moderada que produce una gran cantidad de enzimas extracelulares como la *Celulasa* que son muy eficientes en la descomposición de la materia orgánica de origen vegetal (Wilson, 2004).

Desulfovibrio sulfodismutans: bacteria estrictamente anaerobia que reduce tiosulfato y sulfito en sulfato y sulfuro, respectivamente, que son más asimilables por parte de la planta (Bak y Pfennig, 1987).

Género Solibacter: este género cuenta con bacterias productoras de enzimas para descomponer el carbono orgánico y son reductoras de nitratos y nitritos lo que favorece la obtención de un número destacable de nutrientes para las plantas (Pearce et al., 2012).

Ureibacillus thermosphaericus: las bacterias de este género se han reportado entre las mejores para la degradación de lignocelulosa en los procesos de compostaje. Gracias a estos estudios se concluyó que un proceso de compostaje puede ser mejorado por medio de la inoculación de microorganismos del género *Ureibacillus* entre otros (Vargas et al., 2007; Medina et al., 2018).

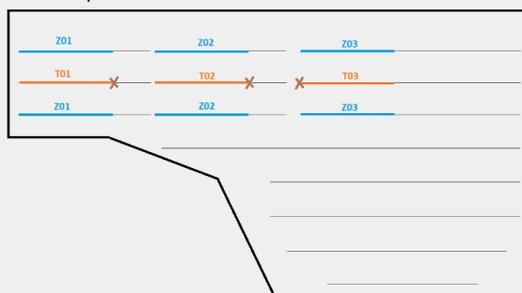
3.3 Método de aplicación del lixiviado de vermicompost para el ensayo

Se establecieron tres zonas como testigo en cada una de las parcelas donde no se aplicó el lixiviado de vermicompost y al resto de las parcelas se le

aplicó el tratamiento, pero solo se consideraron zonas con tratamiento a efecto de toma de datos a las dos filas contiguas a cada lado de las zonas testigo. Para evitar que las zonas testigo reciban el producto se colocó una válvula de corte de PE insertada en la manguera con goteros. Cuando se aportó el producto por el riego esas válvulas se mantuvieron cerradas y se volvieron a abrir una vez se terminó de aplicar la dosis correspondiente. Para que todos los árboles recibieran la misma cantidad de agua se les aportó la dosis correspondiente al tiempo que han estado sin regar a cada uno de los árboles de las zonas testigo de manera individualizada. Cada zona testigo y zona de tratamiento contaban con diez árboles de manera que el ensayo quedó estructurado de la siguiente forma:

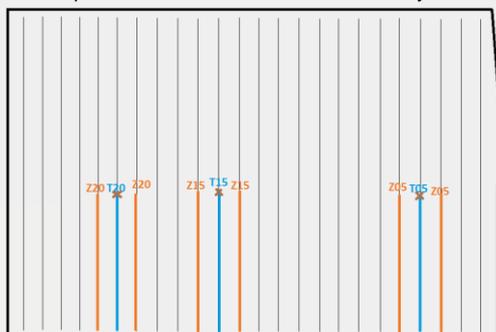
Parcela de limonero *Fino 95* con ocho meses: al inicio del ensayo hay 60 árboles en las tres zonas de tratamiento (Z01, Z02 y Z03) y 30 árboles en las tres zonas testigo (T01, T02 y T03).

Imagen 3.3.1. Plano con la identificación de las zonas testigo y zonas tratamiento en la parcela de limonero *Fino 95* de ocho meses



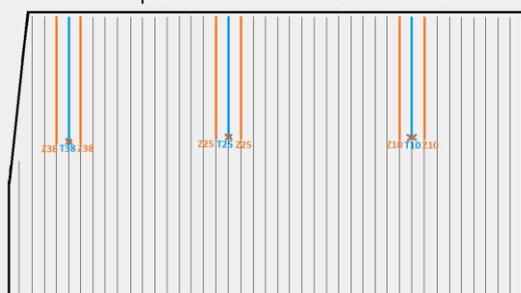
Parcela de limonero *Fino 95* con un año y seis meses: al inicio del ensayo 60 árboles en las tres zonas de tratamiento (Z05, Z15 y Z20) y 30 árboles en las tres zonas testigo (T05, T15 y T20).

Imagen 3.3.2. Plano con la identificación de las zonas testigo y zonas tratamiento en la parcela de limonero *Fino 95* de año y medio



Parcela de melocotonero *Astoria*: al inicio del ensayo 60 árboles en las tres zonas de tratamiento (Z10, Z25 y Z38) y 30 árboles en las tres zonas testigo (T10, T25 y T38).

Imagen 3.3.3. Plano con la identificación de las zonas testigo y zonas tratamiento en la parcela de melocotonero *Astoria*



Las aplicaciones de Lombrifertial Líquido® se realizaron durante dos años consecutivos, pero siguiendo una metodología diferente:

- En limonero *Fino 95*, tanto en los árboles con ocho meses como en los árboles de año y medio, se comenzó a aplicar desde principios de la primavera a dosis moderadas para doblarlas casi al final del tratamiento (Tabla 3.3.1) mientras que en el segundo año se aplicó algo más de la mitad de la dosis total con respecto al año anterior pero concentrada en los dos meses previos a la cosecha (Tabla 3.3.2).
- En melocotón *Astoria* tanto en el primer año como en el segundo se aplicaron prácticamente las mismas dosis comenzando al principio de la primavera, con la diferencia que en el primero se repartió la dosis durante dos meses hasta una semana antes de la recolección (Tabla 3.3.1) y, en el segundo, se aplicó todo entre la última semana de febrero y la primera de marzo (Tabla 3.3.2).

El procedimiento a la hora de aplicar el Lombrifertial Líquido® por el riego era el siguiente:

1º. Durante 10 minutos se aplicó sólo agua y una vez transcurrido ese tiempo se cerraron las válvulas de las zonas testigo

2º. Se aplicó la dosis correspondiente de Lombrifertial Líquido® y se midió el tiempo en minutos para posteriormente aportar la cantidad de agua de manera individualizada para cada árbol de la zona testigo que ha estado sin regar

$$\text{Litros/árbol} = \text{minutos sin riego} \times (\text{n}^\circ \text{ goteros} / \text{árbol}) \times (\text{Litros} / (60 \text{ minutos} \times \text{gotero}))$$

3º. Volver a abrir las válvulas de la zona testigo

Tabla 3.3.1. Aplicaciones de Lombrifertial Líquido® durante el primer año de ensayo

Fecha	Limón fino (litros/1,2 has.)	Melocotón (litros/1,2 has.)	Limón joven (litros/1,2 has.)
13/03/2020	50	50	50
20/03/2020	50	50	50
29/03/2020	50	50	50
04/04/2020	50	50	50
18/04/2020	50	50	
22/04/2020			50
09/05/2020	50		
06/06/2020	100		100
19/06/2020	100		100
04/07/2020	100		150
TOTAL	500	250	550

Tabla 3.3.2. Aplicaciones de Lombrifertial Líquido® durante el segundo año de ensayo

Fecha	Limón fino (litros/1,2 has.)	Melocotón (litros/1,2 has.)	Limón joven (litros/1,2 has.)
26/02/2021		150	
05/03/2021		150	
24/07/2021	150		250
10/08/2021	150		150
TOTAL	300	300	400

3.4 Plan de abonado y de riego durante el ensayo

En el melocotonero *Astoria* las necesidades hídricas para frutales de hueso en la Región de Murcia vienen planteadas en publicaciones como Erena et al. (1999) donde se indica para variedades extratempranas en plena producción unas necesidades hídricas comprendidas entre 6.066 y 7.274 m³/ha, siendo el valor más bajo para zonas con precipitaciones entre los 400 a 500 mm/año y evapotranspiración 900 a 1.000 mm/año y el valor más alto con precipitaciones entre los 200 a 300 mm/año y evapotranspiración 1.200 a 1.300 mm/año. Tal y como se indica en el Apartado 3.1 la zona donde se desarrolla el ensayo cuenta con precipitaciones de 312 mm/año y una evapotranspiración de 932 mm/año por lo que podemos partir con unas necesidades hídricas anuales de 6.200 m³/ha. Realizando los cálculos matemáticos obtenemos que:

- Metros cúbicos de agua aportados a la parcela de melocotonero *Astoria* en una hora = 4 (litros / (hora x gotero)) x 3 (goteros / árbol) x 665 (árboles / ha) x 1,2 (has) x 1 (m³) / 1000 (litros) = 9,576 m³

- Horas de riego anuales para la parcela de melocotonero *Astoria*: $6.200 \text{ (m}^3 \text{ / ha)} \times 1,2 \text{ (has)} \times 1 / 9,576 \text{ (horas / m}^3\text{)} = 776,94 \text{ horas}$, o lo que es lo mismo, de 775 a 780 horas de riego al año

Tan importante es cubrir las necesidades hídricas anuales como el reparto de estas a lo largo de todo el año. Las mayores aportaciones deben realizarse en los meses con las temperaturas más elevadas, aumentando incluso si estos coinciden con la época de llenado del fruto. Los meses de parada vegetativa requieren aportes de agua prácticamente testimoniales (un riego de un par de horas a la semana) y posteriormente ir aumentando de manera progresiva hasta la época de mayores requerimientos de agua (García, 2022). El diseño de nuestro del plan de riego lo hemos recogido en la siguiente tabla:

Tabla 3.4.1. Plan de riego anual para la parcela de melocotonero *Astoria*

	horas/riego	riego/semana	semanas	horas de riego/mes
Enero	2	1	4,4	8,8
Febrero	3	2	4	24
Marzo	3	4	4,4	52,8
Abril (primera quincena)	4	6	2,2	52,8
Abril (segunda quincena)	5	7	2,1	73,5
Mayo	5	7	4,4	154
Junio	5	5	4,3	107,5
Julio	4	5	4,4	88
Agosto	4	5	4,4	88
Septiembre	3	4	4,3	51,6
Octubre	3	4	4,4	52,8
Noviembre	2	1	4,3	8,6
Diciembre	2	1	4,4	8,8
			TOTAL	775,6

Para diseñar el plan de abonado en la parcela se toman las consideraciones de García (2022) y que figuran en la Tabla 3.4.2. No realizamos estudios previos sobre contenidos de nutrientes en el suelo y las hojas porque nuestro trabajo consiste en comparar zonas de tratamiento y zonas testigo. Para cubrir estas recomendaciones seguiremos utilizando los mismos productos fertilizantes que se venían empleando en la explotación:

- Las aportaciones de los macronutrientes primarios nitrógeno, fósforo y potasio se basan en dos formulados: Excelis Primadona 11-4-6 y Excelis Amara 3-4-12 (Timac Agro, Navarra, España)

- Corrector de pH del agua de riego: Sulfacid (Timac Agro, Navarra, España). Hay que tener en cuenta que este producto aporta un 15% de nitrógeno, aunque las dosis son muy bajas
- Las aportaciones de los macronutrientes secundarios calcio y magnesio se realizan con Adur 15% Ca – 0,5% Mg y KSC 15% Mg + microelementos (Timac Agro, Navarra, España)
- Otras aportaciones, siguiendo las dosis recomendadas por parte de los fabricantes, de correctores de carencias de los microelementos hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y enmiendas orgánicas con ácidos húmicos y fúlvicos provenientes de leonarditas

Tabla 3.4.2. Necesidades nutricionales para la parcela de melocotonero *Astoria*. Aportaciones para cubrir las necesidades nutricionales anuales de los macronutrientes primarios y secundarios más frecuentes en el abonado agrícola expresado en kilogramos/hectárea (kg/ha)

	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Engorde de yemas	5	5	8	2	1
Floración y cuajado	10	10	17	6	3
Endurecimiento de hueso	10	12	25	10	5
Engorde del fruto	20	11	30	10	4
Maduración	15	10	35	10	4
Postcosecha	45	22	35	12	8
TOTAL	105	70	150	50	25

Fuente: García (2014)

En el caso de las dos parcelas de limonero las aportaciones de elementos nutricionales se obtienen de la siguiente manera:

Tabla 3.4.3. Necesidades nutricionales para limonero *Fino 95* en plena producción. Aportaciones para cubrir las necesidades nutricionales anuales de los macronutrientes primarios y secundarios más frecuentes en el abonado agrícola expresado en kilogramos/hectárea (kg/ha)

	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Producción 45 Tn/Ha y año	190	64	137	17	10

Fuente: SIAM, IMIDA (2022)

En nuestro caso las aportaciones a nuestros cultivos son muy inferiores porque son árboles de menos edad que los que figuran en la Tabla 3.4.3:

Tabla 3.4.4. Necesidades nutricionales para cada una de las parcelas de limonero *Fino 95*. Aportaciones para cubrir las necesidades nutricionales anuales de los macronutrientes primarios y secundarios más frecuentes en el abonado agrícola expresado en kilogramos/hectárea (kg/ha)

	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (CaO)	Magnesio (MgO)
Limonero de un año	16	4	6	2	1
Limonero de tres años	48	12	16	4	2

Fuente: Legaz y Primo (1988)

Estas recomendaciones se cubrieron con los mismos formulados empleados en la parcela de melocotonero *Astoria*.

En lo referente al riego García (2014) propone para Limonero *Fino* en la región de Murcia una dotación de 6.000 m³ por hectárea y año basándose en los datos aportados por las estaciones agroecológicas gestionadas por el SIAM (Sistema de Información Agrometeorológica de la Región de Murcia)²⁰ para cultivos en plena producción, pero, a diferencia de lo expuesto anteriormente en el melocotonero *Astoria*, no se podría establecer un reparto detallado de las horas de riego diaria ya que el cultivo del limonero no cuenta con un periodo de parada vegetativa lo que obliga a que las demandas de riego por parte del cultivo vayan en función de las temperaturas diarias y unas estaciones frías o templadas con temperaturas anormalmente cálidas o frías dejarían sin efecto los cálculos para dicho reparto. Además, cabe recordar que nuestras parcelas de ensayo para limonero *Fino 95* cuentan con árboles que todavía no han alcanzado la etapa de máxima producción que es a la que aparecen referidas gran parte de las publicaciones consultadas a este respecto (SIAM, 2022; Soria, 2008; García, 2014).

También, la diversidad de suelos hace que las aportaciones de agua deban ir en función de la textura del suelo, recomendando en líneas generales, basándose en los datos aportados por las estaciones del SIAM estudiadas, riegos superiores a dos horas e inferiores a 6 (García, 2014).

Llegado a este punto, las necesidades de riego obtenidas de forma empírica no parecen ser las más correctas.

La conclusión más adecuada, desde nuestro punto de vista, es la instalación de dispositivos que han sido diseñados para comprobar el contenido de humedad en el suelo y, con ello, poder determinar el momento de riego ideal. Uno de estos dispositivos es el tensiómetro (medición de la tensión del agua en el suelo), que es el método más extendido por ser el más asequible, pero no es del todo preciso y fiable. Para su instalación deben colocarse cerca del gotero y a dos profundidades: uno entre 10 a 20 centímetros y otro entre 30 a 50 centímetros (Cadahía, 2005; Soria, 2008).

²⁰ Se estableció una media en función de los datos recopilados sobre las precipitaciones y la evapotranspiración en las estaciones de Torre Pacheco, Librilla y Molina de Segura. Le media obtenida fue 6.378 m³/ha y año ajustándolo a la baja según lo establecido por las normas de Producción Integrada.

En las parcelas que son objeto del presente ensayo se instaló un sistema que presenta más fiabilidad y exactitud: las sondas de humedad (Soria, 2008). En nuestro caso particular se trata de sondas de humedad multinivel marca Triscan (Sentek Sensor Technologies, Australia) a 60 cm de profundidad en las parcelas de melocotonero *Astoria* y de limonero *Fino 95* con año y medio, y a 90 cm en la parcela de limonero *Fino 95* de ocho meses. Estas permiten determinar la humedad, temperatura y salinidad en el suelo cada 10 cm en tiempo real, generando a la vez unas gráficas de cada uno de estos parámetros, lo que permite llevar a cabo una gestión del riego muy precisa con el consiguiente ahorro en agua y fertilizantes.

3.5 Obtención de datos

3.5.1 Características físico-químicas del suelo

Para determinar los efectos que tiene la aplicación del lixiviado de humus de lombriz en los suelos de nuestros cultivos se realizó una comparación entre los contenidos de materia orgánica, elementos nutricionales, pH y conductividad eléctrica del suelo antes y después de completar las dosis en cada una de las zonas testigo y zonas de tratamiento durante los dos años de ensayo, a excepción del melocotón que sólo se tomó del segundo año de ensayo²¹. Para ello se tomó una muestra de tierra individualizada para cada una de las zonas testigo y de las zonas de tratamiento en las parcelas del ensayo durante dos años. Para sustraer la porción de suelo sometida al análisis fisicoquímico se empleó un barrenador marca Eijkelkamp (Imagen 3.5.3.1). No se pudo tomar muestra de tierra en la parcela de limonero Fino 95 de ocho meses porque está cubierto por la malla antihierba. Para el resto de las parcelas el procedimiento fue el siguiente (Santos et al., 2017; Garrido, 1993; Legaz et al., 2013):

- Seleccionar los puntos de toma de las submuestras: se tomaron a una distancia del tronco de entre 30 a 40 centímetros siempre y cuando no coincidiera con un área humedecida por el gotero

²¹ De las tres parcelas que se ensayaron durante el primer año la única que no manifestó diferencias en la producción fue en el melocotonero por lo que se consideró que los datos analizados en hojas y suelo no eran relevantes porque posiblemente la dosificación del producto se alargó demasiado en el tiempo para un cultivo con un periodo de producción tan corto.

- Número de submuestras: en cada zona testigo se tomaron cinco y en cada zona de tratamiento diez
- Profundidad: de 30 a 35 centímetros
- Acciones a realizar para optimizar las tomas de muestras de tierra: eliminar la capa de tierra superior con una azada teniendo en cuenta que la bayoneta del barrenador mide 17 centímetros por lo que la capa superior a desprejar debe ser de unos 15 centímetros; desprejar puntos con muchas resistencia a la penetración de la bayoneta; evitar romper raíces; retirar de las muestras de tierra extraídas las piedras, raíces y pelos absorbentes; utilizar bolsas nuevas y cerrarlas perfectamente una vez se termine de recoger la tierra para cada zona; limpiar la bayoneta cuando se cambie de zona; tomar como mínimo un kilo de tierra por muestra

Las determinaciones que se deben realizar en el laboratorio deber ser las siguientes: conductividad eléctrica (mS/cm), pH, materia orgánica (%), nitrógeno total (%), nitratos solubles en extracto acuoso 1/5 p/v (mg/kg), fósforo asimilable (mg/kg de P₂O₅), potasio asimilable (mg/kg de K₂O), calcio asimilable (mg/kg de CaO), magnesio asimilable (mg/kg de MgO), hierro asimilable (mg/kg), manganeso asimilable (mg/kg), zinc asimilable (mg/kg), cobre asimilable (mg/kg), boro asimilable (mg/kg) y relación carbono/nitrógeno (Garrido, 1993; López y Miñano, 1988). La metodología para las determinaciones debe estar aceptada por la Acreditación ENAC²².

3.5.2 Contenido de elementos nutricionales en las hojas

Estas determinaciones son necesarias para conocer el estado nutricional de las plantas. En nuestro caso analizamos las hojas de las tres parcelas tomando hojas de los mismos árboles en cada una de estas: cinco árboles en cada una de las zonas testigo y seis árboles en las zonas de tratamiento. Se tomaron hojas de las ramas de segundo año sin llegar a la punta sino tres o cuatro hojas por detrás ni tampoco hojas que estén hacia dentro en la rama. Se eligieron ramas en todo el perímetro del árbol que queden a la altura de la cara

²² En <https://www.enac.es/web/enac/entidades-acreditadas/buscador-de-acreditados>

del tomador hasta un total de 80 a 100 hojas por muestra. Se introdujeron en bolsas plásticas con agujeros y se llevaron al laboratorio el mismo día de su recogida. Para poder realizar las comparativas se debe tomar las muestras antes y después de aportar el producto a ensayar cada año para cada una de las zonas testigo y zonas de tratamiento. Se tomaron una muestra para cada una de las zonas testigo y de las zonas de tratamientos pudiendo mezclar hojas de varios árboles de la misma zona, pero despreciando aquellos árboles que presenten un menor desarrollo vegetativo o sintomatología de sufrir o haber sufrido alguna enfermedad o el ataque de una plaga (Legaz et al., 2013).

Las determinaciones serán las siguientes: nitrógeno total (%), fósforo total (%), potasio total (%), calcio total (%), magnesio total (%), y hierro total (mg/kg) (Legaz et al., 2013). La metodología para estas determinaciones debe estar también aceptada por la Acreditación ENAC.

3.5.3 Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo de un cultivo es otro de los indicativos más relevantes para conocer el estado nutricional de las plantas, del suelo agrícola donde se desarrolla, de la conveniencia o no de las prácticas agrícolas desarrolladas y de las posibilidades que tenemos para obtener una buena cosecha.

Para nuestro caso la medición del desarrollo vegetativo de los frutales se basó en algunas de las técnicas empleadas en la *Dasometría*²³ (Diéguez et al., 2005) tomando datos entre varios intervalos de tiempo consecutivos del diámetro del tronco y el diámetro de la copa. Los árboles seleccionados para esta toma de datos fueron:

- *Melocotonero Astoria*: en las zonas de tratamiento los cinco primeros árboles a partir de la válvula de corte (excepto en una de las zonas donde el primer árbol después de la válvula era más pequeño que el resto de los árboles de la muestra y se sustituyó por el sexto de esa

²³ Es la ciencia que se ocupa de la determinación de volúmenes y crecimientos de los árboles y de las masas forestales, así como del estudio de las relaciones métricas y leyes que rigen su desarrollo. En nuestro estudio de mediciones del desarrollo vegetativo nos centraremos en una rama concreta de esta ciencia que es la *Dendrometría* donde el árbol individual es el objeto de estudio (Diéguez et al., 2005)

misma línea), y en las zonas testigo los cuatro primeros árboles de cada una de las líneas a ambos lados de los árboles seleccionados en las zonas de tratamiento. Esto supone un total de 15 árboles en las zonas de tratamiento y 24 árboles para las zonas testigo.

- Limonero *Fino 95*: en las dos parcelas empleadas para este ensayo, en las zonas de tratamiento, los cinco primeros árboles a partir de la válvula de corte y en las zonas testigo el primero, tercero y quinto de los árboles de cada una de las líneas a ambos lados de los árboles seleccionados en las zonas de tratamiento excepto en una de las zonas de la parcela con los limoneros más jóvenes que coincidía con el perímetro de la parcela por lo que se descartó toda esa línea. Esto supone un total de 30 árboles en las zonas de tratamiento y 33 árboles para las zonas testigo.

Diámetro del tronco (cm): para tomar las mediciones se empleó un “pie de rey” digital. Se tomó un primer diámetro paralelo a la manguera de riego y otro segundo perpendicular a dicha manguera. La altura a la que se tomó la medida se realizó a diez centímetros de la superficie del suelo y para que dicha medida sea constante se recortó una pequeña varilla de madera con esa altura que sirve de referencia (Diéguez et al., 2005)

Diámetro de la copa (m): la toma de datos de este parámetro planteó muchos inconvenientes puesto que el interior de la copa presentaba una gran cantidad de follaje y ramas que evitaba la medición. Al final se optó por utilizar dos varillas de dos metros de alto que se colocaban en proyección hacia la calle coincidiendo a cada lado con los bordes de la copa. El error en la medición por este sistema es alto, pero al ser un método de comparación en un intervalo de tiempo, dicho error es despreciable. Para que el error sea el mismo en todas las mediciones entre intervalos de tiempo y, por lo tanto, pueda considerarse despreciable, los observadores y la herramienta de medición deben ser siempre los mismos. La herramienta de medición empleada fue una “cinta métrica metálica” (Imagen 3.5.3.2) y para que las varillas permanecieran perpendiculares al suelo se nivelaban con un “nivel de burbuja”. Al igual que en el caso del tronco se tomó un primer diámetro paralelo a la manguera de riego y otro segundo perpendicular a dicha manguera con la salvedad de tomarlo a una altura de 1,3 metros de la base del tronco. A la hora de tomar el punto exterior de la copa para

las mediciones hay que despreciar aquellas ramas que han tenido un crecimiento desproporcionado con respecto a la forma geométrica de toda la copa (Diéguez et al., 2005).

Imagen 3.5.3.1. Barrenador marca Eijkelkamp para la toma de muestras de tierra



Imagen 3.5.3.2. Cinta métrica empleada para tomar medidas de los diámetros de copa



3.5.4 Producción

Es uno de los datos que más relevancia tiene para nuestro estudio. Junto con la cantidad total de kilos producidos tomamos datos sobre la fecha de recolección y la cantidad de kilos en cada una de las fechas en que esta tuvo lugar para poder determinar si la aplicación del producto favorece el adelanto de la época de cosecha que es un factor determinante en la rentabilidad de una explotación. De esta forma obtuvimos datos para:

Primer año de ensayo del limonero Fino 95

- Primera recolección el 31 de octubre y 2 de noviembre de 2020
- Segunda recolección el 8 de diciembre de 2020

Segundo año de ensayo del limonero Fino 95

- Primera recolección el 27 y el 30 de septiembre de 2021
- Segunda recolección el 10 de diciembre de 2021

Primer año de ensayo del melocotonero Astoria

- Cinco recolecciones del 13 al 25 de abril de 2020

Segundo año de ensayo del melocotonero Astoria

- Cinco recolecciones del 21 de abril al 11 de mayo de 2021

En el caso del limonero, la primera cosecha de cada uno de los años tiene un mes de diferencia porque en el primer año los limones estaban más próximos a la maduración y, en el segundo año, se destinaban para desverdización. El criterio para la recolección en el primer año fue que el limón tuviese un calibre mínimo (48 mm) pero que estuviese amarillo o en envero. En el segundo año los

criterios para recolectar eran otros: el limón tuviese el calibre mínimo (48 mm) independiente del color, puesto que se someterá al proceso de “desverdización”.

Para el melocotonero, al ser una variedad extratemprana no hay prácticamente separación entre los días de recolección. El criterio de recolección fue el mismo en todas ellas, que el fruto tenga un calibre mínimo (56 mm) y un punto de madurez que le permita conservar características organolépticas.

Para la toma de datos sobre la producción se pesaron los kilos producidos antes del destrío de todos los árboles de manera individualizada en cada una de las zonas testigo y zonas de tratamiento, despreciando aquellos árboles que estuvieran menos desarrollados o presentaran alguna sintomatología de enfermedad. Para ello se colocaron las cajas correspondientes a cada árbol (Fotos 3.5.4.5 y 3.5.4.6), y una vez recolectados se repasaban por si hubiese quedado algún fruto sin recolectar. Se pesaban todas las cajas de un árbol descontado el peso de las cajas vacías y se reservaba una parte de los frutos para su caracterización y determinaciones en la composición (Luis, 1998). Las razones de no haber descontado el destrío son:

- La calidad de la fruta era muy buena en todas las parcelas por lo que el destrío iba a ser poco significativo
- El destrío está más condicionado por las malas prácticas de cultivo o accidentes climáticos

Imagen 3.5.4.1. Cosecha del primer año del melocotonero *Astoria*



Imagen 3.5.4.3. Cosecha del primer año del limonero *Fino 95*



Imagen 3.5.4.2. Cosecha del segundo año del melocotonero *Astoria*



Imagen 3.5.4.4. Cosecha del segundo año del limonero *Fino 95*



Imagen 3.5.4.5. Toma de datos en campo en la parcela de melocotonero *Astoria*



Imagen 3.5.4.6. Toma de datos en campo en la parcela de limonero *Fino 95*



3.5.5 Caracterización morfológica de los frutos

Para el estudio de la morfología de los frutos vamos a tomar en consideración la metodología descrita por Melgarejo et al. (2001). La selección de frutos para la caracterización de las producciones en nuestro caso en particular se realizó tras el pesado individualizado por árbol tomando cinco frutos de cada uno. De esa forma se eligieron al azar cinco frutos de una de las cajas de cada árbol también elegida al azar. En ese momento se tomaron los siguientes datos de cada fruto de manera individualizada:

- Peso del fruto (P_f) expresado en gramos (g), utilizando una microbalanza marca Gram (Barcelona, España)
- Diámetro ecuatorial (D_e) expresado en milímetros (mm), utilizando un calibre digital (Electronic Digital Vernier Caliper 150mmx0,01mm, Ningbo, China)
- Altura longitudinal (L_f) también expresado en milímetros (mm), y utilizando el calibre digital

Una vez obtenidas todas estas determinaciones los frutos seleccionados se guardaron en bolsas herméticas, se identificaron y se dejaron en el frigorífico un tiempo máximo de 72 horas para las siguientes determinaciones que van a ser realizadas en el laboratorio. La primera de estas determinaciones fue la referente al color que figura en el siguiente apartado 3.5.6 y que nos servirá, entre otras, para poder determinar su madurez. Posteriormente se cortaron los frutos transversalmente para poder obtener los datos referentes a:

- Grosor de la corteza: sólo para los limones se tomaron dos medidas (G_1 y G_2) expresado en milímetros (mm) utilizando un calibrador marca

Mitutoyo (modelo CD-15 DC y precisión de 0,01 mm) directamente conectado al ordenador para exportar los datos obtenidos a una tabla de Excel

- Número de segmentos del endocarpio²⁴ (nº segmentos) sólo para el caso de los limones
- Número de semillas (nº semillas), también sólo para el caso de los limones
- Diámetro del hueso (Dh) para el caso del melocotón y expresado en milímetros (mm)
- Altura del hueso (Lh) también para el caso del melocotón únicamente y expresado en milímetros (mm)
- Espesor de la pulpa en el fruto del melocotón (Ep) y también expresado en milímetros (mm)

Para estas tres determinaciones también se empleó el calibre digital mencionado anteriormente.

Imagen 3.5.5.1. Limones cortados transversalmente para realizar su caracterización



Imagen 3.5.5.2. Medición del grosor de la corteza de los limones



Una vez se tomaron todas estas determinaciones quedaron los frutos cortados por la mitad para poder determinar volúmenes y composiciones de su zumo/pulpa.

3.5.6 Madurez del fruto

En casi toda la bibliografía consultada coinciden en que el grado de madurez de las frutas se puede determinar por uno de los siguientes factores, o

²⁴ En los frutos conocidos como hesperidios como es el caso de la naranja y el limón el endocarpio son los gajos jugosos que contienen las semillas mientras que el mesocarpio corresponde al “endocarpio blanco” que es la parte esponjosa, seca y filamentosa (Ancilla y Medina, 2014)

por la combinación de varios de ellos: tamaño, forma, color del mesocarpio o endocarpio, color de la piel/corteza, tasa de producción de etileno, dureza o firmeza del fruto, contenido de sólidos solubles, acidez o contenido en almidón (Torres et al., 2016). Cada uno de estos parámetros es un indicativo correcto dependiendo del tipo de fruta.

En nuestro caso consideraremos los siguientes indicativos para determinar la madurez:

3.5.6.1. Color de la piel: para su determinación se emplearon los cinco frutos por árbol seleccionados durante la recolección, tanto en el limonero como en el melocotonero, pero con la salvedad que en el limón solo se midió el color de los frutos del primer año porque los del segundo año se destinaron a desverdización, y, en el melocotonero, sólo se midió el color de los frutos del segundo año porque en el primer año coincidió con el confinamiento por el COVID19 y fue imposible disponer del laboratorio para realizar las mediciones.

Se utilizó un espectrofotómetro-colorímetro marca Minolta modelo CM 700-d con el que pudimos determinar las tres variables del sistema de medida de color CIE-1976 (Melgarejo et al., 2001):

- Luminosidad (L^*) es la sensación visual generada por el reflejo difuso de una parte del espectro de la luz en un área. Varía de 0 (negro) a 100 (blanco).

- Variación rojo-verde (a^*): si es positivo la contribución es del rojo y si es negativo la contribución es del verde.

- Variación amarillo-azul (b^*): cuando es positivo contribuye el amarillo y si, por el contrario, es negativo el que contribuye es el azul.

Utilizando estas variables en expresión matemática del modelo cromático CIELAB²⁵ (Jiménez-Cuesta et al., 1981) se obtiene su índice de color (IC).

$$IC = (a^* \times 1000) / (L^* \times b^*)$$

Para la obtención de estas variables primero se calibró el aparato, se limpió toda la superficie de la piel del fruto y se toman dos puntos diametralmente opuestos entre si en la zona ecuatorial evitando zonas con alguna sintomatología

²⁵ Espacio de color CIE 1976 L^* , a^* , b^* desarrollado por La Comisión Internacional de la Iluminación que se basa en el espacio de color XYZ ICE 1931 (López, 2021).

de haber sufrido el ataque de una plaga o enfermedad o simplemente alguna rozadura u otra alteración de la piel (Melgarejo et al., 2001).

Imagen 3.5.6.1. Medición del IC con espectrofotómetro-colorímetro Minolta



Por poner un ejemplo, en citricultura los valores de referencia van de (-7) a 7. Si el valor es inferior a (-7) indica una coloración verde, si está comprendido entre (-7) y 0 el color va de amarillo pálido a naranja verdoso, si va entre 0 a 7 el color naranja irá aumentando en intensidad y para valores superiores a 7 el fruto va desde el naranja hasta el rojo intenso (Bello et al., 2015)

3.5.6.2. Dureza del fruto: este parámetro sólo se determinó en frutos de melocotón porque está recomendado para frutas de hueso y no para los cítricos (Torres et al., 2016).

Para la determinación se eliminó la menor cantidad posible de piel con un pelador de cocina doméstico y se introdujo un **penetrómetro** marca Bertuzzi, hasta la profundidad correcta que viene marcada por el propio aparato (Imagen 3.5.6.2).

Imagen 3.5.6.2. Determinación de la dureza del fruto con penetrómetro



3.5.6.3. Caracterización química del zumo/pulpa de los frutos: los parámetros a determinar para este apartado fueron pH, sólidos solubles (°Brix), acidez valorable total (g/l) e Índice de Madurez. Para ello comenzamos extrayendo el zumo de los limones con un exprimidor comercial de uso doméstico marca Braun y la pulpa de los melocotones con una licuadora doméstica marca Moulinex (Melgarejo et al., 2001). Aprovechamos este procedimiento para calcular el contenido de zumo de los frutos que se describe en el apartado 3.5.7.1 (imagen 3.5.6.3.1).

Posteriormente a obtener los zumos y las pulpas se filtraron (imagen 3.5.6.3) para poder llevar a cabo las determinaciones de pH y acidez valorable con el valorador volumétrico automático marca Metrohm, modelo 877 Titrino Plus (Herisau, Suiza) (imagen 3.5.6.3.2) y los sólidos solubles con el refractómetro.

Imagen 3.5.6.3.2. Valorador volumétrico automático para determinar la acidez valorable y el pH de los frutos de limón y melocotón

Imagen 3.5.6.3.1. Obtención de la pulpa filtrada de los frutos de melocotón



Para la determinación de sólidos solubles (°Brix) se calibró el refractómetro con agua destilada a 20°C y se colocan dos gotas del zumo de limón o de la pulpa de melocotón filtrados a esa misma temperatura en la lente del refractómetro y a través del visor se observa la marca que figura en la escala (Melgarejo et al., 2001). Con este método podemos conocer la cantidad equivalente de sacarosa que contiene el zumo que sirve a su vez de indicativo de la madurez de fruto: 1° Brix equivalen a 1 gramo de sacarosa en 100 mililitros de zumo.

La **acidez valorable total (AVT)** se determinó con una disolución 0,1 ó 0,5 N de Hidróxido de sodio y un indicador como la fenolftaleína. De esta forma es frecuente encontrar la definición de la acidez como el número de mililitros de una disolución 0,1 N de hidróxido de sodio consumido por 10 gramos de sustancia. Pero esta determinación es inexacta en el punto final, justo en el cambio de color generado por el indicador. Por este motivo la AVT se suele indicar en función al ácido predominante en la sustancia y de esta forma se minimiza el error que se comete al valorar la acidez total (Melgarejo et al., 2001), por ejemplo:

- Leche: ácido láctico
- Cítricos: ácido cítrico
- Manzana: ácido málico
- Uva: ácido tartárico

Con el objetivo de minimizar todavía más el error en la valoración utilizamos el valorador volumétrico automático (imagen 3.5.6.4) que nos facilita en la misma medida el pH y la acidez valorable en términos de los tres ácidos predominantes en casi todas las frutas: ácido cítrico, ácido málico y ácido tartárico.

En nuestro caso el valor a considerar además del pH es la acidez valorable como ácido cítrico tanto en el limón como en el melocotón porque es el ácido predominante en su zumo (García et al., 2003) y en su pulpa (Muradoglu y Kuçök, 2018; Lleó et al., 1998) respectivamente²⁶.

Una vez se obtuvieron todos estos datos se pueden calcular la madurez interna de un fruto con el **Índice de Madurez** (Melgarejo et al., 2001):

$$\text{IM} = \text{Sólidos Solubles (g/litro)} / \text{Acidez Valorable Total (g/litro)}$$

$$\text{IM} = (\text{SS (}^{\circ}\text{Brix)} \times 10) / \text{AVT (g/litro)}$$

3.5.7. Calidad del fruto

Las normas de calidad para la comercialización de cítricos vienen establecidas en el Reglamento UE nº 2019/428 donde establece, para el caso

²⁶ Las concentraciones de ácido málico y de ácido cítrico en la pulpa del melocotón son similares, pero como sus pesos equivalentes son casi idénticos el error que se comete utilizando el ácido cítrico para la valoración de la acidez total es muy pequeño (García et al., 2003).

particular del limón, unos parámetros mínimos en su estado de madurez válido para su comercialización:

- 20 % mínimo de zumo
- Un color que sea característico de la variedad, pero se admitirán también los frutos de coloración verde (no oscura) siempre que tengan el contenido mínimo de zumo”

- calibre mínimo de 45 mm

Para el melocotón los requisitos mínimos de madurez son

- 8 ° Brix medidos con refractómetro
- la dureza inferior a 6,5 kg/cm²
- el calibre mínimo para variedades tempranas y extratempranas es de 51 mm y para variedades tardías de 56 mm.

3.5.7.1. Contenido de zumo en limón y pulpa en melocotón: debemos determinar el porcentaje de zumo de limón en base a lo establecido en el Reglamento UE nº 2019/428. En el momento que se extrae el zumo de los limones, para realizar las mediciones en el valorador volumétrico automático, se calculó este porcentaje de zumo en el limón. Este proceso se repite para determinar los contenidos de pulpa en el melocotón. El procedimiento para seguir es el siguiente:

1º. Se eligen al azar en el laboratorio seis frutos de cada zona testigo y de cada zona de tratamiento e intentando que en la selección haya algún fruto de todos los árboles seleccionados para la caracterización de estos

2º. Se pesan los frutos de tres en tres

3º. Se extrae el zumo de limón y la pulpa del melocotón de cada grupo de tres y se pesa también

4º. Se filtra una parte de ese zumo y de la pulpa para que se puedan realizar las determinaciones en el valorador volumétrico automático y el refractómetro

5º. Una parte de la pulpa filtrada se congeló para poder realizar las determinaciones de azúcares, ácidos orgánicos y actividad antioxidante.

3.5.7.2. Contenido de azúcares y ácidos orgánicos: como ya hemos comentado en apartados anteriores tras la extracción de las pulpas de melocotón se filtraron con papel de celulosa y se congelaron hasta el momento que podamos analizar las muestras. Cuando el instrumental estuvo disponible para

el análisis de estas muestras se descongelaron a temperatura ambiente para depositarlos en tubos de 50 ml para centrifugar en un centrifugador Sigma modelo 3-18 K a 15000 rpm durante 20 minutos a -4 °C. Luego se extrae de cada muestra 1 ml de sobrenadante con pipeta, se filtraron con un filtro de nylon de 0,45 μm y se depositaron viales ambar. Se inyectaron 10 μL en el HPLC (cromatógrafo de líquidos de alto rendimiento) Hewlett-Packard modelo 1100 (fotos 3.5.7.2.1 y 3.5.7.2.2). El tampón de elución²⁷ se realizó con ácido fosfórico al 0,1% con un caudal de 0,5 ml/minuto. Los ácidos orgánicos se identificaron usando una columna Supelco (Supelcogel T C-610H 30 x 0,78 cm) y la pre-columna Supelguard (5 x 0,46 cm). La absorbancia se midió a 210 nm usando una matriz de diodos detector. Para la detectar y analizar azúcares la absorbancia se determinó con un detector de índice de refracción (Legua et al., 2011).

Los estándares para la determinación de ácidos orgánicos y azúcares fueron realizados con patrones comerciales (fabricante Aldrich-Sigman) y la cuantificación se realizó mediante las curvas de calibración obtenidas con una alinealidad $R^2 \geq 0,999$ y se expresan en gramos/litro.

Imagen 3.5.7.2.1. Cromatógrafo de líquidos de alto rendimiento



Imagen 3.5.7.2.2. Detalle del cromatógrafo de líquidos de alto rendimiento



3.5.7.3. Actividad antioxidante: en las últimas décadas está creciendo el concepto entre los consumidores de que los alimentos no sólo poseen propiedades nutricionales u organolépticas, sino que también deben cumplir la misión de proteger la salud y gran parte de esta responsabilidad protectora la

²⁷ Proceso por medio del cual se extrae un compuesto de un material lavando con un solvente en una columna de cromatografía líquida.

tienen los antioxidantes naturales como los polifenoles, los tocofenoles, los carotenoides o la vitamina C (Zapata et al.). Hay varios métodos usados para poder medir la actividad antioxidante de los alimentos, dentro de los destaca entre toda la bibliografía consultada los métodos ABTS y DPPH.

El método **ABTS** consiste en cuantificar la decoloración del radical ABTS+ (2,2'-azino-bis-ácido 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) ya que éste se reduce por la acción del antioxidante. Tiene electrones que son capaces de absorber energía y excitarse a diferentes longitudes de onda (Re et al., 1999).

El método **DPPH** (2,2-diphenil-1-picrilhidrase) se basa en que los antioxidantes A-H que reaccionan con el radical libre coloreado de color púrpura transformándolo a color amarillo debido a su capacidad para donar átomos de hidrógeno (Brand-Williams et al., 1995). La actividad antioxidante de los zumos de melocotón se midió con el espectrofotómetro visible UV marca Helios Gamma modelo UVG 1002 (Melgarejo et al., 2014).

Los resultados en ambos métodos corresponden a los valores medios (n=3) y su desviación estándar y fueron expresados en miligramos de Trolox por mililitro de zumo.

Para identificar los compuestos presentes en las gráficas de ácidos orgánicos (DAD1) y azúcares (RID1) se emplearon curvas obtenidas a partir de productos puros (Departamento de Producción Vegetal y Microbiología, Universidad Miguel Hernández) donde figuran los dos parámetros que utilizaremos: el tiempo de retención (ret time) que nos permitirá la identificación de cada una de las sustancias, y su área (nRIU) que cuantifica sus cantidades. Esto nos permitió localizar en la pulpa del melocotón:

- ácidos orgánicos: ácido cítrico, málico, shikímico y fumárico
- azúcares: sacarosa, glucosa y fructosa

Los datos obtenidos durante este ensayo fueron analizados estadísticamente para apreciar si la aplicación del lixiviado de vermicompost aportó algún beneficio al proceso productivo. Para ello debemos identificar posibles diferencias significativas calculando la media y la desviación estándar y comparándolas entre las zonas de tratamiento y las zonas testigo.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

Para realizar los cálculos y compararlos de una forma rápida y fiable utilizamos el software estadístico para PC denominado Statgraphics 19 (Statgraphics Technologies, Inc. The Plains, Virginia).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Características químicas el suelo y sus contenidos nutricionales

Tabla 4.1.1. Características químicas y contenidos nutricionales del suelo durante la segunda campaña (primera muestra tomada en febrero y segunda muestra tomada en mayo de 2021) en el melocotonero *Astoria*. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
CE (mS/cm)	0,747 (0,077)a	0,482 (0,2096)a	0,782 (0,26)a	0,372 (0,08)a
pH	7,96 (0,23)a	7,80 (0,21)a	7,95 (0,20)a	7,87 (0,22)a
M.O. (%)	0,88 (0,26)a	0,95 (0,26)a	1,07 (0,07)a	1,15 (0,12)a
C/N	99,88 (163,78)a	4,88 (1,55)a	5,32 (1,01)a	5,45 (0,97)a
N total (%)	0,114 (0,01)a	0,0114 (0,007)a	0,118 (0,01)a	0,124 (0,01)a
Nitrato soluble (mg/kg)	23,46 (2,37)a	22,1 (0)a	23,07 (1,67)a	22,1 (0)a
P ₂ O ₅ asimilable (mg/kg)	57,2 (21,16)a	115,66 (20,82)b	80,63 (12,71)a	145,667 (41,64)a
K ₂ O asimilable (mg/kg)	323,67 (72,78)a	327,33 (124,52)a	308,33 (113,27)a	318,33 (114,05)a
CaO asimilable (mg/kg)	2702,33 (445,60)a	3396,67 (393,60)a	2721,33 (267,56)a	3415 (619,01)a
MgO asimilable (mg/kg)	818,33 (135,39)a	931,33 (261,09)a	876,67 (208)a	935,33 (245,83)a
Fe asimilable (mg/kg)	4,96 (1,12)a	6,45 (2,50)a	6,15 (1,98)a	6,22(2,02)a
Mn asimilable (mg/kg)	3,2 (1,70)a	6,33 (1,59)a	4,14 (1,52)a	6,17 (0,98)a
Zn asimilable (mg/kg)	7,66 (11,38)a	7,37 (7,87)a	2,54 (1,83)a	3,65 (3,79)a
Cu asimilable (mg/kg)	6,41 (1,39)a	6,56 (1,76)a	5,16 (0,69)a	6,83 (1,04)a
B asimilable (mg/kg)	0,29 (0,05)a	0,24 (0,05)a	0,30 (0,05)a	0,24 (0,01)a

Los datos obtenidos sobre las características químicas y contenidos en macronutrientes primarios, macronutrientes secundarios y micronutrientes en el suelo de la parcela de melocotonero *Astoria* no presentan diferencias significativas entre las zonas testigo y las zonas tratamiento tras la aportación de Lombrifertal Líquido® a razón de 300 litros en 1,2 hectáreas aplicados mes y medio antes de comenzar la recolección tal y como se indica en la Tabla 3.3.2.

El tratamiento estadístico aplicado a los datos referentes a esta parte del ensayo en concreto sólo indica un incremento significativo de la media en las tres repeticiones para el fósforo asimilable (P₂O₅) en las zonas testigo mientras que en las zonas de tratamiento ese incremento de la media es ligeramente

superior pero la diferencia en la desviación estándar nos indica que no fue el mismo para todas las repeticiones por lo que no es significativo en su caso.

Tabla 4.1.2 Características químicas y contenidos nutricionales del suelo durante la primera campaña (primera muestra tomada en marzo y segunda muestra tomada en octubre de 2020) en el limonero *Fino 95* con año y medio. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
CE (mS/cm)	0,270 (0,01)a	0,423 (0,08)b	0,264 (0,015)a	0,505 (0,09)b
pH	7,68 (0,04)a	7,80 (0,03)b	7,61 (0,10)a	7,78 (0,04)b
M.O. (%)	0,97 (0,29)a	1,13 (0,20)a	1,20 (0,19)a	1,30 (0,13)a
C/N	6,63 (1,10)a	5,69 (0,78)a	7,46 (1,26)a	5,84 (0,39)a
N total (%)	0,085 (0,02)a	0,114 (0,006)a	0,093 (0,02)a	0,130 (0,012)b
Nitrato soluble (mg/kg)	144,66 (50,76)a	69,10 (24,78)a	116,67 (6,66)a	104,67 (5,13)a
P ₂ O ₅ asimilable (mg/kg)	140,33 (62,06)a	148,67 (64,04)a	230,33 (124,86)a	210,33 (76)a
K ₂ O asimilable (mg/kg)	480,33 (97,62)a	477,667 (7,63)a	503,33 (40,28)a	502,33 (45,76)a
CaO asimilable (mg/kg)	3281,67 (266,64)a	3146,67 (276,02)a	3188,33 (241,46)a	3295 (164,61)a
MgO asimilable (mg/kg)	858,0 (170,61)a	847,33 (105,38)a	838 (41,14)a	977,33 (35,91)b
Fe asimilable (mg/kg)	2,17(1,48)a	5,08 (0,92)b	4,66 (2,86)a	6,48 (4,13)a
Mn asimilable (mg/kg)	1,09 (0,47)a	5,90 (0,61)b	1,55 (0,09)a	6,23 (0,25)b
Zn asimilable (mg/kg)	0,53 (0,19)a	2,13 (2,53)a	1,95 (1,56)a	2,71 (2,06)a
Cu asimilable (mg/kg)	1,66 (0,52)a	2,61 (0,74)a	2,72 (1,47)a	3,80 (1,60)a
B asimilable (mg/kg)	0,48 (0,12)b	0,14 (0,04)a	0,61 (0,09)b	0,15 (0,02)a

En el caso particular del limonero *Fino 95* de año y medio, la aportación de Lombrifertial Líquido® entre los meses de marzo y julio de 2020 a razón de 50 litros semanales para una superficie de 1,2 hectáreas al principio para luego doblar esta dosis en los meses de más calor tal y como se indica en la Tabla 3.3.1 ha dejado de manifiesto lo siguiente:

- Hay diferencias significativas en la C.E. y el pH del suelo en las zonas testigo y en las zonas de tratamiento. En ambos casos se incrementó
- Hay incrementos significativos en el nitrógeno total y en el magnesio asimilable en las zonas de tratamiento con respecto a las zonas testigo
- Hay también incrementos significativos en los microelementos manganeso asimilables en ambas zonas y hierro asimilable, pero la diferencia significativa del segundo es sólo en la zona testigo. En el boro hay un descenso significativo en ambas zonas

Al año siguiente, en esta misma parcela de Limonero *Fino 95* se rebajó la dosis anual a 300 litros en la misma superficie, pero solo se aplicó durante los meses con las temperaturas más elevadas esperando que los organismos mesófilos presentes en el lixiviado de vermicompost estimularan su actividad.

Tabla 4.1.3. Características químicas y contenidos nutricionales del suelo durante la segunda campaña (primera muestra tomada en febrero y segunda muestra tomada en diciembre de 2021) en el limonero *Fino 95* con año y medio. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
CE (mS/cm)	0,483 (0,11)a	0,377 (0,08)a	0,4 (0,14)a	0,60 (0,52)a
pH	7,73 (0,05)b	7,45 (0,14)a	7,68 (0,06)a	7,54 (0,11)a
M.O. (%)	1,03 (0,17)a	3,31 (0,62)b	1 (0,31)a	3,31 (0,42)b
C/N	4,76 (1)a	7,9 (0,61)b	4,87 (1,29)a	7,86 (2,54)a
N total (%)	0,126 (0,015)a	0,245 (0,05)b	0,119 (0,01)a	0,26 (0,8)b
Nitrato soluble (mg/kg)	48,8 (13,82)a	48,5 (24)a	68,93 (33,96)a	69,86 (42,78)a
P ₂ O ₅ asimilable (mg/kg)	65,03 (31,95)a	79,3 (23,55)a	78,9 (22,79)a	78,26 (18,62)a
K ₂ O asimilable (mg/kg)	374,33 (28,29)a	461,67 (94,52)a	410 (45,53)a	513,66 (146,12)a
CaO asimilable (mg/kg)	3563,67 (224,65)a	6040,67 (771,05)b	3523,33 (331,48)a	6093 (334,69)b
MgO asimilable (mg/kg)	834,33 (71,3)a	1644,33 (191,61)b	888,67 (26,02)a	1618 (86,24)b
Fe asimilable (mg/kg)	4,49 (1,66)a	4,08 (0,85)a	4,49 (1,3)a	4,40 (1,48)a
Mn asimilable (mg/kg)	2,28 (0,75)a	2,75 (0,29)a	2,34 (1,15)a	2,76 (0,04)a
Zn asimilable (mg/kg)	3,32 (3,47)a	8,66 (11,25)a	1,07 (0,43)a	4,75(4,14)a
Cu asimilable (mg/kg)	2,88 (1,24)a	3,35 (1,12)a	3,72 (1,19)a	4,33 (0,97)a
B asimilable (mg/kg)	0,26 (0,07)a	0,78 (0,01)b	0,26 (0,05)a	0,81 (0,04)b

Todas las diferencias significativas son para incrementos que tienen lugar tanto en las zonas testigo como en las zonas de tratamiento: pH, materia orgánica, nitrógeno total, calcio asimilable (CaO) y magnesio asimilable (MgO), aunque el incremento de la media en el nitrógeno total de las zonas de tratamiento fue mayor que en la zona testigo. Sólo en el caso de la relación C/N y del pH el incremento significativo tuvo lugar en las zonas testigo.

4.2 Contenido de elementos nutricionales en las hojas

Tabla 4.2.1. Contenidos nutricionales de las hojas durante la segunda campaña (primera muestra tomada en febrero y segunda muestra tomada en mayo de 2021) en el melocotonero *Astoria*. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey ($P < 0,05$)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
N (%)	4,16 (0,26)a	3,80 (0,27)a	4,25 (0,04)a	4,02 (0,34)a
P (%)	0,5 (0,02)b	0,32 (0,03)a	0,52 (0,04)b	0,34 (0,4)a
K (%)	2,15 (0,06)a	2,78 (0,25)b	2,17 (0,06)a	2,96 (0,19)b
Ca (%)	0,85 (0,14)a	2,03 (0,14)b	0,81 (0,08)a	2,11 (0,4)b
Mg (%)	0,27 (0,06)a	0,41 (0,03)b	0,27 (0,03)a	0,43 (0,06)b
Fe (mg/kg)	75,33 (2,51)a	120 (13,0)b	78 (2,64)a	122 (30,8)a
Mn (mg/kg)	21,66 (9,20)a	10,73 (2,93)a	19,77 (4,15)a	12,87 (3,33)a
Zn (mg/kg)	39,73 (2,87)a	36 (2,92)a	40,53 (0,57)a	44,47 (9,13)a
Cu (mg/kg)	30,23 (2,06)b	11,77 (1,5)a	29,6 (0,8)b	14,46 (2,28)a
B (mg/kg)	43,43 (2,38)b	35,23 (2,65)a	42,9 (5,73)a	38,07 (6,27)a

En el análisis estadístico de los datos obtenidos sobre los contenidos en macronutrientes primarios, macronutrientes secundarios y micronutrientes en las hojas de melocotonero *Astoria* no se aprecian diferencias significativas entre las zonas testigo y las zonas de tratamiento tal y como queda reflejado en la Tabla 4.2.1. Los incrementos significativos coinciden en ambas zonas para el fósforo, el potasio, el calcio, el magnesio y el cobre siendo un poco superior en las zonas de tratamiento. El hierro tiene un incremento significativo solo en la zona testigo porque su desviación estándar difiere menos entre el inicio y el final del estudio. El único decrecimiento significativo es en el contenido de cobre siendo sensiblemente inferior en las zonas de tratamiento que en las zonas testigo.

Tabla 4.2.2. Contenidos nutricionales de las hojas durante la primera campaña (primera muestra tomada en marzo y segunda muestra tomada en octubre de 2020) en el limonero *Fino 95* con año y medio. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
N (%)	1,71 (0,12)a	2,34 (0,05)b	1,75 (0,19)a	2,29 (0,08)b
P (%)	0,117 (0,03)a	0,170 (0,02)a	0,108 (0,003)a	0,166 (0,026)b
K (%)	1,06 (0,1)a	1,2 (0,12)a	0,98 (0,21)a	1,3 (0,25)a
Ca (%)	2,04 (0,41)a	2,14 (0,22)a	2,01 (0,3)a	2,11 (0,07)a
Mg (%)	0,16 (0,01)a	0,25 (0,01)b	0,16 (0,03)a	0,24 (0,02)b
Fe (mg/kg)	73 (15,39)a	69,66 (19,14)a	78,33 (10,6)a	62,33 (4,72)a
Mn (mg/kg)	29,97 (2,16)a	28,33 (2,51)a	28,63 (7,18)a	27,87 (5,31)a
Zn (mg/kg)	17,37 (1,88)a	16,27 (2,5)a	16,8 (1,34)a	18,36 (5,2)a
Cu (mg/kg)	4,9 (1,21)a	4,53 (0,87)a	4,56 (0,75)a	4,7 (0,43)a
B (mg/kg)	27,8 (1,47)a	43,17 (4,21)b	28,06 (3,54)a	43,03 (2,6)b

En el Limonero *Fino 95* con un año y medio el análisis de los datos obtenidos de sus hojas en el primer año nos indica que el fósforo solo tiene un incremento significativo en las zonas de tratamiento mientras que el nitrógeno, el magnesio y el boro tienen incrementos significativos en las dos zonas y que estos incrementos son muy similares.

En el segundo año se concentró la aplicación del lixiviado de vermicompost en los meses con las temperaturas más altas (julio a agosto de 2021).

Tabla 4.2.3. Contenidos nutricionales de las hojas durante segunda campaña (primera muestra tomada en febrero y segunda muestra tomada en diciembre de 2021) en el limonero *Fino 95* con año y medio. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
N (%)	2,10 (0,13)a	1,928 (0,31)a	2,04 (0,16)a	1,98 (0,05)a
P (%)	0,114 (0,009)b	0,076 (0,003)a	0,113 (0,01)b	0,079 (0,008)a
K (%)	0,70 (0,09)b	1,02 (0,05)a	0,75 (0,07)a	0,94 (0,10)a
Ca (%)	2,57 (0,24)a	2,76 (0,20)a	2,18 (0,52)a	2,90 (0,42)a
Mg (%)	0,20 (0,01)a	0,19 (0,02)a	0,20 (0,01)a	0,22 (0,04)a
Fe (mg/kg)	170,66 (10,11)a	150,66 (14,29)a	132 (18,25)a	143,33 (18,15)a
Mn (mg/kg)	31,7 (5,2)a	25,66 (2,48)a	25,8 (5,55)a	25,97 (7,18)a
Zn (mg/kg)	12,03 (3,20)a	16,4 (1,06)a	11,1 (1,83)a	15,47 (0,3)b
Cu (mg/kg)	100 (24,06)b	21,86 (2,05)a	103 (25,36)b	19,2 (1,57)a
B (mg/kg)	39,93 (6,14)a	51,67 (3,05)b	37,37 (5,16)a	44,83 (7,08)a

No hay diferencias significativas entre las zonas testigo y las zonas de tratamiento. Sólo se han identificado incrementos significativos en ambas zonas para el fósforo, para el potasio y el boro en las zonas testigo y para el zinc en las zonas de tratamiento, pero llama mucho la atención el descenso que experimentó el cobre en las zonas de estudio.

En este estudio si se pudo determinar los contenidos de nutrientes en las hojas el limonero *Fino 95* de ocho meses en los dos años de ensayos.

El tratamiento con el lixiviado de vermicompost Lombrifertial Líquido® se realizó de la misma forma que en los limoneros con un año y medio, pero con la salvedad que en el caso de estos más jóvenes durante el segundo año de toma de datos se aportó 400 litros en 1,2 hectáreas concentrado en los dos meses con las temperaturas más altas también en el segundo año para favorecer la acción de los microorganismos mesófilos presentes en el producto.

Tabla 4.2.4. Contenidos nutricionales de las hojas durante la primera campaña (primera muestra tomada en marzo y segunda muestra tomada en octubre de 2020) en el limonero *Fino 95* con ocho meses. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
N (%)	2,47 (0,22)a	2,56 (0,02)a	2,45 (0,19)a	2,53 (0,05)a
P (%)	0,178 (0,002)b	0,141 (0,016)a	0,178 (0,004)b	0,149 (0,016)a
K (%)	1,25 (0,1)a	1,38 (0,02)a	1,21 (0,14)a	1,42 (0,1)a
Ca (%)	2,43 (0,4)a	2,83 (0,32)a	2,36 (0,29)a	2,79 (0,23)a
Mg (%)	0,118 (0,012)a	0,268 (0,011)b	0,14 (0,03)a	0,26 (0,006)b
Fe (mg/kg)	102,67 (6,51)a	101 (9,54)a	87,66 (6,51)a	89,33 (3,51)a
Mn (mg/kg)	49,6 (10,33)a	61,57 (9,41)a	44,46 (10,63)a	55,56 (7,77)a
Zn (mg/kg)	17,3 (1,4)a	16,7 (2,1)a	16,56 (2,17)a	15,73 (1,25)a
Cu (mg/kg)	11,43 (1,43)b	6,83 (0,76)a	11 (0,79)b	6,93 (0,51)a
B (mg/kg)	37,47 (5,73)a	72 (5,29)b	36,76 (2,81)a	71,33 (12,66)b

Tabla 4.2.5. Contenidos nutricionales de las hojas durante la segunda campaña (primera muestra tomada en febrero y segunda muestra tomada en diciembre de 2021) en el limonero *Fino 95* con ocho meses. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Variables	Testigo		Tratamiento	
	Inicio	Final	Inicio	Final
N (%)	2,28 (0,06)a	2,21 (0,10)a	2,49 (0,16)b	2,17 (0,11)a
P (%)	0,122 (0,01)b	0,092 (0,01)a	0,125 (0,004)b	0,093 (0,03)a
K (%)	0,97 (0,02)a	1,17 (0,09)b	0,95 (0,06)a	1,18 (0,04)b
Ca (%)	2,66 (0,18)a	2,65 (0,13)a	2,96 (0,29)a	2,64 (0,15)a
Mg (%)	0,21 (0,003)b	0,17 (0,01)a	0,211 (0,02)b	0,165 (0,007)a
Fe (mg/kg)	160,67 (13,65)b	79 (3,46)a	159 (23,39)b	71 (4)a
Mn (mg/kg)	51,49 (1,32)b	38,26 (1,7)a	55,33 (2,88)b	33,1 (1,70)a
Zn (mg/kg)	12,03 (1,06)a	10,87 (1,36)a	13,5 (1,11)a	11,9 (1,56)a
Cu (mg/kg)	127,333 (2,08)b	9,66 (1,25)a	128 (24,33)b	11,13 (2,70)a
B (mg/kg)	50,66 (4,04)b	36,93 (3,36)a	55 (1)b	35,2 (4,16)a

Tampoco se observan diferencias significativas en las muestras de los dos años de ensayo. El primer año hubo incrementos significativos en el fósforo y el magnesio tanto en las zonas testigo como en las zonas de tratamiento y también hubo decrecimientos significativos en ambas zonas del cobre y el boro. En todos los casos las diferencias fueron prácticamente idénticas.

Los resultados en el segundo año de tratamiento muestran diferencias significativas en todos los nutrientes en ambas zonas a excepción del calcio y el zinc. Llama la atención que en ambas zonas tuvieron descensos muy importantes en el hierro y sobre todo en el cobre al finalizar el ensayo con el lixiviado de vermicompost.

4.3 Desarrollo vegetativo

La toma de datos de la copa y del tronco en melocotonero fue insatisfactoria porque el primer año coincidió con el confinamiento a causa del COVID'19 y el segundo año hubo problemas de medición con el calibrador digital en campo. Por el contrario, los datos tomados en las dos parcelas de Limón Fino 95 si nos han servido para valorar el efecto que tiene el lixiviado de vermicompost sobre el desarrollo vegetativo de los árboles.

Tabla 4.3.1. Parámetros del desarrollo vegetativo. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Cultivo	Año	Variable	Testigo		Tratamientos	
			Inicio	Final	Inicio	Final
Melocotonero Astoria	2º	D copa (m)	3,266 (0,245)a	4,04 (0,205)b	3,286 (0,029)a	4,08 (0,113)b
Limonero de año y medio	1º	D copa (m)	2,336 (0,087)a	3,334 (0,094)b	2,283 (0,077)a	3,34 (0,082)b
		D tronco (cm)	4,54 (0,22)a	6,58 (0,332)b	4,4 (0,142)a	6,51 (0,243)b
Limonero de año y medio	2º	D copa (m)	3,062 (0,227)a	3,715 (0,07)b	3,107 (0,102)a	3,644 (0,301)b
		D tronco (cm)	7,9 (1,42)a	8,48 (0,216)b	6,844 (0,129)a	8,544 (0,167)b
Limonero de ocho meses	1º	D copa (m)	1,298 (0,046)a	1,711 (0,061)b	1,298 (0,065)a	1,699 (0,083)b
		D tronco (cm)	2,633 (0,140)a	4,08 (0,26)b	2,578 (0,084)a	3,966 (0,305)b
Limonero de ocho meses	2º	D copa (m)	2,262 (0,101)a	3,136(0,055)b	2,271 (0,084)a	3,035 (0,27)b
		D tronco (cm)	5,32 (0,203)a	7,52 (0,262)b	5,211 (0,15)a	6,922 (0,69)b

Como era de esperar en todas las comparativas ha habido diferencias significativas dado que los árboles experimentan un crecimiento de su parte aérea a lo largo del tiempo, pero todos los incrementos son similares entre las zonas testigo y las zonas de tratamiento por lo que no se aprecia que la aplicación del lixiviado de vermicompost haya tenido efecto sobre la generación de biomasa, pero hay un dato que llama mucho la atención: el incremento del diámetro del tronco en las zonas de tratamiento durante el segundo año del Limonero *Fino 95* de un año y medio ya que la media al inicio es 6,844 cm y al final de 8,544 cm, siendo la desviación estándar baja.

Tabla 4.3.2. Parámetros interanuales del desarrollo vegetativo. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Cultivo	Periodo	Variable	Testigo	Tratamiento
Limonero de año y medio	Interanual	D copa (m)	3,025 (0,975)a	2,96 (0,962)a
		D tronco (cm)	6,51 (2,786)a	6,472 (2,93)a
Limonero de ocho meses	Interanual	D copa (m)	2,217 (1,3)a	2,1665(1,23)a
		D tronco (cm)	5,076 (3,455)a	4,75 (3,072)a

La comparativa interanual de los datos obtenidos sobre el desarrollo vegetativo tampoco mostró ninguna diferencia significativa por lo que el lixiviado de vermicompost no tiene ningún efecto en la generación de biomasa.

4.4 Producción

Se pudieron tomar datos de producción de las tres parcelas durante los dos años. Se pesaron las producciones por árbol en cada una de las recolecciones para comprobar si se adelanta la producción y de esta forma entrar con mejores precios de venta en el mercado.

Tabla 4.4.1. Producción del melocotonero Astoria. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Año	Recolección	Testigo	Tratamiento
1º	Primera (kg/árbol)	6,946 (3,5)a	8,406 (2,164)a
	Segunda (kg/árbol)	18,95 (3,836)a	15,656 (1,289)a
	Tercera (kg/árbol)	11,626 (1,96)a	14,373 (4,3)a
	Cuarta (kg/árbol)	3,38 (2,27)a	1,276 (0,7)a
	Quinta (kg/árbol)	1,713 (1,154)a	2,64 (2,52)a
	TOTAL	42,62 (1,94)a	42,35 (4,73)a
2º	Primera (kg/árbol)	5,65 (2,624)a	4,48 (1,97)a
	Segunda (kg/árbol)	6,80 (2,3)a	6,06 (0,658)a
	Tercera (kg/árbol)	14,14 (5,08)a	14,27 (1,71)a
	Cuarta (kg/árbol)	11,35 (4,61)a	13,02 (3,49)a
	Quinta (kg/árbol)	8,43 (2,122)a	7,95 (1,97)a
	TOTAL	46,37 (0,74)a	45,78 (4,07)a

Tabla 4.4.2. Producción del limonero *Fino 95*. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Cultivo	Año	Recolección	Testigo	Tratamiento
Limonero de año y medio	1º	Primera (kg/árbol)	14,2 (1,29)a	14,62 (4,14)a
		Segunda (kg/árbol)	2,64 (0,6)a	3,23 (1,03)a
		TOTAL	16,84 (0,81)a	17,86 (3,78)a
	2º	Primera (kg/árbol)	20,22 (2,975)a	22,90 (0,847)a
		Segunda (kg/árbol)	9 (2,226)a	8,7 (1,76)a
		TOTAL	29,22 (4,43)a	31,60 (1,95)a
Limonero de ocho meses	1º	Primera (kg/árbol)	7,35 (0,788)a	8,12 (1,05)a
		TOTAL	7,35 (0,788)a	8,12 (1,05)a
	2º	Primera (kg/árbol)	16,73 (3,21)a	20,40 (1,66)a
		Segunda (kg/árbol)	14,28 (2,88)a	8,91 (2,78)a
		TOTAL	31,01 (2,04)a	29,31 (2,09)a

Tabla 4.4.3. Parámetros interanuales de la producción. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Cultivo	Periodo	Testigo	Tratamiento
Melocotonero	Interanual	6,298 (0,916)a	6,443 (2,776)a
Limonero de año y medio	Interanual	17,21 (4,257)a	18,76 (5,855)a
Limonero de ocho meses	Interanual	12,04 (6,632)a	14,26 (8,683)a

Tras analizar los datos se comprueba que no hay diferencias significativas entre las zonas testigo y las zonas de tratamiento en las tres parcelas, pero se observan algunas características que podemos destacar:

- En el limonero *Fino 95* con año y medio se observa un ligero aumento de la media de las producciones en los dos años en las zonas de tratamiento respecto a las zonas testigo
- En el segundo año de las dos parcelas de limonero *Fino 95* las zonas de tratamiento tuvieron una mayor producción que las zonas testigo en la primera recolección

4.5 Caracterización morfológica de los frutos

Las características morfológicas del melocotón Astoria fueron estudiados con datos tomados el segundo año de estudio porque el primer año hubo dificultades para realizar las mediciones a causa del confinamiento por el COVID19.

Tabla 4.5.1. Caracterización de los frutos de melocotonero *Astoria*. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Peso (kg/fruto)	0,175 (0,044)a	0,176 (0,0436)a
Diámetro (mm/fruto)	73,08 (2,137)a	73,24 (0,47)a
Altura (mm/fruto)	71,51 (1,44)a	73,24 (1,454)a
Diámetro hueso (mm)	19,59 (1,69)a	20,09 (1,94)a
Altura hueso (mm)	31,32 (2,61)a	30,70 (0,99)a
Peso hueso (mm)	7,23 (0,418)a	7,34 (0,614)a
Espesor pulpa (mm)	53,48 (0,516)a	53,14 (1,47)a

No existen diferencias significativas entre los datos tomados en las zonas testigo y las zonas de tratamiento.

En el caso del Limón Fino 95 se tomaron únicamente datos sobre las características morfológicas el primer año de estudio ya que al comprobar que no había diferencias significativas en los parámetros de espesor de la corteza, número de semillas y número de carpelos por fruto no era necesario repetir las determinaciones. Pero sí se tomaron datos sobre el diámetro y peso del fruto para confirmar que las características de los frutos recolectados eran las mismas para las zonas testigo y las zonas de tratamiento en los dos años que duró el ensayo.

Tabla 4.5.2. Caracterización de los frutos de limonero *Fino 95* de año y medio durante el primer año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Peso 1ª Cosecha (kg/fruto)	0,162 (0,018)a	0,165 (0,008)a
Diámetro 1ª Cosecha (mm/fruto)	73,14 (1,707)a	73,58 (1,866)a
Peso 2ª Cosecha (kg/fruto)	0,158 (0,007)a	0,153 (0,005)a
Diámetro 2ª Cosecha (mm/fruto)	71,92 (1,36)a	70,76 (1,05)a
Espesor Corteza (mm)	6,48 (0,26)a	6,10 (0,18)a
Nº de Semillas / fruto	3,66 (0,29)a	2,5 (3,91)a
Nº de Carpelos / fruto	10,71 (0,26)a	10,58 (0,52)a

Tabla 4.5.3. Caracterización de los frutos de limonero *Fino 95* de año y medio durante el segundo año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Peso 1ª Cosecha (kg/fruto)	0,205 (0,007)a	0,209 (0,012)a
Diámetro 1ª Cosecha (mm/fruto)	83,86 (1,85)a	83,94 (0,703)a

Tabla 4.5.4. Caracterización de los frutos de limonero *Fino 95* de ocho meses durante el primer año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Peso 1ª Cosecha (kg/fruto)	0,163 (0,007)a	0,166 (0,0157)a
Diámetro 1ª Cosecha (mm/fruto)	72,637 (1,09)a	72,91 (2,60)a

No hubo diferencias significativas en los datos obtenidos durante esos dos años en ninguno de los parámetros analizados. Llama la atención la media de los frutos recolectados en la primera cosecha del segundo año que se destinaron a un proceso de desverdización, pero tiene una explicación: estos frutos estaban destinados a un mercado que demandaba limones de un tamaño mayor en un

periodo de tiempo durante el cual el mercado paga un precio mayor por este tipo de frutos al considerarse fruta temprana.

4.6 Madurez del fruto

Tabla 4.6.1. Madurez de los frutos de melocotonero *Astoria* en el segundo año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Índice de Color	17,388 (5,096)a	16,822 (2,93)a
Dureza del fruto (kg/cm ²)	3,3 (0,4)a	3,68 (0,672)a
Acidez valorable total (g/L)	8,061 (0,494)a	8,59 (0,557)a
Sólidos solubles (°Brix)	9,39 (0,203)a	9,443 (0,356)a
Índice de Madurez	11,673 (0,638)a	11,008 (0,399)a

Tabla 4.6.2. Madurez de los frutos de limonero *Fino 95* en el primer año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Índice de Color	0,68 (0,621)a	0,947 (0,242)a
Acidez valorable total (g/L)	50,768 (5,83)a	46,795 (1,603)a
Sólidos solubles (°Brix)	7,916 (0,451)a	7,766 (0,189)a
Índice de Madurez	1,566 (0,1)a	1,593 (0,069)a

Tabla 4.6.3. Madurez de los frutos de limonero *Fino 95* en el segundo año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Acidez valorable total (g/L)	52,277 (4,573)a	51,246 (1,488)a
Sólidos solubles (°Brix)	8,6 (0,35)a	8,489 (0,162)a
Índice de Madurez	1,65 (0,079)a	1,657 (0,06)a

Al analizar los datos obtenidos para el color de la piel del fruto, su dureza (sólo para el caso del melocotón *Astoria*), la acidez valorable total, los sólidos solubles y el Índice de Madurez que son los que nos vendrían a dar información sobre la madurez del fruto se observa que no hay diferencias significativas entre los frutos analizados de las zonas testigo y los de las zonas de tratamiento, tanto para el caso del limón como para el caso del melocotón.

4.7. Calidad del fruto

Tabla 4.7.1. Parámetros para determinar la calidad del fruto del melocotonero *Astoria* durante el segundo año. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Parámetros	Testigo	Tratamiento
Rendimiento pulpa (% p/p)	96,233 (0,114)a	96,207 (0,275)a
Actividad Antioxidante DPPH (mg Trolox/mL)	4,107 (0,128)a	4,528 (0,627)a
Actividad Antioxidante ABTS (mg Trolox/mL)	1,958 (0,985)a	1,789 (0,16)a
Ácido cítrico (g/L)	4,04 (0,98)a	3,19(1,32)a
Ácido málico (g/L)	31,09 (7,9)a	29,767(6,12)a
Ácido shikímico (g/L)	87,726 (17,34)a	85,62(12,16)a
Ácido fumárico (g/L)	1,63 (0,007)a	1,632 (0,26)a
Suma total de ácidos orgánicos (g/L)	124,484(26,16)a	120,213(17,09)a
Sacarosa (g/L)	13,066(2,76)a	12,32(2,278)a
Glucosa (g/L)	4,548(0,62)a	4,37(0,363)a
Fructosa (g/L)	7,911(1,095)a	7,317(0,467)a
Suma total de azúcares (g/L)	25,525(4,413)a	24,006(2,68)a

Tabla 4.7.2. Parámetros para determinar la calidad del fruto del limonero *Fino 95*. Valores expresados como media (n=3) con su desviación estándar. Las diferentes letras en una misma fila indican diferencias significativas según el test Turkey (P<0,05)

Año	Parámetro	Testigo	Tratamiento
1º	Volumen de zumo (cc/grs)	0,342 (0,027)a	0,357 (0,02)a
	Contenido de zumo (% p/p)	35,26 (3,143)a	37 (2,128)a
2º	Volumen de zumo (cc/grs)	0,275 (0,019)a	0,256 (0,07)a
	Contenido de zumo (% p/p)	28,55 (2,096)a	26,738 (0,8)a

Tras el análisis de los datos referentes a la calidad del fruto no existen diferencias significativas entre los frutos de las zonas testigo y los de las zonas de tratamiento. Como se puede observar en la Tabla 4.7.2. el contenido en zumo de los frutos del segundo año es sensiblemente inferior puesto que fueron frutos recolectados un mes antes con respecto a los frutos del primer año, pero sin diferencias significativas entre ambas zonas.

5. CONCLUSIONES

Tras la aplicación del lixiviado de vermicompost y el análisis de los datos obtenidos, los efectos identificados a partir de las diferencias significativas entre las zonas testigo y las zonas de tratamiento nos permiten afirmar que no presenta ningún efecto (positivo o negativo) dentro los parámetros productivos analizados en el presente estudio.

Es cierto que existen diferencias en algunos datos, pero ninguna de estas diferencias es constante en todas las parcelas y, además, dichas diferencias son relativamente pequeñas, aunque figuren como diferencias significativas.

El lixiviado de vermicompost es un residuo que ocasiona inconvenientes a las poblaciones cercanas al lugar donde se genera y su uso como insumo agrícola puede ser una alternativa a la hora de incluirlo en la Economía Circular, pero sus posibles efectos en los sistemas productivos agrarios se podrían definir de una manera más eficaz con un ensayo de cuatro años ya que pueden afianzarse conclusiones que a fecha de hoy se pueden intuir pero que no son concluyentes.

Por otro lado, se podrían plantear otros estudios en un futuro como su efecto biofungicida o bionematicida dada la elevada carga de microorganismos que posee y que pueden suponer una competencia biológica para los patógenos de las plantas en el suelo.

6. BIBLIOGRAFÍA

AEMET (Agencia Española de Meteorología). 2022. Datos climáticos. Atlas climatológico. (Madrid, España). Visitado el 3 de junio de 2022 https://www.aemet.es/es/web/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_climatico/visor_atlas_climatico

AILIMPO (Asociación Interprofesional de Limón y Pomelo). 2021 (Murcia, España). Visitado el 25 de mayo de 2022 <https://www.ailimpo.com/2021/09/29/espana-el-rey-mundial-del-limon-ya-esta-aqui/>

Ancilla, G. y Medina, A. 2014. *Los cítricos. Monografías botánicas. Volumen 2.* Jardín Botánico de la Universitat de València (Valencia, España) (página 156).

Armijo Miranda, R. E.; Basegio Castellani, N.V.; Cofrade Romero, B. D.; Ramos Carreño, Teresa. 2019. *Contaminantes químicos del agua: contaminación antropogénica.* Centro de Estudios de Postgrado. Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España) (páginas 2 y 3).

Badenes, M.L. 2000. *El melocotonero en España: situación y perspectivas.* Comunitat Valenciana Agraria – Fruïters d'os. Consellería d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica (Valencia, España) (página 18).

Bak, F. y Pfennig, N. 1987. *Chemolithotrophic growth of Desulfovibrio sulfodismutans sp. nov. by disproportionation of inorganic sulfur compounds.* Archives of Microbiology, nº 147 (páginas 184-189).

Bello, F.; Eyman, L.; Almirón, N.; Cocco, A.; Torres, F. 2015. Cartillas para determinar el índice de color de mandarinas y naranjas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Entre Ríos. Estación Experimental Agropecuaria Concordia (Entre Ríos, Argentina).

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. 1995. *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity using the DPPH free radical method*. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie Food Science and Technology (página 26).

Bueno Bosch, M. 2003. *Cómo hacer un buen compost*. Editorial La Fertilidad de la Tierra (Navarra, España).

Cadahía, C. 2005. *Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales*. Ed. Mundi-Prensa (Madrid, España) (página, 291-293).

De Miguel, A. 2014. *Ensayo del comportamiento de portainjertos de melocotonero y nectarina*. Comunitat Valenciana Agraria, nº 1-14. IVIA (Valencia, España) (páginas 36 y 37).

Departamento de Agricultura de la Diputación Foral de Biskaia (Álava, España). Visitado el 25 de mayo de 2022 https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO2/Temas/Pdf/agricultura/publicaciones/ca_Poda_produccion_frutales_hueso.PDF?hash=da3b65aab9a0a71272e6a7fa1515cf58&idioma=IN

Diéguez Aranda, U.; Castedo Dorado, F.; Barrio Anta, M.; Álvarez González, J. G.; Rojo Alboreca, A.; Ruiz González, A. D. 2005. *Prácticas de Dasometría*. Universidad de Santiago de Compostela (A Coruña, España) (páginas 1, 9 y 55).

ENAC (Entidad Nacional de Acreditación) (Madrid, España). Visitado el 6 de junio de 2022 <https://www.enac.es/web/enac/entidades-acreditadas/buscador-de-acreditados>

Erena, M.; Fontes, C.; Soler, M.D.; Caro, M.; Lozano, J.; Rincón, L. 1999. *Necesidades hídricas del melocotonero en la Región de Murcia*. VIII Congreso SECH, IMIDA (Murcia, España).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2019. (Roma, Italia). Visitado el 29 de mayo de 2022 <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

García Brunton, J. *Riego, fertilización y necesidades en frío invernal en frutales de hueso*. IMIDA (Murcia, España). Visitado el 22 de agosto de 2022 <https://frutadehueso.com/documentos/jesus-garcia.pdf> (páginas 12-13).

García García, J. y Contreras López, F. 2014. *Análisis Económico del Cultivo de Limonero Fino y Verna en la Región de Murcia*. Revista Levante Agrícola, primer trimestre 2014 (Murcia, España) (páginas 47-53; 86-87).

García, A., Del Rio, J.A., Porras, I., Fuster, M.D., Ortuño, A. 2003. El limón y sus componentes bioactivos. Serie Técnica y de Estudios 25. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (Murcia, España) (páginas 29-31 y 69).

Garrido Valero, M. S. 1994. *Interpretación de análisis de suelo*. Nº 5/93 HD. Secretaría General de Estructuras Agrarias, MAPA (Madrid, España) (páginas 9-36).

González Jiménez, Y. T. 2010. *Los actinomicetos: una visión como promotores de crecimiento vegetal*. Trabajo Fin de Grado presentado para el Título de Microbiología Agrícola y Veterinaria – Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia) (páginas 8 y 11).

Gratacós N. E. 2004. *El cultivo del duraznero Prunus pérsica (L.) Batsch*. Apuntes para la Cátedra de Hoja Caduca de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Valparaíso, Chile) (páginas 3, 11-12 y 22).

Instituto Geográfico Nacional (IGN). 2022. (Madrid, España). Visitado el 3 de junio de 2022 <https://www.ign.es/iberpix2/visor/>

Jiménez-Cuesta, M.J.; Cuquerella, J.; Martínez-Jávega, J.M. 1981. *Determination of a color index for citrus fruit degreening*. Proceedings Congress International Society of Citriculture, 2 (páginas 750-753).

Kim, S.B. 2015. *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria: Saccaromonospora*. Bergey's Manual Trust.

Legaz, F. y Primo-Millo, E. 1988. *Normas para la fertilización de los agríos*. Fulletts Divulgación nº 5-88, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (Valencia, España) (página 17).

Legaz, F.; Serna, M. D.; Ferrer, P.; Cebolla, E.; Primo-Millo, E. 2013. *Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras*. Servicio de Transferencia de Tecnología Agrarias, IVIA (Valencia, España).

Legua Murcia, P. 2019. *Tema 9: Patrones. Citricultura*. Universidad Miguel Hernández (Alicante, España).

Legua Murcia, P.; Bellver, R.; Forner, J.; Forner-Giner, M.A. 2011. *Plant growth yield and fruit quality of Lane Late navel orange on four citrus rootstocks*. Spanish Journal Of Agricultural Reseach 9, marzo de 2011 (páginas 271-279).

Lleó García, L.; Valero, C.; Ruiz Altisent, M. 1998. *Parámetros de Calidad Organoléptica en el Melocotón*. Departamento de Ingeniería Rural, ETSIA, Universidad Politécnica de Madrid (Madrid, España).

López Galán, E.; Miñano Fernández, F. 1988. *Métodos Rápidos de Análisis de Suelos*. Nº 18/88 HD. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias, MAPA (Madrid, España) (páginas 4-6).

López Jurado, R. 2001. CCM.net. Visitado el 12 de julio de 2022 <https://es.ccm.net/contents/711-codificacion-cie-l-a-b>

López Romero, D. y Casanova Pérez. E. J. 2006. *Poda y sistemas de formación en los frutales de hueso*. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia (Murcia, España) (Páginas 7-13).

Luis Morales, C. 1998. *Comparación Preliminar de Cultivares de Carambola en la Isla de Tenerife* (Trabajo Fin de Carrera). Centro Superior de Ciencias Agrarias, Universidad de La Laguna. (S/C de Tenerife, España) (páginas 47-48).

Madigan, M., Martinko, J., Parker, J. 2003. *Brock. Biología de los microorganismos*. 10ª edición. Pearson-Prentice Hall (Hoboken, USA) (páginas 624 - 684).

Mahmood, Z.A. 1996. *Production of L-Lysine through fermentation*. Pakistan Research Repository – Department of Pharmaceutics University of Karachi (Karachi, Pakistan).

MAPAMA. 2020. Boletín de Fruta de Hueso. Campaña 2020 - nº 20 / 2020 (Madrid, España). Visitado el 29 de mayo de 2020 https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/boletinfrutadehueso2020n20-2020_tcm30-544449.pdf (página 8).

Martínez-Alcántara, B; Quiñones, A.; Primo-Millo, E.; Legaz E. 2011. *Movilización del nitrógeno de reservas en plántones de cítricos en función de la fertilización*. Revista Vida Rural. Dossier Cítricos. 1 de mayo de 2011 (Murcia, España) (páginas 46-49).

Medina Lara, M.S.; Quintero Lizoala, R.; Espinosa Victoria, D.; Alarcón, A.; Etchevers Barra, J. D.; Trinidad Santos, A.; Conde Martínez, F. V. 2018. *Generación de un inoculante acelerador del compostaje*. Revista Argentina de Microbiología, Volumen 50, Issue 2, abril-junio 2018 (Buenos Aires, Argentina) (páginas 206-210).

Melgarejo, P.; Calín-Sánchez, A.; Carbonell-Barrachina, A. A.; Martínez-Nicolás, J.J.; Legua, P.; Martínez, R.; Hernández, F. 2013. *Antioxidant activity, volatile*

composition and sensory profile of four new very-early apricots (Prunus armeniaca L.). Journal of the Science of Food and Agriculture. Volume 94, Issue 1 (páginas 85-94).

Melgarejo, P.; Hernández, F.; Martínez, J.J.; Salazar, D.M.; Martínez, R.; Martínez, J.; Martínez F. R. 2001. *Prácticas de Fruticultura I*. Universidades Miguel Hernández de Elche y Politécnica de Valencia (España) (páginas 2, 43-45, 182-187).

Méndez, J.; Varó, P.; Navarro, J. y Gálvez, R. 2018. *Adaptación de variedades de melocotón Extratemprano en al campo de Cartagena*. Informe Anual de Resultados 18CTP1_6. Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica - Dirección General de Agricultura, Ganadería y Acuicultura - Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia (Murcia, España) (páginas 7-9).

Mikolic, C.; Ruffinelli, S.; Dárdano, B.; Escudero, G. J.; Andreoni, I.; Gómez A.; Basile, D. 2018. *Manual de Vermicompostaje*. Montevideo Ambiente (Montevideo, Uruguay) (páginas 11-26).

Molina Ruiz, J., Tudela Serrano, M. L.; Guillén Serrano, V. 2014. *Potenciación del patrimonio natural, cultural y paisajístico con el diseño de itinerarios turísticos*. Cuadernos de Turismo nº 34. Universidad de Murcia (Murcia, España). Visitado el 3 de junio de 2022. <https://revistas.um.es/turismo/article/view/203081> (páginas 189–211).

Moreno, M.A. 2011. *Selección de patrones y variedades de melocotonero*. Revista Vida Rural. Dossier Frutales de Hueso. 1 de abril de 2005 (Murcia, España) (páginas 30-31).

Muradoglu, F. y Küçük, O. 2018. *Determination of bioactive composition of some peach cultivars*. Journal of Animal and Plant Sciences. Abril 2018. (Bolu, Turquía).

Osorio-Vega, N. W. 2009. *Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo y Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), "Muestra orgánica biológica del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero. Cenicafé (Manizales, Colombia) (página 43-71).

Pearce, D. A.; Newsham, K. K.; Thorne, M. A. S.; Calvo-Bado, L.; Krsek, M.; Laskaris, P.; Hodson, A.; Wellington, E. M. 2012. *Metagenomic analysis of a southern maritime antarctic soil*. *Frontiers in Microbiology*, 2012, 4, 403. Publicado en la web el 5 de diciembre. doi: 10.3389/fmicb.2012.00403.

Porras Castillo, I. 2005. *Técnicas de cultivo para la mejora de la calidad en limonero*. *Revista Vida Rural*, número del 1 de junio de 2005 (Murcia, España) (páginas 24-28).

Prat, F.; Oliveras Masramon, J. 2015. *Contaminación por nitratos en las aguas de las fuentes naturales de la comarca de Osona*. *Tecnoaqua*, Artículos Técnicos nº 15 (página 2).

PSB Producción Vegetal. 2022 (Murcia, España). Visitado el 27 de mayo de 2022 <https://psbproduccionvegetal.com/producto/melocoton-astoria/>

Ramos Mompo, C.; Ocio Armentia, J. A. 1992. *La agricultura y la contaminación de las aguas por nitrato*. Hojas Divulgadoras nº 7/92 HD. MAPA (Madrid, España) (página 2-25).

Ramos Vásquez, E. y Zúñiga Dávila, D. 2008. *Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio*. *Ecología Aplicada*, volumen 7, números 1 y 2. Departamento Académico de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú) (páginas 126-128).

Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. 1999. *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. Free Radical Biology and Medicine, volumen 26, mayo de 1999 (Indianápolis, USA) (páginas 1231–1237).

Real Jardín Botánico. 2022. Flora Ibérica. Centro Superior de Investigaciones Científicas (Madrid, España). Visitado el 27 de mayo de 2022 http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/06_087_28%20Prunus.pdf (página 9).

Rivera Romero, J.R. 2021. *Dinámica de minerales y bacterias acidolácticas en biofertilizantes líquidos desarrollados con recursos del trópico húmedo*. Tesis para conseguir el Grado de Maestro en Desarrollo Agropecuario Sostenible – Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (Tabasco, Méjico) (páginas 45-49).

Santos, B.; Saavedra, O.; Suárez, T.; Coello, A.; Solaz, C. 2017. *Información técnica: ¿Cómo Muestrear un suelo? Cultivos de medianías*. Agrocabildo, marzo de 2017. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural, Área de Agricultura, Ganadería y Pesca, Cabildo de Tenerife (S/C de Tenerife, España) (páginas 2-3).

Sanzano, A. *El Fósforo del Suelo*. Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). Cátedra de Edafología. Visitado el 15 de junio de 2022 <https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/1563476239/module/7956239776/name/EI%20Fosforo%20del%20suelo.pdf>

Sanzano, A. *El Potasio del Suelo*. Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). Cátedra de Edafología. Visitado el 15 de junio de 2022 <https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/1494945225/module/7956241476/name/EI%20Potasio%20del%20suelo.pdf>

Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2005. *Diccionario Forestal*. Ediciones Mundi-Prensa (Madrid, España) (página 770).

Soria, A. 2008. *La fertirrigación en limonero*. Consejería de Agricultura y Pesca de la Región de Murcia (Murcia, España) (página 7-12).

Tecnicoagricola.es. 2016. Visitado el 8 de junio de 2020 <https://www.tecnicoagricola.es/iindice-de-color-ic-indice-de-madurez-citricos-im/#:~:text=La%20forma%20m%C3%A1s%20habitual%2C%20de%20medir%20la%20madurez,s%C3%B3lidos%20solubles%20del%20zumo%2C%20compuesto%20por%20az%C3%BAcares%20mayoritariamente>

Torres, C.; Fuentes, M.; Hernández, O. 2016. *Índice de Madurez*. Centro de Pomáceas (Utalca, Chile). Visitado el 9 de junio de 2022 <https://pomaceas.utralca.cl/wp-content/uploads/2016/07/IndicesMadurezEnero2001.pdf>

UPTC (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Biblioteca virtual. Sección de Biotecnología. Visitado el 12 de junio de 2022 <https://virtual.uptc.edu.co/ova/estadistica/docs/libros/ftp.bioestadistica.uma.es/libro/node22.htm>

Vargas, G.M.; Suarez, E.F.; López, M.; Moreno, J. 2007. *Effect of inoculation in composting processes: Modifications in lignocellulosic fraction*. Waste Management, 27. Ed. Elsevier (Amsterdam, Países Bajos) (páginas 1099-1107).

Velázquez Barrera, M.E.; Díaz Gomara, E.; Benito Calbo, A. 2013. *Aclareo en frutales*. AgroCabildo. Visitado el 25 de mayo de 2022 https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/frut_494_HD%20aclareo%20en%20frutales.pdf

Vidal, E.; Moreno, A.; Bertolini, E.; Martínez, M.C.; Cambra, M. 2011. *Susceptibilidad de patrones de frutales de hueso frente a la infección natural de la sharka*. Revista Vida Rural, número del 1 de septiembre de 2011 (Murcia, España) (página 30).

Vila Pascual, A. *FICHA TÉCNICA PAE: El cultivo ecológico de los frutales de hueso*. Departamento d'Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente – Generalitat de Catalunya (Barcelona, España) (páginas 2-12).

Villablanca, A.; Cajias; E.; Allende, M. 2015. *Uso e instalación de tensiómetros*. Informativo INIA Ururi, nº 101 (Santiago de Chile, Chile). Visitado el 18 de agosto de 2022 <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4575>

Walter Osorio, Ph. D. 2000. *Dinámica y Manejo del Nitrógeno en el Suelo*. (Universidad Nacional de Colombia). Visitado el 15 de junio de 2022 <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/6%20NITROGENO%20-%20DINAMICA%20Y%20MANEJO%20EN%20SUELOS%20TROPICALES.pdf>

Wilson, D.B. 2004. *Studies of Thermobifida fusca plant cell wall degrading enzymes*. The Chemical Record, volumen 4, issue 2 (Tokio, Japón) (páginas 72-82).

World Citrus Organization. 2020. Citrus Fruits , Fresh and Processed, Statistical bulletin 2020. FAO (Roma, Italia). Visitado el 25 de mayo de 2022 <https://www.fao.org/3/cb6492en/cb6492en.pdf>

Zapata, P.; Valverde, J.M.; Guillén, F.; Bailén, G.; Castillo, S.; Martínez-Romero, D.; Valero, D.; Serrano, M. 2015. *Actividad antioxidante en diferentes frutos habituales en la dieta mediterránea*. Universidad Miguel Hernández (Elche, España) Visitado el 25 de junio de 2022 <https://www.frutamediterranea.es/es/beneficios/antioxidantes.pdf>

7. ANEXOS

Índice de anexos

ANEXO 1: Determinación de microorganismos presentes en el lixiviado del vermicompost empleando como metodología la secuenciación masiva de ADN).

ANEXO 2: Tablas de datos tratados estadísticamente para localizar diferencias significativas.

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo

Tabla 2. Contenido de elementos nutricionales en las hojas

Tabla 3. Desarrollo vegetativo

Tabla 4. Producción

Tabla 5. Caracterización morfológica de los frutos

Tabla 6. Madurez del fruto

Tabla 7. Calidad del fruto

ANEXO 1: determinación de microorganismos presentes en el lixiviado del vermicompost (metodología: secuenciación masiva de ADN)

Domínio	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Archaea	Crenarchaeota	Bathyarchaeia	Bathyarchaeia	Bathyarchaeia	Bathyarchaeia	
Archaea	Halobacterota	Methanomicrobia	Methanomicrobiales	Methanocorpusculaceae	Methanocorpusculum	
Archaea	Halobacterota	Methanomicrobia	Methanomicrobiales	Methanomicrobiaceae	Methanoculleus	
Archaea	Halobacterota	Methanomicrobia	Methanomicrobiales	Methanomicrobiaceae	Methanogenium	
Archaea	Halobacterota	Methanomicrobia	Methanomicrobiales	Methanospirillaceae	Methanospirillum	
Archaea	Halobacterota	Methanosarcinia	Methanosarcinales	Methanosaeataceae	Methanosaeata	
Archaea	Halobacterota	Methanosarcinia	Methanosarcinales	Methanosarcinaceae	Methanosarcina	
Bacteria	Acidobacteriota	Acidobacteriae	Solibacterales	Solibacteraceae	Solibacter	
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Corynebacteriales	Corynebacteriaceae	Corynebacterium	Corynebacterium stationis
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Corynebacteriales	Corynebacteriaceae	Corynebacterium	
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Corynebacteriales	Mycobacteriaceae	Mycobacterium	
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Micrococcales	Microbacteriaceae	Leucobacter	
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Micromonosporales	Micromonosporaceae	Longispora	
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Pseudonocardiales	Pseudonocardaceae	Saccharomonospora	Saccharomonospora viridis
Bacteria	Actinobacteriota	Actinobacteria	Streptosporangiales	Nocardiopsaceae	Thermobifida	Thermobifida fusca
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Dysgonomonadaceae	Fermentimonas	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Dysgonomonadaceae	Petrimonas	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Dysgonomonadaceae	Proteiniphilum	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Marinilabiliaceae	Saccharicrinis	Saccharicrinis carchari
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Marinilabiliaceae	Saccharicrinis	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Paludibacteraceae	Paludibacter	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Prolixibacteraceae	Mariniphaga	Mariniphaga anaerophila
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Prolixibacteraceae	Meniscus	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Rikenellaceae	Alistipes	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Rikenellaceae	Anaerocella	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Bacteroidales	Tannerellaceae	Macellibacteroides	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Chitinophagales	Saprosiraceae	Membranicola	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Crocinitomicaceae	Fluviicola	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium	Flavobacterium ardleyense
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium	Flavobacterium lacus
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium	Flavobacterium sasangense
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Flavobacterium	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Schleiferiaceae	Schleiferia	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Weeksellaceae	Moheibacter	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Sphingobacteriales	Lentimicrobiaceae	Lentimicrobium	Lentimicrobium saccharophilum
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Sphingobacteriales	Lentimicrobiaceae	Lentimicrobium	
Bacteria	Bacteroidota	Bacteroidia	Sphingobacteriales	Sphingobacteriaceae	Sphingobacterium	Sphingobacterium cibi
Bacteria	Bdellovibrionota	Bdellovibrionia	Bacteriovoracales	Bacteriovoracaceae	Peredibacter	
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Arcobacteraceae	Arcobacter	
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Arcobacteraceae	Pseudarcobacter	
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Sulfurimonadaceae	Sulfuricurvum	
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Sulfurimonadaceae	Sulfurimonas	
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Sulfurospirillaceae	Sulfurospirillum	Sulfurospirillum deleyianum
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Sulfurospirillaceae	Sulfurospirillum	
Bacteria	Campilobacterota	Campylobacteria	Campylobacterales	Sulfurovaceae	Sulfurovum	
Bacteria	Chloroflexi	Anaerolineae	Anaerolineales	Anaerolineaceae	Levilinea	
Bacteria	Chloroflexi	Anaerolineae	Anaerolineales	Anaerolineaceae	Pelolinea	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobacteria	Desulfatiglandales	Desulfatiglandaceae	Desulfatiglans	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobacteria	Desulfobacterales	Desulfobacteraceae	Desulfobacter	Desulfobacter postgatei
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobacteria	Desulfobacterales	Desulfobacteraceae	Desulfobacterium	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobacteria	Desulfobacterales	Desulfobacteraceae	Desulfatiferula	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobacteria	Desulfobacterales	Desulfococcaceae	Desulfococcus	

Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobacteria	Desulfobacterales	Desulfosarcinaceae	Desulfatitalea	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobulbia	Desulfobulbales	Desulfobulbaceae	Desulfobulbus	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfobulbia	Desulfobulbales	Desulfocapsaceae	Desulfoprunum	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfomonilia	Desulfomonilales	Desulfomonilaceae	Desulfomonile	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfovibrionia	Desulfovibrionales	Desulfomicrobiaceae	Desulfomicrobium	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfovibrionia	Desulfovibrionales	Desulfovibrionaceae	Desulfovibrio	Desulfovibrio sulfodismutans
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfovibrionia	Desulfovibrionales	Desulfovibrionaceae	Desulfovibrio	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfuromonadia	Desulfuromonadia	Desulfuromonadaceae	Desulfuromonas	Desulfuromonas thiophila
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfuromonadia	Desulfuromonadia	Desulfuromonadaceae	Pelobacter	Pelobacter acetylenicus
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfuromonadia	Desulfuromonadia	Desulfuromonadaceae	Trichloromonas	
Bacteria	Desulfobacterota	Desulfuromonadia	Geobacterales	Geobacteraceae	Trichlorobacter	
Bacteria	Desulfobacterota	Syntrophia	Syntrophales	Smithellaceae	Smithella	
Bacteria	Desulfobacterota	Syntrophia	Syntrophales	Syntrophaceae	Syntrophus	
Bacteria	Desulfobacterota	Syntrophorhabdia	Syntrophorhabdales	Syntrophorhabdaceae	Syntrophorhabdus	
Bacteria	Elusimicrobiota	Endomicrobia	Endomicrobiales	Endomicrobiaceae	Endomicrobium	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Acholeplasmatales	Acholeplasmataceae	Acholeplasma	Acholeplasma brassicae
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Acholeplasmatales	Acholeplasmataceae	Acholeplasma	Acholeplasma laidlawii
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Acholeplasmatales	Acholeplasmataceae	Acholeplasma	Acholeplasma morum
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Acholeplasmatales	Acholeplasmataceae	Acholeplasma	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Anoxybacillus	Anoxybacillus toebii
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus infernus
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus thermocloacae
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus thermolactis
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Gracilibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Oceanobacillus	Oceanobacillus luteolus
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Oceanobacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Ornithinibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Pseudogracilibacillus	Pseudogracilibacillus auburnensis
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Pseudogracilibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Sinibacillus	Sinibacillus soli
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Ureibacillus	Ureibacillus defluvii
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Vulcanibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Planococcaceae	Lysinibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Erysipelotrichales	Erysipelotrichaceae	Anaerorhabdus furcosa (grupo)	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Erysipelotrichales	Erysipelotrichaceae	Erysipelothrix	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Lactobacillales	Carnobacteriaceae	Atopostipes	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Lactobacillales	Carnobacteriaceae	Trichococcus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Paenibacillales	Paenibacillaceae	Ammonibacillus	Ammonibacillus agariperforans
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Paenibacillales	Paenibacillaceae	Paenibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Thermoactinomycetales	Thermoactinomycetaceae	Novibacillus	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Caldicoprobacterales	Caldicoprobacteraceae	Caldicoprobacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridia	Gracilbacteraceae	Gracilbacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridia	Gracilbacteraceae	Lutispora	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridia	Hungateiclostridiaceae	Acetivibrio	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridia	Hungateiclostridiaceae	Ercella	Ercella succinigenes
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridia	Hungateiclostridiaceae	Ercella	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridia	Hungateiclostridiaceae	Ruminiclostridium	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridiales	Clostridiaceae	Proteiniclasticum	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Clostridiales	Oxobacteraceae	Oxobacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Eubacteriales	Alkalibacteraceae	Alkalibacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Eubacteriales	Garciellaceae	Irregularibacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Monoglobales	Monoglobaceae	Monoglobus	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Oscillospirales	Oscillospiraceae	Papillibacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Oscillospirales	Oscillospiraceae	Sporobacter	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Oscillospirales	Ruminococcaceae	Hydrogenoanaerobacterium	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Oscillospirales	Ruminococcaceae	Candidatus Soleaferrea	
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Oscillospirales	Ruminococcaceae	Negativibacillus	

Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptococcales	Peptococcaceae	Dehalobacterium
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Anaerovoracaceae	Amnipila
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Anaerovoracaceae	Anaerovorax
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Dethiosulfatibacteraceae	Dethiosulfatibacter
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Fusibacteraceae	Fusibacter
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Peptostreptococcales-Tissierellales	Soehngenia
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Peptostreptococcales-Tissierellales	Tissierella
Bacteria	Firmicutes	Clostridia	Peptostreptococcales-Tissierellales	Sedimentibacteraceae	Sedimentibacter
Bacteria	Firmicutes	Limnochordia	Limnochordia	Limnochordia	Hydrogenispora
Bacteria	Firmicutes	Moorellia	Desulfittiberales	Desulfittibacteraceae	Desulfittibacter
Bacteria	Firmicutes	Syntrophomonada	Syntrophomonadales	Syntrophomonadaceae	Syntrophomonas
Bacteria	Latescibacterota	Latescibacteria	Latescibacterales	Latescibacteraceae	Candidatus Latescibacter
Bacteria	Margulisbacteria	Margulisbacteria	Margulisbacteria	Margulisbacteria	Margulisbacteria
Bacteria	Myxococota	Polyangia	Polyangiales	Phaselicystidaceae	Phaselicystis
Bacteria	Patescibacteria	Berkelbacteria	Berkelbacteria	Berkelbacteria	Berkelbacteria
Bacteria	Patescibacteria	Dojkabacteria	Dojkabacteria	Dojkabacteria	Dojkabacteria
Bacteria	Planctomycetota	Planctomycetes	Pirellulales	Pirellulaceae	Blastopirellula
Bacteria	Planctomycetota	Planctomycetes	Pirellulales	Pirellulaceae	Candidatus Anammoximicrobium
Bacteria	Planctomycetota	Planctomycetes	Pirellulales	Pirellulaceae	Pirellula Pirellula sp.
Bacteria	Planctomycetota	Planctomycetes	Pirellulales	Pirellulaceae	Rhodopirellula
Bacteria	Planctomycetota	Planctomycetes	Pirellulales	Pirellulaceae	Roseimaritima
Bacteria	Planctomycetota	Planctomycetes	Planctomycetales	Rubinisphaeraceae	Planctomicrobium
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Acetobacterales	Acetobacteraceae	Roseomonas
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	Brevundimonas Brevundimonas olei
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	Brevundimonas
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	Caulobacter
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Hyphomonadaceae	Hyphomonas
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Parvibaculales	Parvibaculaceae	Rhodoligotrophos
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Beijerinckiaceae	Bosea
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Beijerinckiaceae	Camelimonas
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Devosiaceae	Devosia
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Allorhizobium-Neorhizobium-Pararhizobium-Rhizobium
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Aminobacter
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	Pseudochrobactrum
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Xanthobacteraceae	Rhodopseudomonas
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	Albirehodobacter
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	Gemmobacter
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	Paracoccus
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	Rhodobacter
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	Xinfangfangia
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Novosphingobium
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Rhizorhapis
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Sphingobium
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Sphingopyxis
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Sphingorhabdus
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Sphingosinicella
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Alteromonadales	Alteromonadaceae	Alishewanella Alishewanella jeotgali
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Alteromonadales	Alteromonadaceae	Alishewanella
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Alteromonadales	Alteromonadaceae	Rheinheimera
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Alteromonadales	Idiomarinaeae	Idiomarina
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Advenella
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Caenimicrobium Caenimicrobium hargitense
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Parapusillimonas
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Pigmentiphaga
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Pusillimonas
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Verticiella

Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Lautropia	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Limnobacter	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Acidovorax	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Comamonas	Comamonas denitrificans
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Comamonas	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Hydrogenophaga	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Comamonadaceae	Simplicispira	Simplicispira metamorpha
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Hydrogenophilaceae	Thiobacillus	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Rhodocyclaceae	Azoarcus	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Rhodocyclaceae	Methyloversatilis	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Rhodocyclaceae	Thauera	Thauera terpenica
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Burkholderiales	Rhodocyclaceae	Thauera	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Cellvibrionales	Cellvibrionaceae	Aestuariicella	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Cellvibrionales	Haliaceae	Haliera	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Chromatiales	Chromatiaceae	Allochromatium	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Chromatiales	Chromatiaceae	Thiobaca	Thiobaca trueperi
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Chromatiales	Chromatiaceae	Thiocapsa	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Chromatiales	Chromatiaceae	Thiocystis	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Methylcoccales	Methylomonadaceae	Methylomonas	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Oceanospirillales	Alcanivoracaceae	Alcanivorax	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Oceanospirillales	Halomonadaceae	Halomonas	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Oceanospirillales	Pseudohongiellaceae	Pseudohongiella	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Oceanospirillales	Saccharospirothaceae	Oceanobacter	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Pseudomonas formosensis
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Pseudomonas pertucinogena
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Pseudomonas	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Thiomicrospirales	Thiomicrospiraceae	Thioalkalimicrobium	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Thiomicrospirales	Thiomicrospiraceae	Thiomicrocrhabdus	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Thiomicrospirales	Thiomicrospiraceae	Thiomicrospira	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Luteimonas	
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Thermomonas	
Bacteria	Spirochaetota	Leptospirae	Leptospirales	Leptospiraceae	Leptospira	
Bacteria	Spirochaetota	Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Salinispira	
Bacteria	Spirochaetota	Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Sediminispirochaeta	
Bacteria	Spirochaetota	Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Sphaerochaeta	Sphaerochaeta globosa
Bacteria	Spirochaetota	Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Sphaerochaeta	
Bacteria	Spirochaetota	Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Spirochaeta	
Bacteria	Spirochaetota	Spirochaetia	Spirochaetales	Spirochaetaceae	Treponema	
Bacteria	Sumerlaeota	Sumerlaeia	Sumerlaeales	Sumerlaeaceae	Sumerlaea	
Bacteria	Synergistota	Synergistia	Synergistales	Synergistaceae	Aminobacterium	
Bacteria	Synergistota	Synergistia	Synergistales	Synergistaceae	Dethiosulfovibrio	Dethiosulfovibrio salsuginis
Bacteria	Thermotogota	Thermotogae	Kosmotogales	Kosmotogaceae	Mesotoga	
Bacteria	Verrucomicrobiota	Lentisphaeria	Oligosphaerales	Oligosphaeraceae	Oligosphaera	Oligosphaera ethanolica
Bacteria	Verrucomicrobiota	Lentisphaeria	Oligosphaerales	Oligosphaeraceae	Oligosphaera	
Bacteria	Verrucomicrobiota	Lentisphaeria	Victivallales	Victivallaceae	Victivallis	
Bacteria	Verrucomicrobiota	Omnitrophia	Omnitrophales	Omnitrophaceae	Candidatus Omnitrophus	
Bacteria	Verrucomicrobiota	Verrucomicrobiae	Opitutales	Puniceicoccaceae	Cerasicoccus	

ANEXO 2: Tabla de datos tratados estadísticamente para localizar diferencias significativas.

Tabla 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO. Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto; campaña: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento; tiempo: 1 inicial; 2 final)

Cult.	Camp.	Mues.	T	Rep.	CE (mS/cm)	pH	M.O. (%)	C/N	N (%)	Nitratos (mg/kg)	P2O5 (mg/kg)	K2O (mg/kg)	CaO (mg/kg)	MgO (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)
1	2	1	1	1	0,75	7,72	0,59	2,89	0,12	22,10	33,80	403,00	3215,00	928,00	6,13	1,82	0,77	4,93	0,30
1	2	1	1	2	0,67	8,18	0,96	5,42	0,10	22,10	75,00	260,00	2407,00	667,00	3,89	2,68	1,42	7,70	0,24
1	2	1	1	3	0,82	7,99	1,09	5,24	0,12	26,20	62,80	308,00	2485,00	860,00	4,87	5,10	20,80	6,60	0,35
1	2	1	2	1	0,49	7,82	1,12	5,55	0,12	22,10	99,00	309,00	3159,00	889,00	5,44	7,10	16,40	7,10	0,28
1	2	1	2	2	0,27	8,00	1,09	6,00	0,11	22,10	109,00	213,00	3180,00	694,00	4,61	7,40	3,78	8,00	0,18
1	2	1	2	3	0,69	7,58	0,65	3,11	0,12	22,10	139,00	460,00	3851,00	1211,00	9,30	4,50	1,94	4,59	0,26
1	2	2	1	1	0,73	7,73	1,00	4,38	0,13	22,10	83,00	383,00	3004,00	1086,00	8,20	4,70	2,12	5,05	0,32
1	2	2	1	2	0,55	8,13	1,14	6,40	0,10	22,10	66,90	178,00	2472,00	668,00	6,01	5,30	4,54	5,90	0,24
1	2	2	1	3	1,07	8,00	1,07	5,18	0,12	25,00	92,00	364,00	2688,00	876,00	4,24	2,41	0,95	4,54	0,33
1	2	2	2	1	0,46	7,98	1,27	5,80	0,13	22,10	175,00	255,00	2996,00	852,00	5,50	5,60	1,92	6,00	0,29
1	2	2	2	2	0,33	8,01	1,17	6,20	0,11	22,10	98,00	250,00	3123,00	742,00	4,65	7,30	1,03	8,00	0,21
1	2	2	2	3	0,33	7,62	1,02	4,35	0,14	22,10	164,00	450,00	4126,00	1212,00	8,50	5,60	8,00	6,50	0,23
2	1	1	1	1	0,29	7,71	0,63	6,10	0,06	88,00	105,00	380,00	3005,00	713,00	1,15	0,60	0,55	1,57	0,34
2	1	1	1	2	0,26	7,64	1,17	5,90	0,12	186,00	104,00	486,00	3537,00	815,00	1,49	1,53	0,33	1,19	0,57
2	1	1	1	3	0,27	7,71	1,11	7,90	0,08	160,00	212,00	575,00	3303,00	1046,00	3,88	1,16	0,71	2,22	0,53
2	1	1	2	1	0,51	7,77	0,90	4,79	0,11	42,20	146,00	471,00	2881,00	916,00	4,79	6,20	0,73	2,26	0,12
2	1	1	2	2	0,42	7,80	1,28	6,10	0,12	74,10	86,00	486,00	3432,00	726,00	4,33	5,20	0,61	2,12	0,19
2	1	1	2	3	0,34	7,84	1,22	6,20	0,11	91,00	214,00	476,00	3127,00	900,00	6,12	6,30	5,06	3,47	0,11
2	1	2	1	1	0,27	7,50	0,98	6,10	0,09	124,00	141,00	457,00	2976,00	881,00	7,30	1,65	1,41	4,42	0,55
2	1	2	1	2	0,25	7,63	1,35	8,60	0,09	111,00	177,00	530,00	3451,00	834,00	1,62	1,53	3,71	1,85	0,71
2	1	2	1	3	0,27	7,69	1,27	7,70	0,10	115,00	373,00	523,00	3138,00	799,00	5,07	1,47	0,73	1,90	0,57
2	1	2	2	1	0,53	7,74	1,39	5,65	0,14	109,00	296,00	490,00	3108,00	1018,00	11,20	6,00	2,35	5,04	0,17
2	1	2	2	2	0,40	7,82	1,37	6,30	0,13	106,00	184,00	464,00	3359,00	964,00	3,49	6,20	0,86	1,99	0,13
2	1	2	2	3	0,58	7,78	1,16	5,59	0,12	99,00	151,00	553,00	3418,00	950,00	4,76	6,50	4,93	4,38	0,16
2	2	1	1	1	0,53	7,76	0,84	3,68	0,13	48,00	65,00	407,00	3344,00	876,00	6,28	2,49	0,90	4,21	0,29
2	2	1	1	2	0,56	7,77	1,18	4,96	0,14	63,00	33,10	358,00	3793,00	752,00	4,21	3,70	1,76	1,74	0,32
2	2	1	1	3	0,36	7,67	1,07	5,66	0,11	35,40	97,00	358,00	3554,00	875,00	3,00	2,31	7,30	2,69	0,18
2	2	1	2	1	0,47	7,53	2,60	8,20	0,18	22,10	55,90	366,00	5275,00	1865,00	4,76	2,43	2,52	3,21	0,77
2	2	1	2	2	0,35	7,53	3,65	7,20	0,29	54,40	79,00	464,00	6817,00	1520,00	3,12	2,83	1,82	2,30	0,80
2	2	1	2	3	0,32	7,29	3,69	8,30	0,26	69,00	103,00	555,00	6030,00	1548,00	4,37	3,00	21,65	4,54	0,78
2	2	2	1	1	0,50	7,74	0,72	3,46	0,12	66,60	57,70	418,00	3232,00	862,00	5,64	2,78	1,06	3,87	0,29
2	2	2	1	2	0,46	7,70	1,34	6,00	0,13	104,00	76,00	361,00	3884,00	890,00	4,75	3,21	1,51	2,47	0,30
2	2	2	1	3	0,24	7,61	0,94	5,16	0,11	36,20	103,00	451,00	3454,00	914,00	3,08	1,03	0,65	4,84	0,21
2	2	2	2	1	1,20	7,43	2,82	7,10	0,23	73,00	88,00	485,00	6462,00	1589,00	6,11	2,76	9,50	4,86	0,86
2	2	2	2	2	0,32	7,65	3,55	10,70	0,19	25,60	56,80	384,00	6008,00	1715,00	3,52	2,72	2,87	3,21	0,80
2	2	2	2	3	0,29	7,54	3,56	5,80	0,36	111,00	90,00	672,00	5809,00	1550,00	3,58	2,80	1,87	4,92	0,78

Tabla 2. CONTENIDO DE ELEMENTOS NUTRICIONALES EN LAS HOJAS (Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto, 3 limón joven; años: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento; tiempo: 1 inicial, 2 final)

Cult.	Camp.	Mues.	T	Repe.	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)
1	2	1	1	1	4,46	0,48	2,10	0,92	0,33	73,00	13,10	32,40	40,70	41,30
1	2	1	1	2	3,99	0,51	2,22	0,96	0,28	75,00	31,40	30,00	36,50	46,00
1	2	1	1	3	4,04	0,51	2,14	0,69	0,21	78,00	20,50	28,30	42,00	43,00
1	2	1	2	1	3,64	0,30	2,58	1,90	0,39	126,00	11,90	10,80	39,10	33,70
1	2	1	2	2	3,66	0,32	2,71	2,18	0,39	105,00	12,90	11,00	35,60	33,70
1	2	1	2	3	4,12	0,35	3,07	2,02	0,45	129,00	7,40	13,50	33,30	38,30
1	2	2	1	1	4,28	0,49	2,24	0,81	0,30	76,00	15,30	29,60	41,00	36,70
1	2	2	1	2	4,21	0,57	2,18	0,89	0,27	77,00	23,50	28,80	40,70	44,00
1	2	2	1	3	4,28	0,51	2,11	0,73	0,24	81,00	20,50	30,40	39,90	48,00
1	2	2	2	1	4,33	0,39	3,11	2,16	0,48	150,00	15,40	16,50	55,00	45,00
1	2	2	2	2	3,65	0,32	2,75	2,07	0,36	89,00	14,10	12,00	39,50	32,80
1	2	2	2	3	4,09	0,33	3,03	2,11	0,45	127,00	9,10	14,90	38,90	36,40
2	1	1	1	1	1,84	0,15	0,97	2,50	0,16	56,00	27,70	6,20	15,20	29,10
2	1	1	1	2	1,59	0,10	1,05	1,90	0,15	77,00	30,20	3,80	18,40	28,10
2	1	1	1	3	1,70	0,10	1,18	1,72	0,17	86,00	32,00	4,70	18,50	26,20
2	1	1	2	1	2,29	0,17	1,22	2,12	0,25	90,00	26,00	5,50	18,70	41,20
2	1	1	2	2	2,38	0,19	1,32	2,38	0,24	67,00	28,00	3,80	16,40	48,00
2	1	1	2	3	2,36	0,15	1,07	1,93	0,26	52,00	31,00	4,30	13,70	40,30
2	1	2	1	1	1,70	0,11	0,87	2,10	0,12	67,00	27,80	4,60	15,70	24,00
2	1	2	1	2	1,97	0,11	0,85	2,26	0,18	88,00	36,20	3,80	16,40	29,70
2	1	2	1	3	1,59	0,11	1,23	1,67	0,18	80,00	21,90	5,30	18,30	30,50
2	1	2	2	1	2,29	0,18	1,55	2,06	0,27	64,00	21,80	5,00	18,50	42,00
2	1	2	2	2	2,37	0,18	1,30	2,19	0,24	66,00	30,10	4,20	13,10	46,00
2	1	2	2	3	2,22	0,14	1,04	2,08	0,22	57,00	31,70	4,90	23,50	41,10
2	2	1	1	1	1,99	0,12	0,70	2,49	0,20	177,00	28,90	125,00	15,70	35,90
2	2	1	1	2	2,07	0,11	0,79	2,85	0,21	176,00	28,50	98,00	9,80	47,00
2	2	1	1	3	2,25	0,11	0,60	2,39	0,19	159,00	37,70	77,00	10,60	36,90
2	2	1	2	1	1,78	0,08	1,08	2,55	0,18	140,00	22,90	21,70	17,60	55,00
2	2	1	2	2	1,71	0,07	1,00	2,78	0,18	159,00	26,40	24,00	16,00	49,00
2	2	1	2	3	2,29	0,08	0,99	2,96	0,22	168,00	27,70	19,90	15,60	51,00
2	2	2	1	1	1,99	0,13	0,83	2,14	0,21	144,00	22,90	132,00	13,10	38,30
2	2	2	1	2	2,22	0,11	0,69	2,72	0,22	141,00	32,20	85,00	10,70	42,00
2	2	2	1	3	1,91	0,10	0,72	1,68	0,19	111,00	22,30	92,00	9,50	31,80
2	2	2	2	1	1,93	0,08	1,01	2,90	0,25	124,00	19,70	18,50	15,80	53,00
2	2	2	2	2	2,03	0,08	0,82	3,33	0,23	146,00	33,80	18,10	15,40	41,10
2	2	2	2	3	2,00	0,07	0,98	2,48	0,18	160,00	24,40	21,00	15,20	40,40
3	1	1	1	1	2,24	0,18	1,33	1,97	0,11	96,00	37,80	13,00	16,70	33,30
3	1	1	1	2	2,48	0,18	1,27	2,69	0,13	103,00	54,00	11,10	18,90	44,00
3	1	1	1	3	2,69	0,18	1,14	2,62	0,12	109,00	57,00	10,20	16,30	35,10
3	1	1	2	1	2,53	0,12	1,36	2,47	0,26	91,00	50,70	7,70	16,70	68,00
3	1	1	2	2	2,57	0,15	1,38	2,91	0,26	110,00	67,00	6,50	14,60	78,00
3	1	1	2	3	2,58	0,15	1,40	3,10	0,28	102,00	67,00	6,30	18,80	70,00
3	1	2	1	1	2,23	0,17	1,31	2,09	0,17	81,00	32,20	10,10	14,10	39,00
3	1	2	1	2	2,51	0,18	1,05	2,68	0,11	88,00	50,20	11,60	18,20	37,70
3	1	2	1	3	2,61	0,18	1,28	2,39	0,14	94,00	51,00	11,30	17,40	33,60
3	1	2	2	1	2,52	0,13	1,31	2,53	0,27	86,00	48,70	7,50	14,30	69,00
3	1	2	2	2	2,59	0,16	1,50	2,95	0,26	93,00	64,00	6,80	16,30	85,00
3	1	2	2	3	2,48	0,16	1,45	2,90	0,26	89,00	54,00	6,50	16,60	60,00
3	2	1	1	1	2,25	0,11	0,97	2,45	0,21	163,00	50,70	125,00	12,20	53,00
3	2	1	1	2	2,24	0,12	0,95	2,76	0,21	173,00	53,00	129,00	10,90	53,00
3	2	1	1	3	2,35	0,14	0,99	2,78	0,22	146,00	50,70	128,00	13,00	46,00
3	2	1	2	1	2,25	0,10	1,13	2,78	0,17	77,00	37,00	9,70	12,30	34,00
3	2	1	2	2	2,10	0,09	1,12	2,66	0,16	83,00	37,60	8,40	10,70	36,20
3	2	1	2	3	2,30	0,09	1,28	2,52	0,18	77,00	40,20	10,90	9,60	40,60
3	2	2	1	1	2,32	0,13	1,02	2,78	0,21	145,00	57,00	140,00	14,70	55,00
3	2	2	1	2	2,63	0,13	0,89	3,30	0,23	186,00	57,00	144,00	13,30	56,00
3	2	2	1	3	2,54	0,12	0,94	2,80	0,19	146,00	52,00	100,00	12,50	54,00
3	2	2	2	1	2,05	0,09	1,18	2,60	0,16	75,00	31,20	10,50	11,00	33,70
3	2	2	2	2	2,26	0,09	1,15	2,81	0,16	71,00	34,50	8,80	11,00	39,90
3	2	2	2	3	2,19	0,10	1,23	2,52	0,17	67,00	33,60	14,10	13,70	32,00

Tabla 3. DESARROLLO VEGETATIVO (Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto, 3 limón joven; campaña: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento; tiempo: 1 inicial; 2 final)

Cultivo	Campaña	Muestra	Tiempo	Repetición	Media copa (m)	Media tronco (cm)
1	2	1	1	1	3,55	
1	2	1	1	2	3,13	
1	2	1	1	3	3,12	
1	2	1	2	1	4,25	
1	2	1	2	2	4,03	
1	2	1	2	3	3,84	
1	2	2	1	1	3,32	
1	2	2	1	2	3,27	
1	2	2	1	3	3,27	
1	2	2	2	1	4,16	
1	2	2	2	2	4,13	
1	2	2	2	3	3,95	
2	1	1	1	1	2,335	4,320
2	1	1	1	2	2,250	4,760
2	1	1	1	3	2,425	4,540
2	1	1	2	1	3,335	6,820
2	1	1	2	2	3,239	6,720
2	1	1	2	3	3,428	6,200
2	1	2	1	1	2,371	4,383
2	1	2	1	2	2,254	4,267
2	1	2	1	3	2,225	4,550
2	1	2	2	1	3,426	6,767
2	1	2	2	2	3,263	6,483
2	1	2	2	3	3,332	6,283
2	2	1	1	1	3,046	7,140
2	2	1	1	2	2,843	7,020
2	2	1	1	3	3,296	9,540
2	2	1	2	1	3,794	8,420
2	2	1	2	2	3,661	8,720
2	2	1	2	3	3,690	8,300
2	2	2	1	1	3,078	6,950
2	2	2	1	2	3,022	6,700
2	2	2	1	3	3,221	6,883
2	2	2	2	1	3,878	8,717
2	2	2	2	2	3,304	8,383
2	2	2	2	3	3,752	8,533
3	1	1	1	1	1,325	2,620
3	1	1	1	2	1,325	2,780
3	1	1	1	3	1,245	2,500
3	1	1	2	1	1,762	4,240
3	1	1	2	2	1,729	4,220
3	1	1	2	3	1,643	3,780
3	1	2	1	1	1,358	2,567
3	1	2	1	2	1,308	2,667
3	1	2	1	3	1,229	2,500
3	1	2	2	1	1,788	4,300
3	1	2	2	2	1,685	3,700
3	1	2	2	3	1,624	3,900
3	2	1	1	1	2,318	5,360
3	2	1	1	2	2,323	5,100
3	2	1	1	3	2,145	5,500
3	2	1	2	1	3,102	7,480
3	2	1	2	2	3,107	7,280
3	2	1	2	3	3,200	7,800
3	2	2	1	1	2,368	5,367
3	2	2	1	2	2,227	5,067
3	2	2	1	3	2,219	5,200
3	2	2	2	1	2,767	6,133
3	2	2	2	2	3,033	7,217
3	2	2	2	3	3,306	7,417

Tabla 4. PRODUCCIÓN (Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto, 3 limón joven; campaña: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento)

Cultivo	Campaña	Muestra	Repetición	Media Primera (kg/árbol)	Media Segunda (kg/árbol)	Media Tercera (kg/árbol)	Media Cuarta (kg/árbol)	Media Quinta (kg/árbol)	TOTAL (kg/árbol)
1	1	1	1	10,84	15,40	10,24	3,89	0,62	41,00
1	1	1	2	5,94	18,43	10,77	5,35	1,60	42,10
1	1	1	3	4,06	23,02	13,87	0,90	2,92	44,77
1	1	2	1	10,89	13,67	10,03	1,19	1,23	37,00
1	1	2	2	6,92	17,27	18,63	2,02	1,14	45,98
1	1	2	3	7,41	16,03	14,46	0,62	5,55	44,08
1	2	1	1	3,49	9,45	9,68	14,68	9,68	46,98
1	2	1	2	8,57	5,25	19,67	6,09	5,98	45,55
1	2	1	3	4,89	5,71	13,09	13,28	9,63	46,60
1	2	2	1	3,08	6,81	12,70	16,88	10,01	49,46
1	2	2	2	6,74	5,79	16,09	10,09	7,77	46,48
1	2	2	3	3,63	5,58	14,03	12,09	6,08	41,41
2	1	1	1	15,64	2,13				17,77
2	1	1	2	13,82	2,49				16,31
2	1	1	3	13,14	3,30				16,44
2	1	2	1	11,40	4,54				15,94
2	1	2	2	14,00	2,26				16,26
2	1	2	3	19,04	3,13				22,17
2	2	1	1	17,26	9,20				26,46
2	2	1	2	20,18	6,68				26,86
2	2	1	3	23,21	11,12				34,33
2	2	2	1	23,03	10,71				33,74
2	2	2	2	23,68	7,46				31,14
2	2	2	3	22,00	7,93				29,93
3	1	1	1	7,55					7,55
3	1	1	2	6,49					6,49
3	1	1	3	8,03					8,03
3	1	2	1	9,11					9,11
3	1	2	2	7,02					7,02
3	1	2	3	8,23					8,23
3	2	1	1	13,50	17,57				31,07
3	2	1	2	19,92	13,11				33,03
3	2	1	3	16,76	12,18				28,94
3	2	2	1	18,64	11,82				30,46
3	2	2	2	21,94	8,63				30,57
3	2	2	3	20,63	6,27				26,90

Tabla 5. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS FRUTOS (Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto, 3 limón joven; campaña: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento)

Cult.	Camp.	Mues.	Repe.	Media Peso (kg/fruto)	Media Diámetro (mm/fruto)	Media Altura (mm/fruto)	Media Diámetro hueso (mm)	Media Altura hueso (mm)	Media Peso hueso (mm)	Media Espesor pulpa (mm)
1	2	1	1	0,125	71,300	70,600	18,380	29,830	6,760	52,920
1	2	1	2	0,192	72,490	73,170	18,880	34,340	7,370	53,610
1	2	1	3	0,209	75,450	70,760	21,520	29,810	7,560	53,930
1	2	2	1	0,126	72,860	74,630	18,700	31,280	6,640	54,160
1	2	2	2	0,201	73,110	73,360	19,280	31,280	7,790	53,820
1	2	2	3	0,202	73,770	71,730	22,310	29,560	7,590	51,460
Cult.	Camp.	Mues.	Repe.	1ª Media Peso (kg/fruto)	1ª Media Diámetro (mm/fruto)	2ª Media Peso (kg/fruto)	2ª Media Diámetro (mm/fruto)	Media Espesor Corteza (mm)	Media N° de Semillas / fruto	Media N° de Carpelos / fruto
2	1	1	1	0,182	75,110	0,151	70,400	6,738	3,500	10,625
2	1	1	2	0,146	72,280	0,166	73,010	6,496	4,000	11,000
2	1	1	3	0,160	72,040	0,157	72,360	6,214	3,500	10,500
2	1	2	1	0,174	75,720	0,148	70,860	5,962	0,500	11,000
2	1	2	2	0,160	72,260	0,158	71,770	6,315	0,000	10,750
2	1	2	3	0,161	72,780	0,152	69,670	6,049	7,000	10,000
2	2	1	1	0,200	82,490					
2	2	1	2	0,213	85,970					
2	2	1	3	0,202	83,130					
2	2	2	1	0,197	83,130					
2	2	2	2	0,208	84,420					
2	2	2	3	0,222	84,260					
Cult.	Camp.	Mues.	Repe.	1ª Media Peso (kg/fruto)	1ª Media Diámetro (mm/fruto)					
3	1	1	1	0,157	71,560					
3	1	1	2	0,171	73,750					
3	1	1	3	0,163	72,600					
3	1	2	1	0,152	70,310					
3	1	2	2	0,163	72,920					
3	1	2	3	0,183	75,510					

Tabla 6. MADUREZ DEL FRUTO (Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto; campaña: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento)

Cultivo	Campaña	Muestra	Repetición	Media Color	Media dureza (kg/cm2)	Media Acidez Valorable (g/L)	Media Sólidos Solubles (°Brix)	IM
1	2	1	1	23,206	3,110	7,893	9,570	12,125
1	2	1	2	15,246	3,030	7,673	9,170	11,951
1	2	1	3	13,712	3,760	8,617	9,430	10,943
1	2	2	1	20,050	2,910	8,190	9,370	11,441
1	2	2	2	14,334	4,150	9,227	9,830	10,654
1	2	2	3	16,081	3,980	8,353	9,130	10,930
Cultivo	Campaña	Muestra	Repetición	Media Color	Media Acidez Valorable (gr. Ácido cítrico/L)	Media Sólidos Solubles (°Brix)	IM	
2	1	1	1	0,067	55,615	8,350	1,501	
2	1	1	2	0,666	44,300	7,450	1,682	
2	1	1	3	1,309	52,390	7,950	1,517	
2	1	2	1	0,687	50,420	7,850	1,557	
2	1	2	2	0,989	48,750	7,550	1,549	
2	1	2	3	1,165	47,215	7,900	1,673	
2	2	1	1		57,440	8,950	1,558	
2	2	1	2		48,735	8,250	1,693	
2	2	1	3		50,657	8,600	1,698	
2	2	2	1		52,115	8,350	1,602	
2	2	2	2		49,528	8,450	1,706	
2	2	2	3		52,097	8,667	1,664	

Cultivo	Campaña	Muestra	Repetición	Rendimiento pulpa (% p/p)	Actividad Antioxidante DPPH (mg Trolox/mL)	Actividad Antioxidante ABTS (mg Trolox/mL)	Ácidos orgánicos (g/L) Ac. Cítrico	Ácidos orgánicos (g/L) Ac. Málico	Ácidos orgánicos (g/L) Ac. Shikímico	Ácidos orgánicos (g/L) Ac. Fumárico	Suma total Ácidos orgánicos (g/L)	Azúcares (g/L) Sacarosa	Azúcares (g/L) Glucosa	Azúcares (g/L) Fructosa	Suma total Azúcares (g/L)
1	1	1	1	96,200	4,011	3,065	5,166	39,902	107,057	1,626	153,751	16,169	5,236	8,925	30,330
1	1	1	2	96,140	4,057	1,179	3,379	28,743	82,579	1,627	116,328	12,158	4,376	8,060	24,594
1	1	1	3	96,360	4,252	1,630	3,571	24,620	73,543	1,639	103,372	10,870	4,033	6,749	21,651
1	1	2	1	96,480	4,092	1,658	2,579	36,293	99,443	1,603	139,918	14,935	4,777	7,251	26,963
1	1	2	2	95,930	4,245	1,968	2,284	28,854	76,568	1,639	109,346	11,251	4,249	7,815	23,315
1	1	2	3	96,210	5,247	1,742	4,705	24,156	80,860	1,654	111,375	10,771	4,082	6,887	21,740

(a)

Tabla 7 (a y b). CALIDAD DEL FRUTO (Cultivo: 1 melocotón, 2 limón adulto; campaña: año 1, año 2; muestra: 1 testigo, 2 tratamiento)

(b)

Cultivo	Campaña	Muestra	Repetición	Volumen de zumo (cc/grs)	Contenido de zumo (% p/p)
1	1	1	1	0,345	35,333
1	1	1	2	0,314	32,079
1	1	1	3	0,369	38,364
1	1	2	1	0,379	39,146
1	1	2	2	0,353	36,952
1	1	2	3	0,340	34,891
1	2	1	1	0,295	30,751
1	2	1	2	0,257	26,576
1	2	1	3	0,274	28,336
1	2	2	1	0,250	25,871
1	2	2	2	0,254	26,900
1	2	2	3	0,265	27,443